INFLUÊNCIA DAS DISTORÇÕES NA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE PAINÉIS PLANOS

T.P.Estefen, D.Amaral e S.F.Estefen

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
Caixa Postal 68508/CEP 21945-970/RJ, tiago@lts.coppe.ufrj.br

Resumo - As novas concepções estruturais de plataformas semi-submersíveis de produção de petróleo e gás têm suas colunas constituídas de painéis planos enrijecidos longitudinalmente, sujeitos as cargas de compressão uniaxial. O presente trabalho consiste na análise de resistência limite de painéis típicos. Para esta análise foi utilizada como ferramenta um programa de elementos finitos, considerando não linearidades geométricas e do material. Distorções causadas pelo processo de fabricação são idealizadas visando estudar o comportamento dos painéis, através das curvas de resistência tensão-deformação. O estudo considera os efeitos da razão de aspecto, condição de contorno e amplitude e modo das imperfeições geométricas iniciais na resistência estrutural. Tecnologias de medição foram também avaliadas, com o objetivo de quantificar a sua forma e amplitude em plataformas em escala real, a serem incorporadas em análises numéricas para a obtenção da carga de colapso de painéis de estruturas oceânicas.

Abstract - New structural concepts of semi-submersible oil and gas production platforms have the columns constituted of longitudinal stiffened panels subjected to compressive loading. The present paper evaluates the limit strength of typical panels. A finite element computer program has been employed in the analyses, taking into account geometric and material nonlinearities. Distortions caused by the fabrication process are idealized aimed at studying the panels behavior by stress-strain curves representative of the ultimate strength behavior. The study considers the influence of aspect ratio, boundary condition and both amplitude and mode of the initial geometric imperfection on the structural strength. Measurement technologies for distortions have been also discussed in order to determine mode and amplitude in full scale platforms. The obtained data could then be incorporated in the numerical analyses to simulate the panel behavior in marine structures.

Nomenclatura

a	comprimento da placa (direção x)
b	largura da placa (direção y)
E	módulo de elasticidade
m	número de meias ondas de flambagem
t	espessura do chapeamento
t_w	espessura do enrijecedor
u_i	componente cartesiano do vetor deslocamento
x, y, z	sistema de coordenadas cartesianas
w_{max}	magnitude máxima da imperfeição inicial na direção z
α	= a/b
β	$= b/t\sqrt{\sigma_0/E}$
σ	tensão de engenharia
σ_0	tensão de escoamento
σ_v	tensão verdadeira
ε	deformação de engenharia
ε_v	deformação plástica logarítmica
θ_i	rotação

Introdução

As novas plataformas semi-submersíveis de grande porte tem sido projetadas com colunas de seção quadrada e arranjo estrutural constituído de painéis planos enrijecidos longitudinalmente. Os painéis enrijecidos são fabricados a partir de procedimentos de conformação e soldagem. Os principais fatores de fabricação que têm efeito deletério sobre a capacidade estrutural destes painéis são as distorções iniciais e as tensões residuais. As distorções de fabricação constituem um sério problema existente nas áreas de engenharia em que o calor é usado no processo de fabricação, mas em nenhuma área exerce tanta influência quanto na construção naval e offshore.

Os fatores que governam o comportamento de painéis enrijecidos são: condição de contorno, carregamento, geometria e comportamento do material. Já os parâmetros de

geometria que determinam o comportamento de painéis enrijecidos são geometria do enrijecedor, razão de aspecto da chapa entre enrijecedores, razão entre largura e espessura do chapeamento e deflexão inicial.

Pesquisas visando o melhor entendimento da influência das imperfeições iniciais no colapso de painéis foram realizadas por diversos autores. Søreide et al. (1976) estudaram os efeitos da condição de contorno e da amplitude das imperfeições em painéis enrijecidos. Outras pesquisas importantes aplicadas a estruturas oceânicas são apresentadas por Faulkner (1976), onde são relatados testes de compressão em painéis enrijecidos, Smith e Kirkwood (1976) que estudaram e quantificaram a influência das distorções iniciais e da tensão residual em painéis sob compressão uniaxial e Estefen e Harding (1983) que avaliaram o colapso de painéis cilíndricos enrijecidos por anéis, arranjo estrutural proposto para a primeira plataforma TLP instalada no Mar do Norte em 1984. Mateus e Witz (1999) obtiveram resultados que confirmaram que os três principais parâmetros que afetam a flambagem e o pós-colapso em painéis sob compressão uniaxial são razão de aspecto, condição de contorno do bordo e amplitude máxima da imperfeição inicial. Pasqualino et al. (2001) avaliaram o colapso de painel de navio sob carregamento compressivo uniaxial e biaxial. Gordo e Guedes Soares (2002) concluíram que o modo de colapso é o principal fator determinante do nível de resistência das placas esbeltas, sendo o modo de colapso função de duas condições iniciais, a amplitude máxima e a amplitude relativa dos diversos modos das imperfeições iniciais. Sendo a segunda condição mais importante do que a primeira.

Distorções de Fabricação

As distorções geradas pelo processo de fabricação, denominadas imperfeições geométricas iniciais, representam quantitativamente o afastamento da superfície real em relação à superfície idealizada durante a etapa de concepção da estrutura. Este tipo de imperfeição, caracterizado pela forma e magnitude de sua distribuição, é a principal causa da obtenção de cargas de colapso distintas, em componentes laminares nominalmente idênticos.

Conseqüentemente, os códigos de projeto procuram garantir a integridade de painéis sob compressão, associando as recomendações de projeto às tolerâncias admissíveis durante a fabricação.

Existem muitos fatores que podem gerar distorções, entre eles a forma como a chapa é fabricada, transportada e estocada, mas o principal fator está associado ao processo de soldagem. O calor não uniforme induzido no processo de soldagem gera expansão térmica diferencial ao redor da solda. A baixa temperatura do material próximo ao cordão de solda inibe a sua expansão, produzindo deformações plásticas e tensões residuais. A interação entre tensões residuais e deformações plásticas produz distorções. A Figura 1 mostra distorções após processos de soldagem.

Figura 1: Distorções causadas após processos de soldagem.

Masubuchi (1980) classificou as distorções em seis categorias, conforme indica a Figura 2.

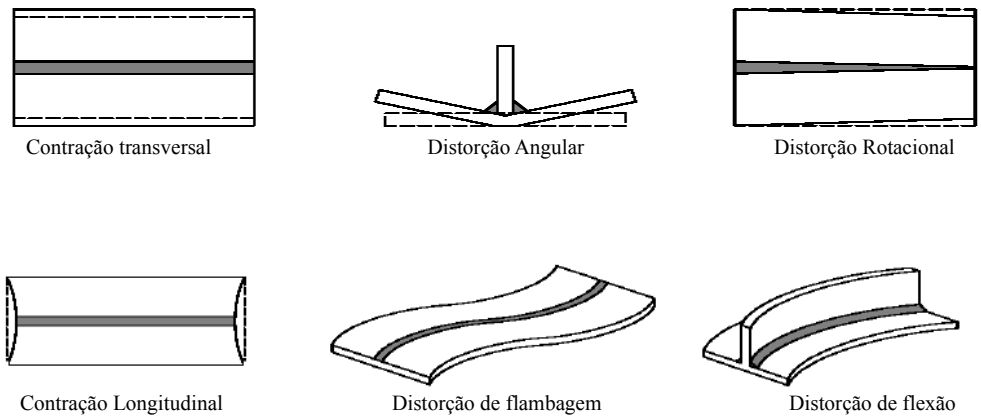


Figura 2: Tipos de distorções

Para determinar o método de prevenção mais efetivo, é necessário identificar o tipo de distorção que geralmente está induzido em uma determinada estrutura. Em ordem de importância, as principais distorções presentes na construção naval e offshore são as distorções de flambagem e angular. Estas resultam em vários problemas na construção naval e offshore. Os principais são: o desalinhamento de componentes estruturais, dificuldade de automação dos processos de fabricação, necessidade de trabalho manual adicional, aumento de custos, redução de eficiência dos processos de fabricação, imprecisão do produto final e perda de resistência estrutural.

Modelagem Numérica

Visando o melhor entendimento da influência das imperfeições geométricas iniciais no colapso de painéis foi realizada uma análise numérica da resistência limite de painéis planos de plataforma semi-submersível. Estudo paramétrico de chapas sob compressão uniaxial, utilizando o método dos elementos finitos, incorporando diferentes razões de aspecto, condições de contorno e magnitudes das imperfeições foram estudadas para verificar a influência destes parâmetros na carga de flambagem.

Para o estudo do colapso dos painéis, as análises foram executadas utilizando o programa de elementos finitos ABAQUS (versão 6.3), Hibbit et al. (2003). Os modelos foram discretizados utilizando o elemento de casca S4, capaz de analisar cascas finas e espessas, incorporando deformações de membrana finitas e grandes rotações. Grandes deslocamentos e plasticidade foram considerados nas simulações computacionais.

As análises em painéis foram realizadas com imperfeições geométricas iniciais do tipo senoidal. Estas foram introduzidas no modelo numérico através das coordenadas nodais da malha. A seguinte expressão é usada para representar as imperfeições:

$$w(x, y) = w_{max} \operatorname{sen}\left[\frac{\pi x}{a}\right] \operatorname{sen}\left[\frac{\pi y}{b}\right] \quad (1)$$

Os passos de carga de compressão nos painéis foram introduzidos no modelo como deslocamentos prescritos nos nós da extremidade do modelo discretizado.

A curva do material foi obtida através de testes de tração uniaxial de amostras da chapa. A tensão de escoamento do aço é de 365 MPa. Os dados da curva tensão verdadeira versus deformação plástica logarítmica, Figura 3, são fornecidos diretamente ao programa de elementos finitos, assim como o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson, 207863 N/mm^2 e 0.3, respectivamente.

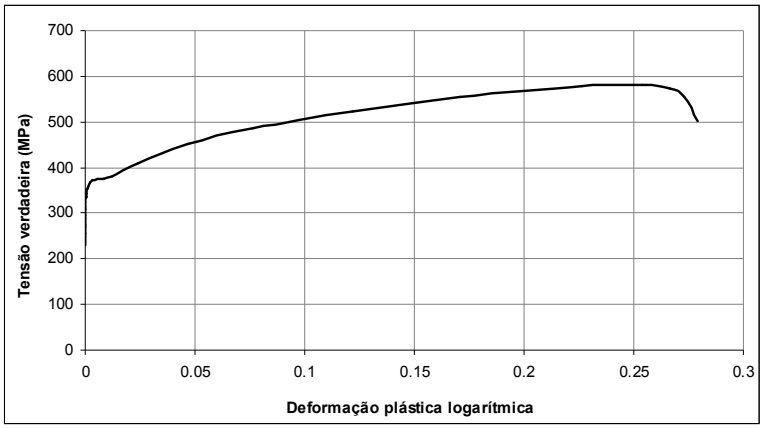


Figura 3: Tensão verdadeira versus deformação plástica logarítmica

Os dados da curva fornecida ao programa em termos da tensão verdadeira e deformação plástica logarítmica são transformados a partir dos valores de tensão-deformação de engenharia através das equações (2) e (3) respectivamente:

$$\sigma_v = \sigma (\varepsilon + 1) \tag{2}$$

$$\varepsilon_v = \ln (\varepsilon + 1) - \sigma_v / E \tag{3}$$

Para validação da malha de elementos finitos foi realizado primeiramente um estudo simultâneo de sensibilidade de malha e de variação dos incrementos. Com este concluído, chegou-se à razão adequada entre o deslocamento aplicado e o número de incrementos. A partir da razão determinada (deslocamento por número de incrementos), foi realizado um novo estudo de sensibilidade de malha. O resultado está ilustrado na Figura 4. Para esta análise foi

considerada uma chapa simplesmente apoiada com as dimensões 3000 x 625 x 11.1 mm, com simetria transversal e longitudinal. As seguintes condições de contorno foram adotadas: bordo de aplicação de carga Uz = 0 e θx = θy = θz = 0; bordo apoiado Uy = Uz = 0 e θy = θz = 0, onde Ux, Uy e Uz correspondem aos deslocamentos referentes aos eixos x, y e z e θx, θy, e θz as rotações em torno destes eixos. A posição relativa dos eixos é indicada na Figura 5.

A malha selecionada tem quinze elementos na longitudinal e cinco na transversal, apresentando um desvio em relação à malha mais refinada (50 x 16) de 1.76% da tensão máxima no modo de flambagem. Conseqüentemente, a razão de aspecto adotada para o elemento foi 1.6.

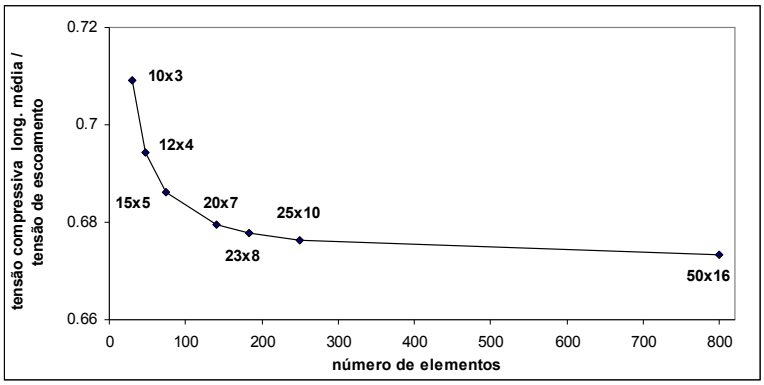
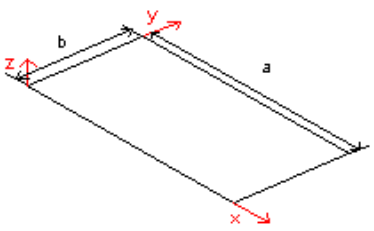
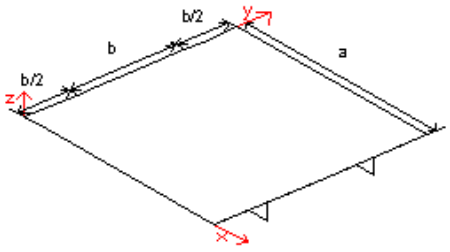


Figura 4: Estudo de sensibilidade de malha

Flambagem Local

Para a análise de flambagem local foram utilizados três modelos: chapeamento simplesmente apoiado e engastado e painel com dois reforços longitudinais, como ilustrado na Figura 5. O modelo com dois reforços busca representar uma condição de contorno mais realista para a chapa entre os mesmos e as condições de bordos apoiado e engastado ilustram condições extremas idealizadas.





(a) Chapa simples (b) Painel enrijecido

Figura 5: Representação dos painéis analisados

Estudo paramétrico foi conduzido, variando-se o comprimento da chapa e mantendo-se espessura e largura constantes. Em todas as análises foram consideradas simetrias transversal e longitudinal. As dimensões longitudinais das chapas analisadas foram as seguintes: 3000, 2400, 1800, 1500, 1350 e 1200 mm. Espessura e largura foram de 11.1 mm e 625 mm, respectivamente. Em todas as análises as chapas foram discretizadas por quinze elementos na direção longitudinal e na direção transversal alterou-se o número de elementos para que a razão de aspecto do elemento fosse mantida. Dessa forma, as malhas para cada geometria foram: 15 x 5 (3000), 15 x 6 (2400), 15 x 8 (1800), 15 x 10 (1500), 15 x 11 (1350), 15 x 12 (1200).

Para cada geometria foram realizadas três análises, variando-se a amplitude máxima da distribuição de imperfeições geométricas, dada pela expressão (1). As imperfeições máximas iniciais leve e severa foram obtidas através das respectivas expressões: $w_{max} / t = 0.025\beta^2$ (w_{max}=1.54 mm) e $w_{max} / t = 0.3\beta^2$ (w_{max}=18.54 mm). A imperfeição média foi obtida através da média aritmética entre as imperfeições leve e severa (w_{max}=10.04 mm). O parâmetro de esbeltez β é função da geometria do painel e das propriedades do material.

O primeiro modelo estudado consiste de chapa plana sem reforços. Duas diferentes condições de contorno foram consideradas para o bordo da chapa: apoiado e engastado. No bordo onde a carga compressiva é aplicada (x = 0) as seguintes condições de contorno foram adotadas: Uz=0 e $\theta x = \theta y = \theta z = 0$. Para o bordo (y = 0 e y = b) foram adotadas as seguintes condições para apoio e engaste respectivamente: $Uy = Uz = 0$ e $\theta y = \theta z = 0$; e $Uy = Uz = 0$ e $\theta x = \theta y = \theta z = 0$.

Os gráficos das Figuras 6 e 7 apresentam os resultados da tensão longitudinal média compressiva em relação à variação da amplitude máxima da imperfeição geométrica inicial para o modelo de chapa sem reforços para as condições de bordos apoiado e engastado respectivamente.

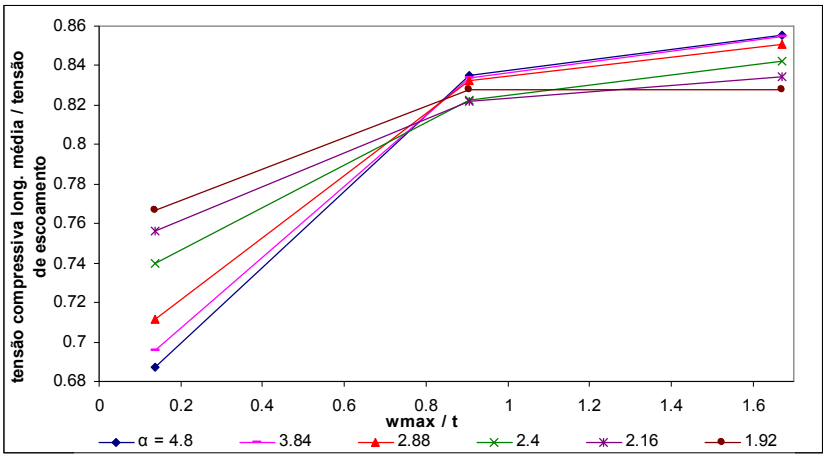


Figura 6: Tensão média versus amplitude máxima da imperfeição inicial / bordo apoiado

Para o bordo apoiado na condição de imperfeição inicial leve o aumento da razão de aspecto α representou uma queda na capacidade de carga. Já para imperfeição inicial média e severa o aumento de α causou um aumento da capacidade de carga, com exceção de α = 1.92 que para a imperfeição média apresenta uma maior capacidade de carga do que as chapas com 2.16 e 2.40 de razão de aspecto. Em todas as geometrias o aumento da amplitude máxima inicial representou um respectivo aumento na resistência ao colapso, com exceção para α = 1.92 que na condição de imperfeição média e severa apresentou praticamente o mesmo resultado. A maior variação na capacidade de carga da imperfeição leve para a severa, 24.53%, aconteceu para α = 4.80.

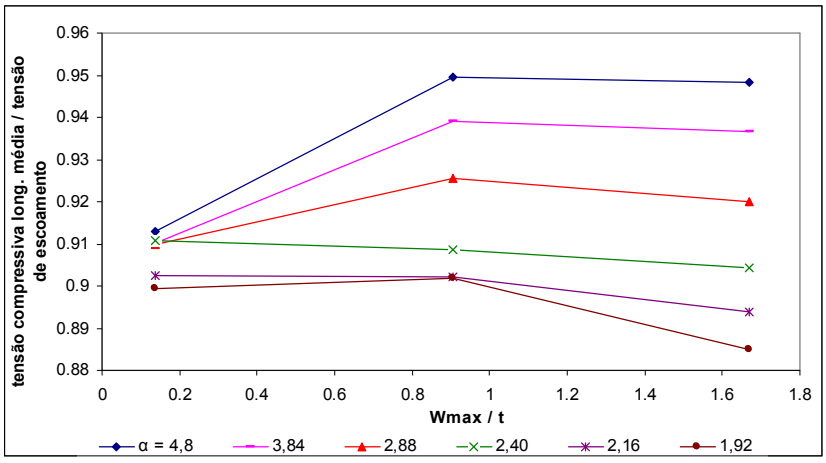


Figura 7: Tensão média versus amplitude máxima da imperfeição inicial / bordo engastado

Com a condição de bordo engastado as chapas com razão de aspecto 4.80, 3.84, 2.88 e 1.92 apresentam um aumento da capacidade de carga da imperfeição leve para a média e uma pequena queda para a severa. As chapas com 2.40 e 2.16 de razão de aspecto apresentam um declínio da capacidade de resistência com o aumento da imperfeição inicial. A maior variação na capacidade de carga da imperfeição leve para a severa, 3.89%, aconteceu para $\alpha = 4.80$.

O próximo modelo estudado foi o painel com dois reforços longitudinais. Para os bordos ($y = 0$ e $y = 2b$) foram consideradas as condições de bordo apoiado. As imperfeições iniciais do tipo senoidal foram introduzidas somente no chapeamento central. Foi modelado meio chapeamento adicional perfeito para cada lado. Para o enrijecedor foram consideradas espessura de 11.1 mm e altura de 111 mm.

A Figura 8 apresenta os resultados da tensão compressiva longitudinal média em relação à variação da amplitude máxima da imperfeição geométrica inicial para a chapa entre reforços.

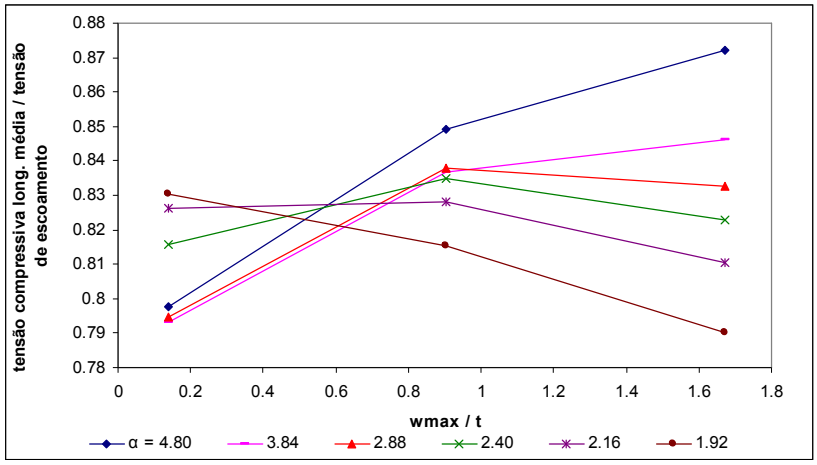


Figura 8: Tensão média versus amplitude máxima da imperfeição geométrica inicial / modelo de chapa entre reforços

Observa-se que as chapas com $\alpha = 4.8$ e 3.84 apresentam aumento da capacidade de carga com o aumento da magnitude da imperfeição inicial. Já as chapas com $\alpha = 2.88$ e 2.4 apresentam um aumento da capacidade de carga até a imperfeição média e posteriormente uma pequena queda para a condição de imperfeição severa. A chapa com $\alpha = 2.16$ apresenta para as imperfeições leve e média praticamente a mesma capacidade de carga e uma queda para a imperfeição severa. A chapa com $\alpha = 1.92$ apresenta um comportamento de queda da

capacidade de carga com o aumento das imperfeições iniciais. A maior variação na capacidade de carga da imperfeição leve para a severa, 9.33%, foi para $\alpha = 4.80$.

Os resultados obtidos para as tensões de flambagem em função da razão de aspecto e magnitude da imperfeição geométrica inicial indicaram que a capacidade estrutural do chapeamento, para as condições de contorno consideradas, não apresentam direta correlação entre aumento da magnitude da imperfeição e queda da tensão de flambagem para a variação de amplitude considerada.

Influência do Modo de Imperfeição Geométrica Inicial

Para o estudo da influência do modo de imperfeição geométrica inicial na capacidade de carga foi obtido o modo natural de flambagem da chapa perfeita para cada razão de aspecto previamente estudada.

Para efeito de comparação da influência do modo de falha na capacidade de carga, foi analisada a chapa com razão de aspecto (α) de 3.84. A Figura 9 ilustra o seu modo natural de flambagem, m = 5, onde m indica o número de meias ondas.

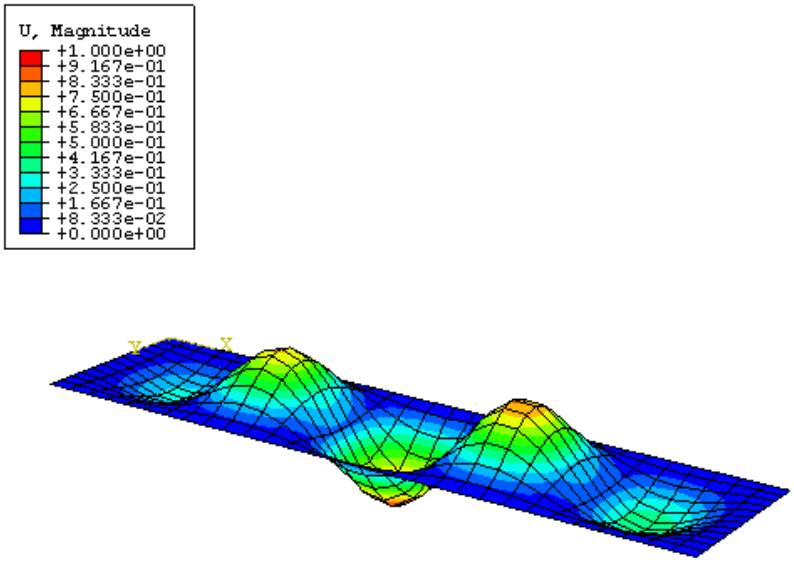


Figura 9: Modo natural de flambagem para $\alpha = 3.84$

Em seguida compararam-se os resultados obtidos de um modelo utilizando como modo de imperfeição uma meia onda e outro com cinco meias ondas ao longo do comprimento. A amplitude máxima de imperfeição inicial adotada foi de 10.04 mm, sendo considerada para o bordo a condição de engaste. O gráfico da Figura 10 apresenta o resultado de tensão média versus deformação média. Analisando o resultado observa-se uma queda na capacidade de carga de 32.25% quando se utiliza uma imperfeição com cinco meias ondas em comparação com a de uma meia onda.

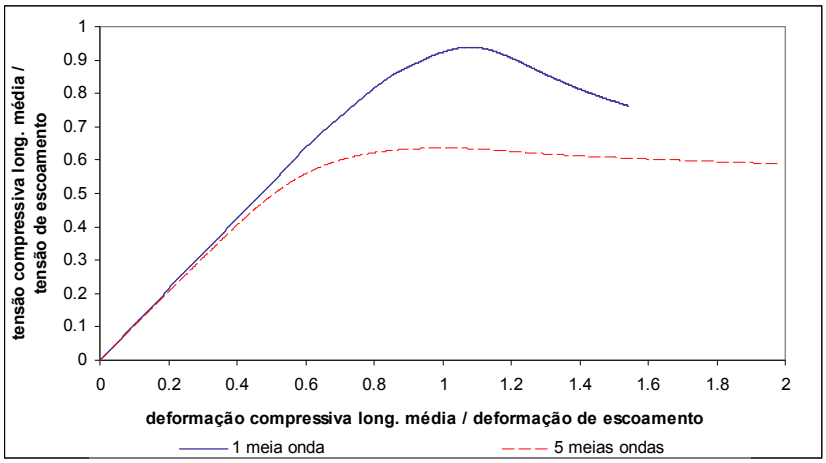


Figura 10: Tensão média versus deformação média

Embora os códigos vigentes somente impõem restrições quanto à magnitude máxima das imperfeições geométricas, os resultados indicam que outros fatores também influenciam a integridade estrutural no caso do modo de falha de flambagem. Como já indicado em estudos anteriores, o modo da distribuição de imperfeições geométricas pode ter influência considerável na tensão de flambagem e deve também ser considerado.

Assim, é imprescindível determinar com precisão os modos e as amplitudes das distorções presentes em chapas em escala real. A medição das distorções é recomendável para a obtenção da real resistência ao colapso de painéis de estruturas navais e offshore.

Foi realizada uma pesquisa em relação aos equipamentos de medição de alta precisão e, após uma avaliação tecnológica dos equipamentos disponíveis, o que se mostrou mais apropriado e com maior precisão foi o Laser Tracker. Trata-se de um sistema de medição portátil apresentando precisão sub-milimétrica. Para a execução da medição de uma superfície

é necessário o posicionamento de uma esfera de metal sob o alvo a ser medido, como ilustrado na Figura 11.

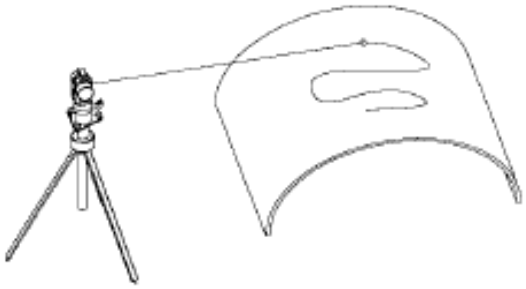
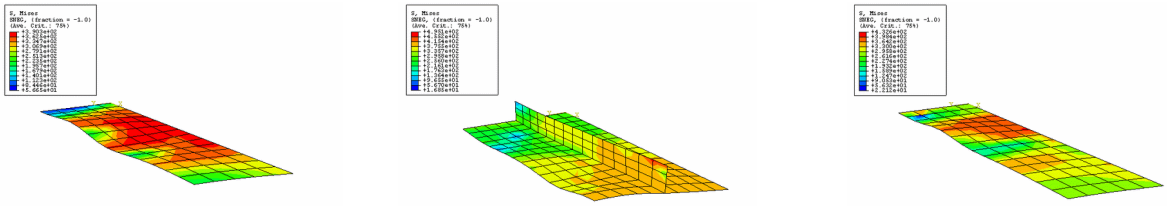


Figura 11: Medição de uma superfície

Modos de Pós-Colapso

Analisando os modos de pós-colapso dos modelos, algumas particularidades são observadas. Em relação à chapa com α = 4.80, como indica a Figura 12, para a condição de simetrias longitudinal e transversal (1/4 da chapa) os modos de pós-colapso para as condições de imperfeição média e severa foram praticamente os mesmos para as condições de bordos apoiado e engastado, o que não se observa para a chapa enrijecida.



(a) Bordo apoiado (b) Placa enrijecida (c) Bordo engastado

Figura 12: Modo de pós-colapso para imperfeição média / α = 4.80

Para complementar o estudo da placa de α = 4.80, dois modelos adicionais para a placa enrijecida na condição de imperfeição inicial média foram analisados. Em ambas as análises, apenas foi modificado o valor da espessura do enrijecedor, sendo suas novas espessuras de 2t e 3t, respectivamente, sendo t a espessura da chapa. A curva tensão média versus deformação média do chapeamento entre reforços e do enrijecedor para a as três espessuras de

enrijecedores estão ilustradas na Figura 13. Observa-se que, com o aumento da espessura do enrijecedor de t para 3t, a capacidade de carga do chapeamento entre reforços apresenta pequena elevação de 3.30 %.

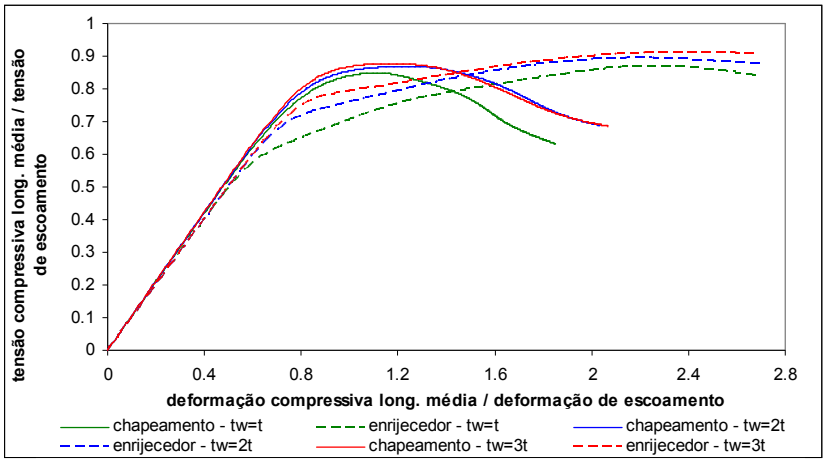
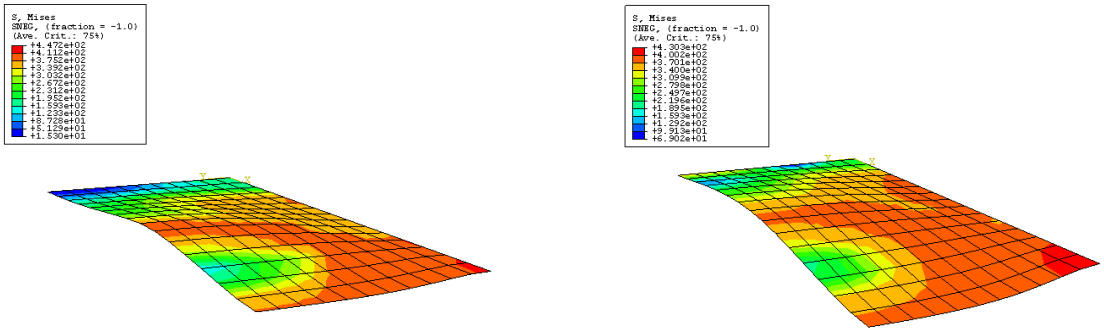


Figura 13: Tensão média versus deformação média para diferentes enrijecedores

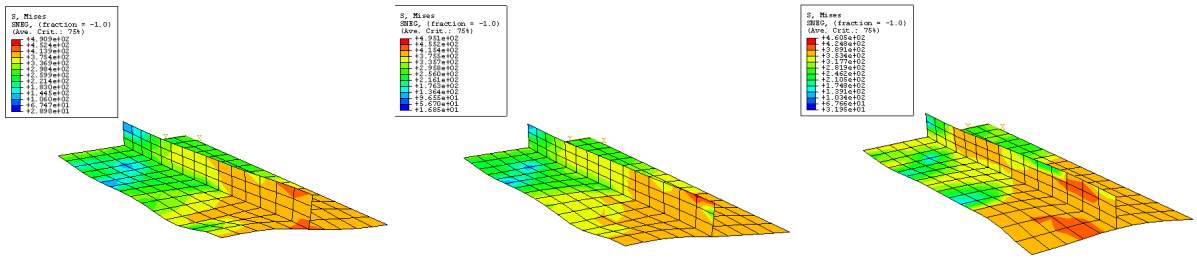
Observando-se os modos de pós-colapso nas condições de bordos apoiado e engastado pode-se chegar à conclusão que existem dois grupos distintos em relação aos modos de falha. Com comportamento bastante similar à chapa de $\alpha = 4.80$ estão as chapas com $\alpha = 3.84$ e 2.88. O outro grupo é composto pelas chapas com $\alpha = 2.4$, 2.16 e 1.92, que apresentam no modo de falha de pós-colapso o mesmo número de meias ondas, $m = 3$, que os obtidos para o modo natural de flambagem para as respectivas chapas perfeitas, como indicado em Hughes (1988). A Figura 14 ilustra para $\alpha = 2.16$ (1/4 da chapa) o modo de pós-colapso para a condição inicial de uma meia onda e de 3 meias ondas para o bordo engastado e amplitude da imperfeição inicial de 10.04 mm. A queda na tensão de flambagem utilizando 3 meias ondas foi de $\sigma/\sigma_0 =$ 0.90 para 0.62, ou seja, 31.11%.



(a) 1 meia onda de imperfeição inicial (b) 3 meias ondas de imperfeição inicial

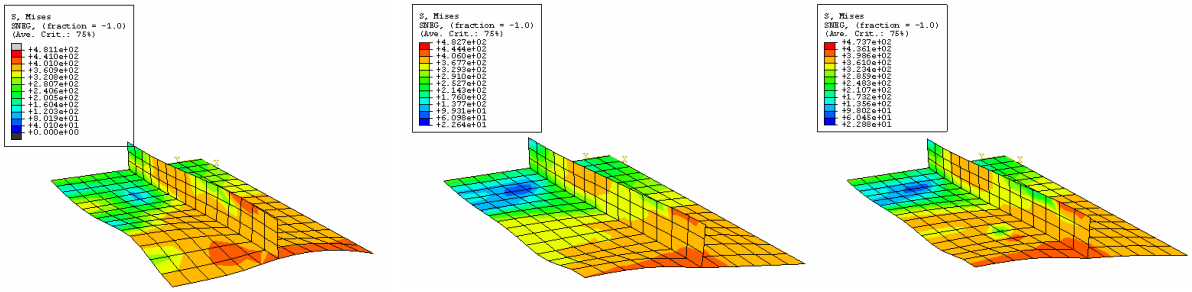
Figura 14: Modo de pós-colapso para a condição de imperfeição inicial média / α = 2.16

Em relação aos modelos de chapas enrijecidas, todas as geometrias apresentam praticamente o mesmo modo de pós-colapso, com exceção para as chapas de α = 4.80 e α = 3.84 para as condições de imperfeições severa e leve, respectivamente. As Figuras 15 e 16 ilustram respectivamente as chapas de razão de aspecto de 4.80 e 3.84 para as condições de imperfeição leve (w_{max}=1.54 mm), média (w_{max}=10.04 mm) e severa (w_{max}=18.54 mm).



(a) Imperfeição leve (b) Imperfeição média (c) Imperfeição severa

Figura 15: Modo de pós-colapso para a chapa de razão de aspecto de 4.80



(a) Imperfeição leve (b) Imperfeição média (c) Imperfeição severa

Figura 16: Modo de pós-colapso para a chapa de razão de aspecto de 3.84

Conclusões

O estudo paramétrico de chapas sob compressão uniaxial, utilizando o método dos elementos finitos, incorporando diferentes razões de aspecto, condições de contorno e magnitudes das imperfeições geométricas confirmaram a influência destes parâmetros na carga de flambagem. Porém, o fator que se mostrou de maior importância e efeito deletério na capacidade de carga foi o modo da imperfeição inicial. Distorções iniciais que não coincidem com o modo natural de flambagem têm o efeito de aumentar a resistência ao colapso, enquanto aquelas que coincidem geram os menores valores da tensão compressiva de flambagem.

Assim, as medições das distorções, modo e amplitude, através de equipamentos de alta precisão, se mostram necessárias para a determinação da real resistência ao colapso da estrutura.

Estudos adicionais se fazem necessários para o melhor entendimento dos efeitos de diferentes amplitudes associadas a diferentes modos da distribuição das imperfeições geométricas iniciais. Todavia, deve-se enfatizar a necessidade do desenvolvimento de recomendações quanto aos modos das imperfeições geométricas nos códigos vigentes para projeto e construção de navios e plataformas oceânicas, além das recomendações usuais quanto à magnitude.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Agência Nacional de Petróleo (ANP) aos bolsistas de iniciação científica Tiago P. Estefen e Diogo do Amaral. Agradecem também ao CNPq e à FAPERJ pelo apoio às pesquisas em andamento no Laboratório de Tecnologia Submarina da COPPE/UFRJ sobre Painéis Enrijecidos de Estruturas Oceânicas.

Referências

Estefen, S.F., Harding, J. Ring stiffener behaviour and its interaction with cylindrical panel buckling. Proceedings Institution of Civil Engineers, v.75, p. 243-264, 1983.

Faulkner, D. Compression tests on welded eccentrically stiffened plate panels, in: Steel Plated Structures, Crosby Lockwood Staples Ed., London, 1976.

Gordo, J. M., Guedes Soares, C. Efeito das imperfeições geométricas iniciais na resistência de placas, in: o Mar Fonte de Desenvolvimento Sustentável, 8AS Jornadas Técnicas de Engenharia Naval, p. 385-404, 2002.

Hibbitt, Karlsson, Sorensen, Inc. User`s and Theory Manuals. Versão 6.3-5, 2003.

Hughes, F. O. Ship structural design, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, 1988.

Mateus, A. F., Witz, J. A. Parametric study of the post-buckling behaviour of steel plates, in Engineering Structures 23, p. 172-185, 2001.

Pasqualino, I. P., Estefen, S. F., Netto, F. A. Ultimate strength of ships`panels, in: Int. Shipbuild. Progr., 48, no. 2, p. 103-116, 2001.

Masubuchi, K, Analysis of welded structures, Pub. Pergammon Press, 1980.

Smith, C. S., Kirkwood, W. Influence of initial deformations and residual stresses on inelastic flexural buckling of stiffened plates and shells, in: Steel Plated Structures, Crosby Lockwood Staples Ed., London, 1976.

Søreide, T. H., Bergan, P. G., Moan, T. Ultimate collapse behaviour of stiffened plates using alternative finite element formulations, in: Steel Plated Structures, Crosby Lockwood Staples Ed., London, 1976.

XIX COPINAVAL
INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL (IPIN)

INFLUENCIA DE LA MAQUINILLA DE PESCA EN EL PROYECTO DEL BUQUE DE ARRASTRE POR POPA CON RAMPA

AUTOR:

Luis Carral Couce–
Doctor Ingeniero Naval- Profesor Titular de la Univ. de La Coruña
Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Naval e Industrial

INDICE

RESUMEN

1- INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES
1.1 Generalidades
1.2 Maniobra de arrastre por la popa con rampa
1.3 Buques arrastreros ramperos de una y dos cubiertas
1.4 Adaptación de la maniobra a la pesquería a la que se dirige la actividad

2- PARÁMETROS DE DISEÑO
2.1 Capacidad de los carreteles
2.2 Tracción media, nominal y máxima
2.3 Velocidades de largado y virado

3- ACCIONAMIENTO, DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA NECESARIA,

4- TIPOS DE ACCIONAMIENTO; REPERCUSIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN DE LOS ESPACIOS DE MAQUINARIA Y LOS SERVICIOS AUXILIARES
4.1 Accionamiento hidráulico, repercusiones sobre los espacios de maquinaria
4.2 Accionamiento eléctrico, repercusiones sobre los espacios de maquinaria
4.3 Repercusiones sobre los servicios auxiliares

5- TAMBORES DE RED

6- DISTINTOS TIPOS DE EJECUCIONES, EFECTO SOBRE LA DISPOSICIÓN GENERAL DEL BUQUE, CUBIERTA DE TRABAJO Y PUENTE DE GOBIERNO
6.1 Tipos de ejecuciones
6.2 Efectos sobre la cubierta de trabajo y la situación del puente de gobierno
6.3 Efectos sobre la disposición interior del puente de gobierno

7- EFECTOS SOBRE LA MANIOBRA

8- REPERCUSIONES SOBRE EL DESPLAZAMIENTO Y LA ESTABILIDAD

9- CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

Dentro de las modalidades de pesca activa el arrastre por la popa con rampa constituye el método empleado en los buques de cierto porte, situándose además como una de las de más profusa utilización.

Considerando aspectos relativos a la explotación del buque de pesca, este para realizar su labor extractiva necesita contar con un equipo a bordo que posibilite, tanto el manejo del aparejo, como la realización de las maniobras de largado de este, y recuperación de la red con sus capturas. Es por ello que el armador de este tipo de buque preste gran atención a la selección de este equipo básico de pesca, así como a la configuración de su entorno. Condicionando, por ello, la plataforma en múltiples aspectos, tales como son: la disposición general de los espacios de maquinaria, puente de gobierno, así como la cubierta de trabajo.

Al mismo tiempo, tanto los servicios auxiliares y de control, como la maniobra ha de desarrollarse en consonancia con este equipo. Finalmente aspectos básicos de la navegabilidad del buque, como son el desplazamiento y la estabilidad se verán igualmente influenciados.

El autor pretenden desarrollar los parámetros básicos de diseño que han de presentar estos equipos, a la vez que se dan ideas de índole práctica que podrán ayudar a la realización del proyecto preliminar del buque. Al tiempo se hace indicación de las interacciones más importantes que presenta la dualidad buque / maquinilla de pesca.

SUMMARY

Inside the dinamic fishing types, stern ramp trawling system constitutes the method employed in the medium and large class of vessels, been one of the most used modality.

Considering aspects related to fishing vessel running, this in order to make its extractive work, needs to have and on board equipment to make possible the trawl net handling, as well as the procedure of the shooting and hauling operations. This is why the ship-owner of this kind of vessel should take into account at attentively selection of this basic fishing equipments, as well as the environmental configuration. Determining by that the ship lay-out in multiple aspects: general arrengement of machinery rooms, wheel house, as well as working deck.

At the same time, auxiliary and control systems should also the rigging practices and operational procedures would be developed according to this equipment. Finally basic aspects of ships navegability, as the displacement and stability will be equally influenced.

The author pretend to develop the basic parameters of this equipment desing, simultaneously merely practical ideas are given for the preliminary ship project process. Most important interactions are indicated showed by fishing winch / ship duality.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Las artes de arrastre se incluyen dentro del grupo de las llamadas activas, ya que van en busca de la pesca. La utilización de la técnica de "filtración", mediante la cual el pez es concentrado y separado del agua gracias a la acción de remolcar el arte por parte del buque remolcador, hace que este sistema sea muy apreciado por los pescadores ya que proporciona pescado en cada salida, contrariamente a otros tipos de pesca que dependerán más de las circunstancias externas. El arte de arrastre posibilita la captura de cualquier organismo acuático de interés comercial, variando su rendimiento en función de las especies y de las condiciones en las que se desarrolle la pesca, pero en cualquier caso, manteniéndose las características de versatilidad y adaptabilidad.

El fundamento de la pesca de arrastre se pierde en la noche de los tiempos, sin embargo los recientes adelantos técnicos que posibilitan la pesca cada vez más profundo y más lejos, unido a la cada vez mayor escasez de pesca, han hecho que este sistema se encuentre en un importante proceso evolutivo de mejora.

Desde el punto de vista práctico convendrá dividir las artes de arrastre en: ***de fondo***, y de media agua o ***pelágicas,*** de acuerdo al hecho de optimizar nuestro arte para la captura de especies del tipo *bentónico* (yacen en el fondo) o *demersales* (viven cerca del fondo), o lo hagamos hacia especies que viven en las capas intermedias; *pelágicos*.

Existiendo multitud de variantes en la pesca de arrastre; en función de la profundidad a la que se desarrolla el lance, así como por el tipo de maniobra a desarrollar, el presente estudio tratará de centrarse en la **maniobra de arrastre por la popa en buques que presentan una rampa en la zona posterior de éste**. Ya que al permitir el manejo de redes de grandes tamaños, resulta ser el método empleado en buques de cierto porte, tanto en acción de fondo como pelágica, permitiendo la adopción de maquinillas de pesca de gran tamaño y complejidad tecnológica. En este caso la elevada influencia que el sistema de pesca (elementos de maniobra, maquinillas, accionamientos y control), presenta sobre el proyecto de la plataforma del buque, evidenciará el interés que deban prestar los proyectistas navales a este aspecto durante la fase de desarrollo del proyecto.

1.2 Maniobra de arrastre por la popa con rampa

El método consiste en izar la red mediante la tracción de la maquinilla y, a través de la rampa situada en el espejo de popa, extenderla en su totalidad sobre la cubierta. Para el conjunto de la maniobra de izado y arriado se dispone de un pórtico en popa del cual se suspenden las pastecas de arrastre y de un segundo pórtico a proa, ó palo bípode, en los que se sitúan las pastecas de los aparejos que viran la red al subir la rampa.

La maniobra determina el contar con una importante longitud de cubierta que posibilite el manejo de grandes redes, así como espacio para la fijación de la maquinilla de arrastre en el extremo de dicha cubierta, todo ello obliga a la situación del puente de gobierno en el tercio de proa de la eslora.

La ventaja de la maniobra por popa frente a la realizada por el costado, vendrá dada por los siguientes aspectos:

- La estabilidad no se ve mermada en la maniobra de izar el copo (caso de arrastre por el costado)
- No existe merma de la maniobrabilidad durante el arrastre
- Igual longitud de los cables de arrastre lo que facilita el largado y control.
- Aumento de la seguridad de la tripulación durante las labores de pesca debido a la protección adicional que supone el puente de gobierno.
- Superior aprovechamiento de la potencia en el arrastre.

1.3 Buques arrastreros- ramperos de una y dos cubiertas

Estos buques presentan la superestructura a proa, una o dos cubiertas corridas, y la popa abierta dispuesta para el largado y virado de la red. En el aspecto de maquinaria de pesca se suelen colocar dos maquinillas independientes, una a cada costado, así como el tambor de red en la cubierta del puente. En el caso de montarse una maquinilla única, ésta se situará centrada, e incorporará los carreteles de tiro a ambos lados, dejando espacio en el centro para el tambor de red.

El caso del buque arrastrero de dos cubiertas, constituye el diseño más utilizado en la actualidad en esloras por encima de los 25, 30 metros debido a sus indudables ventajas respecto al de única cubierta: **recepción de la pesca bajo cubierta** y la consiguiente mejora en la calidad del procesado efectuado por la tripulación, así como la confortabilidad en el trabajo desarrollado por ésta. **Incremento en las capacidades de bodegas, tanques y parque de procesado**, permitiendo en el caso del procesado, el equipamiento con maquinaria más sofisticada.

De las disposiciones generales típicas de ramperos de dos cubiertas se extraen las siguientes características generales:

- Superestructura a proa de la cuaderna maestra, debiendo presentar ésta una buena visibilidad, tanto hacia proa como hacia popa.
- Cámara de máquinas a popa.
- Bodegas inferiores a proa de la cámara de máquinas, normalmente existirá otra en el entrepuente, a proa del parque de pesca. Disposición de los guardacalores en los costados, para, mediante el uso dos chimeneas, dejar libre la cubierta de trabajo
- El parque de pesca comunica mediante una escotilla con la cubierta intemperie, a proa de la rampa de popa, por ella se introduce el pescado para su procesado

- Acomodación a proa del entrepuente de carga y bajo el puente de gobierno. Existirá la posibilidad de disponer un túnel bajo el puente de gobierno, para de este modo situar las maquinillas de malletas a proa. En éste caso la habilitación se deberá situar hacia los laterales.
- La maniobra determina la existencia de un pescante en popa sobre el que se sitúan las pastecas de arrastre. Se dispone un pórtico para el volteo del copo sobre la vertical de la escotilla del parque de pesca. A proa de la cubierta de trabajo se sitúa otro, o en su lugar un palo bípode para auxiliar en la maniobra de izado del arte.
- La maquinilla de arrastre podrá ser única ó monobloque, con carreteles dispuestos en cascada para contener los cables de arrastre y las malletas, o bien utilizar máquinas individuales para cada función.
- Se sitúa un espardel entre el pescante y el pórtico de popa, con vistas a estibar la red.
- El parque de pesca se dota con la maquinaria y equipos necesarios para realizar el procesado de las capturas y la congelación posterior de éstas.
- En el aspecto propulsivo, se dota al buque de una tobera fija al objeto de mejorar la tracción a bajas velocidades, esto es, en el arrastre.

1.4 Adaptación de la maniobra a la pesquería a la que se dirige la actividad

Una vez determinada la modalidad de **pesca de arrastre por la popa con rampa** como el sistema activo a emplear, a efectos de determinar la maniobra y equipos asociados a esta, deberemos tener en cuenta en nuestro proyecto, dos aspectos:

- Caladero al que se dirigirá la actividad.
- Tipo de especie a la que se dedicará la explotación.

De la consideración de estos dos factores primordiales, el primero de ellos nos va determinar en gran medida el tamaño (autonomía) y potencia del buque a utilizar, y teniendo presente esto y lo segundo, obtendremos el conocimiento necesario para la determinación del tipo y tamaño del arte a utilizar.

A modo de orientación se presenta en el siguiente cuadro información relativa a los caladeros más frecuentados por la flota española, con indicación de la profundidad y tamaños de los aparejos empleados. (tabla 1)

A partir del conocimiento de lo anterior, el procedimiento nos permitirá la determinación de la maniobra de pesca y equipos de a bordo asociados, estos serán:

- Maquinilla de pesca
- Tambor de red
- Pastecas
- Pescantes
- Palos bípodes

Una vez conocidas las diferentes opciones se elegirá aquella maquinilla, o conjunto de ellas, capaces de cumplir todos los requisitos especificados, y esto de la forma más económica posible. Si por algún motivo no fuera posible cumplir con alguno de los requisitos, deberán estudiarse posibles alternativas como podrían ser; la inclusión de maquinillas complementarias, o la variación en el empleo de ciertos elementos.

2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Conforme a lo indicado en el apartado anterior, los parámetros que debemos considerar para definir una maquinilla de pesca son los siguientes:

- Capacidad de los carreteles
- Tracción media, nominal y máxima.
- Velocidades de largado y virado

Como resultado de la intervención de estos parámetros, obtendremos finalmente la potencia necesaria en el accionamiento de la maquinilla, dato que nos permitirá dimensionar el accionamiento a emplear.

2.1 Capacidad de los carreteles,

A pesar de que en ocasiones se arrolle la malleta junto a la red en los tambores: lo habitual será estibar ésta junto al cable, en los carreteles principales de la maquinilla, ó bien disponer carreteles diferenciados para esta función.

Constituirán aspectos necesarios para la determinación de la capacidad, el conocimiento de la **longitud y diámetro del cable y de la malleta** a emplear.

Longitud y diámetro del cable. La ejecución clásica de la maniobra de arrastre determina que los carreteles estén frenados y una longitud de cable largado constante, en ese caso las puertas de arrastre se encargarán de mantener la red abierta y en la posición idónea para permitir la entrada del pescado dentro de esta. Sin embargo, la longitud y tensión adecuadas de los cables de arrastre favorecerán su actuación. Como el fondo del mar se dispone de forma irregular, y además la posición relativa del buque respecto al aparejo se ve alterada debido a la existencia de oleaje y corrientes, el buque deberá contar con una longitud de cable largado suficiente para minimizar los efectos de tales factores externos sobre el arte.

En consecuencia la longitud de los cables de arrastre dependerá principalmente de la profundidad de trabajo, siendo proporcionalmente mayor cuanto menor sea esta, pero, como hemos visto, igualmente se verá afectada por la orografía del fondo y el estado de la mar.

Hechas estas observaciones, las longitudes medias de cable a utilizar en función de las circunstancias particulares de cada caladero, se determinan para los caladeros más frecuentados por la flota española y se incluyen en la tabla siguiente:

ZONA DE PESCA	*PROFUNDIDAD (m)*	*LONG. DE CABLE (m)*	*Long./Prof..*
Galicia/Gran Sol	150	700	4.6
Galicia/Gran Sol	250	1.100	4.4
Gran Sol	350	1.500	4.3
Gran Sol	500	1.800	3.6
N.A.F.O.	1500	2.900	1.9
N.A.F.O.	1800	3.000	1.7
Hatton Bank	700	1.750	2.5
Mauritania	70	245	3.5
Malvinas	400	1.200	3
Namibia	400	1.200	3

TABLA 1

De la consideración de la curva potencia / velocidad de nuestro buque se podrá obtener la potencia propulsora necesaria en el arrastre. Este se efectuará a 3 – 4 nudos utilizando artes de fondo, o 5 – 6 nudos en el arrastre pelágico. De este modo, y considerando: tanto las características de nuestro propulsor, como la capacidad de sobrecarga de nuestro motor por par, podremos determinar el valor del tiro del buque a la velocidad considerada. Este hecho nos determinará la capacidad de este para remolcar el arte en su conjunto.

En la práctica, el diámetro mínimo del cable a emplear para remolcar el aparejo, resultará de la consideración del tiro del buque, afectado del correspondiente coeficiente de seguridad (habitualmente 4), de modo que la tracción así obtenida resulte inferior a la nominal de rotura a ese diámetro. Si se presenta la situación de "*embarre*", esto es que el arte se enganche con algún obstáculo del fondo marino, entonces la tracción que soportarán los cables, será la correspondiente a la suma del tiro a punto fijo del buque, unido a la capacidad de tracción de la maquinilla. En esta situación excepcional, el coeficiente de seguridad se verá reducido a un valor ligeramente superior a 2.

De la consideración de la ref. 2 podrá considerarse la fórmula aproximada que relaciona la potencia del motor principal con el diámetro del cable empleado

$$D = 18 + 0{,}0034 * P$$

Donde:

D = diámetro del cable en mm

P = potencia del M.P. en caballos

Igualmente de modo habitual, en la pesca de arrastre se utiliza el cable de acero conformado según cordones y alambres siguiendo la ley 6 x 19 + 1, que posee las características de tracción nominal y pesos unitarios consignados en la siguiente tabla:

Diámetro (mm)	***Tracción nominal (Kg)***	***Peso (Kg I m)***
14	10.400	0,71
16	13.500	0,92
18	17.100	1,17
20	21.100	1,44
22	25.600	1,75
24	30.400	2,08
26	35.700	2,44
28	41.400	2,83
30	48.400	3,25

TABLA 2

Longitud y diámetro de la malleta: Las misiones de la malleta serán entre otras; amortiguar las vibraciones transmitidas por el barco al aparejo, mantener lo más estable posible este, y finalmente, definir la altura que tiene que tener la red.

En consecuencia, la longitud de esta va a depender fundamentalmente del tipo de especie al que se dirija la explotación, si lo que buscamos son especies de fondo (gallos, rapantes etc.) entonces la longitud de malleta deberá ser mayor que si nos dirigimos a especies situadas a mayor altura sobre el fondo (pescadilla, jurel etc.) A continuación se incluye un cuadro representativo de la longitud de malleta empleada en diferentes caladeros

Zona de pesca	***Profundidad (m)***	***Longitud de malleta (m), Pesca demersal***	***Longitud de malleta (m), pesca de fondo***

Galicia	250	150	250
Gran Sol	300	300	400
N.A.F.O.	1.800	-	400
Hatton Bank	700	-	200
Mauritania	70	300	300
Malvinas	400	-	100
Namibia	400	-	200

TABLA 3

De modo análogo al caso del cable anteriormente citado, el diámetro de la malleta deberá ser capaz de soportar el tiro del buque, tanto en el momento del arrastre, como en el caso de un "*embarre"* del aparejo en el fondo. Además de esto, deberá aportar el peso necesario para mantener estable el aparejo frente a los movimientos del barco y de las puertas. Por esta razón, frecuentemente se indica el tamaño de la malleta en función de su peso por cada 100 metros de longitud.

A continuación se incluyen las características de tracción, peso unitario y diámetro de las malletas de polietileno de utilización practica:

Diámetro (mm.)	***Tracción (Kg)***	***Peso (Kg/100 m.)***
30	13.500	100
36	19.000	130
40	23.500	175
52	39.000	210

TABLA 4

Como norma a utilizar, el diámetro de la malleta suele ser el doble que el correspondiente al cable que hayamos escogido.

2.2 Tracción media, nominal y máxima

Considerando el par actuante en el accionamiento como constante, el valor de la tracción ejercida sobre el cable va variando con dependencia de la capa del arrollamiento que

consideremos. Por esta razón, el valor de la tracción siempre deberá acompañarse de la indicación del diámetro al que está referido. En general emplearemos tres datos de tracciones de interés en la consideración de las características de una maquinilla de pesca; *tracción media, nominal y máxima*

Tracción media, será el valor comúnmente empleado por los fabricantes y armadores. Se define como la tracción del equipo en su carretel al diámetro medio, obtenido como la semisuma de los diámetros mínimo y máximo de éste.

Necesariamente las capas inferiores de cable tienen menor desarrollo que las superiores, por tanto este valor de la tracción no va a coincidir con el que posea la máquina cuando hayamos recogido la mitad del cable. Esta diferencia presentará una magnitud variable, dependiendo de factores tales como son la geometría del carretel y la relación entre las longitudes existentes de malleta y cable.

Un dato de especial interés será aquel que relaciona la potencia propulsora del buque con la tracción media, se incluye en la tabla siguiente. (tabla 5)

*Tracción nominal, s*erá el valor de tracción de la maquinilla con su carretel a las 2/3 partes de su capacidad de cable, y sin malleta. Como la longitud del cable es como mínimo tres veces la profundidad de la zona de trabajo, este valor se aproxima a la que se necesitaría para el izado a bordo del conjunto formado por la totalidad del aparejo, esto es; puertas, red, flotadores, lastres, malletas y 2/3 partes de la longitud total de cable.

En la práctica este valor se usa poco, este hecho viene motivado por dos causas; el que su diferencia respecto del anterior valor de la tracción media resulta muy pequeño, y que su cálculo deberá realizarse particularizado para cada longitud de cable (diámetro nominal).

A pesar del poco interés práctico del cálculo de este valor, si será aconsejable realizar la comprobación de que la tracción de la maquinilla es suficiente para izar, desde el fondo, el conjunto formado por la totalidad del aparejo unido a las capturas que este presenta. En esta situación la tracción necesaria será la siguiente:

$$T = 0.87 \, x \, (P_c / 3 + P_p) + b \, x \, (P_m + P_a) + R_a \qquad (1)$$

Donde:
P_c *peso total del cable*
P_p *peso de las puertas*
P_m *peso de las malletas*
P_a *peso del conjunto red y lastres*
R_a *resistencia total del aparejo a la velocidad de izada*
b Coef. de empuje ascensional del material componente de la malleta y red

Tracción máxima, se define como el valor del tiro que presenta el equipo en la primera capa de cable, esto es con el carretel totalmente vacío.

En la práctica este dato será de gran utilidad, pues determinará la capacidad de la maquinilla para "zafar" el aparejo cuando se ha producido una situación de "embarre", o cuando este cae en un pozo. Situaciones ambas no habituales, pero que necesariamente el técnico naval deberá en sus cálculos prever.

En esta situación la tracción necesaria en la maquinilla será la siguiente:

$$T = 0.87 \times P_c + [\, 0.87 \times P_p + b \times (P_m + P_a) \,] \times n \quad (2)$$

Donde n será un coeficiente que considere el sobreesfuerzo necesario para "zafar" el aparejo ,1.5 – 2

Finalmente resultará especialmente interesante el presentar en un cuadro comparativo datos relativos a la potencia del buque en relación con los valores de la tracción de su maquinilla de pesca:

POTENCIA PROPULSORA (Cv)	***TIRO MEDIO (kg)***	***TIRO NOMINAL (kg)***	***TIRO MÁXIMO (Kg)***
600	3.000	2.900	7.200
800	4.000	3.800	8.500
1.000	5.000	4.800	11.000
1.500	6.500	6.000	13.500
1.800	10.200	9.000	20.600
2.400	15.800	14.500	30.450

TABLA 5

2.3 Velocidad de Izada

De manera opuesta a lo ocurrido con la tracción, la velocidad del cable irá aumentando a medida que nos alejamos del diámetro mínimo. Por ello, generalmente, se indica este valor correspondiente al diámetro medio, (semisuma de los diámetros máximo y mínimo del carretel). Deberá indicarse que esta velocidad presenta una dependencia de la profundidad a la que faene el buque, descendiendo este valor cuando la profundidad aumenta. En la práctica se pueden indicar como valores habituales aquellos comprendidos entre 85 y 125 m/min.

PROFUNDIDAD (m)	***VELOCIDAD DE IZADA (m/min.)***

1000	85
350	100
150	125

TABLA 6

3- ACCIONAMIENTO; DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA NECESARIA

El elemento motriz de la maquinilla de pesca suele disponerse como un elemento exterior a la bancada del equipo, incluso en multitud de ocasiones es presenta este sobre un polín propio, ajeno al del equipo en sí. Este aspecto será, como más adelante veremos, de transcendencia en el desarrollo del proyecto, afectándole a la disposición de la cubierta de trabajo y los espacios de maquinaria. Por múltiples razones, será de interés que el técnico naval posea conocimiento del proceso de cálculo de la potencia que el accionamiento deba entregar.

Dado que el producto de la tracción por la velocidad se mantiene constante, con ánimo de facilitar los cálculos, partiremos de los datos de tracción y velocidad medias para el conjunto de los dos carreteles. La potencia nominal se obtiene fácilmente de la fórmula práctica siguiente:

$$P = F \times V \times \cos\theta = \frac{0.23 \times T \times V}{\eta_m} \qquad (3)$$

Siendo:
P = potencia nominal (CV)
T = tracción (tn)
V = velocidad media (m/min.)
η_m = rendimiento mecánico de la maquinilla

Como norma práctica para un cálculo preliminar de la potencia necesaria, tendremos que el valor de la tracción se podrá obtener de la tabla 5, a partir de la potencia del buque. La velocidad de izada necesaria se determinará a partir de la consideración de la profundidad del caladero, para ello utilizaremos las tablas 3 y 6. Finalmente el valor del rendimiento mecánico del conjunto de elementos de la maquinilla, presentará cifras muy variables en función de parámetros tales como; tipo de ejecución y fabricante. Teniendo en cuenta esto se podrán considerar valores comprendidos entre 0.75 y 0.9.

En el caso, habitual en la práctica, de una maquinilla de dos carreteles acoplados a una misma toma de fuerza, cada carretel por separado podrá ejercer la totalidad de la tracción determinada en el apartado anterior, siendo lo normal el funcionamiento conjunto con un reparto de tracción al 50 %. En cambio si disponemos en nuestra maniobra maquinillas

partidas, es decir aquellas compuestas de un único carretel que laborea uno de los cables del aparejo. En esta segunda alternativa se dividirá la tracción al 50 % entre ambas máquinas. De forma que trabajando conjuntamente los carreteles la suma de las tracciones ejercidas sea igual a la calculada anteriormente. En trabajo individual cada accionamiento podrá ejercer el 65% de la tracción total.

4 – TIPOS DE ACCIONAMIENTO, REPERCUSIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN DE LOS ESPACIOS DE MAQUINARIA Y LOS SERVICIOS AUXILIARES

A pesar de que durante el desarrollo histórico de estos equipos se han utilizado multitud de alternativas motrices. Con el transcurso de los años, los sistemas de accionamiento de las maquinillas de pesca se han reducido a dos el eléctrico y el hidráulico.

Ambos sistemas tienen sus partidarios y detractores, resultando en general que comparten las preferencias de los armadores en un curioso equilibrio. Si el análisis anterior lo realizamos por segmentos nos encontraremos con que en potencias bajas (< 250 CV) las preferencias se dirigen hacia la hidráulica, instalándose en potencias superiores el accionamiento eléctrico.

4.1 Accionamiento hidráulico, repercusiones sobre los espacios de maquinaria

Sus grandes ventajas serán; el reducido peso y volumen de sus componentes unido a la gran cantidad de opciones de fabricación, que determinará una gran amplitud en la elección de estos. El esquema hidráulico habitual en este tipo de instalaciones corresponderá con la disposición de un circuito cerrado de alta presión, constando como elementos básicos una bomba y un motor hidráulico, en el circuito se disponen igualmente un tanque de desaireación-almacén y un enfriador. La bomba siendo del tipo de pistones axiales, presentará la posibilidad de variar el caudal. Por otro lado el accionamiento de la maquinilla corresponderá a un motor de caudal fijo del tipo de pistones radiales (con un rango de revoluciones bajo) o de pistones axiales y elevadas revoluciones.

Bomba hidráulica, la arrastra un elemento motriz con un rango de revoluciones comprendido entre 1300 y 1800 rpm. Ante esta situación, a bordo tendremos dos opciones, que por otro lado vendrán impuestas por la previa decisión del propulsor a emplear. Esto es, si se decide disponer un propulsor de palas de paso variable, el hecho de contar con un rango de revoluciones constantes en el conjunto reductor/línea de ejes, determina soluciones de extracción de potencia en esos puntos. No siendo necesario nada más que la adaptación de revoluciones mediante una multiplicadora. Por el contrario si nuestra instalación cuenta con una hélice de palas fijas, en este caso la circunstancia de no contar con un giro constante del conjunto reductor/ línea de ejes determina la necesidad de contar con una fuente auxiliar de energía, sea esta motor auxiliar diesel o eléctrico.

Como ha quedado indicado la densidad de potencia de estos dispositivos es muy elevada, presentando además un peso relativamente reducido. A la hora de trabajar sobre la disposición de los locales de maquinaria resultará de interés conocer los empachos de estos dispositivos, tanto para determinar el espacio necesario a proa/popa del reductor, como para prever el espacio necesario a la hora de acoplarlo a una fuente de energía auxiliar. La tabla siguiente nos da idea de esto:

Potencia (CV)	*R.P.M.*	*Longitud (mm)*	*Diámetro (mm)*	*Peso (kg)*
100	1500	350	250	50
125	1500	410	275	70
180	1500	470	340	120
250	1500	500	360	160
300	2500	350	246	73
400	2500	350	335	110

TABLA 7 *FUENTE: DANFOSS-REXROTH*

Motor hidráulico, se podrá acoplar directamente a la entrada de la reductora de la maquinilla de pesca, situándose a la intemperie y sin necesidad de polín. Básicamente se podrán utilizar dos tipos de motores; los de pistones axiales ó rápidos, y los de pistones dispuestos radialmente ó lentos. En cuanto a los primeros presentan unas dimensiones y peso reducido (0.3 – 0.4 kg./Cv.), pero deben siempre acoplarse mediante un reductor. En cuanto a los segundos, estos poseen unos tamaños y pesos superiores (1.8 – 2.4 kg/Cv.), pero por el contrario evitan la necesidad del reductor mecánico debido al bajo número de vueltas de salida. En suma, este último hecho reducirá el peso de la maquinilla.

A la hora de plantear la disposición de las maquinillas en cubierta convendrá considerar estas con el motor hidráulico acoplado a la toma de fuerza del reductor, ya que podría afectar a zonas de tránsito. Igualmente se tendrá en cuenta la disposición de los latiguillos de la líneas hidráulicas de presión y retorno, así como su conexión al servicio hidráulico dispuesto en cubierta. En cuanto al empacho del motor, resultará de utilidad la siguiente tabla.

Tipo	*Potencia (CV)*	*R.P.M.*	*Longitud (mm)*	*Diámetro (mm)*	*Peso (kg)*
Pistones axiales	100	1200	300	150	30
Pistones axiales	125	1200	330	165	40
Pistones axiales	180	1200	380	225	65
Pistones axiales	250	1200	430	300	100
Pistones axiales	280	1000	320	360	110
Pistones axiales	400	1000	362	400	155
Pistones radiales	52	50	305	152	73
Pistones radiales	84	50	341	200	68
Pistones radiales	153	50	545	322	173
Pistones radiales	244	50	667	379	308
Pistones radiales	284	50	750	400	405
Pistones radiales	320	50	610	565	470

TABLA 8 *FUENTE : DANFOSS –INERMOTH - POCLAIN*

Tanque, en circuitos hidráulicos del tipo cerrado sus misiones principales consistirán en actuar como desaireador del circuito y tanque almacén. Para cumplir esta última función su tamaño deberá ser tal que sea posible contener todo el aceite del circuito. Podrán utilizarse para este fin; tanques estructurales propios del buque o bien tanques comerciales.

Como norma práctica para un dimensionamiento preliminar de este, podrá emplearse la regla de contar con *un volumen de un litro por Cv. de potencia de la bomba.* Si se opta por la solución estructural, bomba y tanque deberán situarse próximos, minimizando el tramo de aspiración. Igualmente deberán disponerse soldados en el tanque, no solo los pasantes de los tubos de aspiración y retorno, si no también las piezas soldadas correspondientes a los sensores de nivel, temperatura etc, de los que deberá ir dotado el circuito.

Enfriador, será el encargado de mantener la temperatura de trabajo del aceite en un valor aceptable (aprox. Entre 60 y 70 ºC). Como agente refrigerante se podrá utilizar tanto el agua de refrigeración o circulación, como, si ello resulta posible, el aire mediante un ventilador adicional. Resultará de interés evitar utilizar para estos fines el agua salada, ya que esto

significará un peligro adicional de contaminación de todo el circuito en el caso de resultar dañado alguno de los tubos del intercambiador.

El sistema se completa con las tuberías, válvulas y filtros correspondientes.

Proponemos a continuación un método de cálculo, de modo que partiendo de la potencia necesaria en el accionamiento de la maquinilla, podremos calcular las características de la bomba y del motor. Este procedimiento resultará de utilidad para el cálculo de cualquier transmisión hidrostática similar.

El caudal necesario en la transmisión hidrostática lo obtendremos a partir de una presión prefijada y la potencia necesaria.

$$Q\ (l/min.) = \frac{440 \times P\ (Cv.)}{p \times \eta_t} \qquad (4)$$

En función de las revoluciones previstas para el motor de la maquinilla, obtenemos la cilindrada del motor

$$V_m\ (cm3) = \frac{1000 \times Q\ (l/min.) \times \eta_v}{N_m} \qquad (5)$$

En función de las revoluciones previstas para la toma de fuerza que accione la bomba, la cilindrada de ésta será

$$V_b\ (cm3) = \frac{1000 \times Q\ (l/min.)}{\eta_v \times N_b} \qquad (6)$$

Finalmente la potencia necesaria de la toma de fuerza que arrastrará la bomba será:

$$P_{acc} = \frac{P\ (bar) \times Q}{440 \times \eta_t} \qquad (7)$$

Donde:

P potencia nominal de la maquinilla
p presión de servicio
Q caudal
V_m cilindrada del motor hidráulico
V_b cilindrada de la bomba
N_m revoluciones del motor
N_b revoluciones de la bomba

η_t *rendimiento total*
η_v *rendimiento volumétrico*

4.2 Accionamiento eléctrico, repercusión sobre los espacios de maquinaria

Sus grandes ventajas consistirán en su reducido mantenimiento y fácil reparación. A estos hechos se une su elevada fiabilidad, al ser concebidos específicamente para el medio marino. El sistema comúnmente empleado es el de un motor de corriente continua alimentado por un generador que se conecta a una toma de fuerza mecánica. Pero, debido al previsible desarrollo futuro que sufrirá este tipo de accionamiento, se incluye información relativa al accionamiento mediante motor de corriente alterna y variador de frecuencia

Accionamiento en continua

Motor eléctrico, irá situado a cubierto en un local a este efecto dispuesto a proa de la maquinilla. Se dispondrá, alineado con la toma de fuerza del equipo, amarrado a un polín soldado a cubierta. Este hecho nos determina la necesidad de sacrificar parte de la habilitación para este fin.

Otro aspecto a tener en cuenta será la complicación del montaje, debido a que al hecho de la fijación de los equipos, se deberá añadir la necesaria nivelación entre ambos y el disponer el correspondiente prensa en la zona del mamparo que atraviese el eje de transmisión.

La siguiente tabla nos dará una idea del empacho de estos equipos. Sin embargo a la hora de determinar las dimensiones del local destinado a albergar este equipo, deberán considerarse aspectos adicionales como podrían ser; la existencia de freno eléctro-mecánico, el espacio adicional necesario para la debida refrigeración del equipo (conductos de ventilación), las necesidades en altura del polín para realizar la alineación con la maquinilla, o los huelgos derivados de las operaciones de mantenimiento y desmontaje.

Potencia (CV)	***R.P.M.***	***Longitud (mm)***	***Anchura (mm)***	***Altura (mm)***	***Peso (Kg)***
100	1000	1290	570	710	900
125	1000	1336	660	780	1000
160	950	1386	660	780	1140
225	950	1560	820	1000	1800
275	950	1640	820	1000	1850
350	900	1595	900	1120	2350

TABLA 9 *FUENTE: INDAR*

Generador, se situará en la cámara de máquinas, acoplado a una toma de fuerza mecánica que gire a 1500 rpm. En ocasiones se sustituye por un rectificador que toma la corriente directamente de las barras del alternador. Un hecho a tener en cuenta en la disposición de la

cámara de máquinas será el elevado empacho de este equipo que determina el sacrificar una parte del espacio para este fin.

Realizando las mismas consideraciones que anteriormente, a continuación se incluye una tabla relativa a las dimensiones de estos equipos.

Potencia (Kw)	*R.P.M.*	*Longitud (mm)*	*Anchura (mm)*	*Altura (mm)*	*Peso (Kg)*
100	1500	1290	570	710	900
125	1500	1336	660	780	1000
150	1500	1386	660	780	1140
175	1500	1415	730	890	1480
215	1500	1485	730	890	1570
275	1500	1560	820	1000	1800
335	1500	1640	820	1000	1850

TABLA 10 *FUENTE: INDAR*

Accionamiento en alterna

Empacho variadores de frecuencia

Potencia (Kw)	*Longitud (mm)*	*Anchura (mm)*	*Altura (mm)*	*Peso (Kg)*
54	330	240	500	14
179	401	353	950	56
340	766	353	1030	112

TABLA 11 *FUENTE: TELEMECANIQUE*

Empacho motores de corriente alterna de 4 polos y 1.500 rpm.

Potencia (Kw)	*R.P.M.*	*Longitud (mm)*	*Anchura (mm)*	*Altura (mm)*	*Peso (Kg)*
75	1500	834	542	674	510
90	1500	895	542	674	600
110	1500	1.050	628	870	921
132	1500	1.160	628	870	1.002
160	1500	1.160	628	870	1.070
200	1500	1.160	628	870	1.181
250	1500	1.160	628	870	1.720

TABLA 12 *FUENTE: DUTCHI*

4.3 Repercusiones sobre los servicios auxiliares

Estas dependerán de dos aspectos fundamentalmente; el tipo de accionamiento empleado y el hecho de que la instalación se le dote de un control remoto.

Considerando la primera de las circunstancias, el empleo de la hidráulica determinará la existencia del correspondiente servicio de aceite hidráulico, a la vez que determina la oportuna modificación en el esquema de agua de circulación o refrigeración; añadiendo un ramal al intercambiador y considerando el incremento necesario en el caudal de la bomba del servicio.

El control remoto va a determinar la necesidad de contar en cubierta y en el puente un circuito de aire comprimido a una presión de 8 bares.

5 – TAMBORES DE RED

5.1 Tracción, velocidad y potencia

Las funciones del tambor de red dentro de la maniobra de pesca han quedado convenientemente significadas, convendrá ahora realizar unas pequeñas indicaciones en cuanto a los aspectos de tracción y velocidad.

La tracción máxima requerida por este equipo vendrá dada por la consideración del esfuerzo necesario para el izado del copo por la rampa de popa. De esta forma resultará lógico pensar que aspectos relativos a la anchura, pendiente y perfil de ésta condicionarán de modo importante el tiro necesario. En general y como norma práctica se podrá estimar la tracción requerida por este elemento como 1.5 veces el tiro individual de cada carretel de la maquinilla de pesca. Casos anormales de rampas de popa con pendientes extremadamente acusadas, deberán determinar una consideración especial por parte de los proyectistas de estos equipos.

$$T_{tambor} = 1.5 \; x \; T_{carretel\ maquinilla} \qquad (8)$$

En cuanto a la velocidad de recogida de la red, indicar que esta deberá presentar un amplio campo de variación para permitir la recogida de los distintos componentes del aparejo. Como norma general se podrá indicar como velocidad media de esta, valores comprendidos entre los 45 y 90 m/min.

Consideración hecha del valor calculado para la tracción, y tras la determinación de la velocidad de izada, la aplicación de la expresión (3) permitirá el cálculo preliminar de la potencia necesaria en el accionamiento del equipo

5.2 Disposición y accionamientos

De disposición en la cubierta del puente, a popa de este, apoyado en sus extremos en dicha cubierta, pero con el acceso del carretel a la cubierta inferior de trabajo.

La ejecución corresponderá a la situación de uno o varios tambores, de manera que se posibilite la capacidad separada que permite la operación alternativa de dos aparejos. Al mismo tiempo la situación de los tambores será en línea o en paralelo dependiendo de la posición relativa de sus ejes de giro.

Últimamente se presenta la tendencia a que los armadores demanden la incorporación de este equipo en el conjunto de la maquinilla de pesca, este hecho hace que necesariamente la maquinilla se vea influenciada. La función a desempeñar por los tambores de red dentro de las maniobras de pesca, demandará el que estos se sitúen lo más próximo a la cubierta como sea posible. Esta circunstancia obligará al proyectista a variar la disposición tradicional de la máquina. Los efectos que esto produce serán dos:

1. Los carreteles de red se situarán en la parte delantera de la maquinilla, quedando por tanto el resto de la maquina relegada a un plano posterior.
2. La maquina crecerá en altura, ya que necesariamente los carreteles posteriores, destinados al cable, deberán elevarse por encima de la parte anterior de la máquin para poder desarrollar su labor.

Con respecto al accionamiento necesario, este podrá realizarse en base a motores hidráulicos, del tipo de pistones radiales y axiales, así como motor de alterna preparado par ser accionado mediante variador de frecuencia. Como particularidad indicar que en el caso del accionamiento hidráulico, se dispondrá un freno del tipo de discos múltiples en baño de aceite.

6 – DISTINTOS TIPOS DE EJECUCIONES: EFECTO SOBRE LA DISPOSICIÓN GENERAL DE LA CUBIERTA Y EL PUENTE DE GOBIERNO

6.1 Tipos de ejecuciones

De modo general el armador va a poder decidir entre dos tipos de ejecuciones de los equipos de pesca; las **maquinillas partidas** y la opción de una **maquinilla monobloque**.

A pesar de este hecho, hoy en día resulta tan grande la interacción entre el conjunto de los equipos de pesca que intervienen en la totalidad de la maniobra, **maquinilla de pesca, tambores de red y equipos auxiliares**, que resultará de interés el considerarlos de modo conjunto.

De esta forma adoptando el criterio citado y aceptando las grandes variaciones que existen, los tres conjuntos de equipos preferidos por los armadores de este tipo de buques serán:

- *Maquinillas partidas independientes y tambor de red de uno o dos carreteles.*
- *Maquinilla monobloque con tambor de red incorporado.*
- *Maquinilla monobloque y tambor de red independiente.*

Cada sistema tiene sus adeptos, sin embargo con ánimo de generalización, se puede decir que los armadores de buques de pequeño y mediano tamaño optan por las dos primeras opciones, mientras que en el caso de buques de gran porte se prefiere la última de las opciones.

Analizamos a continuación en detalle los elementos constitutivos de cada uno de estos conjuntos.

1- Maquinillas partidas.

Constan de dos equipos independientes, de modo que cada una de ellas controlará uno de los tiros del arte, para ello se sitúan en la zona lateral de la cubierta. Siendo el accionamiento hidráulico, únicamente una de ellas va dotada de cabirón. En algunos casos de estiba de la malleta en carreteles independientes, se sitúan estas máquinas, denominadas "malleteros", lo más a proa posible, disponiendo un túnel en la superestructura de proa a nivel de la cubierta superior. Esta disposición permite el aprovechamiento total de la longitud de la cubierta de trabajo. Las máquinas principales se sitúan a media eslora. El conjunto se completa con máquinas auxiliares para el volteo y largado del copo.

El sistema contempla un tambor de red asimétrico con dos carreteles de diferente capacidad y accionamiento hidráulico, y un cabirón. El hecho de la diferente capacidad tiene la misión de albergar dos aparejos distintos, en función de la zona donde esté faenando el buque.

El accionamiento de este conjunto de equipos será a través de dos bombas hidráulicas de caudal variable con control a distancia y conectadas habitualmente a un motor auxiliar diesel. En casos puntuales se podrá optar por un accionamiento eléctrico, con la dificultad añadida de situar los accionamientos de las máquinas principales protegidos de la intemperie.

La ventaja del sistema residirá en los siguientes aspectos:

- Versatilidad,
- Permitir un control absoluto sobre los cables, y en definitiva sobre el aparejo.
- El peso y las dimensiones de los elementos resulta reducido, lo cual favorece doblemente al desplazamiento del buque y a su estabilidad.
- Facilita la disposición de la cubierta.

2- Maquinilla monobloque

Consistirá en un equipo que combina varios carreteles, dos destinados a la contención del cable más los correspondientes a labores auxiliares. A la vez tendremos los dos destinados a la contención de la red. Los carreteles se disponen en cascada, dedicándose los inferiores a la contención de la red. El accionamiento se realiza a través de una única toma de fuerza central, pudiendo ser eléctrico o hidráulico.

El reparto de la tracción correspondiente a los carreteles de cable y de red se podrá realizar como se desee, siendo lo habitual el repartir al 50 % la tracción correspondiente a los destinados al cable, mientras que en el caso de los carreteles de red la tracción se suele dirigir de forma única e integra a uno de ellos. Eso sí, el operador puede seleccionar el carretel de red que reciba la tracción.

En cuanto al accionamiento, cabe decir algo más, ya que habitualmente este se realiza mediante un conjunto "Ward – Leonard", sistema de características enunciadas en el punto anterior.

En cuanto a las ventajas derivadas de su instalación a bordo estas se podrían reducir en los aspectos siguientes:

- Reducción en los costes de adquisición y montaje
- Elevada fiabilidad, al formar un elemento compacto
- Reducción en los costes derivados del mantenimiento
- Consumo durante la operación menor
- Reducción en el momento de inercia longitudinal, al situarse la máquina próxima al centro de gravedad del buque

6.2 Efectos sobre la cubierta de trabajo y la situación del puente de gobierno

En este punto trataremos de evaluar la influencia que sobre la disposición de la cubierta intemperie y la altura del puente de gobierno ejerce la adopción de uno u otra ejecución, igualmente existirá un a interacción completa entre aspectos de la disposición del buque; tales como la anchura de la rampa de popa y la situación de los guardacalores, con la opción escogida.

Analizaremos por separado cada una de las dos ejecuciones.

Máquinas partidas independientes *(ver Fig 1)*

En primer lugar indicar que la determinación de la posición de las maquinillas y el tambor de red deberá efectuarse de modo conjunto.

*U*na vez definido el modelo a instalar, las situaremos en sentido transversal y longitudinal.

En cuanto a lo primero, la posición corresponderá lo más próxima a las amuras como podamos, estando determinado su emplazamiento exacto por aquella situación, en la que el ángulo horizontal que determina el cable respecto a la perpendicular al punto medio del eje del carretel, sea inferior en cualquier caso a 4.5 º. Comprobando a su vez que el cable no toca en los guardacalores.

Para conseguir lo anterior jugaremos con dos aspectos; por un lado el tamaño del guardacalor en el sentido de la manga, reduciendo en lo posible esta dimensión. Por otro lado la disposición del eje de la máquina ligeramente oblicua respecto al eje transversal del buque también favorecerá este aspecto.

Igualmente deberán comprobarse las posiciones relativas entre maquinillas y pastecas de pescante, debiendo determinar el cable un ángulo vertical cuyo valor no excederá de 1.5 º

La posición longitudinal deberá ser tal que además de cumplirse todo lo anterior, permita a la máquina su situación lo más próxima a la amura como sea posible. Podrá darse la situación de desplazar las maquinillas hacia popa buscando contar con espacio para la disposición del tambor de red entre estas y la escotilla de acceso a la bodega, en ese caso deberá respetarse el contar con una zona de tránsito entre las máquinas de 800 mm. En cualquier caso, el alejamiento longitudinal de las maquinillas del pescante nos favorecerá, ya que permite disminuir el ángulo horizontal al que se ha hecho referencia.

El espacio libre a crujía definido por las dos máquinas ya situadas, deberá ser ocupado por el tambor de red. Una vez el tambor situado se comprobarán las posiciones relativas de este y la rampa, esto significará el contar con una anchura de rampa, superior o igual, al ancho del carretel de este equipo. Si esto no resulta posible, en la práctica se consiguen estibaciones aceptables con desalineaciones de la red de 10 º respecto al eje longitudinal definido por los laterales de este carretel.

A través de la interacción entre los parámetros de la anchura de la rampa y el ancho del tambor, llegaremos a una solución de compromiso entre ambos. Pues bien, una vez determinado la anchura del carretel, tendremos ocasión de determinar el diámetro del tambor sin más que considerar el volumen ocupado por la red. A partir de ese punto elegiremos el equipo estándar que más se aproxime a nuestras necesidades, si bien es cierto que los fabricantes de maquinaria de cubierta no suelen poner demasiadas dificultades al diseño y fabricación de tambores de red a la medida de los buques.

Si la maniobra de largado/virado del aparejo se va a realizar de modo remoto, deberá garantizarse que desde la zona de operación se posea una visión completa de la maniobra. Por esto una condición a cumplir será la de contar desde el puente con la visión de la rampa de popa. Esta circunstancia determinará el que entre la altura del tambor de red y la situación del puente exista una interacción que conduzca a la solución final.

Maquina combinada o monobloque (*ver Fig. 2)*

Al ir situada la máquina con el eje dispuesto transversalmente y centrada respecto a crujía, la manga del buque, respetando zonas laterales de paso de 800 mm., nos determinará esta dimensión de la máquina.

Dada la complejidad de diseño que supone el proyecto de una maquinilla de esta ejecución, los fabricantes de maquinaria de cubierta tienen en catálogo varios modelos estándar que no admiten modificaciones substanciales. Es por ello que lo más aconsejable será adoptar el diseño que mejor cumpla nuestros parámetros iniciales de diseño.

Una vez determinada la máquina el proyectista naval tiene poco margen de intervención, ya que esta deberá situarse en la zona de cubierta comprendida entre la superestructura y la escotilla que permite el acceso a la bodega, respetando en ambos casos zonas de circulación de 800mm. La superestructura igualmente deberá contar con un local destinado a la ubicación a cubierto del sistema de accionamiento.

Si la actuación de la máquina se va a realizar a pie de máquina, entonces deberemos contar con una separación de 1.200 mm. entre el equipo y el mamparo de popa de la superestructura, que permita el accionamiento de los mandos de embrague y frenado.

Se hará necesario el comprobar que los ángulos horizontales que definen los cables de arrastre respecto del eje de longitudinal resultan admisibles (4.5º), así como la anchura de los carreteles de red, respeto de la rampa. Igualmente se comprobará que las alturas relativas de la dualidad maquinilla de pesca / pescante, no defina ángulos superiores de 1.5 º.

La altura del puente de gobierno vendrá igualmente condicionado por la visibilidad de la rampa, todo ello contando con la altura de la maquinilla

6.3 Efectos sobre la disposición interior del puente de gobierno

Lo habitual en nuestros días es propiciar la realización de las maniobras propias del arrastre a cubierto, es por ello que es hará necesario disponer las consolas de mando y supervisión del sistema en el puente de gobierno.

La gran cantidad de mandos destinados al accionamiento remoto de frenos y embragues de cada carretel, determina un panel de dimensiones considerables que ocupará el espacio de popa del puente de gobierno. La situación será tal, que permita la manipulación de los mandos a la vez que se observa la maniobra. Las dimensiones de estos paneles se incluyen en el cuadro adjunto.

TIPO DE PANEL DE MANDO	***DIMENSIONES*** *(anchura x profundidad mm)*
3 accionamientos de carretel	800 x 350

4 accionamientos de carretel	960 x 350

TABLA 13

Igualmente se deberá reservar espacio para los equipos de supervisión de la maniobra, estos será los indicadores de tracción de los cables de arrastre. La utilización de dispositivos de visualización del tipo analógico determina la necesidad de reservar un espacio importante para que estos sean del tamaño adecuado que permitan la lectura. La utilización de sistemas digitales permitirá reducir de forma importante el tamaño de estos. Otra posibilidad se presenta con la visualización de los datos a través de la pantalla de un ordenador existente en la zona.

7 – EFECTOS SOBRE LA MANIOBRA

A la hora de considerar este aspecto, vuelve a ser de interés el recalcar el hecho claro de la interacción existente entre todos los equipos componentes de la "maniobra de pesca". En este sentido será de vital importancia la consideración unida de los conjuntos maquinillas-pescantes-pastecas de pescante , tambores de red-rampa de popa y maquinillas-palos bipodes-pastecas de maniobra.

En el primero de los casos resultará igualmente importante el cuidar que los ángulos vertical y horizontal que el cable determina con respecto al eje longitudinal del buque se mantengan dentro de los valores siguientes:

ÁNGULO HORIZONTAL – VALOR MÁXIMO	***ÁNGULO VERTICAL - VALOR MÁXIMO***
4.5 º	1.5 º

TABLA 14

Este hecho afecta a la posición del polín de los equipos en cuanto a su posición en cubierta y su altura, pero de igual modo condiciona la ejecución del pescante y la elección de las pastecas a emplear y su suspensión. De considerarse un pescante del tipo móvil que determina variaciones transversales de las pastecas, entonces deberán estudiarse todas las posibles situaciones relativas de ambos elementos, determinando los ángulos que en cada caso se presentan.

En cuanto al conjunto tambor de red – rampa de popa, ha quedado determinada la necesidad de coincidencia en anchura. Si esto no resulta posible el ángulo de desvío en cualquier caso será inferior a 10 º.

En general, el laboreo de cabos o cables que se dirijan a los cabirones de las maquinillas deberán plantearse de modo que se cumpla el que el ángulo de entrada forme con un plano transvesal al eje de este, un valor siempre inferior a 30 ª. Esta limitación determinará la posición de los cáncamos de suspensión de las pastecas en los palos bípodes

8 - REPERCUSIONES SOBRE EL DESPLAZAMIENTO Y LA ESTABILIDAD

De la consideración de los pesos de los equipos involucrados en la maniobra de pesca como una parte sustancial del desplazamiento, unido a la circunstancia importantísima de que se trata, en cualquier caso, de un peso "alto", determina el hecho de que en una etapa de anteproyecto resulte de interés el contar con información que permita estimar el valor del peso de los equipos de maniobra, así como la situación del centro de gravedad de aplicación de este.

Convendrá estudiar por separado las dos ejecuciones planteadas, ya que ambas conducirán a valores distintos.

La alternativa de máquinas partidas, determina la disposición de estas a proa de los guardacalores, hecho este que nos aproxima a su situación definitiva. En cuanto al peso de estas, en conjunto será inferior al de la máquina monobloque. Este se podrá determinar en una primera aproximación mediante la consideración de los valores consignados en la tabla 11. La posición del centro de gravedad correspondiente a este tipo de máquinas, se situará en el centro geométrico de su base con una altura que vendrá dada por el valor 0.4 5x altura de la máquina.

En la zona de crujía se situará el tambor de red. Este tipo de equipo presenta una disposición asimétrica, ya que en uno de los laterales se sitúa el conjunto reductor – motor hidráulico, este hecho deberá tenerse en cuenta. La posición del centro de gravedad correspondiente a este equipo, se situará en el centro geométrico de su base con una altura que vendrá dada por el valor 0.5 x altura de la máquina.

En cuanto a la máquina monobloque, esta posee la ventaja de presentar una distribución de pesos casi simétrica. Por el contrario la estabilidad del buque se verá penalizada por la circunstancia de que el centro de gravedad del conjunto resulta elevado. Esto se demuestra por el hacho de que, a pesar de que la posición del centro de gravedad igualmente se sitúa en el centro geométrico de su base, este presenta una altura superior a los casos anteriores, viniendo dada por el valor 0.6 x altura de la máquina.

Otro aspecto a considerar será el correspondiente al peso del accionamiento, en este sentido conviene indicar los contenidos de las tablas 7,8,9 y 10, relativos a los pesos de estos. El resultado será que el accionamiento eléctrico resulta especialmente mal parado en este aspecto.

9 - CONCLUSIONES

- Aspectos tales como el caladero al que se dirige la actividad, unido al planteamiento de explotación del buque que realice el armador, van a determinar el tamaño y la potencia del buque a emplear. Si a estos considerandos unimos la determinación del tipo de especie a explotar, tendremos determinado el tipo y tamaño del arte de pesca a utilizar. Este último aspecto unido al tener presente el tamaño y potencia del buque nos permitirá la determinación de la maniobra de pesca (maquinilla, tambor de red, pastecas, palos y pescantes.

- Existirá una interacción clara entre el diseño de la maniobra de pesca, y los siguientes aspectos del proyecto del buque:

1. El diseño de la cubierta de maniobra y de la rampa de popa
2. La disposición de los espacios de maquinaria
3. La situación y disposición interior del puente de gobierno
4. El esquema de los servicios auxiliares.

- Los parámetros de diseño de una máquinilla de pesca serán tres; la **capacidad de los carreteles** que vendrá determinada por el caladero y su profundidad, la **tracción** que vendrá determinada por la potencia del buque y el tipo de propulsor empleado, y finalmente la **velocidad de izada** que nuevamente vendrá impuesta por la profundidad del caladero.

- Los tipos de accionamientos empleados en estos equipos van a ser dos el hidráulico y el eléctrico, ambos repercutirán de modo diferente sobre los espacios de maquinaria y su disposición.

- La tracción de los tambores de red se determina a partir de la tracción de la maquinilla, mientras que la velocidad se fija en función de la rapidez que deseemos en las operaciones de largado/izado del aparejo.

- Los tipos de ejecuciones de las maquinillas de utilización en este tipo de caladeros, serán dos; las maquinillas partidas, y las monobloque. Un resumen de las prestaciones de cada una en cuanto a diversos aspectos (operación, versatilidad, fiabilidad, costes y efectos sobre el buque) sería el siguiente:

	Ejecución partida	Monobloque
OPERACIÓN	Favorable	Desfavorable
VERSATILIDAD	Favorable	Desfavorable
FIABILIDAD	Desfavorable	Favorable
COSTES	Desfavorable	Favorable

- *adquisición*	Alto	Bajo
- *montaje*	Bajo	Alto
- *energético*	Alto	Bajo
- *mantenimiento*	Alto	Bajo
EFECTO SOBRE EL BUQUE	Favorable	Desfavorable
- *impacto sobre el desplazamiento*	Bajo	Alto
- *impacto sobre la disposición*	Bajo	Alto
- *impacto sobre la estabilidad*	Bajo	Alto

TABLA 15

- Finalmente el siguiente diagrama de flujo intenta representar la influencia de ambas ejecuciones sobre el "proyecto del buque".

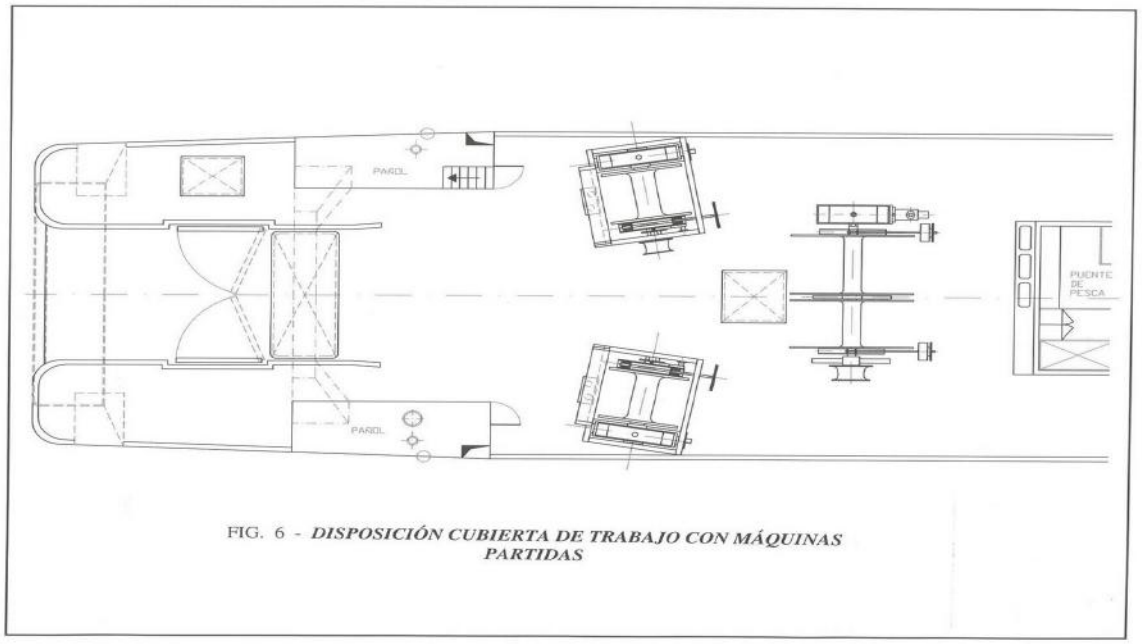


FIG. 6 - *DISPOSICIÓN CUBIERTA DE TRABAJO CON MÁQUINAS PARTIDAS*

FIG 1 – **DISPOSICIÓN CUBIERTA DE TRABAJO CON MAQUINAS PARTIDAS**

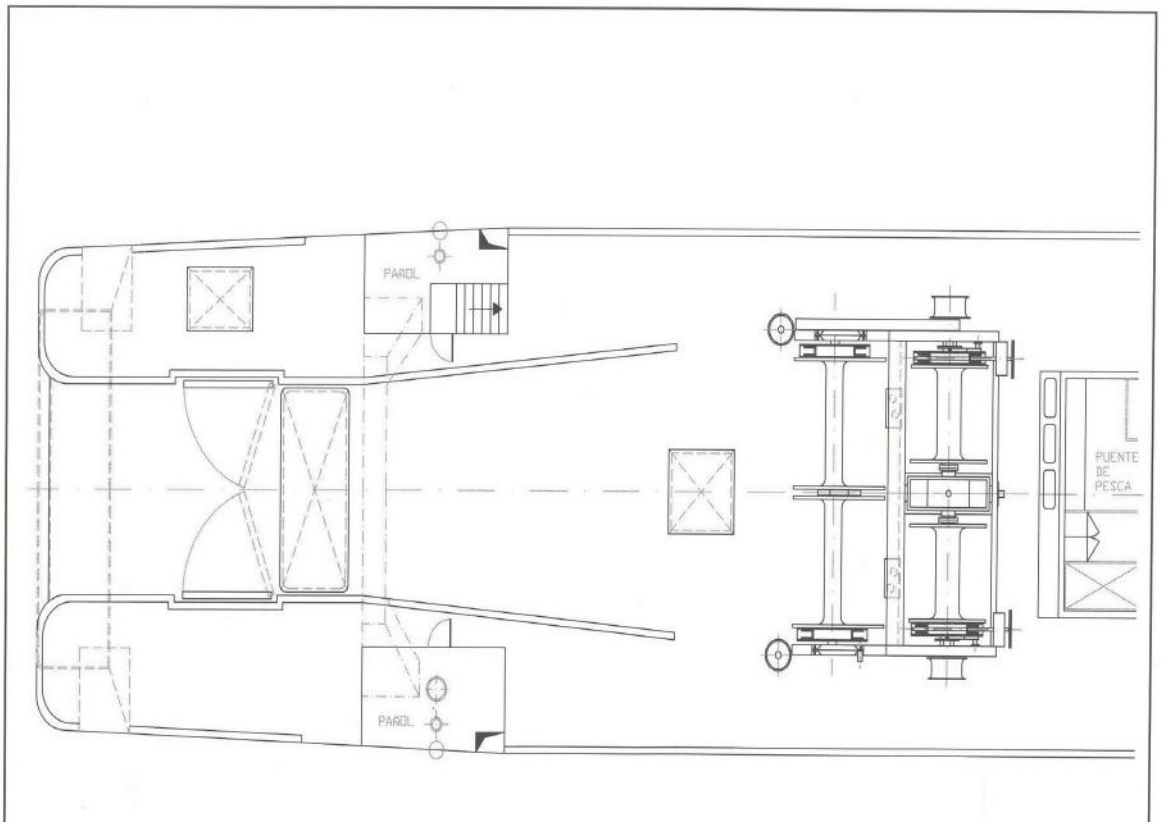


FIG 2 – **DISPOSICIÓN CUBIERTA DE TRABAJO CON MAQUINILLA MONOBLOQUE**

- MÁQUINA MONOBLOQUE

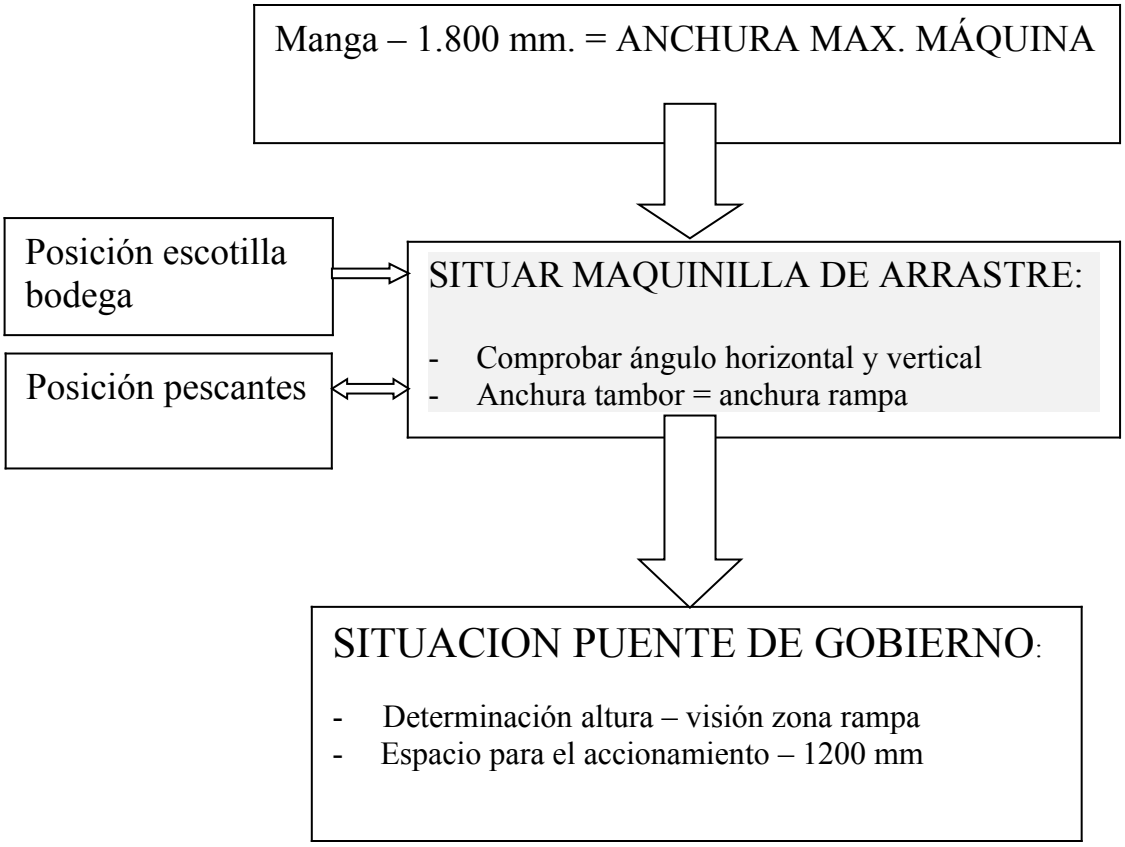


FIGURA 3

- MÁQUINAS PARTIDAS

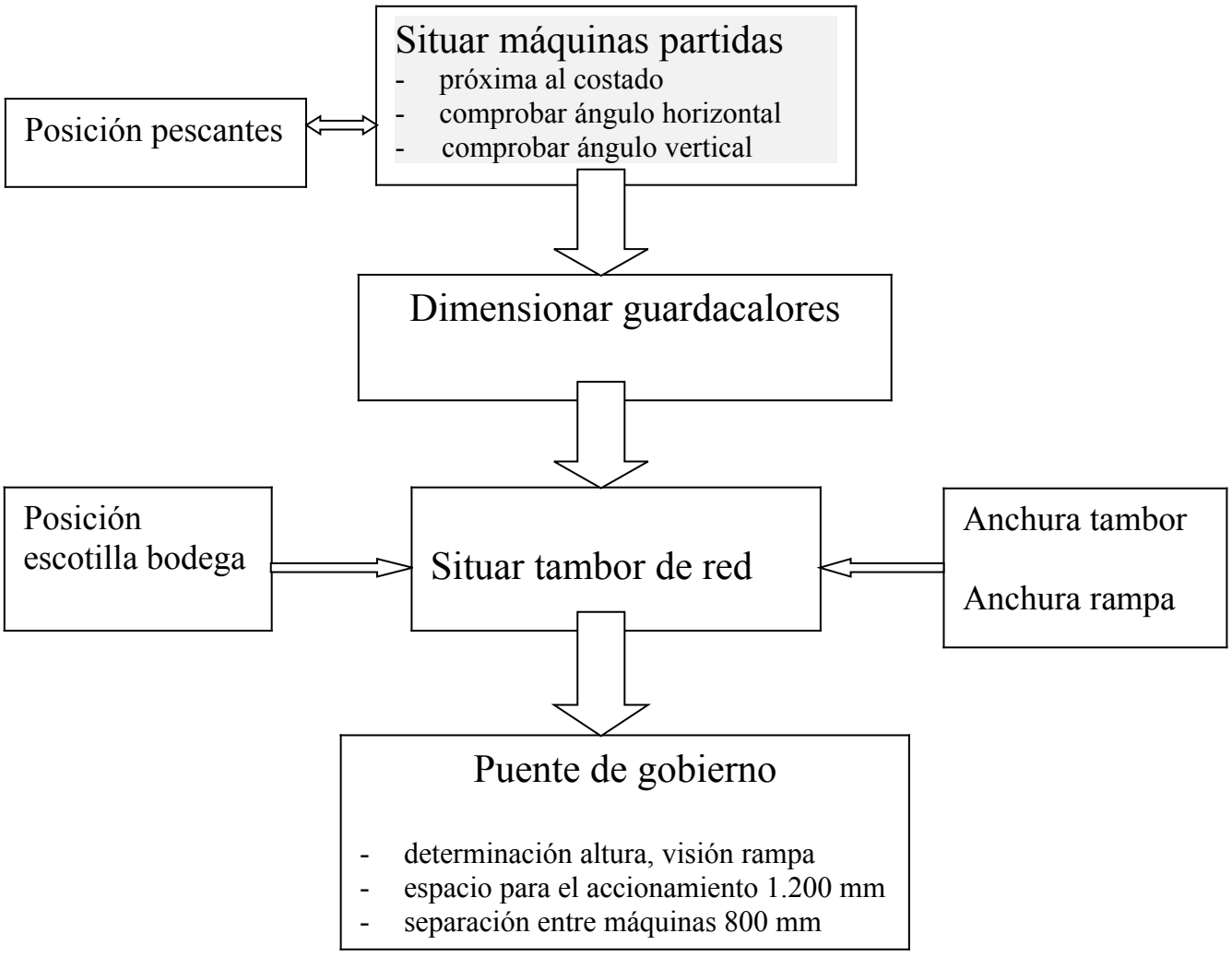


FIGURA 4

BIBLIOGRAFÍA

1. *Carral Couce J. – Carral Couce L.* – "Diseño de maquinillas de pesca de arrastre por popa: su influencia enel proyecto del buque de pesca destinado a caladeros comunitarios" – XXXV Sesiones técnicas de Ingeniería Naval –AINE – 1999
2. *De la Cueva Sanz* – "Artes y aparejos – tecnología pesquera" – Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – Secretaría Técnica – Madrid 1990
3. *Gardner J.* " Moderm Deep- Sea Trawling Gear" – Fishing News 1967
4. *Santos L.* " Consideraciones sobre el proyecto de buques arrastreros" – XXX Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval-
5. *Santos L. – Nuñez Basañez J.* " Fundamentos de pesca" F.E.I.N. - 1994
6. Documentación técnica Tall. Carral
7. Documentación técnica Indar
8. Documentación técnica Danfoss
9. Documentación técnica Telemecanique
10. Documentación técnica Poclain
11. Documentación técnica Rexroth

INSPECCIÓN VISUAL E IMPORTANCIA DE LA SOLDADURA EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS NAVALES

-Yarín Achachagua, Anwar Julio e-mail: anwaryarin@yahoo.es

-Yarín Achachagua, Yasser Hipólito e-mail: yhya_20_1@hotmail.com

Estudiantes de Ingeniería Naval de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima-Perú

INTRODUCCIÓN

La inspección visual, es un método no destructivo, mediante el cual una soldadura, el metal base relacionado y etapas particulares de la soldadura pueden ser evaluados en concordancia con los requerimientos aplicables. Todos los métodos de inspección visual requieren el uso de la vista para evaluar las condiciones que están presentes; de ahí el término “inspección visual”.

Por tal motivo una adecuada inspección visual es de vital importancia en los trabajos de control de calidad que se pueden realizar en la construcción de una embarcación. Y que debido a la realidad del Perú estas inspecciones se realizan en embarcaciones pesqueras. Limitando el presente trabajo a ese rubro.

Materiales y Métodos

Equipos para la examinación

Un examen visual que requiere el uso de herramientas o equipos especiales dependerá de la aplicación y probablemente del grado de exactitud requerido para la inspección. Algunas herramientas pueden necesitar calificaciones especiales antes de su uso, como por ejemplo los calibradores. Aunque la presente guía da un delineamiento de las ayudas para un examen visual, existen muchos conceptos diferentes y otras variaciones de equipo. Como regla general, deben usarse aquellas herramientas que cumplen con un código y una especificación particular, la medición adecuada para la exactitud según los criterios de aceptación o que satisfagan las necesidades de la inspección.

Medidores

Existen numerosos dispositivos de examinación que son usados por los inspectores de soldadura. La presente sección tratará sólo algunas de las herramientas y calibradores usados con mayor frecuencia en la inspección visual. Las herramientas, a que se refiere esta sección son:

Amperímetros
Lápices térmicos (sensibles a la temperatura)
Termómetros para contacto con la superficie
Calibradores de soldadura
Escopios de fibra y escopios de perforación (escopio = medidor)
Calibradores de ferrita

Métodos de uso de los equipos

A fin de asegurar una exactitud continua del equipo para examinaciones, es importante evitar un tratamiento abusivo o sin cuidado. Los instrumentos deben mantenerse libres de polvo, humedad o impresiones de dedos, que deben quitarse antes de guardarlos. Es necesario tener cuidado para evitar rasguños o muescas (mellas) en las superficies de contacto, en las caras del dial y de las graduaciones. Para almacenarlos, a los medidores deben aplicarseles un aceite ligero de aderezo mediante un trapo suave y limpio sin hilachas antes de archivarlos.

Si fuese necesario retirar el calibrador antes de leer una medición, entonces habrá que enganchar la cerradura, removiendo el calibrador cuidadosamente. Jamás debe forzarse un calibrador o golpearlo contra la pieza de trabajo, pues eso tiende a producir un desgaste desigual del instrumento.

Calibración del Equipo de Examinación

Algunas industrias requieren el uso de instrumentos de medición calibrados. La calibración es la comparación de un instrumento de medición con un estándar de referencia de tolerancia más estrecha y exactitud conocida. Esta comparación se efectúa generalmente con un estándar, cuya precisión se atribuye a la Oficina Nacional de Estándares (National Bureau of Standards). Por lo general, la calibración queda documentada en un registro permanente, y luego se aplica una etiqueta de certificación al instrumento que indique la fecha en que el instrumento tiene que ser calibrado nuevamente.

Un sistema efectivo de calibración debe asegurar la anulación y calibración de todos los dispositivos de medición precisa bajo control en un período previamente establecido. Antes de usar un dispositivo de medición controlado, el inspector tiene que asegurarse que existe una etiqueta de certificación de la calibración y que la fecha para una nueva calibración no haya pasado. Todo medidor que ha pasado su fecha de expiración debe ser calibrado y certificado antes de su uso.

Adicionalmente a las etiquetas de calibración, todos los dispositivos controlados para medición deben tener su propio número de serie. El número de serie permite rastrear la calibración en caso que una etiqueta de calibración se caiga inadvertidamente. Un número de serie es obligatorio para calibres o dispositivos pequeños, en que no cabe un rótulo o etiqueta de calibración.

Procedimientos

Amperímetros

Un amperímetro del tipo de tenazas para pruebas es un instrumento portátil especial que mide el flujo de corriente en un circuito sin conectarlo eléctricamente. Se trata de una manera eficiente para verificar el amperaje que se está usando durante el soldeo

(procedimiento de chequeo de la soldadura que se está usando durante el soldeo). Al colocar las mandíbulas del probador de tenaza alrededor de un conductor que lleva corriente, puede obtenerse una lectura en amperios.

Lápices Térmicos (Lápices sensibles a la temperatura)

Los lápices sensibles a la temperatura son usados con frecuencia para obtener una indicación aproximada de la temperatura. Se hace una marca con el lápiz en el metal en el área a chequear; por ejemplo, si se usa un lápiz de 500 grados, la temperatura de la pieza será por lo menos de 500 grados cuando se funda la marca del lápiz. Esta medición debe efectuarse usualmente dentro de una distancia de once pulgadas (25cm) de la soldadura sobre el metal base. Las marcas con este lápiz jamás deben hacerse directamente en la soldadura misma, debido a una posible contaminación.

Resultados y Discusión

Antecedentes Generales

Descubrir y reparar los defectos en aquel momento resulta en una reducción sustancial del costo. Se ha comprobado que un programa consistente de inspección visual antes, durante y después de la soldadura puede resultar en el descubrimiento de la mayoría de todos los defectos que se podrían detectar más tarde con el uso de métodos de prueba más extensos. Los fabricantes están convencidos del beneficio de un sistema de calidad mediante una inspección visual bien disciplinada.

La efectividad de la inspección visual mejora, si se crea un sistema que cubra todas las fases del proceso de soldadura (antes, durante y después de la soldadura). Cuanto más pronto es introducido el proceso de examinación, tanto mejor será el resultado.

Bases Fundamentales para la inspección visual

Agudeza, Experiencia y formación

Uno de los pre-requisitos más obvios es que el examinador visual debería tener una agudeza visual suficiente para realizar una inspección adecuada. Debe saberse si tiene suficiente visión cerca y lejos, sea natural o corregida. Una inspección visual periódica documentada es un requerimiento de muchos códigos y especificaciones y se considera generalmente como una práctica buena. Un examen de los ojos por un examinador

calificado es un pre-requisito para la certificación por AWS como Inspector Certificado de Soldadura (CWI) o como Inspector Certificado Asociado de Soldadura (CAWI).

Otro pre-requisito obvio es que el inspector visual debería tener suficiente conocimiento y habilidad para realizar el examen exitosamente y con sensatez. El conocimiento y la habilidad pueden adquirirse, impartidos u obtenidos a través de los procesos educacionales y de entrenamiento. Ambos métodos pueden ser clases formales (en el aula) o en el trabajo. La variedad de los métodos y procesos para impartir u obtener conocimientos y habilidad es grande pero el arte de tener un criterio bueno no siempre llega fácil y perfectamente. Debe permitirse un tiempo suficiente para que los diferentes individuos capten apropiadamente los puntos clave referente a: preparaciones de junta, pre-calentamiento, temperatura de interpase, distorsión de soldadura, consumibles de soldadura y otros materiales. Adicionalmente debe permitirse una suficiente exposición de los muchos tipos de las variantes en el trabajo en sí.

Programas de certificación y seguridad

A fin de proporcionar la seguridad de que los inspectores visuales son calificados (es decir, que han obtenido y mantenido pre-requisitos suficientes), puede ser deseable disponer de personal para la inspección visual formalmente certificado. La certificación es un testimonio de calificación. La American Welding Society ofrece programas para el Inspector Certificado de Soldadura (CWI) y el inspector Certificado Asociado de Soldadura (CAWI). Pueden usarse otros programas para la certificación de inspectores visuales de soldadura.

Los inspectores visuales deberían recibir suficiente adoctrinamiento sobre prácticas de seguridad en la soldadura. Existen muchos riesgos potenciales para la seguridad (electricidad, gases, humos, luz ultravioleta, calor, etc.).Todo personal que trabaja o entra en contacto con el ambiente de la soldadura debería buscar entrenamiento en seguridad en la soldadura

Condiciones de la superficie antes y durante la soldadura

Preparación de la Junta

En una soldadura, la parte más crítica del metal base es aquella área que ha sido preparada para aceptar metal de aporte en alguna forma de junta en el perfil. La importancia de la preparación de la junta antes de soldar jamás puede ser enfatizada en demasía. Por esta razón

el examen visual de la preparación de la junta es de máxima prioridad. Los puntos que deben tomarse en consideración antes de la soldadura, incluyen:

(1) Angulo de ranura ó bisel
(2) Apertura de la raíz
(3) Alineamiento de la junta
(4) Respaldo (De ser necesario)
(5) Inserto de consumible
(6) Limpieza de la junta
(7) Apuntalado
(8) Pre-calentamiento

Todos estos factores podrían tener un efecto directo sobre la calidad resultante de la soldadura. Si la preparación es mala, entonces la soldadura será muy probablemente de calidad sub-estándar. Un gran cuidado durante el ensamblaje de la junta puede mejorar enormemente la efectividad de la soldadura. Algunas veces un examen de la junta antes de la soldadura revelará irregularidades dentro de las limitaciones del código, pero se convierten en zonas de preocupación y pueden observarse cuidadosamente durante los pasos posteriores. Por ejemplo, si una junta en T para soldaduras en filete exhibe una apertura excesiva de la raíz, entonces debe aumentarse el tamaño de la soldadura en filete requerida por la cantidad de la presente apertura de la raíz. De manera que, si el inspector sabe que existe esta situación, entonces puede marcarse adecuadamente el dibujo o la junta y la determinación final e interpretar correctamente el cumplimiento (o la deformación) del tamaño de la soldadura.

Inspección después de la soldadura

Mucha gente cree que la inspección visual comienza recién cuando la soldadura ha sido completada. Sin embargo, si todos los pasos anteriormente discutidos han sido tomados antes y durante la soldadura, esta fase final de la inspección visual es fácil de llevar a cabo. Simplemente representa un chequeo de que los pasos tomados han resultado en una soldadura satisfactoria. Algunos de los ítems que requieren atención después de la soldadura son:

(1) El aspecto final de la soldadura
(2) El tamaño final de la soldadura
(3) La longitud de la soldadura
(4) La exactitud dimensional
(5) Cantidad de distorsión
(6) Tratamiento térmico posterior

El propósito básico de la inspección final de la soldadura es asegurar su calidad. Por consiguiente se requiere un examen visual de varias cosas. La mayoría de los códigos y especificaciones describe la extensión de las discontinuidades que son aceptables, y muchas de ésas pueden ocurrir en la superficie de la soldadura completada.

Detalles de la Soldadura en las estructuras navales

Registro

Como en todo tipo de inspección, una vez completada se debe identificar el área defectuosa de alguna manera para asegurar que puede ser localizada y reparada apropiadamente. Están disponibles muchos métodos, de manera que las condiciones específicas podrán dictar el sistema de marcación más efectivo.

Un método comúnmente usado es registrar el tipo, tamaño y ubicación de todos los defectos, para que puedan ser localizados, identificados y reparados.

Mas efectivo sea quizás la identificación del área defectuosa marcándola directamente en la parte. Algunas condiciones pueden requerir el uso de ambos métodos. Sin que importe cual de los métodos se use, forma parte de una función muy importante.

Un inspector debe ser capaz de mantener registros adecuados. Los inspectores deben ser capaces de escribir reportes claros y concisos, para que los superiores no tengan dificultades en entender las razones para las decisiones tomadas si posteriormente serán revisadas. Los reportes de inspección deben ser concisos pero suficientemente completos para que sean claros para un lector no familiarizado con el producto

inspeccionado. Al preparar los registros deben incluirse los hechos más básicos, aunque sean bien conocidos y comprendidos al momento de escribirlos, ya que posteriormente quizás no sean recordados tan claramente. De manera que buenos registros no sólo protegen a los inspectores que los escribieron, también ayudan a ajustarse a una política de estándares uniformes.

Conclusiones

- La

Bibliografía e informaciones

- ANSI/AWS B1.11-88

Anexos

Estandares Industriales Típicos

A continuación se da una relación de los estándares usados en la industria de la soldadura para la fabricación y examinación o inspección.

American Welding Society (AWS)

D1.1 Código para la soldadura Estructural Acero

D1.2 Código para la Soldadura Estructural Aluminio

D1.3 Código para la Soldadura Estructural Plancha de Acero

D1.4 Código para la Soldadura Estructural Acero reforzado

American Bureau of Shipping (ABS)

Reglas para la Construcción y Clasificación de buques de Acero, Sección 43.

Figuras o vistas virtuales

Comprobaciones

MVC-011S.JPG

MVC-018S.JPG

MVC-019S.JPG

Discontinuidades

MVC-015F.JPG

MVC-024F.JPG

Inspección

MVC-001S.JPG

MVC-002S.JPG

MVC-005S.JPG

MVC-006S.JPG

Inspección de tanques

MVC-015S.JPG

MVC-025S.JPG

MVC-020S.JPG

Integração Sul-Americana a partir de investimentos em Infra-Estrutura: Avaliação dos Benefícios Decorrentes da Ampliação da Hidrovia do Rio Madeira

Elton Fernandes [1], Cesar das Neves [2], Andrea Brasil Santos [3], Anibal Vilcapoma Ignacio [4]

Resumo

A ampliação da hidrovia do rio Madeira no trecho Porto Velho - Guajará Mirim faz parte do projeto do corredor de transportes fluvial que cruza a América Latina de Norte a Sul, pela conexão das Bacias Amazônica, do Orinoco e do Prata, e também do projeto do corredor de transporte que viabiliza a conexão Leste Oeste da América do Sul através de inter-modalidades.

O projeto "Complexo do Rio Madeira" se constitui na construção de quatro hidrelétricas (Jirau, Santo Antônio, Guajará e Cachuera Esperanza) e tem como foco a interiorização do desenvolvimento da América do Sul, principalmente através da transposição dos obstáculos à navegação do Rio Madeira e seus afluentes, com a construção de eclusas – viabilizando o acesso por hidrovia à cidades com portos fluviais no Mato Grosso, na Bolívia e no Peru, alargando significativamente a área de influência das rotas que passam pela hidrovia do rio Madeira – além da ampliação da capacidade nacional de geração de energia.

1 [?] Professor - COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (elton@pep.ufrj.br)
[2] Professor - FCE/UERJ-Colaborador COPPE/UFRJ (cdn@poli.ufrj.br)
[3]Professor - Universidade Federal do Amazonas e aluna de Doutorado da COPPE (brasiland@ufam.edu.br)
[4] Professor - FEMASS/ Doutorando da COPPE/UFRJ (avilcap@pep.ufrj.br)

Endereço para correspondência: Centro de Tecnologia, Ilha do Fundão, Bloco F, Sala 108

Fone/Fax: (21) 2562-7044

A acessibilidade e a redução do custo de transporte serão elementos fundamentais nos benefícios gerados pela expansão da hidrovia, quando supomos que surgirão rotas alternativas de transporte para o escoamento da produção da área do projeto. Para a avaliação destes benefícios, propomos uma metodologia que tem como princípios básicos: 1) A comparação de alternativas de transporte "com" *versus* "sem" a realização do projeto de expansão da hidrovia; 2) Os impactos a considerar devem ser sempre de natureza incremental; 3) O foco de avaliação dos impactos deve ser o econômico e não financeiro; 4) Excedente do consumidor será o conceito de referência para medir os benefícios aos usuários pelas melhorias num sistema de transporte; 5) Ganho do produtor será o conceito de referência para medir os benefícios de novos bens e serviços decorrentes da acessibilidade gerada pela melhoria num sistema de transporte.

Introdução

Um projeto hidrelétrico, desenvolvido em parceria pelas empresas FURNAS Centrais Elétricas S.A. e CNO - Construtora Norberto Odebrecht, tem sido pioneiro na consideração dos diversos potenciais do uso das águas dos rios através de uma abordagem multi-propósito na América Latina. Este projeto, denominado Complexo do rio Madeira, se localiza entre as regiões Centro Oeste e Norte do Brasil, em um dos principais afluentes do rio Amazonas, o rio Madeira, tendo seus impactos estendidos até a Bolívia e o Peru. Trata-se de um projeto de geração de energia através de quatro hidrelétricas com eclusas, que irão gerar cerca de 11,880 MW, e viabilizar de cerca de 4200 km de hidrovias no Brasil, Bolívia e Peru. Projetos de hidreletricidade conjugados com transporte hidroviário são comuns na Europa e na América do Norte. Na América do Sul isto não tem sido uma realidade.

O modelo hidrelétrico implantado, principalmente no Brasil, maior país do continente, não foi acompanhado de uma preocupação com o aproveitamento do potencial de transportes dos rios através de hidrovias ou de outros propósitos como turismo, irrigação etc. Uma exceção é o projeto da hidrelétrica de Itaipu, empreendimento binacional de Brasil e Paraguai, que por estar em uma região turística tradicional, teve uma modesta componente turística. Enquanto os Estados Unidos da América do Norte possuem 25749 km de hidrovia o Brasil, dos 42000 km de vias navegáveis somente cerca de 9787 km são de hidrovias. Nas hidrovias americanas são transportados cerca de 2,3 bilhões de toneladas, enquanto no Brasil o transporte está na faixa de 25 milhões de toneladas.

Este artigo apresenta e desenvolve a aplicação de uma metodologia de avaliação do impacto econômico da implantação do projeto do Complexo do rio Madeira com relação ao modal de transporte hidroviário. A ênfase é dada ao benefício da redução do frete de escoamento de commodities alimentícias do lado brasileiro do empreendimento. O artigo faz, ainda, uma avaliação de outros tipos de benefícios como emprego, investimentos na construção naval etc.

A metodologia da análise econômica realizada aborda a questão considerando a evolução da região estudada com a realização do projeto do Complexo do rio Madeira, que viabiliza

a componente de navegação, em comparação com a evolução sem o projeto. Não se trata de uma avaliação do antes e depois do projeto, mas sim da comparação de dois cenários futuros plausíveis da região de influência do projeto. As projeções de movimentação de grãos da Região com o projeto e sem o projeto, assim como a diferença de fretes com o projeto e a melhor alternativa de escoamento da produção das commodities alimentícias sem o projeto constituem a base de cálculo dos benefícios. Esta comparação é feita da data esperada de conclusão do projeto (2013) para um período de 20 anos (até 2033).

A análise dos benefícios econômicos da expansão da navegação, com o projeto do complexo do rio Madeira, evidenciou valores significativos. Em termos de economia de frete se chegou ao valor, em 20 anos de operação do trecho que impacta o Brasil, de cerca de 5 bilhões e 100 milhões de dólares americanos. Os resultados mostram que projetos de infra-estrutura podem ter excelentes retornos financeiros. Os cálculos apresentados se referem, somente, aos benefícios do lado brasileiro do Complexo do rio Madeira. É razoável se esperar, pelo menos, igual benefício do lado boliviano, que possui uma região ainda não explorada em termos econômicos, e algum benefício para o Peru, que passa a ter acesso a um canal de escoamento de produção de baixo custo para o mercado internacional.

2. A navegação fluvial no mundo

As vias navegáveis no mundo são de aproximadamente 450.000 km, dos quais 190.000 km apenas são utilizados. Entre os que mais utilizam o seu potencial hidroviário, encontramos a Europa Ocidental e os Estados Unidos (Portobras, 1988; Cabral, 1995).

Na Europa, um dos principais fatores para a expansão do sistema hidroviário foi a cooperação econômica que ocorreu a partir das atividades desenvolvidas em torno do carvão e do aço, na década de sessenta. Alemanha, Holanda, França, e Bélgica buscaram um modelo de integração continental que foi viabilizado por um significativo investimento coordenado em infra-estrutura, potencializando a capacidade de transporte no continente (Seidenfus (1994); Burn (1984); Slob (1998); Van Schijndel e Dinwoodie (2000)). A Rússia utiliza cerca de 31% de sua rede hidroviária potencial, sendo que a sua infra-estrutura possui mais de 100 eclusas (Cabral, 1995).

Um outro sistema hidroviário internacional bastante eficiente é o americano, que segundo Johnson & Wood (apud Oliveira e Caixeta Filho) possui 25.749 km de extensão, com 2,7 m de profundidade mínima, e apresenta alta conectividade, com 86% da extensão interligada.

No Brasil está localizada uma das maiores bacias hidrográficas do mundo, tendo cerca de 42.000 Km de vias navegáveis (DNIT, 2003). A hidrovia do São Francisco com 1370 km de extensão, a Hidrovia Tocantins-Araguaia com 2460 km, a Hidrovia Tietê-Paraná com 2.400, a Hidrovia Paraguai-Paraná com 3.442 e a Hidrovia do Madeira com cerca de 1238 km.

A ampliação da hidrovia do rio Madeira, no trecho Porto Velho - Guajará Mirim faz parte do projeto do corredor de transportes fluvial que cruza a América Latina de Norte a Sul, pela conexão das Bacias Amazônica (rios Negro, Amazonas, Madeira, Guaporé), do Orinoco (rio Orinoco) e do Prata (rios Paraguai e Paraná), e também do projeto do corredor de transporte que viabiliza a conexão Leste Oeste da América do Sul através de inter-modalidades. A realização dos projetos hidrelétricos com eclusas (Santo Antônio, Jirau, Guajará e Cachoeira Esperança) viabiliza o acesso por hidrovia a cidades com portos fluviais no Estado do Mato Grosso, na Bolívia e no Peru, alargando significativamente a área de influência das rotas que passam pela hidrovia do rio Madeira (ver Figura 1(a)).

A ampliação da hidrovia tem um papel fundamental na interligação dos corredores de transporte na América Latina (Costa 2003) e no desenvolvimento do Centro Oeste e do Norte do Brasil, bem como da região central da América do Sul, em especial dos trechos da Bolívia e do Peru que terão uma rota de escoamento de seu potencial produtivo na direção do Oceano Atlântico, uma vez que o caminho para o Oceano Pacífico tem na Cordilheira dos Andes uma grande barreira.

Pode-se observar na Figura 1(b) os eixos de transportes de Peru e Bolívia direcionados para Porto Velho e Cuiabá. Observa-se no lado da Bolívia, chegando até Puerto Maldonado no Peru, um anel que passa por Trinidad (Bolívia), Rurrenabaque (Bolívia), Puerto Heath (Bolívia) e Puerto Maldonado (Peru). Com os projetos de expansão da

hidrovia do rio Madeira, no trecho Porto Velho - Guajará Mirim, este anel de transporte conecta importantes cidades da Bolívia e do Peru por hidrovia (rio Madre de Dios, rio Beni e rio Mamoré) aos rios Madeira e Guaporé, abrindo uma rota de acesso ao Oceano Atlântico. A Figura 1(b) mostra o alcance do acesso hidroviário no Brasil, Bolívia e no Peru. Se por um lado tem-se um processo de consolidação de eixos que permitem o acesso do Brasil ao Pacífico, por outro se estabelece um canal de escoamento de produção desses dois países através da hidrovia do rio Madeira para o Oceano Atlântico. Esta perspectiva vem sendo colocada como da maior importância para a ampliação da produção e comercialização de produtos agrícolas desses países. Isso se deve ao fato que para se atingir o Oceano Pacífico é necessário atravessar a Cordilheira dos Andes, o qual dificulta substancialmente o transporte nessa direção. Embora não estando no escopo deste estudo, somente para citar, algumas projeções preliminares apontam para a possibilidade de um uso mais intensivo da rota de escoamento da produção para o Oceano Atlântico, no caso de commodities

alimentícias, por exportadores da Bolívia e Peru do que por exportadores brasileiros.

Figura 1(a) – A integração da hidrovia do rio Madeira no contexto da integração com a América do Sul

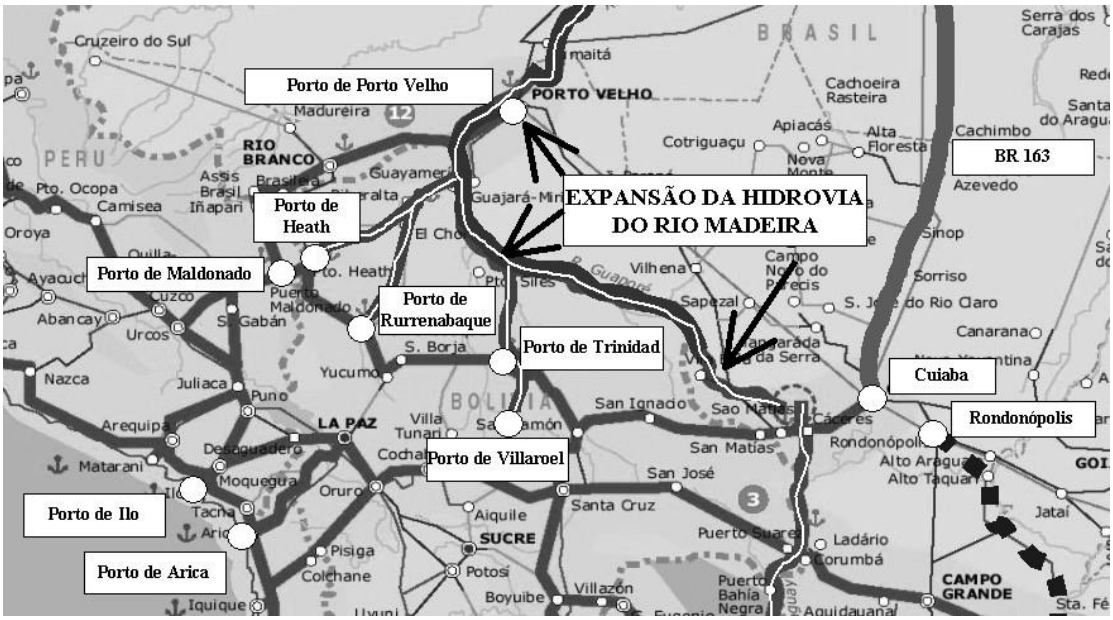


Figura 1(b) – A integração da hidrovia do rio Madeira no contexto da integração com a América do Sul

3. Complexo do Rio Madeira

O Rio Madeira, cujo projeto de extensão da Hidrovia é o foco do artigo, forma uma sub-bacia da amazônica, com uma área de cerca de 1,5 milhões de quilômetros quadrados, dos quais 7% no Peru, 45% na Bolívia e 48% no Brasil, onde abrange os estados do Amazonas, Acre, Mato Grosso e Rondônia. Pertencem a esta sub-bacia o Rio Beni, o Rio Mamoré e o Rio Guaporé (Costa, 2004).

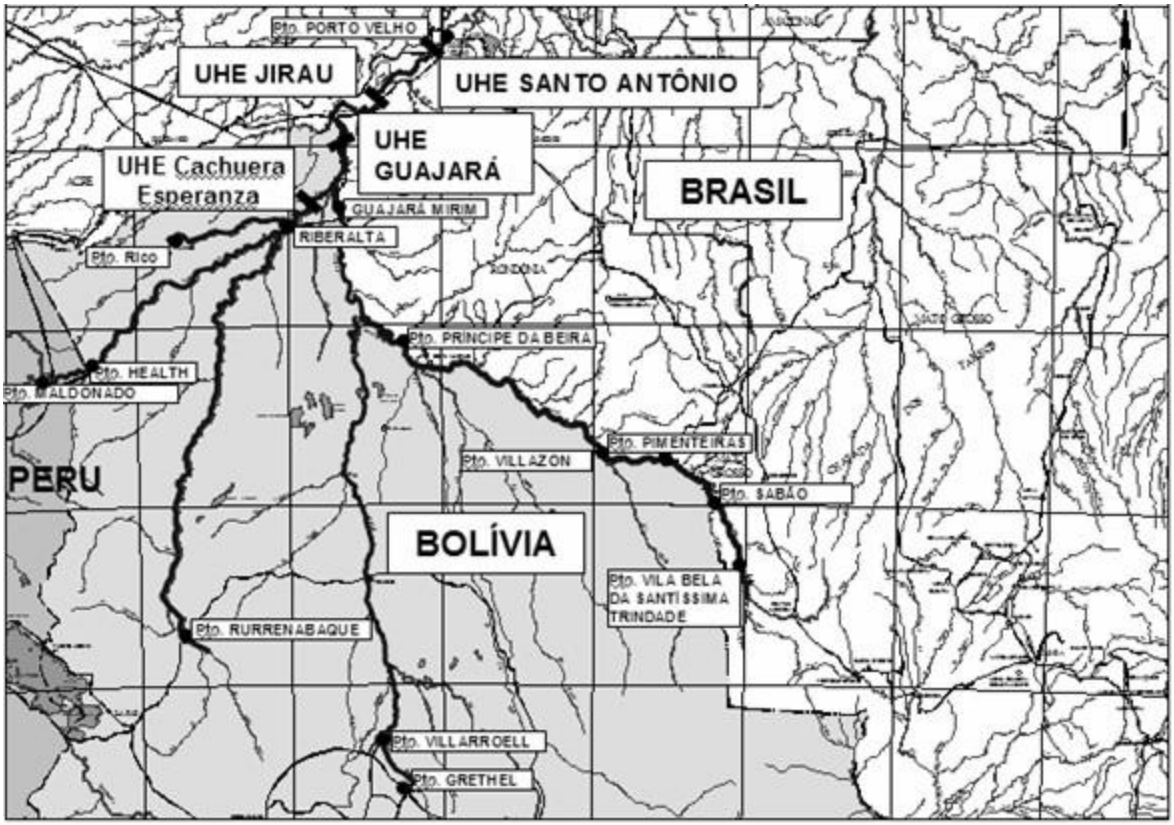
A Bacia do Rio Madeira pode ser segmentado em dois trechos:

1) Alto Madeira - sua formação se dá pela junção dos rios Beni e Mamoré a 42 km a jusante de Guajará Mirim-RO. O rio Beni, cuja nascente é nas proximidades de La Paz, Bolívia, possuindo como principal afluente, o Rio *Madre de Dios*. O rio Mamoré ou Ichilo, para os bolivianos, também possui nascente nos Andes bolivianos e tem seu principal afluente, o rio Guaporé, que nasce no Mato Grosso.

2) Baixo Madeira - esse trecho vai desde Porto Velho até a foz, no Rio Amazonas, com uma extensão de aproximadamente 1060 km, desnível de 19 metros, declividade de 1,7 cm/km, e largura, geralmente com mais de 1000 metros. Este trecho é o comercialmente navegável na atualidade. A partir de Porto Velho, pode-se navegar em qualquer época do ano.

Esse último trecho está hoje em operação, sendo uma via de fundamental importância para o transporte de cargas na região, transportando fertilizantes, derivados de petróleo, cimentos, frutas, produtos frigorificados, veículos, bebidas e carga geral e, atualmente, como a atividade mais expressiva, o escoamento produção de soja do centro-oeste do Brasil e da região Amazônica até os mercados consumidores no exterior (AHIMOC, 2001).

O projeto intitulado "Complexo do Rio Madeira" objetiva a construção de quatro hidrelétricas, UHE Jirau, UHE Santo Antônio, em território brasileiro UHE Guajará e UHE Cachoeira Esperanza, em território boliviano. Enfoca também a interiorização do desenvolvimento da América do Sul, principalmente através da transposição dos obstáculos naturais à navegação do Rio Madeira e de seus afluentes, com a construção de eclusas e a ampliação da capacidade nacional de geração de energia, uma vez que se estima a geração de 3.900 MW em Jirau, 3.580 MW em Santo Antonio e aproximadamente 3.000 MW na UHE Guajará e mais 1000MW na Bolívia, números estes ainda em fase de estudo. O vetor do projeto é hidrovia/energia e tem valor estimado em US$ 5,5 x 10^9. (Figura 2).



Fonte: Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira

Figura 2 – Projeto do Complexo Hidrelétrico do rio Madeira

A acessibilidade e a redução do custo de transporte são elementos fundamentais nos benefícios gerados pela expansão da hidrovia do rio Madeira no trecho Porto Velho - Guajará Mirim. Este ponto é relevante, principalmente, quando consideramos rotas alternativas que ampliam o acesso a Departamentos como Madre de Dios (Peru), Pando (Bolívia), Beni (Bolívia), Santa Cruz (Bolívia) e La Paz (Bolívia).

4. Definição e caracterização da área de influência e dos condicionantes de transporte

A **área de influência** da ampliação da hidrovia do rio Madeira, **no lado brasileiro**, está constituído por 105 municípios, dentro dos estados de Rondônia, Acre, Amazonas e Matogrosso (ver Figura 3).

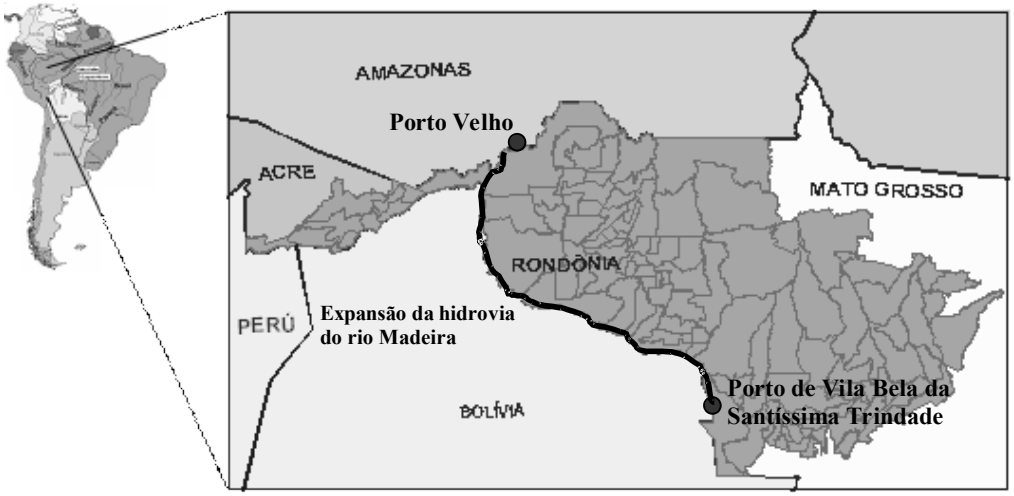


Figura 3 – Área de influencia da ampliação da hidrovia do rio madeira

Na área de influencia foram pesquisados diversos produtos a agrícolas, no que diz respeito a quantidade produzida , a área plantada e uso das terras. Os produtos como a soja, cana de açúcar e milho, apresentam um crescimento constante e contínuo. A soja, a partir de 1999, tem tido um crescimento em torno de 5% ao ano, o que representou em 2002 aproximadamente 20 milhões de toneladas. Os produtos como sorgo e algodão apresentam também um crescimento dentro da área de influencia.

Devido à expansão agrícola na área de influência, busca-se estudar, a princípio, o comportamento do mercado mundial de grãos, com o objetivo de balizar as projeções dos cenários do presente estudo. Realizou-se também o estudo da produtividade das lavouras (soja, milho, algodão, arroz, feijão, cana-de-açúcar e mandioca) e do uso da terra nos Estados da área. Estes foram elementos determinantes da coerência do processo de projeção de variáveis. Um estudo recente do economista Tagore Villarim de Siqueira (2004) foi utilizado como um dos elementos balizadores do estudo em tela.

A figura 4 mostra as áreas de produção e as portas de saída para exportação da soja. Nesta figura apresentam-se, de forma esquemática as rotas com a expansão da hidrovia do rio Madeira e da BR-163. A figura mostra que a rota para o Norte, tanto pela hidrovia do rio Madeira, quanto pela BR 163 são alternativas que aliviariam substancialmente a pressão

sobre o sistema logístico de transportes das regiões Sudeste e Sul do país, principalmente nos portos de Santos e Paranaguá.

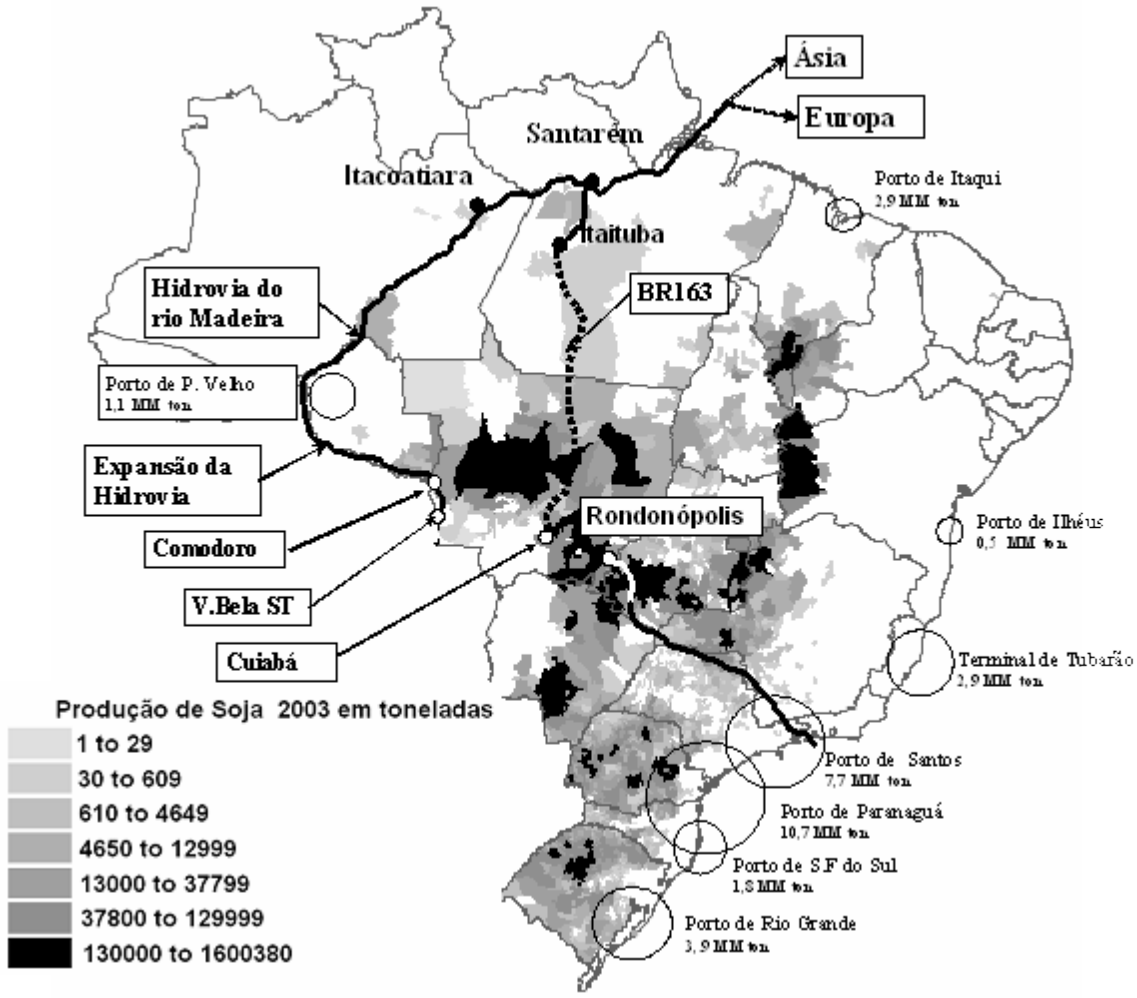


Figura 4 – Volume de soja e derivados exportados pelos principais portos

Construção dos cenários

O estudo foi proposto considerando a análise de dois cenários no período entre a data estimada de operação plena da expansão da hidrovia do rio Madeira até 20 anos: o primeiro, considerado como o cenário de referência, tem como objetivo analisar o potencial de demanda de transporte de commodities alimentícias na hidrovia do rio Madeira, considerando que não haja a expansão da hidrovia até Vila Bela da Santíssima Trindade no Estado de Mato Grosso; o segundo considera os benefícios econômicos considerando a expansão da hidrovia com navegação plena durante todo o ano. Desta

forma, o estudo está comparando, uma situação de futuro com a expansão da hidrovia em relação a uma outra situação de futuro sem a expansão da hidrovia. Para tal os aspectos que impactam a infra-estrutura de transportes foram estudados. A ênfase dominante deste o início dos estudos foi a infra-estrutura para exportação de commodities alimentícias, em particular a exportação de grãos, e neste contexto a exportação de soja. Embora todas as alternativas tenham sido analisadas, a questão da exportação da soja se constitui em elemento dominante na discussão.

Projeção das variáveis em cada cenário (dimensionamento dos benefícios)

As perspectivas de escoamento (exportações) das produções de soja e milho serão as norteadoras dos cálculos dos benefícios. No entanto, há benefícios para o total da movimentação de *commodities* na região pela melhoria no sistema de transportes como um todo, motivados pelo projeto de expansão da hidrovia do rio Madeira. Exemplo disto seriam as mercadorias que se beneficiariam pelo frete de retorno, tais como, fertilizantes e combustíveis. Estes benefícios seriam de segunda ordem de grandeza e os investimentos teriam que se justificar pela sua principal razão, o escoamento dos grãos. Desta forma serão feitas projeções para as principais lavouras da área de influência direta (soja e milho) e os benefícios calculados a partir destas estimativas. Há também benefícios relacionados a área de influência indireta, por exemplo, sobre o setor de construção naval em Manaus, que se beneficiaria com o impacto do projeto sobre a demanda por embarcações. Não cabe ao estudo em pauta esta análise e sim a de apontar as potencialidades advindas pelo projeto da hidrovia sobre para o setor de construção naval.

Deve ser observado, que os benefícios a serem contrastados com os investimentos nas eclusas são os associados a economias de frete. Quando se discute outros benefícios, como o da indústria de construção naval, geração de empregos, geração de divisas e outros, na realidade se está "olhando" este benefício sobre diversos ângulos, mas que não podem ser agregados, pois são derivados deste primeiro. Estas são formas diferentes e parciais de analisar a questão e se estes benefícios fossem somados ao de frete estaríamos fazendo dupla contagem. Por que então fazê-las? A resposta é que estas estimativas trazem a tona diferentes aspectos e ajudam a entender melhor a questão em pauta.

A projeção das variáveis agrícolas foi realizada se considerando estudos elaborados por instituições como BNDES, GEIPOT, COPPEAD, CONAB e MRE. Estes estudos analisam as perspectivas de evolução da produção e a competitividade da soja brasileira no mercado internacional. Alguns desses estudos apresentam previsões, como é o caso dos do BNDES e do GEIPOT. A base para a estimativa das previsões se deu em função do uso da terra e da produtividade das lavouras. Para tal foram feitas análises da evolução histórica destes parâmetros nas regiões estudadas e em outras regiões produtoras. Desta forma se tem um resultado possível de produção para um cenário internacional, principalmente, de demanda de grãos.

Segundo o estudo do BNDES (2004), a produção de soja no mundo atingirá em 2013 cerca de 350 milhões de toneladas. Deste total se espera que a produção brasileira atinja um montante de 110 milhões de toneladas. A figura 7 apresenta o histórico e a projeção da produção anual de soja no Brasil.

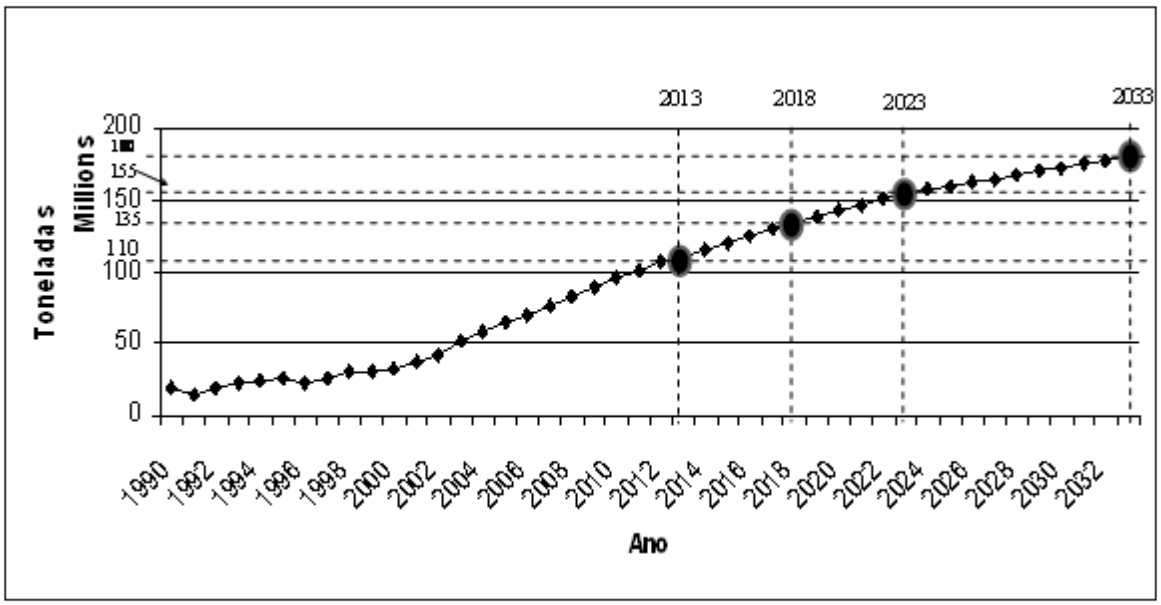


Figura 7 – Histórico e projeção da produção de Soja pelo Brasil no período 1990/2033

Considerar-se-á que a proporção de soja para exportação se estabilize em torno de 70% da produção com os restantes 30% sendo destinado ao mercado interno. Estes parâmetros

foram os mesmos utilizados pelo trabalho do GEIPOT (op.cit). O Brasil participa no mercado mundial como um dos principais exportadores

Tendo em vista as incertezas envolvidas em projeções exponenciais, pode-se observar que os estudos em tela adotam uma postura conservadora na construção do cenário.

Com base nas projeções apresentadas, pode-se comparar a evolução anual e agregada das projeções de exportação de grãos da área de influência da hidrovia do rio Madeira. A figura 8 apresenta a diferença entre os cenários I e II, isto é, com expansão e sem projeto.

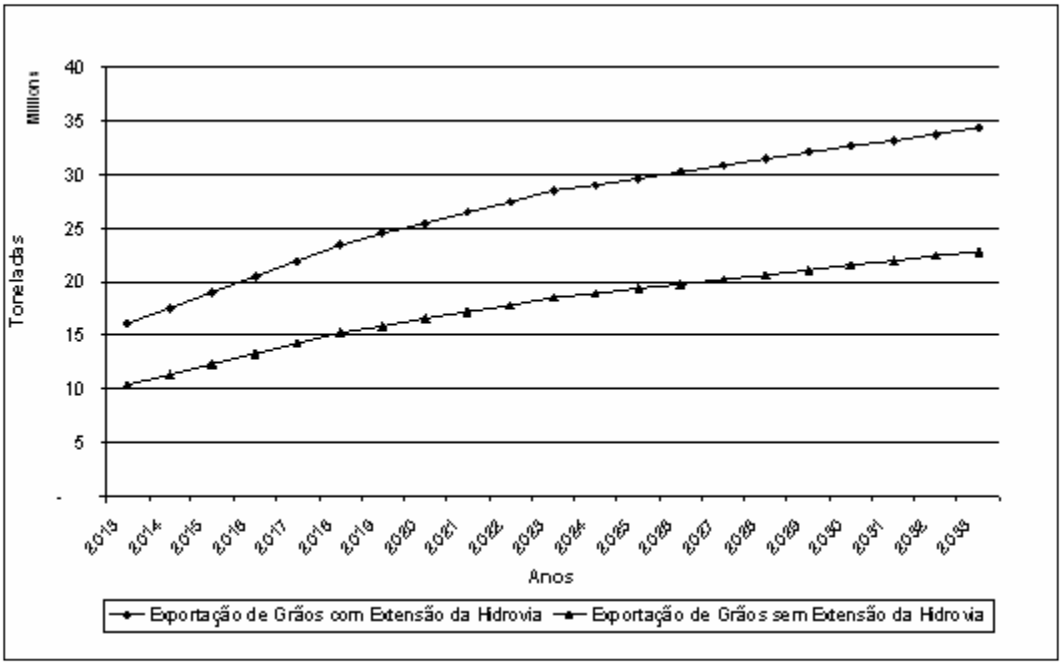


Figura 8 – Projeção de exportação anual de grãos da área de influência da expansão da hidrovia do rio Madeira de 2013 a 2033

5. Cálculo do Benefício

O benefício é obtido pela diferença entre o custo total de escoamento da produção da área de influência do projeto sem a realização do projeto (cenário referencial) e o viabilizado pelo projeto com a sua implantação. Este é o principal benefício derivado do projeto de expansão da hidrovia, dado que os demais dependem deste valor. Se, por exemplo, o custo do transporte pela expansão da hidrovia do rio Madeira não for suficiente para induzir os produtores a usarem este meio de transporte, este benefício, bem como todos os demais, serão nulos.

Deste modo antes de calcular o benefício é necessário, a partir das previsões de produção das diversas áreas produtoras, determinar se vale a pena ou não os usuários de transporte (produtores agrícolas, comerciantes da produção, empresas de distribuição, etc.) fazerem uso da modalidade. A regra estabelecida neste sentido foi bastante simples, a saber:

- se Custo Total de Transporte (usando a modalidade) < Custo Total de Transporte

  pela melhor alternativa de transporte , então, faz-se uso da hidrovia;

- em caso contrário, não se faz uso da hidrovia .

Observou-se que o custo total de transporte é relativamente estável quanto este é desagregado em função dos possíveis portos concentradores na área de influência. A partir do calculo do custo total de transporte de grãos tanto para Rotterdam como para Shangai foi verificada uma redução média de US$ 10,00 por tonelada para o cálculo dos benefícios.

O beneficio de redução de custo de transporte é obtido pela expressão:

$$B1_t = \sum_p \sum_z Q_{t,p,z}.(Calt_{p,z} - Chidro_{p,z})$$

onde:

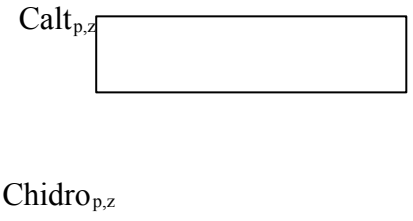
$B1_t$ - benefício obtido pela redução do custo de transporte no ano t;

$Q_{t,p,z}$ – Quantidade de carga captada pela hidrovia no ano t e que seria produzida independentemente da existência da hidrovia, referente ao produto p, oriundo da zona z da área de influência do projeto;

$Calt_{p,z}$ – Custo total de transporte pelas melhores alternativas sem a hidrovia (cenário referencial);

$Chidro_{p,z}$ – Custo total de transporte pelas melhores alternativas com a hidrovia.

O custo se refere a área abaixo:



Tem-se adicionalmente o benefício gerado pela produção atraída para o transporte pela hidrovia. É obtido pela diferença entre o custo total de escoamento da produção da área de influência do projeto sem a realização do projeto e com a realização do projeto multiplicado pelo incremento de produção induzido pela redução de custo de produção sendo este resultado dividido por dois (área de um triângulo).

O beneficio decorrente do impacto da redução de custo de transporte sobre a produção é obtido pela expressão:

$$B2_t = \sum_p \sum_z \left[\frac{\Delta Q_{t,p,z} . (Calt_{p,z} - Chidro_{p,z})}{2} \right]$$

onde:

$B2_t$ - benefício obtido pela redução do custo de transporte da carga atraída pela hidrovia, no ano t;

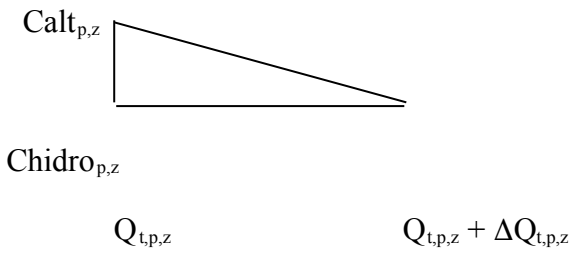
$\Delta Q_{t,p,z}$ – Quantidade de carga adicional captada pela hidrovia no ano t e que só será produzida devido a existência da hidrovia, referente ao produto p, oriundo da zona z da área de influência do projeto;

$Calt_{p,z}$ – Custo total de transporte pelas melhores alternativas sem a hidrovia (cenário referencial);

$Chidro_{p,z}$ – Custo total de transporte pelas melhores alternativas com a hidrovia.

ε_p - elasticidade da oferta do produto p em relação a redução relativa de custo de produção (incluindo transporte).

Este benefício se refere ao triângulo:



Este cálculo foi aplicado para a exportação da soja e do milho. Somado aos benefícios associados a estes produtos foi considerado um benefício adicional devido à melhoria do sistema de transportes da região, sendo este US$ 0,50 por tonelada de Produção agrícola não computada para exportação de soja, milho, sorgo, algodão, arroz e feijão; e US$ 0,20 para cana-de-açúcar e mandioca. Uma aproximação teórica da representação destes benefícios descritos pode ser visto na figuras 9 e na 10, considerando as demandas de Europa e Ásia, respectivamente

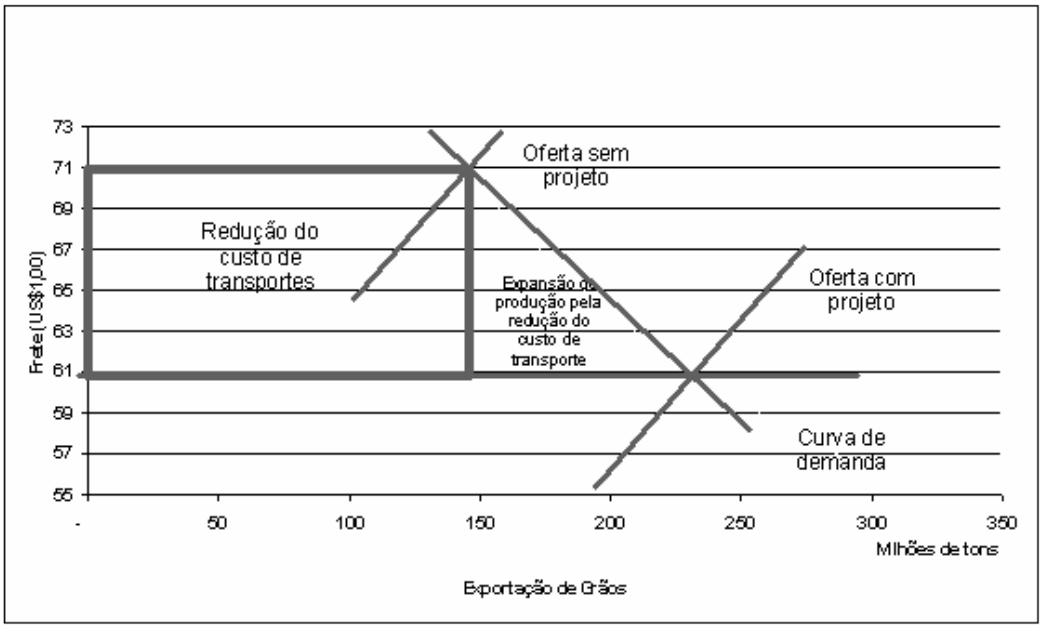


Figura 9 – Curva de demanda agregada em função do valor do frete – referência Rotterdam

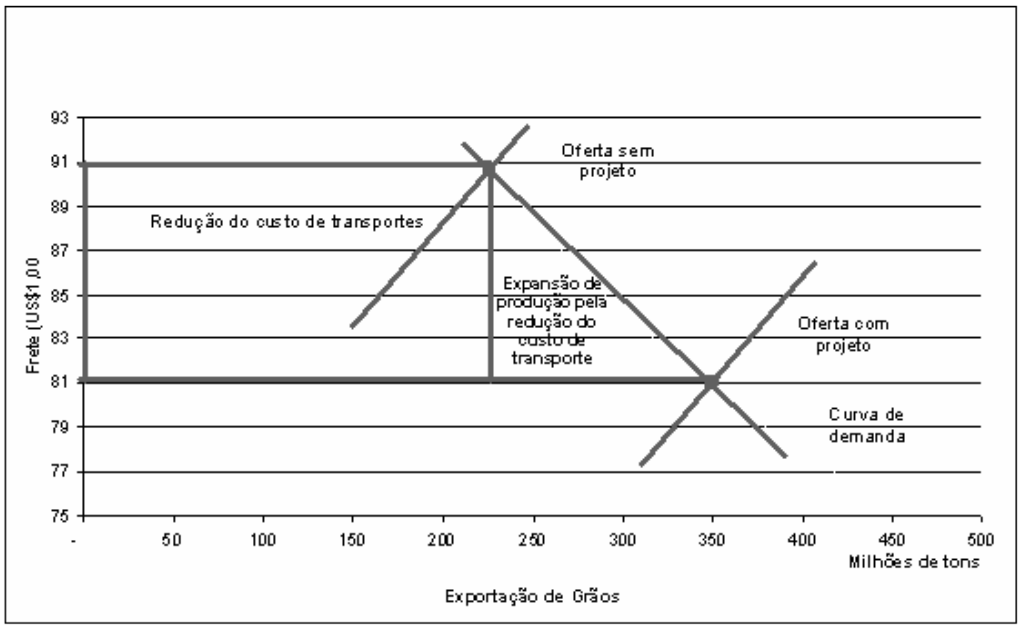


Figura 10 – Curva de demanda agregada em função do valor do frete – referência Shangai

O cálculo foi realizado por município, uma vez que o estudo de fretes também foi realizado por município. Os resultados dos benefícios econômicos são mostrados por ano na figura 11.

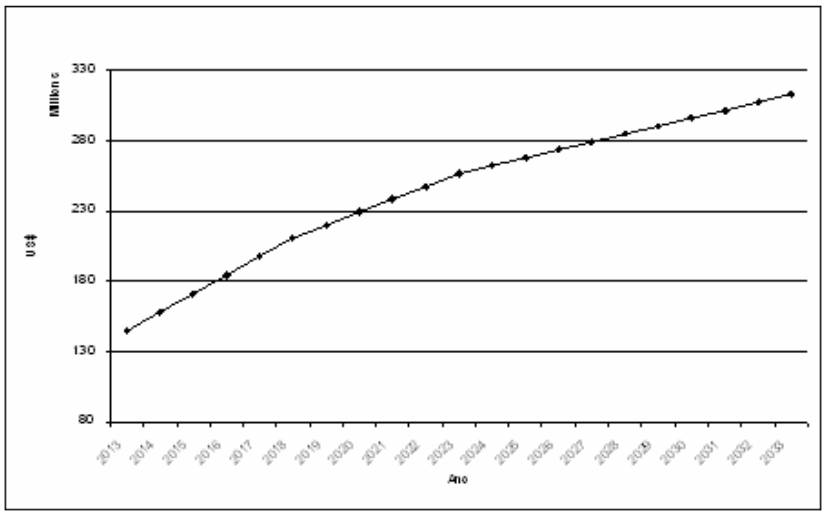


Figura 11 – Benefício anual da redução do frete de grãos na expansão da hidrovia do rio Madeira

5. Discussão, conclusões e recomendações (avaliação dos benefícios)

A análise dos benefícios econômicos da expansão da hidrovia do rio Madeira evidenciou valores e indicadores significativos, tanto com respeito ao foco principal, que foi o benefício econômico gerado pela redução do frete de grãos. A questão da infra-estrutura logística para o escoamento da produção se mostrou como um ponto de alta relevância para a realização do potencial econômico da área de influência da expansão da hidrovia do rio Madeira. As rotas alternativas em direção aos portos da região sudeste, em se realizando as expectativas de importações mundiais, indicam dificuldades de grande porte, com estrangulamentos esperados. A figura 4 mostra uma quantidade significativa de áreas de produção entre a área de influência da expansão da hidrovia do rio Madeira e os principais portos de exportação do Brasil, nas regiões Sul e Sudeste.

As rotas para o norte serão fundamentais para o escoamento da produção do centro oeste brasileiro. A análise das alternativas revelou que a alternativa ao escoamento pela

expansão da hidrovia do rio Madeira será a BR-163, também em direção ao norte até o rio Amazonas. Neste sentido, se avaliou o benefício econômico em função da consideração desta alternativa em plena condição de operação. Para avaliação dos benefícios em relação aos investimentos necessários, considerou-se uma estimativa de investimentos de US$ 600 milhões no projeto de expansão da hidrovia, referentes a construção de 3 eclusas. Considerando que a hidrovia estaria operando em 2013 e que o cenário de demanda internacional se realize, pode-se inferir que a disponibilidade da infra-estrutura de escoamento seria o único obstáculo ao crescimento da produção e por conseguinte da exportação. Uma análise do fluxo dos benefícios comparada com o investimento considerado de US$ 600 milhões até 2013 e um custo de operação de US$ 2,00 tonelada levaria a um ponto de equilíbrio em 2017, ou após o transporte de cerca de 95 milhões de toneladas. A figura 12 mostra o ponto onde os benefícios se igualam ao investimento mais a operação em termos de anos e a figura 13 em termos de toneladas.

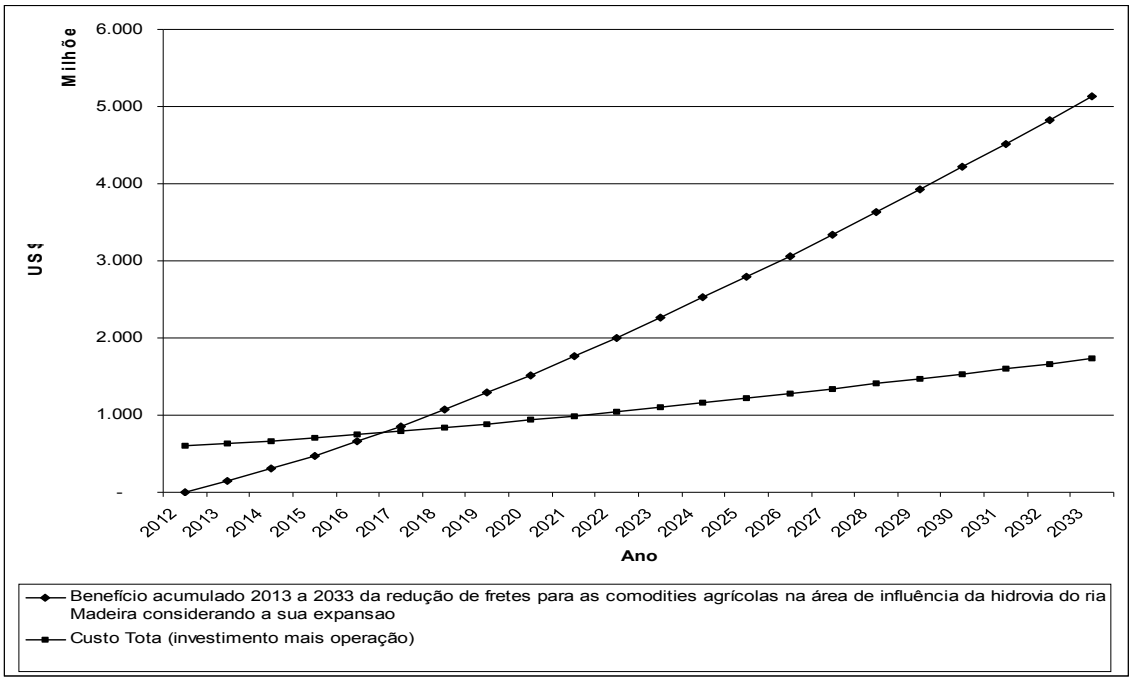


Figura 12 - Ponto de equilíbrio 2017

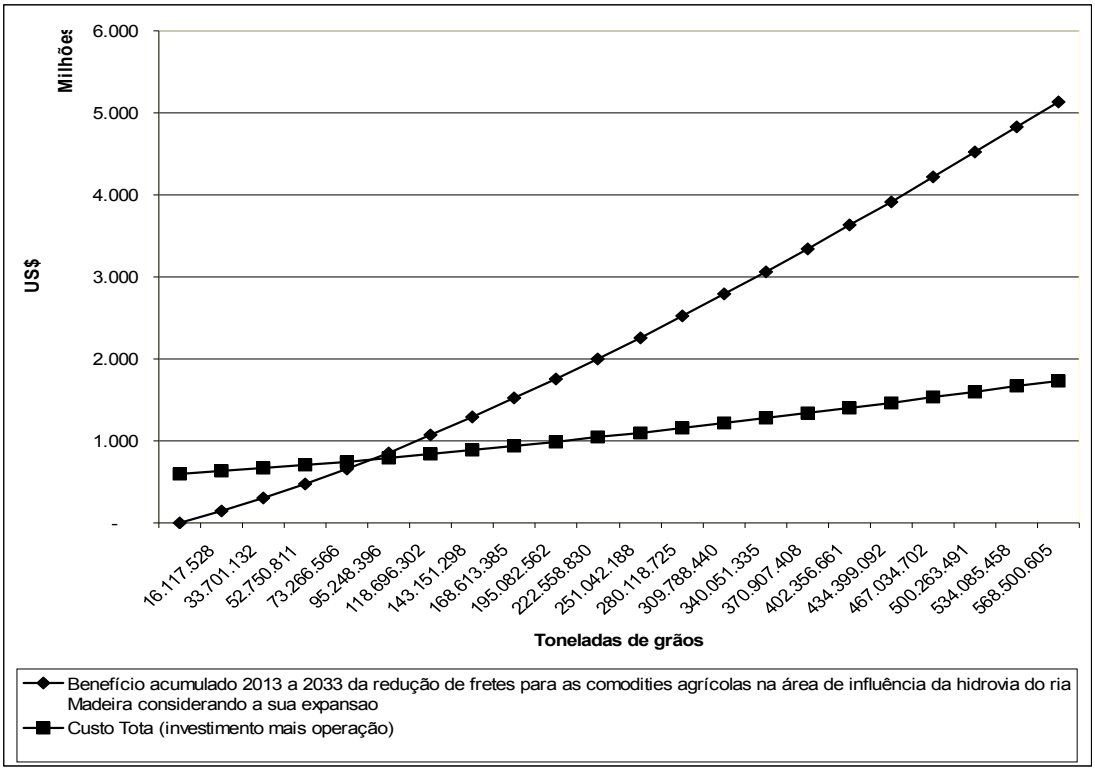


Figura 13 - Ponto de equilíbrio em 95 milhões de toneladas

Outra sistemática utilizada para análise do benefício foi o cálculo do valor presente deste para o ano de 2012 se considerando uma taxa de 10% ao ano. Este cálculo levou a uma estimativa de aproximadamente US$ 1,6 bilhões, os quais comparados ao valor investido se torna um valor atrativo. Outro cálculo foi o da taxa interna de retorno da série de benefícios de 2013 a 2033 para o investimento de 600 milhões até 2012, a qual foi estimada em 26%. Considerando-se que os juros internacionais para empréstimos comerciais estão entre 10 e 12%, esta taxa também se torna atrativa. A importância logística e os resultados econômicos já dão grande atratividade ao projeto. Embora os resultados já sejam positivos se considerando apenas o lado brasileiro da expansão da hidrovia do rio Madeira, é importante se ter em mente que a área de influência se estende até a Bolívia e mesmo ao Peru. Naturalmente, para a região incluindo Bolívia e Peru os benefícios deverão ser bem maiores, no entanto a estimativa destes não está no escopo do estudo em tela.

Além dos cerca de US$ 5,1 bilhões em benefícios diretos gerados pela redução de frete até 2033, dos benefícios de logística de transportes, da integração com países visinhos, outros

merecem destaque, comentados a seguir (metodologias de calculo em Fernandes et al, 2005) .

Um dos mais significativos impactos positivos do projeto de expansão da hidrovia é o que se dará sobre o setor da construção naval. O projeto de expansão da hidrovia gerará expressivo impacto sobre este setor decorrente da demanda adicional por barcaças e por empurradores, além da melhoria nos terminais de embarque e desembarque.

Apresenta-se abaixo um quadro comparativo para este setor considerando o cenário referencial de não expansão e o de expansão.

	Sem o Projeto				Com o Projeto			
Ano	**2013**	**2018**	**2023**	**2033**	**2013**	**2018**	**2023**	**2033**
No. De Embarcações								
Barcaças	250	400	470	573	462	692	807	966
Empurradores	20	30	35	40	35	51	59	68
Investimentos (US$ Milhões)								
Barcaças	200	320	376	458	369	554	645	772
Empurradores	120	180	210	240	185	269	312	360
Terminais	100	150	185	230	140	195	240	290
Estaleiros	20	30	37	46	85	119	140	166
Empregos (Pessoas)								
Navegação	200	300	350	400	379	557	662	761
Terminais	150	225	265	300	269	374	435	489
Estaleiros	440	650	814	1,008	1,408	1,986	2,353	2,802

Quadro 1 – Crescimento do Setor Naval

O projeto deverá ainda contribuir para a geração de divisas (Quadro 2), valores que dependerão das capacidades de escoamento da produção de grãos da área de influência da hidrovia por vias alternativas, que como, dito acima nos parece extremamente problemática. Na hipótese de estrangulamento do escoamento da produção haverá perdas significativas de divisas, já mostradas anteriormente e deixará de se absorver um número significativo de pessoas no campo.

Ano	2013	2018	2023	2033
Geração de Divisas Líquidas (US$ MM)	1,263	1,811	2,198	2,545

Quadro 2 - Geração de Divisas - hipótese de estrangulamento do escoamento da produção da AI sem o Projeto

Quanto ao emprego no campo os números são bastante expressivos, ainda mais se ao nº de empregos diretos se agregarem aos indiretos. Estes números são apresentados no Quadro 3.

Ano	2013	2018	2023	2033
Empregos Diretos	11,946	13,097	13,215	13,949
Empregos Indiretos	13,193	14,464	14,593	15,404
Total (Direto + Indireto)	25,139	27,561	27,808	29,353

Quadro 3 - Geração de Empregos no campo - hipótese de estrangulamento do escoamento da produção da AI sem o Projeto

O projeto contribuirá para uma melhor distribuição modal do país, atualmente com baixo uso do transporte hidroviário com favorecimento do rodoviário. Sua implantação permitirá evitar, caminhões pesados em circulação por longas estradas, cruzando áreas urbanas, desperdício de combustível, redução de acidentes, custos de congestionamentos e custos de manutenção de rodovias.

Substituição de caminhões	2013	2018	2023	2033
Momento de Transporte (em 1000 tku)	12,514	17,918,645	21,731,574	25,166,791
Momento Trecho Porto-Velho Itacoatiara (1000 tku)	6,061,119	8,690,484	10,550,496	12,218,265
Toneladas quilômetros substituidos (1000 tku)	6,452,622	9,228,161	11,181,078	12,948,526
Caminhões de 50 t	2,200	3,146	3,812	4,414

Quadro 4 – Estimativa da substituição de caminhões pelo uso do transporte hidroviário

Vários outros impactos podem ser considerados, embora difíceis de serem estimados, tais como, novas perspectivas de aproveitamento do potencial turístico da região, e os derivados do potencial criado pela acessibilidade hidrovia para que outras atividades dela façam uso e se instalem na região, tais como a agroindústria. Quanto a este último aspecto, foi observado, que a acessibilidade criada tem impactos em geral positivos, tais como, a de permitir a exploração de novas jazidas minerais que venham a ser descobertas na região, mas que pode trazer efeitos perversos tais como a de uma intensificação da exploração ilegal de madeira, de conflitos por posse e uso da terra e outros. Ações de diversas naturezas serão necessárias para evitar que tais impactos negativos, sempre presentes em grandes projetos de investimento, venham a ser controlados. Neste particular a hidrovia

oferece um excelente meio de fiscalização com pontos de passagem bem determinados, as eclusas, nas quais se pode instalar postos de controle, além de outras ações.

Finalmente, deve ser observado que, por se estender a navegação em área de fronteira será possível através de ações especificas envolvendo a marinha brasileira e barcos de patrulhamento se agir no combate ao narcotráfico, contrabando e outras atividades ilegais que ora se desenvolvem nesta região.

Referencias Bibliográficas

AHIMOC. "Relatório de Atividades - 2001" Disponível no site www.ahimoc.com.br, capturado em 04.07.2003.

BNDES (2004). "O Ciclo da Soja: Desempenho da Cultura de Soja entre 1961 e 2003". Econ. Tegore V. Siqueira, BNDES Setorial/RJ, nº 20, setembro, p.127-222.

BURN, S. A. (1984) "Waterway freight transport – survival or revival?" Land use Police, p. 134-146.

CABRAL, B. (1995) "O papel das Hidrovias no desenvolvimento sustentável da região Amazônica Brasileira". Senado Federal. Brasília-DF.

CABRAL, B. (1995) "O papel das Hidrovias no desenvolvimento sustentável da região Amazônica Brasileira". Senado Federal. Brasília-DF.

COSTA, Darc A. da L. (2003) "Estratégia Nacional: A Cooperação Sul-Americana como caminho para a Inserção Internacional do Brasil". Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ

COSTA, L. S. S. (2004) As Hidrovias Interiores no Brasil, FENAVEGA, 3a ed, Rio de Janeiro.

DNIT/MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. "Hidrovias Interiores e Principais Hidrovias". Disponível no site www.dnit.gov.br/hidrovias, capturado em 15.09.2003.

FERNADES, E., NEVES, C., SANTOS, A.B. e IGNACIO, A.V. (2005) "Relatório Técnico da Fundação COPPETEC sobre a Avaliação do Impacto Econômico da Expansão da Hidrovia do Rio Madeira para FURNAS", FURNAS Centrais Elétricas S.A., Rio de Janeiro.

GEIPOT. (2001) "Corredores Estratégicos de Desenvolvimento: Alternativas de Escoamento de Soja para Exportação". Ministério dos Transportes. Brasília.

OLIVEIRA, J. C. V. e CAIXETA FILHO, J. V., (1997) "Análise de alternativas de rotas disponíveis para a movimentação de grãos e farelo através a hidrovia Tietê-Paraná". Economia Aplicada, v. 1, n. 4, p.683-708.

OLIVEIRA, J. C. V. e CAIXETA FILHO, J. V., (2001) "Hidrovias: Porque os EUA transportam grãos a custos mais baixos". Preços Agrícolas, p.10-12.

PORTOBRAS. (1988) "Hidrovias". Ministério dos Transportes, Brasília-DF;

SEIDENFUS, H, (1994) "Inland waterways transport in the Federal Republic of Germany: situation and problems". Transportation Research, v. 28A, n. 6, p.511-515.

SIQUEIRA, TAGORE VILLARIM (2004) BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 20, p. 127-222, set. 2004

SLOB, W. (1998) "Determination of risk on inland waterways", Journal of Hazardous Materials. n. 61.

VAN SCHIJNDEL, W.J. e DINWOODIE, J. (2000), "Congestion and mult

imodal transport: a survey of cargo transport operators in Netherlands". Transport Policy, v. 7.

XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL, TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA

INTERPRETACIÒN DE ALGUNAS FORMULACIONES ESTRUCTURALES EMPLEADAS POR UNA SOCIEDAD DE CLASIFICACIÒN

José R. Marìn[1], y, Mario J. Franco[2]
[1] Ph.D., Profesor, jrmarin@espol.edu.ec, [2]Estudiante Ing. Naval, mfranco@espol.edu.ec, Fac. Ingeniería Marítima y CC. del Mar, ESPOL, Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

Se discute la estrecha relación entre las expresiones que resuelven los problemas clásicos del análisis estructural: flexión de vigas simplemente soportadas, SS, y empotradas, flexión de planchas SS y empotradas, pandeo de columnas y planchas, y, ancho efectivo, con las formulaciones encontradas en las reglas de una sociedad de clasificación. Para ello se describen matemáticamente las ecuaciones diferenciales que resumen los problemas de equilibrio mencionados, sus condiciones de frontera y términos independientes de carga, el proceso analítico, hasta llegar a su solución. Posteriormente se manejan dimensionalmente las expresiones resultantes hasta obtener ecuaciones paralelas a las provistas por una sociedad de clasificación. Se espera que este trabajo ayude a los estudiantes de Ingeniería Naval a confiar en la utilidad del esfuerzo analítico desarrollado en clase para obtener la solución de problemas de Análisis Estructural. También se espera que los jóvenes Ingenieros Navales puedan “ver” la física del problema detrás de las formulaciones recomendadas por las Sociedades de Clasificación. Es posible también aprender de este análisis el orden de magnitud de los Factores de Seguridad que están incorporados en las formulaciones de las sociedades de clasificación.

GUAYAQUIL, ECUADOR

OCTUBRE 2005

1. INTRODUCCION

Cuando se inicia con el uso de las reglas de Construcción y Clasificación para seleccionar los escantillones de una embarcación, se tiene la impresión de que se están usando un grupo de "cajas negras": dimensiones entran por un extremo, y por el otro salen los escantillones de los estructurales requeridos. En cambio, cusando en un curso de Ingeniería se presentan los conceptos sobre análisis estructural, se resuelven analíticamente problemas diferenciales de equilibrio y se deducen expresiones para establecer Fuerzas Internas, Esfuerzos y Deformaciones. Sin embargo, al final se utilizan las reglas de construcción, y los resultados del análisis estructural parecen estériles.

En el presente trabajo se pretende establecer una relación entre las formulaciones deducidas según los procesos analíticos clásicos, y algunas de las formulaciones empleadas por las reglas de una sociedad de clasificación. Se escogió las reglas de la DNV por casualidad simple, dado que los autores no guardan ninguna relación con dicha entidad. Tampoco se espera cambios sustanciales respecto de la versión de reglas utilizadas.

2. SOLUCIONES ANALITICAS

2.1. FLEXIÓN DE VIGAS SIMPLEMENTE SOPORTADAS, SS.- Se va a considerar una viga simplemente soportada, sometida a carga uniformemente distribuida:

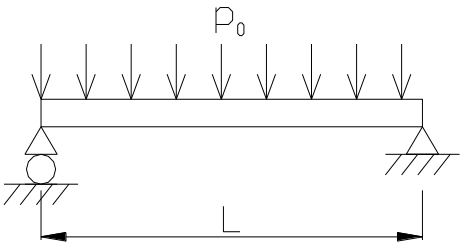


Figura 1.- Viga Simplemente soportada con carga uniformemente distribuida

La ecuación diferencial que refleja el equilibrio de cada elemento diferencial de viga es:

$$EIv_{,xxxx} = p(x) \qquad (1)$$

Donde E es el módulo de Young, I, la inercia seccional, v(x), es la función desplazamiento vertical (+ hacia arriba), y, p(x) es la función que describe la carga aplicada por unidad de longitud, en este caso, uniformemente distribuida: $p(x) = -p_0$. El subíndice implica diferenciación espacial respecto de x. Dado que se trata de una viga Simplemente Soportada, las condiciones de frontera que deben satisfacerse son:

Para x=0 y para x=L: $v = 0, y, v_{,xx} = 0$.

Resolviendo la ecuación diferencial se encuentra v(x), y a través de ella se llega al momento flector, [3]:

$$M_z(x) = EIv_{xx} = -\frac{p_0 x^2}{2} + \frac{p_0 L x}{2} \qquad (2)$$

Graficando el momento flector, véase la siguiente figura, se nota que el máximo momento se da en L/2, y tiene un valor de:

$$M_{max} = \frac{p_0 L^2}{8}.$$

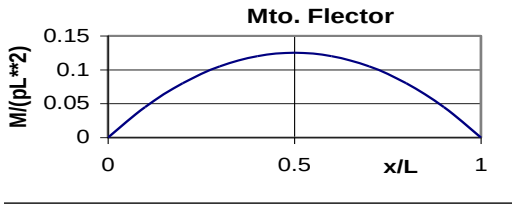


Figura 2.- *Distribución de Momento Flector en viga con extremos S. soportados*

El esfuerzo máximo en una sección transversal de la viga se calcula por:

$$\sigma = \frac{cM}{I} = \frac{M}{S} \qquad (3)$$

Donde c es la distancia vertical a la fibra más alejada, y el cociente I/c, módulo Seccional, se puede calcular, para un esfuerzo de trabajo dado:

$$S = \frac{p_0 L^2}{8\sigma} \qquad (4)$$

2.2. FLEXIÓN DE VIGAS EMPOTRADAS

Se va a considerar una viga empotrada en ambos extremos, y sometida a carga uniformemente distribuida:

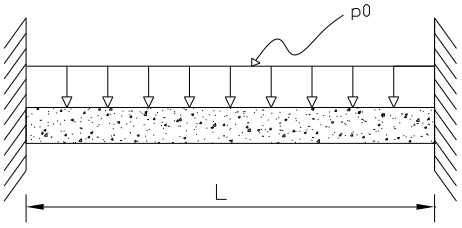


Figura 3.- *Viga Empotrada con carga uniformemente distribuida*

La ecuación que hay que resolver es la misma que para el caso Simplemente soportada:

$$EIv_{,xxxx} = p(x) \qquad (1)$$

La función que describe la carga distribuida es $p(x) = -p_0$, y las condiciones de frontera son, para x = 0 y x=L: $v = 0$, y, $v_{,x} = 0$.

Resultando una función momento flector igual a, [3]:

$$M_z(x) = -\frac{p_0 x^2}{2} + \frac{p_0 L x}{2} - \frac{p_0 L^2}{12}. \qquad (5)$$

Si se grafica el momento, se observa que los valores máximos se presentan en los extremos, y tienen un valor de:

$$M_{max} = -\frac{p_0 L^2}{12}$$

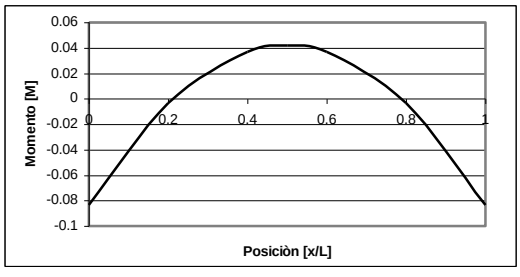


Figura 4.- *Distribución de Momento Flector en una viga con extremos empotrados*

De manera que el Módulo Seccional requerido es igual, aplicando la ecuación (3), a:

$$S = \frac{p_0 L^2}{12\sigma} \qquad (6)$$

2.3. PANDEO DE COLUMNAS

Se va a calcular la carga crítica que hace pandear una columna, asumida como simplemente soportada:

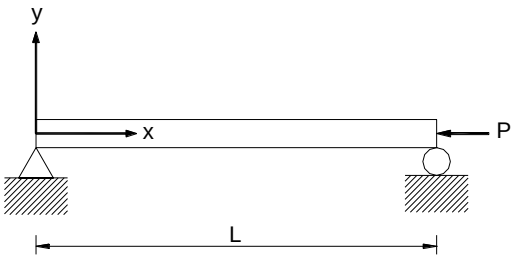


Figura 5.- *Columna simplemente soportada en compresión*

La ecuación diferencial que se debe resolver en este caso es:

$$EIv_{,xxxx} + Pv_{,xx} = 0 \qquad (7)$$

Donde P es la carga axial, asumida como compresiva. La solución de dicha ecuación de equilibrio (Homogénea) es, [3]:

$$v(x) = C_1 \operatorname{Sen}\lambda x + C_2 \operatorname{Cos}\lambda x + C_3 x + C_4$$

donde $\lambda^2 = P/(EI)$.

Las condiciones de frontera son (SS):
Para x = 0 y L: $v = 0$, y, $v_{,xx} = 0$

Evaluando las condiciones de frontera, y para que la solución sea no trivial, se encuentra que $\operatorname{sen}\lambda L = 0$, esto es, $\lambda L = i\pi$, siendo i un entero. Recordando la definición de λ, la carga axial que se debe aplicar para que haya solución no trivial es:

$$P_i = EI\left(\frac{i\pi}{L}\right)^2. \qquad (8)$$

El vector principal es: $v_i(x) = C_i \operatorname{sen}\lambda_i x$, donde $\lambda_i = i\pi/L$. La menor carga axial que produce pandeo es:

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Dividiendo esta expresión para el área seccional se puede obtener una expresión para el esfuerzo crítico:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2 EI}{AL^2} \qquad (9)$$

Conocida también como fórmula de Euler.

2.4. PANDEO DE PLANCHAS SS

Se va a considerar una plancha rectangular con los bordes simplemente soportados. Primeramente se determina la Energía de Deformación (U) de la plancha, la cual se la calcula considerando el trabajo que desarrollan los momentos internos: M_x, M_y, M_{xy} y M_{yx}, [2]:

$$U = \frac{1}{2}\left(\iint M_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + M_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2M_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) dxdy$$

Donde w(x,y) es la función desplazamiento vertical (+ hacia abajo) de un punto (x,y) sobre la plancha.

Las condiciones de frontera son:

x=0 y x=a: w=0, $w_{,xx}$=0,
y=0 y y=b: w=0, $w_{,yy}$=0.

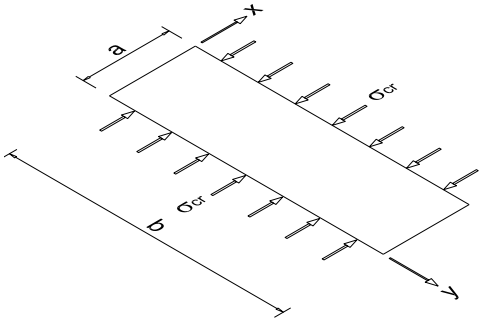


Figura 6.- *Plancha sometida a esfuerzo compresivo en los bordes largos*

Utilizando la siguiente función, que satisface los requerimientos anteriores, en forma exacta:

$$w(x,y) = W_{mn} \operatorname{sen} \frac{m\pi x}{a} \operatorname{sen} \frac{n\pi y}{b},$$

se obtiene la siguiente expresión para la energía de deformación elástica:

$$U = \frac{1}{8} D W_{mn}^2 \pi^4 ab \left[\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 \right]^2, \quad (10)$$

donde D es la rigidez flexural de la plancha: $D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$, siendo t el espesor, E el módulo de Young, y, ν, la razón de Poisson.

Luego se calcula el trabajo de la fuerza externa, W_e, considerando la distancia axial que avanza el extremo de una fibra cuando se deforma lateralmente w, al pandearse:

$$du = ds - dx = \sqrt{1 + \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2}\, dx - dx$$

$$\approx \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx$$

Considerando el movimiento axial del extremo de cada franja de ancho dy, que soporta un esfuerzo en dirección x, σ_x:

$$W_e = \iint_{Area} \left[\frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx \right] \left[\sigma_x t dy\right]$$

Y reemplazando la expresión para el desplazamiento vertical, se llega a:

$$W_e = \frac{1}{8} W_{mn}^2 ab \sigma_x t \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \qquad (11)$$

Finalmente se calcula el esfuerzo crítico, por medio de Conservación de Energía:

$$W_e - U = 0$$

Como en todo problema homogéneo, se busca un valor principal, en este caso para el esfuerzo, que haga no trivial la solución, esto es: $W_{mn} \neq 0$. Esto conduce a la siguiente expresión para el esfuerzo:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2 D}{b^2 t}\left[m\frac{b}{a} + \frac{n^2}{m}\frac{a}{b} \right]^2$$

Si se considera una plancha cargada en los bordes más largos la expresión anterior se puede rescribir como:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2 D}{a^2 t}\left[m + \frac{n^2}{m}\left(\frac{a}{b}\right)^2 \right]^2$$

Para efectos de diseño, se trata de estimar el mínimo esfuerzo compresivo que producirá pandeo en la plancha; este valor

se obtiene tomando ambos índices enteros, m y n, como 1, con lo que se llega a la siguiente expresión para el esfuerzo crítico de la plancha:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2 D}{a^2 t}\left[1+\left(\frac{a}{b}\right)^2\right]^2 \qquad (12)$$

2.5. FLEXIÒN DE PLANCHAS RECTANGULARES CON CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

Simplemente Soportada: en este caso, la ecuación diferencial a resolver es:

$$D\nabla^4 w = p(x,y), \qquad (13)$$

que resume el equilibrio de cada elemento de la plancha. En esta expresión, D es la rigidez flexural de la plancha, w es la función desplazamiento vertical (+hacia abajo), y p(x, y) es la carga por unidad de área.

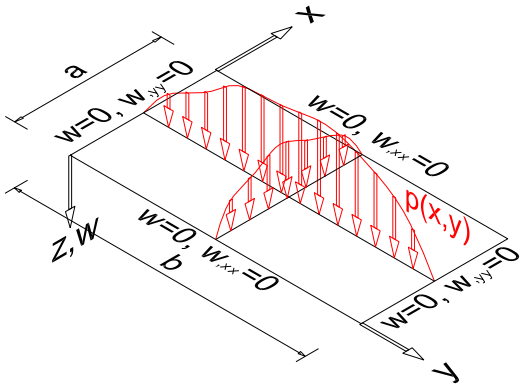


Figura 7.- *Plancha rectangular simplemente soportada*

Las condiciones de frontera en este caso son:

para x=0 y x=a: $w = 0,\ w_{,xx} = 0$

para y=0 y y=b: $w = 0,\ w_{,yy} = 0$

Una función que satisface exactamente todas las condiciones de frontera mencionadas es:

$$w(x,y) = \sum_m \sum_n W_{mn}\, \text{sen}\frac{m\pi x}{a}\, \text{sen}\frac{n\pi y}{b} \qquad (14)$$

A su vez, considerando la carga como uniformemente distribuida, P_0, puede expandirse como una serie senoidal de la siguiente forma:

$$p(x,y) = \sum_m \sum_n P_{mn}\, \text{sen}\frac{m\pi x}{a}\, \text{sen}\frac{n\pi y}{b},$$

donde m y n son enteros impares, y, las amplitudes de los armónicos están dadas por:

$$P_{mn} = \frac{16P_0}{mn\pi^2}.$$

Reemplazando las series para la función solución y para la carga, las amplitudes de los armónicos de la solución están dados por:

$$W_{mn} = \frac{16P_0}{mnD\pi^6\left[\left(\frac{m}{a}\right)^2+\left(\frac{n}{b}\right)^2\right]^2}$$

Con esta amplitud, se puede obtener el momento flector máximo, que se presenta en el centro de la plancha y paralelo al eje de menor longitud:

$$M_y = D\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) =$$

$$= \sum_n \sum_m DW_{mn}\left[\left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \nu\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2\right] * \text{sen}\frac{m\pi}{2}\,\text{sen}\frac{n\pi}{2}$$

Sabiendo que el esfuerzo normal máximo viene dado por, [5]:

$$\sigma_y = \frac{6M_y}{t^2},$$

combinando las fórmulas anteriores se obtiene:

$$\sigma = kP_0\left(\frac{b}{t}\right)^2 \qquad (15)$$

donde:

$$k = \sum_{m\text{impar}} \sum_{n\text{impar}} \frac{96}{mn\pi^4}\left(\frac{b}{a}\right)^2 \left\{\frac{\left(\frac{na}{b}\right)^2 + \nu m^2}{\left[\left(\frac{mb}{a}\right)^2 + n^2\right]^2}\right\} * \text{sen}\frac{m\pi}{2}\,\text{sen}\frac{n\pi}{2} \qquad (16)$$

Empotrada:

Para resolver este problema Lineal, Timoshenko, [2] y [5], propone superponer la solución de en tres subproblemas:

I.- Plancha simplemente soportada con carga distribuida uniformemente.
II.- Plancha simplemente soportada con momento distribuido en los bordes paralelos al eje x.
III.- Plancha simplemente soportada con momento distribuido en los bordes paralelos al eje y.

Nòtese que el primer caso ya fue resuelto en el punto anterior. Se continúa entonces resolviendo el problema de la flexión de una plancha simplemente soportada con momento distribuido en los bordes paralelos al eje x. La ecuación diferencial para resolver es:

$$D\nabla^4 w = 0\,, \qquad (17)$$

con las siguientes condiciones de frontera:

para x=0 y x=a: $w = 0,\ w_{,xx} = 0$

para y= $\pm\frac{b}{2}$: $w = 0,\ -Dw_{yy} = f(x)\,,$

donde f(x) es la función que describe la distribución de momento.

Una función que satisface la ecuación diferencial parcial homogénea, las condiciones de fronteras en x=0, x=a, y, w=0 en y= $\pm b/2$ es:

$$w_1(x,y) = \sum_m C_m \operatorname{sen}\frac{m\pi x}{a} \left[-\alpha_m \tanh\alpha_m \cosh\frac{m\pi y}{2a} + \frac{m\pi y}{a}\operatorname{senh}\frac{m\pi y}{a}\right]$$

donde: $\alpha_m = \frac{m\pi b}{2a}$.

Para satisfacer la condición de frontera que se refiere al momento distribuido, se hace una expansión senoidal de la función f(x):

$$f(x) = \sum_m M_m \operatorname{sen}\frac{m\pi x}{a}\,, \qquad (18)$$

y las constantes que sirven para satisfacer la condición de frontera en y= $\pm b/2$ son:

$$C_m = -\frac{M_m}{2D\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \cosh\alpha_m}$$

Reemplazando esta expresión en la ecuación para la solución de este segundo subproblema, resulta:

$$w_1(x,y) = \sum_{m\,impar} \frac{M_m a^2}{2m^2\pi^2 D\cosh\alpha_m} \operatorname{sen}\frac{m\pi x}{a} \left[\alpha_m \tanh\alpha_m \cosh\frac{m\pi y}{a} - \frac{m\pi y}{a}\operatorname{senh}\frac{m\pi y}{a}\right] \qquad (19)$$

Si se considera ahora una plancha simplemente soportada con momento distribuido en los bordes paralelos al eje y, subproblema 3, por inspección se tiene la siguiente solución:

$$w_2(x,y) = \sum_{m\,impar} \frac{N_m b^2}{2m^2\pi^2 D\cosh\beta_m} \operatorname{sen}\frac{m\pi y}{b} \left[\beta_m \tanh\beta_m \cosh\frac{m\pi x}{b} - \frac{m\pi x}{b}\operatorname{senh}\frac{m\pi x}{b}\right] \qquad (20)$$

donde: $\beta_m = \frac{m\pi a}{2b}$, y la distribución de momento se expandió en forma similar:

$$g(y) = \sum_m N_m \operatorname{sen}\frac{m\pi y}{b} \qquad (21)$$

El método propuesto por Timoshenko obtiene los términos de las expansiones de las distribuciones de los momentos, tratando de satisfacer las condiciones cinemáticas en los bordes, esto es, las pendientes en dirección normal al borde deben ser nulas. Dado que es muy complicado resolver este problema de manera continua, se lo hará en un número discreto de puntos, lo que permitirá obtener igual número de términos de las expansiones de f(x) y g(y).

2.6. ANCHO EFECTIVO

En este caso se va a resolver el problema de la variación del esfuerzo normal en el ala formada por la plancha a la cual están soldados los refuerzos, aplicando teoría del Esfuerzo Plano. Se asume una función de esfuerzo de Airy, definida de la siguiente forma, [5]:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2\phi}{\partial y^2};\ \ \sigma_y = \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}\ ;\tau_{xy} = -\frac{\partial^2\phi}{\partial x\partial y} \qquad (22)$$

De esta forma se satisfacen automáticamente las ecuaciones de equilibrio. Estableciendo luego una relación de Compatibilidad:

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2}(\varepsilon_x)+\frac{\partial^2}{\partial x^2}(\varepsilon_y)=\frac{\partial^2}{\partial x\partial y}(\gamma_{xy})$$

y reemplazando las expresiones que definen la función esfuerzo de Airy se tiene:

$$\nabla^4\phi = 0 \qquad (23)$$

Una solución de esta ecuación diferencial es:

$$\phi(x,y)=f(y)*\text{sen}\omega x, \qquad (24)$$

donde $\omega = n\pi/L$, siendo n un número entero, y luego de reemplazarla en la ED Parcial, se llega, debido a la igualdad de raíces, a que:

$$f(y)=\left[(A+C\omega y)\cosh\omega y+(B+D\omega y)\text{senh}\,\omega y\right]$$

Si se considera el caso en que se tiene una serie de refuerzos, las condiciones de frontera son, [4]:

Para x=0 y x=a: $\sigma_x=\sigma_y=\tau_{xy}=0$

Para y=0: $v=0,\ \tau_{xy}=0$, y, para y=b: $v=0$

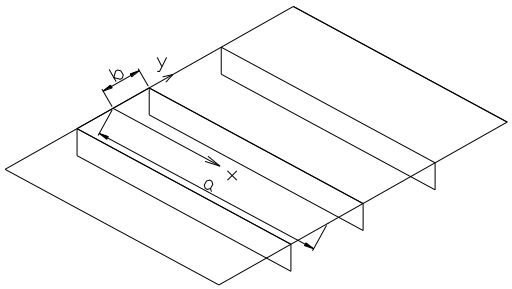


Figura 8.- *Plancha con múltiples refuerzos*

A lo largo del eje x, debido a la simetría del problema no hay desplazamiento en y (esto es $\partial v/\partial x=0$), y se puede establecer la siguiente identidad:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\gamma_{xy})=\frac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}=\frac{\partial}{\partial y}(\varepsilon_x)$$

Reemplazando la Ley de Hooke y las expresiones que definieron la función esfuerzo de Airy, se llega a:

$$\frac{d^3f}{dy^3}-\omega^2(2+\nu)\frac{df}{dy}=0\Big|_{y=0}$$

Reemplazando (24), se llega a que existe la siguiente relación entre constantes:

$$\frac{B}{C}=j,\quad \text{donde}:\quad j=\frac{1-\nu}{1+\nu}.$$

De manera que:

$$f(y)=\left[(A+C\omega y)\cosh\omega y+(Cj+D\omega y)\text{senh}\,\omega y\right]$$

Satisfaciendo ahora la condición de esfuerzo cortante nulo en y=0, se llega a que C=0. Finalmente la última condición de no desplazamiento transversal lleva a:

$$D=-\frac{A\ \tanh\omega b}{\omega b-\left(\frac{1-\nu}{1+\nu}\right)\tanh\omega b}$$

Esto a su vez nos lleva a que la solución tiene la forma:

$$f(y)=A\left[\cos\omega y+\frac{\tanh\omega b}{\omega b-\left(\frac{1-\nu}{1+\nu}\right)\tanh\omega b}\text{senh}\,\omega y\right]$$

Schade, [4], define el ancho efectivo de la siguiente manera:

$$\lambda=\frac{\int_0^b\sigma_x dy}{\sigma_{x\,max}}$$

De manera que en función del esfuerzo en el alma del refuerzo, cada término de la expansión contribuye con:

$$\bar{\lambda}_m==\frac{\int_0^b\sigma_x dy}{\sigma_x^*-\nu\sigma_y^*}=\frac{\frac{\partial f}{\partial y}\Big|_0^b}{\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}+\nu\omega^2 f\Big|_{y=0}} \qquad (25)$$

Finalmente si expandimos la distribución de Momento Flector actuante, con una serie senoidal: $M(x)=\sum_m M_m\,\text{sen}\frac{m\pi x}{a}$, la expresión para el ancho efectivo es:

$$\lambda = \frac{X}{\sigma_{max}} = \frac{\sum \frac{\bar{\lambda}_m M_m sen\omega x}{S_m}}{\sum \frac{M_m sen\omega x}{S_m}} \qquad (26)$$

Donde X es la fuerza axial desarrollada por la plancha que forma el ala, y S_m es el módulo Seccional, considerando un ancho efectivo igual a λ_m.

3. COMPARACION CON LAS FORMULACIONES DADAS POR DNV, 1991, [1]

A continuación se va a comparar los resultados analíticos obtenidos con las formulaciones recomendadas por DNV para embarcaciones con eslora inferior a 100 metros de 1991. El módulo de Young y la razón de Poisson para el acero se tomará como 2.11E4 kg/mm^2 y 0.30, respectivamente.

3.1. FLEXIÓN DE VIGAS (Simplemente Soportadas)

Se va a considerar el caso en que se tienen varios refuerzos separados una distancia s, y que soportan una cierta carga por unidad de área uniforme. La carga por unidad de longitud sobre cada refuerzo es: p_0=sP. Si se quisiera estimar el Módulo Seccional requerido en [cm^3], con la Longitud de la viga en [m], la presión lateral, P, en $\left[kN/m^2\right]$, y el espaciamiento, s, en [m], se tendría que transformar las unidades, de la siguiente forma, aplicando la ecuación (4):

$$S = \frac{P\left[\frac{kN}{m^2} x \frac{1000N}{1kN}\right] s\left[m\ x \frac{100cm}{m}\right] L^2\left[m^2\right]}{8\ \sigma\left[\frac{N}{mm^2} x \frac{100mm^2}{cm^2}\right]},$$

es decir:

$$S = 0.504 p_0 L^2$$

Los refuerzos estructurales en un buque pueden considerarse como primarios, y secundarios. Los primeros soportan a los segundos que a su vez reciben la carga sobre un área de planchaje. La fórmula planteada para analizar el módulo seccional para refuerzos secundarios, *stiffeners*, que podrían tomarse como vigas simplemente soportadas en ambos extremos por DNV, es la siguiente:

For Tween deck frames and vertical peak frames.

$$Z = 0.63 L^2 p s w_k$$

Donde w_k es el Factor de permisión por corrosión. Es decir existe una relación de 0.63/0.504=1.25 entre lo exigido por DNV y lo calculado analíticamente.

3.2. FLEXIÓN DE VIGAS (Empotrada)

La fórmula para utilizar en este caso es:

$$S = \frac{p_0 L^2}{12\sigma} \qquad (6)$$

Si se quisiera expresar el Módulo Seccional requerido en [cm^3], la Longitud de la viga en [m], la presión lateral, P, en $\left[kN/m^2\right]$, el espaciamiento entre refuerzos, s, en [m], y el esfuerzo de trabajo en [N/mm^2], se tendrían que transformar las unidades de la siguiente forma:

$$S = \frac{p_0\left[\frac{KN}{m}\right] L^2\left[m^2\right]}{12\sigma\left[\frac{N}{mm^2}\frac{KN}{1000N}\frac{m}{100cm}\frac{100mm^2}{cm^2}\right]}$$

Por lo tanto la fórmula resulta:

$$S = \frac{100 p_0 L^2}{1.2\sigma}$$

La fórmula recomendada para seleccionar el Módulo Seccional para refuerzos primarios, *girders*, que se pueden modelar como vigas empotradas en ambos extremos, por DNV, es:

For Single girders

$$Z = \frac{100 L^2 sp}{\sigma}$$

Donde:
Z = Módulo Seccional [cm^3].
L = Longitud de la viga [m].
P = Presión lateral $\left[kN/m^2\right]$.
s = Espaciamiento en donde se aplica la carga [m].
σ = Esfuerzo local $160\left[N/mm^2\right]$

De manera que existe una relación de 1.20 entre lo exigido por DNV y lo calculado analíticamente.

3.3. PANDEO DE COLUMNAS

La fórmula para el esfuerzo crítico obtenida analíticamente es:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2 E I}{A L^2} \qquad (9)$$

A continuación se va a transformar las unidades de la siguiente forma:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2 2{,}11E6\left[\frac{Kg}{cm^2}\right]\frac{9{,}81N}{Kg}\left(\frac{m}{1000mm}\right)^2 I\left[cm^4\right]}{A\left[cm^2\right]L^2\left[m^2\right]}$$

Por lo tanto la fórmula resulta:

$$\sigma_{crit} = 204{,}08\frac{I}{AL^2} \quad \left[\frac{N}{mm^2}\right]$$

La fórmula utilizada por DNV, para calcular el esfuerzo crítico de una columna es:

$$\sigma_e = 210\frac{I_A}{AL^2}\left[\frac{N}{mm^2}\right],$$

relación válida para Longitudinales.

Donde:

I_A: Momento de Inercia en $\left[cm^4\right]$

A: Área de la sección transversal de los longitudinales en $\left[cm^2\right]$

L: Longitud en $\left[m\right]$

Es decir existe una relación de 210/204.08=1.03 entre lo exigido por DNV y lo calculado analíticamente.

3.4. PANDEO DE PLANCHAS RECTANGULARES Y SS

La fórmula deducida, ecuación (12), para el esfuerzo crítico es:

$$\sigma_{cri} = \frac{\pi^2 D}{a^2 t}\left[1+\left(\frac{a}{b}\right)^2\right]^2$$

Para poder expresar el esfuerzo en [N/mm^2] se realiza la siguiente transformación de unidades:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2}{12\left(1-0.3^2\right)}2.11E4\left[\frac{Kg}{mm^2}\right] * 9.81\left[\frac{N}{Kg}\right]\left(\frac{1m}{1000\,mm}\right)^2\left[1+\left(\frac{a}{b}\right)^2\right]^2$$

Esto es:

$$\sigma_{crit} = 0.187\frac{t^2}{a^2}\left[1+\left(\frac{a}{b}\right)^2\right]^2$$

La fórmula utilizada por DNV, para analizar el esfuerzo crítico en una plancha es:

$$\sigma_{crit} = \sigma_e, \text{ cuando } \sigma_e < 0.5\sigma_y$$

$$\sigma_{crit} = \sigma_y\left(1-\frac{\sigma_y}{4\sigma_e}\right), \text{ cuando } \sigma_e > 0.5\sigma_y$$

Donde:

$$\sigma_e = 2.3\left[1+\left(\frac{s}{l}\right)^2\right]^2\left(\frac{t-t_k}{1000\,s}\right)^2 10^5, \left[N/mm^2\right]$$

y a su vez:

s: Espaciamiento entre refuerzos transversales en $\left[m\right]$

l: distancia entre refuerzos longitudinales en $\left[m\right]$

t: espesor de la plancha en $\left[mm\right]$

t_k: espesor adicional a la plancha por corrosión en $\left[mm\right]$

Para este problema se va a despreciar el espesor adicional por corrosión, además se va a considerar que la plancha falla por Estabilidad, es decir, pandea (en el argot de columnas, se estaría considerando una columna esbelta). De manera que la fórmula de DNV para estimar el esfuerzo crítico de una plancha luce de la siguiente manera:

$$\sigma_e = 0.23\left[1+\left(\frac{s}{l}\right)^2\right]^2 t^2, \ \left[N/mm^2\right]$$

Es decir, el esfuerzo crítico de acuerdo con DNV es 1.23 veces mayor que el obtenido considerando que la plancha está simplemente soportada.

3.5. FLEXIÒN DE PLANCHAS RECTANGULARES

Simplemente Soportadas: La fórmula deducida analíticamente para evaluar el esfuerzo máximo en una plancha rectangular simplemente soportada en sus bordes y sometida a carga uniformemente distribuida es:

$$\sigma = kP_0\left(\frac{b}{t}\right)^2 \qquad (15)$$

Donde:

$$k = \sum_m \sum_n \frac{96}{mn\pi^4}\left(\frac{b}{a}\right)^2 \left\{ \frac{\left(\frac{na}{b}\right)^2 + \nu m^2}{\left[\left(\frac{mb}{a}\right)^2 + n^2\right]^2} \right\} * \operatorname{sen}\frac{m\pi}{2} \operatorname{sen}\frac{n\pi}{2}$$

Para comprobar la convergencia de la expansión, se evaluó y grafico esta doble sumatoria para diferentes razones de aspecto, y, números enteros m y n. Luego se los ha sumado, truncando la serie, habiéndose comprobado la convergencia de la expansión, véase la Tabla 1.

		a/b			
m	**n**	**1.0**	**2.0**	**3.0**	**4.0**
1	1	0.3203	0.6780	0.8249	0.8894
1	3	-0.0306	-0.0348	-0.0357	-0.0361
1	5	0.0074	0.0078	0.0078	0.0079
1	7	-0.0028	-0.0028	-0.0029	-0.0029
3	1	-0.0122	-0.0521	-0.1068	-0.1573
3	3	0.0040	0.0084	0.0102	0.0110
3	5	-0.0016	-0.0023	-0.0025	-0.0025
3	7	0.0007	0.0009	0.0009	0.0009
5	1	0.0025	0.0108	0.0253	0.0441
5	3	-0.0009	-0.0031	-0.0047	-0.0056
5	5	0.0005	0.0011	0.0013	0.0014
5	7	-0.0003	-0.0005	-0.0005	-0.0005
7	1	-0.0009	-0.0037	-0.0089	-0.0164
7	3	0.0003	0.0013	0.0024	0.0032
7	5	-0.0002	-0.0006	-0.0008	-0.0009
7	7	0.0001	0.0003	0.0003	0.0004
	Σ:	**0.2864**	**0.6086**	**0.7104**	**0.7361**

Tabla 1.- *Constante k en función de la razón de aspecto de la plancha*

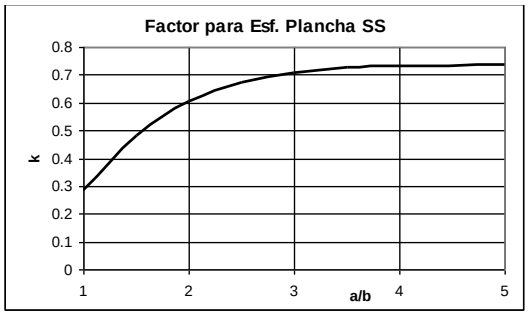


Figura 9.- *Constante k en función de la razón de aspecto de la plancha*

Se escogió el valor de k máximo del gráfico anterior, y se despeja el espesor requerido para que la plancha desarrolle un cierto nivel de esfuerzo. Además transformando unidades resulta:

$$t = b[m]\sqrt{\frac{0{,}736 * p\left[\frac{KN}{m^2}\right] x\left[\frac{1000N}{KN}\right]}{\sigma\left[\frac{N}{mm^2}\right]}}$$

$$t = 27.13\ b[m]\sqrt{\frac{p\left[kN/m^2\right]}{\sigma\left[N/mm^2\right]}}, \quad [mm]$$

Empotrada:

La fórmula empleada para evaluar el esfuerzo máximo es la misma que en el caso SS:

$$\sigma = kP_0\left(\frac{b}{t}\right)^2,$$

donde: $k = \dfrac{6M}{P_0\, b^2}$.

Primero se comparan los resultados de diferentes números de evaluaciones de la condición cinemática sobre los ejes, como se muestra en la siguiente tabla:

	k		
a/b	3 evaluac.	5 evaluac.	7 evaluac.
1	0.3107	0.3074	0.3082
1.25	0.4017	0.3978	0.3989
1.5	0.4569	0.4531	0.4543
1.75	0.4856	0.4825	0.4838
2	0.4984	0.4963	0.4976
2.25	0.5025	0.5018	0.5030
2.5	0.5023	0.5032	0.5043
2.75	0.5001	0.5031	0.5039
3	0.4975	0.5025	0.5029
3.25	0.4949	0.5020	0.5019
3.5	0.4927	0.5017	0.5011
3.75	0.4909	0.5016	0.5005
4	0.4895	0.5018	0.5001

Tabla 2.- Constante k en función de la razón de aspecto de la plancha

Graficando, estos resultados se tienen:

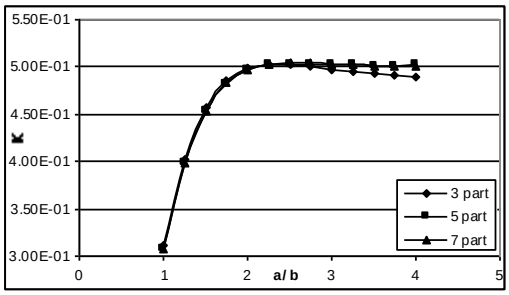


Figura 10.- *La constante k en función de la razón de aspecto de la plancha*

Se nota que con 7 puntos, se ha logrado una convergencia aceptable, para el rango analizado de razón de aspecto de la plancha. Además, dicho coeficiente tiende a un valor máximo igual a 0.50, conforme la razón de aspecto de la plancha se incrementa. Aplicando finalmente igual manejo dimensional que en el caso SS, usando el valor mencionado para k:

$$t = 22.36\, b[m]\sqrt{\frac{p\left[kN/m^2\right]}{\sigma\left[N/mm^2\right]}}, \quad [mm]$$

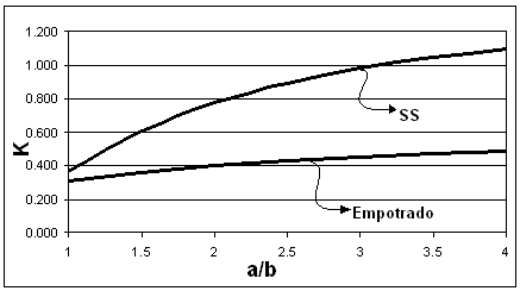


Figura 11.- Comparación de la solución analítica para planchas SS y Empotradas.

DNV recomienda la siguiente fórmula:

$$t = 15.8s\sqrt{\frac{P}{\sigma}}[mm]$$

en la que s es el espaciamiento entre refuerzos, en [m], P es la presión hidrodinámica en, [kN/m^2], y, σ es el esfuerzo de trabajo en [N/mm^2].

3.7. ANCHO EFECTIVO

Cada término de la expansión de la fórmula para calcular el ancho efectivo, (25), para el caso de múltiples refuerzos es, [4]:

$$\bar{\lambda}_m = \frac{4}{\alpha}\frac{\cosh\alpha - 1}{(3-\nu)(1+\nu)\operatorname{senh}\alpha - (1+\nu)^2\alpha}$$

A continuación se desarrollaron las expansiones algebraicas, tomando como referencia un valor de cL/B=3.0, y luego se sumaron de acuerdo con la ecuación (26):

$$\lambda = \frac{\sum \frac{\bar{\lambda}_m M_m \operatorname{sen}\omega x}{S_m}}{\sum \frac{M_m \operatorname{sen}\omega x}{S_m}} \qquad (26)$$

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

m	ω	α	$\lambda_{bar\ m}$/b	Sm	Numer.	Denom.
1	1.047	1.047	0.877	0.0091	-12.428	-14.177
3	3.142	3.142	0.383	0.0042	0.440	1.148
5	5.236	5.236	0.221	0.0025	-0.090	-0.405
7	7.330	7.330	0.156	0.0019	0.031	0.199
9	9.425	9.425	0.121	0.0015	-0.014	-0.115
11	11.519	11.519	0.099	0.0013	0.007	0.073
13	13.614	13.614	0.084	0.0012	-0.004	-0.050
15	15.708	15.708	0.073	0.0011	0.003	0.036
17	17.802	17.802	0.064	0.0010	-0.002	-0.027
19	19.897	19.897	0.057	0.0009	0.001	0.021
21	21.991	21.991	0.052	0.0009	-0.001	-0.016
				Σ:	-12.06	-13.31
				λ/b:	0.9056	

Tabla 3.- *Convergencia del cálculo del ancho efectivo en x/L=0.50,* cL/B=3.0, *para carga uniforme con extremos SS*

Como se nota en las últimas filas, la contribución de los últimos términos es muy pequeña, comparada con los primeros, de manera que se considera que se ha logrado una convergencia aceptable.

Schade, [4], concluye que para el caso de múltiples refuerzos soportando carga uniforme, la solución puede tomarse con un razonable nivel de seguridad como:

$$\lambda = \frac{1,1b}{1+\frac{2}{\left(\frac{cL}{B}\right)^2}} \qquad (27)$$

donde:

cL = Espacio entre puntos con momento flector nulo
B = Ancho del refuerzo
λ = Ancho efectivo

Utilizando esta última expresión se obtiene un valor de 0.90 para la razón de ancho efectivo, y dado que la diferencia es pequeña (analíticamente es 0.9056), se va a usar esta última expresión para comparar los resultados analíticos con los que recomienda DNV. La sociedad de clasificación establece el ancho efectivo en función de la razón de aspecto de la plancha y para r, el número de refuerzos, que se reproduce en la siguiente tabla, junto con los resultados de aplicar la fórmula (27):

a/(2b)	Schade	DNV (r>6)	DNV (r=5)	DNV (r=4)	DNV (r<3)
0	0	0	0	0	0
1	0.367	0.38	0.33	0.27	0.22
2	0.733	0.67	0.58	0.49	0.4
3	0.900	0.84	0.73	0.63	0.52
4	0.978	0.93	0.84	0.74	0.65
5	1.019	0.97	0.89	0.81	0.73
6	1.042	0.99	0.92	0.85	0.78
7	1.057	1	0.93	0.87	0.8
	relación:	0.955	0.857	0.757	0.659

Tabla 4.- *Comparación del ancho efectivo según DNV con la fórmula de Schade*

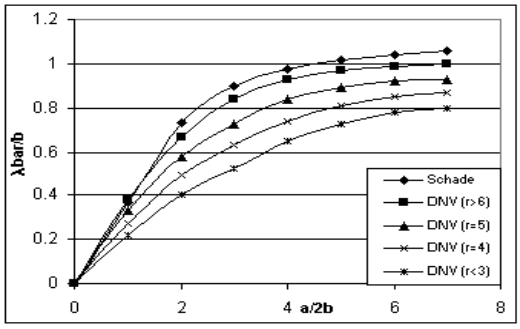


Figura 12.- *Ancho efectivo en función de la razón de aspecto de la plancha*

4. COMENTARIOS FINALES

Se ha revisado el proceso de solución analítica de algunos problemas estructurales clásicos. Luego del manejo dimensional correspondiente, las expresiones resultantes se las ha comparado con las formulaciones dadas por las reglas de la sociedad de clasificación DNV de 1991. En general se muestra la correspondencia entre los resultados analíticos y las reglas de la sociedad clasificadora mencionada.

En el caso de la flexión de refuerzos, se puede establecer que DNV recomienda alcanzar niveles de esfuerzo inferiores al máximo establecido por las soluciones analíticas. La relación es 1.20:1.

En el caso de las formulaciones para la carga crítica de columnas, básicamente coinciden, considerando sus extremos como simplemente soportados. Sin embargo, al soldar el refuerzo longitudinal en los extremos, la carga crítica se va a elevar, incrementándose el factor de seguridad. En el caso del esfuerzo crítico de planchas, asumidas como simplemente soportadas, se tiene una relación de aproximadamente 1:1.2, respecto del establecido analíticamente; no debe olvidarse que otra vez, al soldar la plancha la rigidez de los bordes se incrementa sobre el caso simplemente soportado.

En el caso de flexión de planchas, el espesor requerido por DNV es menor que el requerido según las formulaciones analíticas. Sin embargo debe notarse que el esfuerzo de trabajo que recomiendan en las reglas, 140-160, está por debajo del esfuerzo de Fluencia del acero estándar, 235 N/mm^2.

Finalmente en el caso del cálculo del Ancho Efectivo del ala del conjunto refuerzo + plancha asociada, sometida a carga lateral, se observa en la figura 12 que la solución analítica tiene un comportamiento similar a las recomendaciones de DNV. Se nota que conforme se incrementa el número de refuerzos, las dos relaciones se acercan. Esto es razonable ya que en el límite, cuando el número de refuerzos sea extremo, las condiciones de frontera corresponderían a las asumidas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DNV, Hull Structural Design-Ships with Length less than 100 metres. Det Norske Veritas, 1991.

[2] Muckle, W., Strength of Ships' Structures. E. Arnold Ltd., Londres, 1967

[3] Popov, E., Introducción a la Mecánica de Sólidos. Limusa, México, 1992

[4] Schade, H., The Effective Breadth of Stiffened Plating Under Bending Loads. SNAME, Transacciones, 1951.

[5] Timoshenko, W., Theory of Plates and Shells, McGraw-Hill, New York, 1953.

INVESTIGACIÓN EN OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA PARA BUQUES QUE OPERAN EN ZONAS MARINAS TROPICALES

POR JOSE ALFREDO MORALES TORRES.

Ingeniero Metalurgico.

COTECMAR. Colombia, Dirección de Investigación Desarrollo e Innovacion,

Mail: api-cyt@cotecmar.com TEL: (571) 3426786 FAX (571) 2439558

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial "**COTECMAR**" en su sistema de innovación para la industria astillera, tomó la bandera de la problemática de la corrosión en las áreas marinas tropicales estructurando el programa de investigación Manejo Integral de la Corrosión Marina – "MIC". Es así como al establecer el objetivo de dicho programa se propuso desarrollar tecnologías para mitigar integralmente los impactos de este fenómeno en el desempeño de las embarcaciones que navegan en las zonas tropicales marinas, como lo son el Caribe y el Pacífico Norte. Desde un principio el programa MIC se ha dado a la tarea de recopilar información de la problemática de la corrosión marina desde el punto de vista de integridad en las embarcaciones, información que por demás es bastante escasa, así como los trabajos de investigación sobre el tema en aguas tropicales; así mismo se ha propuesto inicialmente estudiar y caracterizar esta problemática mediante la realización de tres proyectos de investigación como sigue:; 1) Control de la corrosión en tuberías que transportan agua de mar mediante el diseño y construcción de sistemas de protección de la corrosión por medio electroquímico, 2) Evaluación de la efectividad anti-incrustante de los recubrimientos aplicados sobre acero ASTM-A-131 Grado A de embarcaciones que operan en zonas marinas tropicales y 3) Optimización del sistema de Protección Catódica por ánodos de sacrificio para la protección contra la corrosión en la obra viva en buques y pequeñas embarcaciones que operan en zonas marinas tropicales, en el cual se aborda el estudio del entendimiento y optimización de los sistemas de la protección catódica por ánodos de sacrificio y cuyos resultados se proponen sen presentados en congreso Panamericano de ingeniería Naval, Transporte Marítimo e ingeniería portuaria XIX COPINAVAL.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la técnica de protección catódica por el método de ánodos de sacrificio para buques y embarcaciones pequeñas, requiere de un claro conocimiento de los mecanismos de acción de este sistema de control para poder obtener resultados eficaces. Es así como hoy en día no esta suficientemente claro, como para asegurar el eficiente desempeño de estos sistemas de control de la Corrosión.

MARCO TEORICO

La corrosión es la tendencia que tienen los metales a volver a su estado combinado; es decir, al mismo estado en que se encuentran en la naturaleza, en forma de óxidos, hidróxidos y sales.

La corrosión también puede definirse como el ataque destructivo de un metal, debido a procesos de oxidación electroquímica en el medio ambiente que le rodea.

En condiciones normales de temperatura los problemas de corrosión son un fenómeno electroquímico que para existir requiere la concurrencia de tres factores: 1) ánodo o superficie anódica, 2) cátodo o superficie catódica y, 3) electrolito.
Estos tres factores forman la pila de corrosión:

1) El ánodo o zona anódica corresponde a la zona metálica más electronegativa. De ella sale la corriente al electrolito, provocando su corrosión.

2) El cátodo o zona catódica corresponde a la zona metálica más electropositiva. En ella entra la corriente del electrolito, permaneciendo inalterada.

3) El electrolito actúa como cable conductor de corriente.

Por tanto, para evitar este tipo de corrosión bastará con anular uno de los tres factores definidos anteriormente.

Si se encuentra un metal cuyo potencial sea más electronegativo que el potencial de las zonas anódicas de la superficie metálica que se quiere proteger y se unen eléctricamente a ella, se forma una pila, en la que la nueva zona anódica es el metal elegido y en la que se produce la corrosión.

De esta forma se ha creado una pila galvánica cuya zona anódica (zona de corrosión) es la elegida previamente, mientras que el resto de superficie forma la zona catódica que permanece inalterable o protegida.

Al corroerse el metal elegido, se va deteriorando o sacrificando en beneficio de la estructura a proteger (ánodo de sacrificio).

No todos los metales, independientemente de su electronegatividad, se pueden utilizar en la industria como ánodos de sacrificio, ya que para dicha función tienen que cumplir una serie de condiciones y tener ciertas características. Normalmente se utilizan aleaciones de zinc, aleaciones de aluminio y aleaciones de magnesio (en resistividades de electrolitos altos), que cumplen con las normas vigentes.

La protección catódica de un metal determinado, consiste en disminuir el potencial (más negativo) del metal a proteger, por debajo de un valor definido para cada metal, en el que termodinámicamente no puede haber corrosión. Por debajo de este valor se elimina la corrosión electroquímica.

Existen 2 técnicas para rebajar este potencial:

- Protección catódica mediante ánodos de sacrificio: Consiste en la aplicación de metales negativos al cátodo (barco) llamados ánodos de sacrificio, que pueden ser, por tanto, de zinc, magnesio o de aluminio. Éstos se disuelven en el mar y se deben cambiar cada cierto tiempo.

- Protección catódica por corriente impresa: Si nos limitamos a aplicar una corriente negativa al metal que hay que proteger y el polo positivo al electrolito (o sea el agua del

mar), conseguiremos el mismo efecto: rebajar el potencial del metal a proteger hasta llegar al potencial de inmunidad de ese metal sin necesidad de ánodos de sacrificio, solamente aplicando la corriente de la batería. Por lo tanto, se protege así el metal de la obra viva del barco por el sistema de corriente impresa.

El presente proyecto estudio a través del diseño de una matrices experimental con las variables que intervienes en el diseño de sistemas catódicos, aplicándola por medio de simulaciones en laboratorio y comprobaciones mediante validaciones en ensayos buques, identificando las variables más importantes del proceso de control de Corrosión por el método de ánodos de sacrificio, para optimizar los proceso de protección.

OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO

Optimizar el diseño y la metodología de aplicación de ánodos de sacrificio para la protección contra la corrosión en la obra viva de embarcaciones pequeñas y buques.

Para lo cual se establecio la siguiente metodología de trabajo:

1. Estudio y Diagnostico del Problema.
2. Diseño y Ejecución de Las Pruebas En Laboratorio.
3. Diseño y Ejecución de las Pruebas en campo.
4. Desarrollo de Modulo de Software Para Protección Catódica.

No es inusual escuchar que los navegantes y propietarios de yates narren historias sobre la desintegración de parte del material de una hélice, un eje propulsor, alguna zona de un casco de aluminio o de acero; la extraña rotura de los bulones de la quilla en un casco de PRFV o el aflojado de los tornillos de las tracas en un casco de madera, refiriéndose genéricamente a que son efectos producidos por la corrosión. Realmente estas causas de corrosión por fenómenos electroquímicos tan notables están ubicadas normalmente en la parte sumergida del casco la que no se puede observar hasta que se pone el yate en seco. Es allí por esa razón donde pueden causar daños más peligrosos.

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS EN LABORATORIO.

Se diseño y construyo en el laboratorio ocho cedas de monitoreo, con el propósito de generar una herramienta y una metodología electroquímica que me permita estudiar el desempeño de un ánodo o arreglo de ánodos sobre una superficie metálica a través del mapeo de potenciales.

En esta celda se estudiaron el desempeño del sistema de protección catódica cuando se combinan dos geometrías de ánodos, tres geometrías de lámina metálica, tres estados de recubrimiento, en un electrolito de características constantes, temperatura constante, material de la lámina metálica constante, con aireación permanente.

Para cada una de las anteriores combinaciones se generaron las curvas de mapeo de potencial para caracterizar cada sistema.

Geometría y material de la celda

Para desarrollar las pruebas de laboratorio se construirán celdas en acrílico por que este material no interfiere eléctricamente en las mediciones que se van a realizar. La geometría inicial que se propone es que sean celdas rectangulares de 1.2 x 1.2 x 0.2 metros. Fotografía 1.

Fotografía 1. Celda de monitoreo

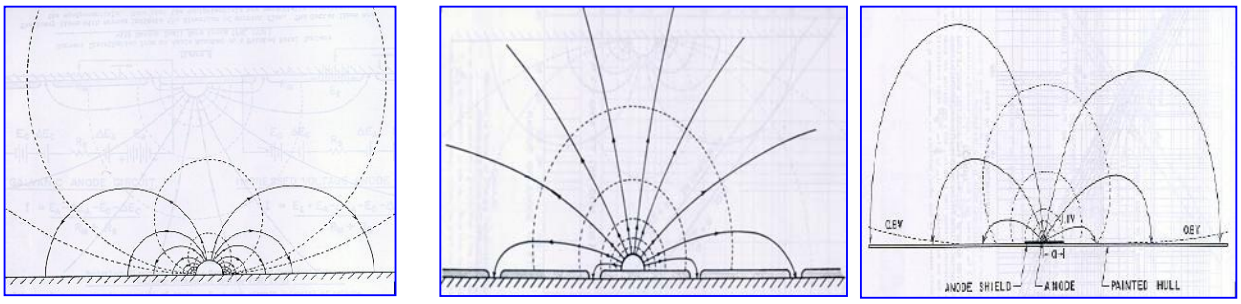
Tipo de solución a utilizar.

Agua de mar sintética según la norma ASTM D-1141. Esta especificación cubre la preparación de soluciones conteniendo sales inorgánicas en proporciones y concentraciones representativas del agua de mar.

ELECTRODOS DE REFERENCIA A UTILIZAR

Para tomar los potenciales en la celda se utilizaran electrodos de Ag./AgCl, los cuales son los recomendados para ser utilizados en toma de potenciales en aguas de mar.

Los potenciales se tomaron sobre la superficie de los electrodos de trabajo para poder obtener la información suficiente y elaborando las curvas equipotenciales que se generen durante los experimentos, y compararon entre si de acuerdo a cada una de las configuraciones que se proponen. En la Figura 1.a se muestran las curvas equipotenciales y de corriente para un ánodo ubicado sobre una lámina metálica desnuda, mientras que en la Figura 1.b se observan las curvas sobre una lámina pintada, con pequeñas áreas desnudas que simulan defectos en el recubrimiento. En la Figura 1.c se observan las mismas curvas sobre una lámina totalmente pintada.



-a- -b- -c-

Figura 1 Curvas de equipotencial.

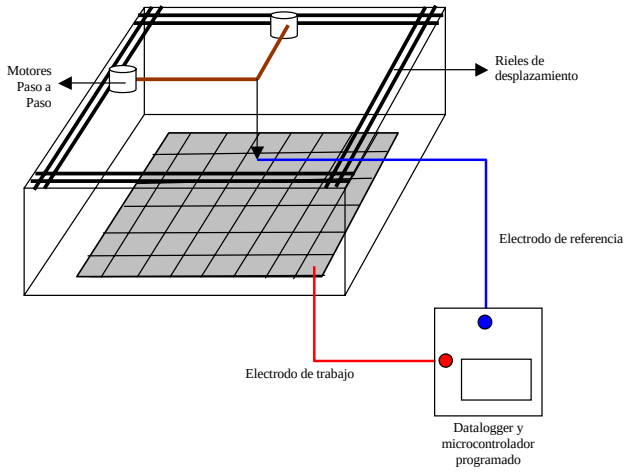
Laminas de trabajo Como laminas de trabajo se utilizaran láminas de acero naval con geometrías que contengan dobleces a 90º y 135º, y láminas sin dobles, esto con el objeto de poder estudiar el desempeño de los ánodos en superficies con estas características.

Para este estudio se considerarán tres estados del recubrimiento sobre la lámina: desnudas, parcialmente pintadas y pintadas completamente.

Distribuciones de los ánodos sobre la superficie: Para estudiar el desempeño de los ánodos y la mejor metodología de instalación de los ánodos sobre la obra viva de las embarcaciones marinas, se instalar tres tipos de distribuciones de ánodos sobre las superficies: una geométrica, una lineal y otra lineal paralela.

Para la toma de potenciales se diseño y fabrico un sistema automático de adquisición de datos en las cedas, debido a la cantidad de mediciones y con miras a tener un configuración experimental que facilite los monitoreos de potencial. Este sistema se compone de un sistema mecánico para toma de datos y de una herramienta informática para almacenar y procesar las mediciones recolectadas.

El sistema automático de adquisición de datos consiste en el montaje de rieles de desplazamiento sobre la CEDAS. Sobre estos rieles se desplazará un sistema mecánico mediante unos motores de paso sincronizado. En este dispositivo se colocará a su vez el electrodo de referencia.



En la Figura 2 se muestra un esquema del sistema de adquisición de datos.

Mapeo de potenciales en laboratorio: Los datos de potencial recolectados se analizaron mediante un software para obtener los mapas de potencial de cada monitoreo.

Los tres meses de monitoreo para cada probeta de acero naval permitirán establecer las variaciones en los mapas de potencial a medida que el ánodo protege la probeta en el tiempo.
En la Figura 3 se muestra un mapa de potencial que se obtuvo para uno de los ensayos

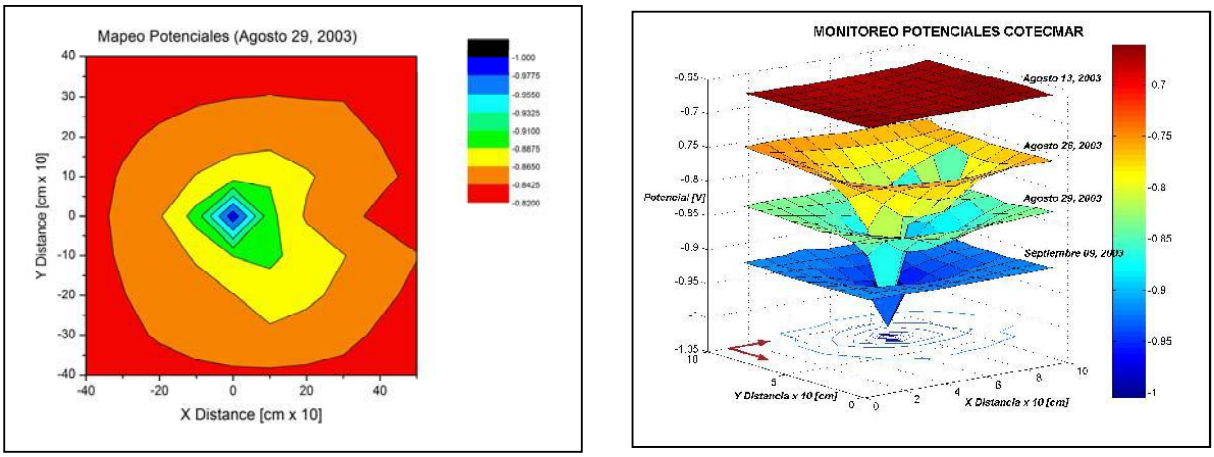


Figura 3 Mapeos de potenciales en dos y tres dimensiones para la protección de acero con un ánodo de Zinc ubicado en el centro.

A partir de estos mapas de potencial se establecieron el alcance protector de un ánodo o de una configuración de ánodos, con esta información se determinaron cuáles diseños de protección catódica son los más eficientes.

Metodología para la evaluación en campo del desempeño de sistemas de protección catódica para embarcaciones

Se diseño y construyo un sistema automático de monitoreo de potenciales es una herramienta que se emplea para determinar el estado de corrosión de la obra viva en condiciones de operación; conociendo el potencial al que se encuentra la lámina de acero naval y el pH de la solución en el cual se encuentra sumergida, se puede, termodinámicamente, predecir si el sistema se encuentra en un estado de corrosión de pasivación o de protección.

Una de la primera conclusiones que se obtuviera que alrededor de cada ánodo los potenciales de protección son elevados; a medida que los puntos de medición se alejan de los ánodos las líneas

equipotenciales se interfieren y se comportan como una sola línea equipotencial aplanada inicialmente, a mayores distancias tienen una forma circular similar a la observada en los ensayos donde se utilizó un ánodo sobre la lámina.
En la Figura 4. se muestra un mapa de potenciales para el anterior sistema.

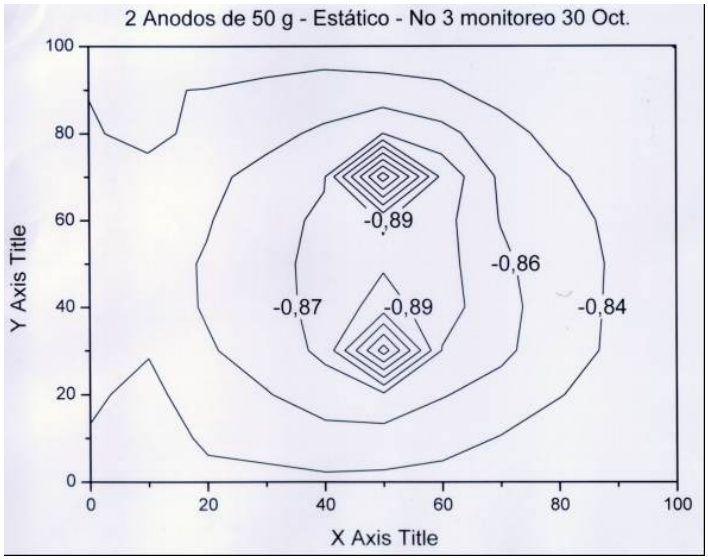


Figura 4. Comportamiento de las curvas equipotenciales utilizando dos ánodos de zinc de 50 g.

Construcción de software de diseño para sistemas de protección catódica por ánodos gálvanicos.
El software desarrollado está basado en la norma DNV RP B401; se utilizó esta norma pues es una utilizadas en el mundo y da mayor soporte teórico durante la fase de diseño.

La norma DNV RP B401 considera la fase de diseño en tres pasos: el primer paso es la fase de cálculo de la corriente necesaria para la protección del material, el segundo es el cálculo de la masa total del ánodo de sacrificio para proteger la lámina y el tercero es un proceso iterativo donde se calcula el número de ánodos a instalar.

El software realiza todos los cálculos y presenta la última fase de presentación de resultados, la ventana se presenta en la figura 5.

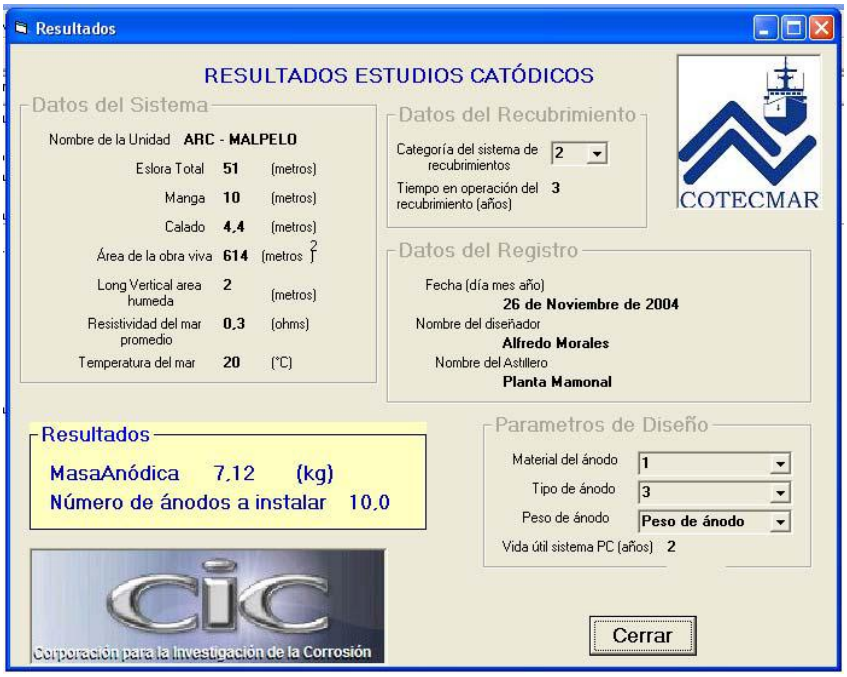


Figura 5 Ventana de presentación de resultados

La ventana de presentación de resultados se encuentra relacionada y tiene una estructura muy parecida a la ventana de datos de entrada aunque está ventana tiene un área más en la cual se ilustra los resultado (área sombreada), aquí se coloca el número de ánodos y la masa de cada ánodo.

Al oprimir el botón CERRAR se sale del programa y se regresa a la ventana de datos de entrada, lo aconsejable es salir del programa y correrlo otra vez ya que en la memoria quedan variableS que después podrían alterar los resultados.

CONCLUSIONES

Con los resultados de esta investigación se construyo un manual de especificaciones técnicas con la metodología de aplicación de este tipo de control de Corrosión en buques y embarcaciones pequeñas, que permitirá, a través de la fundamentación científica mejorar el desempeño de estos sistemas de protección.

De igual manera, se desarrollo un módulo software que permite enmarcar los resultados del proyecto en un Programa de integridad. Este programa está basado en la metodología de inspección basada en riesgos, la cual es una herramienta muy importante ya que proporciona directrices para poder estimar cuáles son las probabilidades y las causas que podrían hacer que una estructura en particular falle y predecir su efecto económico. Al aplicar este análisis de riesgos, se facilita la asignación de los recursos necesarios para las actividades de mantenimiento, disminuye la ocurrencia de fallas e incrementa los índices de seguridad de las estructuras.

BIBLIOGRAFIA

- CHONG H. Quality control for sacrificial anodes. Material Performance Engineering. Malaysia. p.p. 1152-1 to 1152-9
- GOMEZ G., MERCADO O. Evaluación de ánodos de sacrificio de cinc y magnesio para protección catódica. Universidad Industrial de Santander, 1987.
- HARVEY P. Designing cathodic protection systems for marine structures and vehicles. ASTM stock number STP1370, 1999.
- ASTM G97-97. Standard test method for laboratory of magnesium sacrificial anode test specimens for underground applications. 1997.
- MIL-A1800LK. Military specification anodes, sacrificial zinc alloy. 1983.
- RISQUE B. Classic Papers and Reviews on anode resistance fundamentals and applications.
- MORGAN J. Cathodic Protection. NACE, Houston. 1993
- DET NORSKE VERITAS INDUSTRI NORGE AS. Recommended Practice RP B401, Cathodic Protection Design. 1993.
- DEPARTMENT OF THE NAVY, SEA SYSTEMS COMMAND. Naval Ships Technical Manual, Chapter 633, Cathodic Protection. 1992.
- ASTM F 1182-90. Standard Specification for anodes, sacrificial zinc alloy. Reapproved 2001.
- ASTM B 418-01. Standard Specification for cast and wrought zinc anodes.
- MEILLIER A. A review of galvanic cathodic design procedure. Corrosion control services limited. 1998.
- CARSON J. Principles of design of cathodic protection systems for the hulls of active ships. Pacific naval Laboratory. 1964..

ITTC Benchmark – Evaluación de Códigos Numéricos para Estabilidad Intacta: Estudio de la Zozobra de un Pesquero Rápido de Cerco en Mar de Popa

Marcelo A. S. NEVES[1], *Claudio A. RODRÍGUEZ*[2], *William M. CIPRIANO*[3],
Programa de Engenharia Oceânica - COPPE / LabOceano, Universidade Federal do Rio de Janeiro
C.P. 68.508, Rio de Janeiro, RJ, CEP 21945-970, Brasil
masn@peno.coppe.ufrj.br; claudiorc@peno.coppe.ufrj.br; williancipriano@peno.coppe.ufrj.br;
Telefax: +(5521) 2562-8715

Resumen

Recientemente, el Comité de Estabilidad en Olas de la ITTC (Conferencia Internacional de Tanques de Remolque) ha emprendido un nuevo estudio *benchmark* de códigos numéricos para el análisis de estabilidad intacta en olas extremas. Para esto, un nuevo plan de ensayos experimentales con un buque pesquero de cerco rápido y de formas afinadas, fue realizado en olas regulares de popa, para varios aproamientos y velocidades. Con el objetivo de comparar diferentes códigos numéricos existentes, diversas instituciones internacionales fueron invitadas para someter resultados de sus simulaciones numéricas. El presente artículo muestra una visión preliminar de los resultados comparativos obtenidos mediante un código no-lineal de seis grados de libertad desarrollado por el LabOceano-COPPE/UFRJ, una de las instituciones participantes en dicho estudio. Dicho código, denominado *STAB6D*, incorpora acoplamientos dinámicos (hasta el tercer orden) de los movimientos de cuerpo rígido del buque en olas, y un piloto automático. Los resultados presentados son: maniobras de zig-zag, curva de giro y decaimiento de rolido en aguas tranquilas para diferentes velocidades de avance; respuestas de rolido en mar de través y movimientos extremos en mar de popa bajo la acción de olas extremas para diferentes aproamientos y velocidades del buque. Asimismo son examinadas situaciones de zozobra en mar de popa asociadas a condiciones de grandes olas y frecuencias de encuentro muy bajas.

Abstract

The Stability in Waves Committee of the ITTC has recently undertaken a new benchmark study of numerical codes for intact stability analysis in extreme waves. A new plan of experimental tests was carried out on a fast and slender purse seiner in astern regular waves for different wave encounters and speeds. International institutions were invited to submit their simulation results of the tested conditions, with the aim of comparing the various codes. The present paper gives an introductory view of the comparative results obtained by six degrees of freedom nonlinear code developed by LabOceano-COPPE/UFRJ, one of the institutions participating in the study. The code, named *STAB6D*, incorporates dynamic coupling in waves of rigid body motions up to the third order and an auto-pilot. Results are presented for zig-zag maneuvering, turning circle and roll decay in calm seas at different ship speeds; roll motions in beam seas and extreme responses in large waves at different quartering seas headings and speeds. Capsizing conditions associated with astern seas conditions, in which large waves at very small encounter frequencies are met, are examined.

---

[1] *Ph.D., Profesor Principal, Programa de Ingeniería Oceánica, LabOceano-COPPE/UFRJ*
[2] *M.Sc., Alumno de Doctorado, Programa de Ingeniería Oceánica, LabOceano-COPPE/UFRJ*
[3] *M.Sc., Alumno de Doctorado, Programa de Ingeniería Oceánica, COPPE/UFRJ*

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, las tentativas para entender y tratar el problema de zozobra del buque en olas han sido esporádicos y en general sin ninguna coordinación global. A pesar de esto, muchos investigadores e instituciones involucrados con el avance del conocimiento en esta área han dado importantes contribuciones: Paulling y Rosenberg (1959), Du Cane y Goodrich (1962), Oakley *et al.* (1974), Hamamoto y Nomoto (1982), Umeda y Renilson (1994) entre otros. Muchos de estos trabajos han permitido identificar analítica, numérica y/o experimentalmente muchos fenómenos propios del comportamiento dinámico del buque, para los que, aún hoy en día, existen pocos o ningún criterio unánime de evaluación. Dentro de estos fenómenos, los que más han atraído la atención de investigadores e instituciones como la Organización Marítima Internacional (IMO), la Conferencia Internacional de Tanques de Remolque (ITTC), Sociedades Clasificadoras, entre otras, son los mecanismos que llevan a la zozobra del buque, principalmente en mar de popa, pues son éstas las condiciones más vulnerables para el buque.

La IMO ya hace algunos años viene discutiendo la posibilidad de comenzar a adoptar criterios basados en el desempeño del buque en lugar de los criterios convencionales prescriptivos - basados en reglas (Umeda *et al.*, 2003). Para facilitar este proceso es necesario que tanto ensayos con modelos como simulaciones numéricas sean desarrollados y validados. Sin embargo, hasta ahora no existe ninguna técnica de predicción numérica estándar. Con este objetivo, la ITTC, desde 1997, viene realizando ensayos experimentales y convocando comités y estudios *benchmark* para evaluar los resultados de las simulaciones numéricas de los diferentes códigos computacionales desarrollados por las instituciones participantes.

En el último estudio *benchmark*, denominado *24th International Benchmark Testing of Numerical Modelling on Intact Stability*, convocado en Marzo de 2004, el Instituto Alberto Luiz Coimbra de Post-graduación e Investigación en Ingeniería (COPPE) de la Universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ), por medio de su Laboratorio de Ingeniería Oceánica (LabOceano) fue invitada a formar parte como institución participante. Este *benchmark* consistió de dos fases. En la primera fase fueron publicados únicamente los datos del buque y las condiciones ensayadas experimentalmente para que cada institución participante realice simulaciones numéricas y posteriormente, someta sus resultados ante el Comité Coordinador. Terminada esta fase, dicho comité publicó un reporte comparando los resultados numéricos obtenidos por todos los participantes en esta primera fase, y puso a disposición las series temporales experimentales, para eventuales ajustes en los códigos numéricos y reenvío de resultados. Una vez concluida la segunda fase, el Comité elaboró un nuevo reporte publicando comparaciones entre los resultados experimentales y los resultados numéricos de todos los participantes.

En total fueron 7 las instituciones que participaron del *benchmark* 2004-2005:

- Universidad Tecnológica de Helsinki (HUT), Finlandia.
- Instituto de Investigación de Buques e Ingeniería Oceánica (KRISO), Corea.
- Instituto de investigación Marítima de Holanda (MARIN), Holanda.
- Instituto Nacional de Investigación Marítima (NMRI), Japón.
- Centro de Investigación de la Estabilidad del Buque de las Universidades de Glasgow y Strathclyde (SSRC), Reino Unido.

- Universidad de Osaka (OU), Departamento de Arquitectura Naval e Ingeniería Oceánica, Japón.
- Laboratorio de Ingeniería Oceánica (LabOceano)/COPPE - Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), Brasil.

En Septiembre del presente año se llevará a cabo en Edimburgo, Escocia, el próximo encuentro del comité Especialista en Estabilidad Intacta (24th ITTC Conference), donde será presentado el Informe Final consolidado del Estudio *Benchmark* 2004-2005, y serán discutidos los resultados obtenidos por las instituciones que participaron del estudio.

Mecanismos de zozobra del buque en mar de popa

Como mencionado anteriormente, uno de las condiciones que representa mayor peligro de zozobra para la operación del buque es mar de popa. A partir de un extenso programa de ensayos experimentales, realizados en la década del 70 (Oakley *et al.*, 1974) fue posible identificar tres de los mecanismos más probables de zozobra en mar de popa, ellos son:

a) Pérdida Simple de Estabilidad: Se da principalmente cuando el buque navega en velocidades altas en mar de popa. Dependiendo de las formas del buque, las características de la ola y su posición relativa en relación al buque, la curva de estabilidad estática transversal (*GZ*) puede sufrir grandes variaciones en relación a sus valores respectivos en aguas tranquilas (Kerwin, 1955; Paulling, 1961). Así pues, para el caso de una ola de longitud próxima a la eslora del buque, con el valle de la ola situado en la sección media y con las crestas en los extremos de proa y popa, los brazos adrizantes aumentarán ligeramente haciendo al buque relativamente más estable. Por otro lado, cuando la cresta de la ola se sitúe en la sección media y los valles en los extremos, los brazos adrizantes se reducirán, ocurriendo una disminución de la estabilidad que inclusive puede ser de hasta 50% en relación a los valores en aguas tranquilas. Caso esta última configuración buque-ola haga que los brazos adrizantes se hagan negativos durante un tiempo suficientemente largo, podrá acontecer la zozobra ante cualquier pequeña perturbación.

b) Resonancia Paramétrica: Este mecanismo se refiere a movimientos oscilatorios de rolido que pueden crecer rápidamente, inclusive en ausencia de excitación externa directa (olas longitudinales, por ejemplo), alcanzando grandes amplitudes que pueden culminar en la zozobra del buque. Este tipo de inestabilidad es causada por las variaciones cíclicas de los brazos adrizantes del buque cuando navega en olas, tal como explicado en el caso anterior, pero sin que sea necesario que los brazos adrizantes permanezcan negativos por un dado periodo. Este fenómeno es bastante más complejo, pues envuelve dinámicamente los movimientos del buque acoplados en por lo menos tres grados de libertad (arfada, rolido e cabeceo), además de precisar de una determinada sintonía (en torno 2:1) entre la frecuencia de encuentro y la frecuencia natural, respectivamente (Paulling y Rosenberg, 1959).

c) Broaching: Este fenómeno está relacionado con la estabilidad direccional del buque en olas, principalmente en mar de popa. Este mecanismo de zozobra usualmente se da para el buque navegando en velocidades altas en mar de popa, configurando así situaciones en que la frecuencia de encuentro está próxima de cero y el buque "surfea" sobre la ola. En estas condiciones el buque está propenso a ser "capturado" por la ola y

acelerado a la velocidad de esta, pudiendo alcanzar inclusive velocidades superiores a su velocidad de avance en aguas tranquilas. Asociado a estas condiciones puede darse instabilidad direccional por pérdida de la eficiencia de la pala del timón causada ya sea por la emersión de la popa o por la baja velocidad relativa entre el buque y la ola. Una definición alternativa de broaching (Umeda y Renilson, 1992) es la siguiente: "*Broaching es un fenómeno en el cual el buque es incapaz de mantener su rumbo a pesar de la aplicación de su máxima capacidad de gobierno*". La figura 1 es una reproducción de una secuencia clásica de ocurrencia de broaching para un buque militar (Du Cane y Goodrich, 1962).

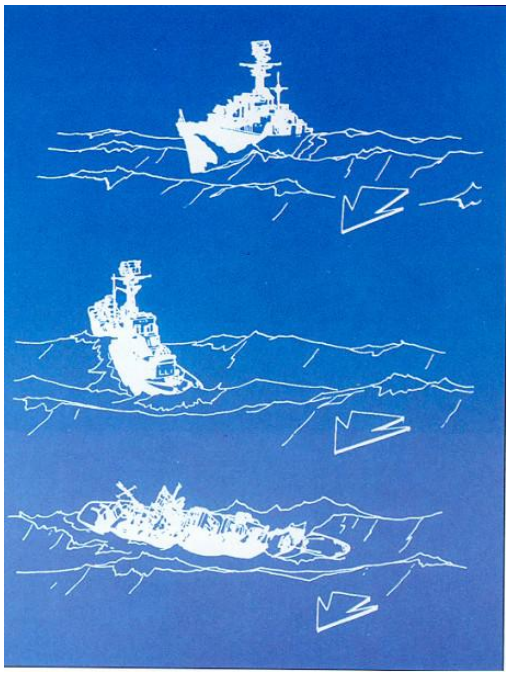


Figura 1. Secuencia dinámica que conduce al broaching.

Como se puede ver, la complejidad de la dinámica involucrada en los tres mecanismos de zozobra resulta imposible de ser modelada por modelos numéricos o analíticos lineales. Además, típicamente, maniobrabilidad y seakeeping (comportamiento del buque en olas) son problemas tratados usualmente en la literatura de forma separada. La maniobrabilidad clásica, abarca el estudio de los movimientos de avance, desvío, y guiñada, y asume aguas tranquilas, por tanto, las frecuencias de movimiento son normalmente bastante bajas, y los efectos viscosos relevantes. Ya el seakeeping clásico que involucra los movimientos de arfada, rolido, y cabeceo usualmente es estudiado basado en las hipótesis de la teoría potencial, entre ellas la que asume efectos viscosos despreciables.

El broaching como mecanismo de zozobra fue extensamente explorado en el estudio *benchmark* objeto del presente trabajo, y puede ser conceptuado como un problema de maniobrabilidad en olas. En este caso, la modelación analítica debe contemplar, por lo menos, las ecuaciones clásicas de maniobra, la ecuación de rolido y la del timón acopladas (Umeda y Hashimoto, 2002).

Para este *benchmark*, el LabOceano/COPPE-UFRJ desarrolló un modelo analítico-numérico no-lineal de seis grados de libertad, que además de considerar los acoplamientos

horizontales característicos de maniobra, incorpora también la compleja dinámica no-lineal de las transferencias de energía de los modos verticales para el movimiento de rolido, así como la ecuación del timón con piloto automático. De hecho, este modelo es una ampliación del modelo no-lineal de tercera orden de tres grados de libertad para estudio de la resonancia paramétrica desarrollado por Rodríguez (2004) y presentado también en Neves y Rodríguez (2004, 2005); incorporando ahora el modelo de tercera orden de Abkowitz (1964). Así pues, este nuevo código (STAB6D) deberá ser capaz de reproducir los movimientos del buque en condiciones extremas en sus seis grados de libertad.

CONDICIONES ENSAYADAS

El buque ensayado por la ITTC para el presente *benchmark* corresponde a un pesquero rápido de cerco, de formas finas (típico japonés), denominado aquí, PS. Las características principales y plano de formas de este buque son presentados en la Tabla I y la figura 2, respectivamente.

Tabla I. Características del buque PS

Denominación	
Eslora entre perpendiculares	34.50 m
Manga	7.60 m
Puntal	3.07 m
Calado medio	2.65 m
Radio de giro en rolido	3.86 m
Radio de giro en guiñada	3.28 m
Radio de giro en cabeceo	3.28 m
Altura metacéntrica transversal*	0.75 m
Posición vertical del C.G.	3.36 m

**Sólo en los ensayos de decaimiento en rolido para número de Froude 0.20, la altura metacéntrica usada fue de 1.00 m.*

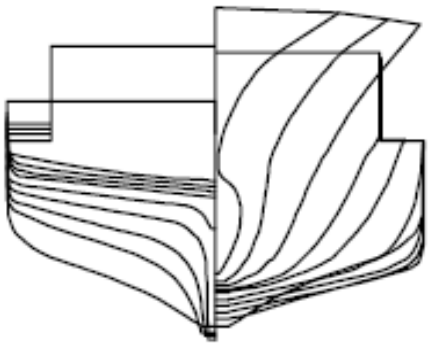


Figura 2. Líneas de forma del buque PS.

Este buque fue reproducido en escala 1/15 y fue efectuada una serie sistemática de ensayos radio-controlados para diferentes condiciones de altura de onda, aproamiento y velocidad de avance. Todos estos ensayos fueron realizados en el Tanque del Instituto de Ingeniería de Pesca de Japón (NRIFE).

Matriz de Ensayos
La serie de ensayos realizados fue dividida en dos grupos:

a) Comportamiento en aguas tranquilas (maniobrabilidad y estabilidad):

- Prueba de Zig-Zag 20°/20° para número de Froude (Fn) = 0.30.
  Parámetros a ser registrados: overshoot de guiñada, tiempos para la primera y segunda aplicación del timón, y escora máxima.

- Prueba de giro con ángulo de timón de 35° partiendo de Fn = 0.30.
  Parámetros a ser registrados: avance para cambios de rumbo de 10° y 20°, escora máxima, transferencia y diámetro táctico.

- Decaimiento en rolido para las siguientes condiciones:
  i) Fn = 0.00 e inclinación inicial (ϕ_0) equivalente al 80% del ángulo límite de estabilidad (ϕ_v), para GM_T = 0.75 m.
  ii) Fn = 0.20 y $\phi_0 = 0.3\ \phi_v$, para GM_T = 1.00 m.

b) Comportamiento en olas extremas:

- Rolido en mar de través para Fn =0.0, λ/ L = 1.0, 1.5 y H/λ = 1/15 (donde: λ = longitud de la ola, L = eslora del buque, H = altura de la ola).

- Corrida libre en mar de popa para las combinaciones de las siguientes condiciones: λ/L = 1.0, 1.5, H/λ = 1/15, Fn = 0.20, 0.30, y 0.40, aproamientos de 5°, 15° y 30°.
  Parámetros ser registrados: amplitudes y fases de las respuestas en rolido, cabeceo, guiñada y ángulo del timón bajo la acción de un piloto automático configurado con ganancias proporcional y diferencial fijas de 1.0 y 0.0, respectivamente.

La tabla a seguir, muestra un resumen de las condiciones ensayadas (en la escala del modelo):

Tabla II. Matriz de ensayos resumida del buque PS

Tipos de Ensayo	**Características de la Ola**			**Fn**	**GM_T (modelo) [m]**
	λ/L	**H/λ**	**Incidencia**		
Maniobra de zig-zag	-	-	-	0.30	0.05
Curva de Giro	-	-	-	0.30	0.05
Decaimiento en Rolido	-	-	-	0.00; 0.20	0.05; 0.0667*
Rolido en mar de través	1.0; 1.5	1/15	90°	0.00	0.05
Corrida libre en mar de popa	1.5	1/15	5°; 15°; 30°	0.20; 0.30; 0.40	0.05

** Solo para Fn =0.20*

MODELO MATEMÁTICO

La Figura 3 muestra los sistemas de coordenadas usados en la definición de las ecuaciones que rigen el comportamiento del buque en sus seis grados de libertad: avance (surge), desvío (sway), arfada (heave), rolido (roll), cabeceo (pitch) e guiñada (yaw). El sistema *cxyz* es un sistema móvil fijo en el cuerpo, en cuanto el sistema *OXYZ* es un sistema de referencia inercial que acompaña al buque con velocidad constante *U* igual a la del buque en aguas tranquilas.

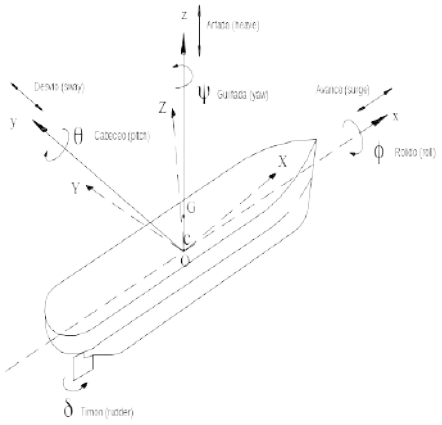


Figura 3. Sistemas de coordenadas y definición de los movimientos del buque.

Como mencionado anteriormente, maniobrabilidad y seakeeping son normalmente estudiados separadamente, de ahí que los sistemas de referencia usados convencionalmente para describirlos sean diferentes. En maniobras, los movimientos son descritos usando el sistema móvil fijo en el cuerpo; y en ondas, el sistema de referencia adoptado es el sistema inercial que se desplaza con la velocidad constante del buque en aguas tranquilas. Hasta la fecha, muy poca es la literatura que trata sobre la maniobrabilidad en olas. Así pues, para usar un modelo matemático que incorpore las características tanto de maniobras como de comportamiento en olas acopladamente, es preciso describir los 6 movimientos del buque en un sistema de referencia único, mismo que las fuerzas y momentos actuantes estén inicialmente expresados en sistemas de referencias distintos.

El modelo matemático usado en el presente trabajo se obtiene a partir de expansiones en series de Taylor de las acciones hidrodinámicas (e hidrostáticas) que gobiernan al comportamiento del buque. Las ecuaciones de maniobra de tercera orden de Abkowitz (1964) son adaptadas para el sistema de referencia inercial y acopladas a las ecuaciones no-lineales de tercera orden en los modos de arfada, rolido y cabeceo, desarrolladas por Rodríguez (2004), resultando así el siguiente sistema de ecuaciones no-lineales con seis grados de libertad donde además se incorpora la ecuación del piloto automático (Cipriano, 2005):

$$\left(m+X_{\ddot{x}}\right)\ddot{x}+X_{\ddot{z}}\ddot{z}+(mz_G+X_{\ddot{\theta}})\ddot{\theta}+X_{\dot{x}}\dot{x}+X_{\dot{z}}\dot{z}+X_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+\frac{1}{2}X_{\dot{x}\dot{x}}\dot{x}^2+\frac{1}{6}X_{\dot{x}\dot{x}\dot{x}}\dot{x}^3+\frac{1}{2}X_{\dot{y}\dot{y}}\dot{y}^2+$$

$$\frac{1}{2}X_{\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{\psi}^2+\frac{1}{2}X_{\dot{y}\dot{y}\dot{x}}\dot{y}^2\dot{x}+\frac{1}{2}X_{\dot{\psi}\dot{\psi}\dot{x}}\dot{\psi}^2\dot{x}+\frac{1}{2}X_{\delta\delta\dot{x}}\delta^2\dot{x}+X_{\dot{y}\dot{\psi}}\dot{y}\dot{\psi}+X_{\dot{y}\delta}\dot{y}\delta+X_{\dot{\psi}\delta}\dot{\psi}\delta+$$

$$X_{\dot{y}\dot{\psi}\dot{x}}\dot{y}\dot{\psi}\dot{x}+X_{\dot{y}\delta\dot{x}}\dot{y}\delta\dot{x}+X_{\dot{\psi}\delta\dot{x}}\dot{\psi}\delta\dot{x}=\frac{1}{2}X_{\delta\delta}\delta^2+X_w(\chi,t)$$

$$\left(m+Y_{\ddot{y}}\right)\ddot{y}-\left(mz_G-Y_{\dot{\phi}}\right)\ddot{\phi}+Y_{\dot{\psi}}\ddot{\psi}+Y_{\dot{y}}\dot{y}+Y_{\dot{\phi}}\dot{\phi}+Y_{\dot{\psi}}\dot{\psi}+\frac{1}{6}Y_{\dot{y}\dot{y}\dot{y}}\dot{y}^3+\frac{1}{2}Y_{\dot{y}\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{y}\dot{\psi}^2+\frac{1}{2}Y_{\dot{y}\delta\delta}\dot{y}\delta^2+$$
$$Y_{\dot{y}\dot{x}}\dot{y}\dot{x}+\frac{1}{2}Y_{\dot{y}\dot{x}\dot{x}}\dot{y}\dot{x}^2+\frac{1}{6}Y_{\dot{\psi}\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{\psi}^3+\frac{1}{2}Y_{\dot{\psi}\dot{y}\dot{y}}\dot{\psi}\dot{y}^2+\frac{1}{2}Y_{\dot{\psi}\delta\delta}\dot{\psi}\delta^2+Y_{\dot{\psi}\dot{x}}\dot{\psi}\dot{x}+\frac{1}{2}Y_{\dot{\psi}\dot{x}\dot{x}}\dot{\psi}\dot{x}^2+$$
$$\frac{1}{2}Y_{\delta\dot{y}\dot{y}}\delta\dot{y}^2+\frac{1}{2}Y_{\delta\dot{\psi}\dot{\psi}}\delta\dot{\psi}^2+Y_{\delta\dot{x}}\delta\dot{x}+\frac{1}{2}Y_{\delta\dot{x}\dot{x}}\delta\dot{x}^2+Y_{\dot{y}\dot{\psi}\delta}\dot{y}\dot{\psi}\delta+\frac{1}{6}Y_{\dot{\phi}\dot{\phi}\dot{\phi}}\dot{\phi}^3+\frac{1}{2}Y_{\dot{\phi}\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{\phi}\dot{\psi}^2+$$
$$\frac{1}{2}Y_{\dot{\phi}\delta\delta}\dot{\phi}\delta^2+\frac{1}{2}Y_{\dot{\phi}\dot{y}\dot{y}}\dot{\phi}\dot{y}^2+\frac{1}{2}Y_{\dot{y}\dot{\phi}\dot{\phi}}\dot{y}\dot{\phi}^2+Y_{\dot{\psi}\dot{y}}\dot{\psi}\dot{y}+\frac{1}{2}Y_{\delta\dot{\phi}\dot{\phi}}\delta\dot{\phi}^2+Y_{\delta\dot{y}}\delta\dot{y}+Y_{\dot{\phi}\dot{\psi}\delta}\dot{\phi}\dot{\psi}\delta=$$
$$Y_\delta\delta+\frac{1}{6}Y_{\delta\delta\delta}\delta^3+Y_w(\chi,t)$$

$$Z_{\ddot{x}}\ddot{x}+Z_{\dot{x}}\dot{x}+(m+Z_{\ddot{z}})\ddot{z}+Z_{\dot{z}}\dot{z}+Z_{\ddot{\theta}}\ddot{\theta}+Z_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+Z_z z+Z_\theta\theta+\frac{1}{2}Z_{zz}z^2+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi z}\phi^2 z+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+$$
$$\frac{1}{2}Z_{\theta\theta z}\theta^2 z+\frac{1}{6}Z_{\theta\theta\theta}\theta^3+Z_{\zeta z}(t)z+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}Z_{\theta\theta}\theta^2+Z_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}Z_{zzz}z^3+\frac{1}{2}Z_{zz\theta}z^2\theta+$$
$$Z_{\zeta\theta}(t)\theta+Z_{\zeta\zeta z}(t)z+Z_{\zeta zz}(t)z^2+Z_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta+Z_{\zeta z\theta}(t)z\theta+Z_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2+Z_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2=Z_w(\chi,t)$$

$$(-mz_G+K_{\ddot{y}})\ddot{y}+\left(J_{xx}+K_{\ddot{\phi}}\right)\ddot{\phi}+K_{\ddot{\psi}}\ddot{\psi}+K_{\dot{y}}\dot{y}+K_{\dot{\phi}}\dot{\phi}+K_{\dot{\phi}|\phi|}\dot{\phi}|\dot{\phi}|+K_{\dot{\phi}\dot{\phi}\dot{\phi}}\dot{\phi}^3+K_{\dot{\psi}}\dot{\psi}+K_\phi\phi+K_{z\phi}z\phi+$$
$$K_{\phi\theta}\phi\theta+\frac{1}{2}K_{zz\phi}z^2\phi+\frac{1}{6}K_{\phi\phi\phi}\phi^3+\frac{1}{2}K_{\theta\theta\phi}\theta^2\phi+K_{z\phi\theta}z\phi\theta+K_{\zeta\phi}(t)\phi+K_{\zeta\zeta\phi}(t)\phi+$$
$$K_{\zeta z\phi}(t)z\phi+K_{\zeta\phi\theta}(t)\phi\theta+\frac{1}{2}K_{\phi\dot{\psi}\dot{\psi}}\phi\dot{\psi}^2+\frac{1}{2}K_{\phi\delta\delta}\phi\delta^2+\frac{1}{2}K_{\phi\dot{y}\dot{y}}\phi\dot{y}^2+\frac{1}{6}K_{\dot{\psi}\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{\psi}^3+$$
$$\frac{1}{2}K_{\dot{\psi}\dot{\phi}\dot{\phi}}\dot{\psi}\dot{\phi}^2+\frac{1}{2}K_{\dot{\psi}\delta\delta}\dot{\psi}\delta^2+\frac{1}{2}K_{\dot{\psi}\dot{y}\dot{y}}\dot{\psi}\dot{y}^2+\frac{1}{2}K_{\delta\dot{\phi}\dot{\phi}}\delta\dot{\phi}^2+\frac{1}{2}K_{\delta\dot{\psi}\dot{\psi}}\delta\dot{\psi}^2+$$
$$K_{\delta\dot{y}}\delta\dot{y}+\frac{1}{2}K_{\delta\dot{y}\dot{y}}\delta\dot{y}^2+K_{\dot{\phi}\dot{\psi}\delta}\dot{\phi}\dot{\psi}\delta=K_\delta\delta+\frac{1}{6}K_{\delta\delta\delta}\delta^3+K_w(\chi,t)$$

$$\left(mz_G+M_{\ddot{x}}\right)\ddot{x}+M_{\dot{x}}\dot{x}+\left(J_{yy}+M_{\ddot{\theta}}\right)\ddot{\theta}+M_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+M_{\ddot{z}}\ddot{z}+M_{\dot{z}}\dot{z}+M_z z+M_\theta\theta+\frac{1}{2}M_{zz}z^2+\frac{1}{2}M_{\phi\phi}\phi^2+$$
$$\frac{1}{2}M_{\theta\theta}\theta^2+M_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}M_{zzz}z^3+\frac{1}{2}M_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}M_{\phi\phi z}\phi^2 z+\frac{1}{2}M_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}M_{\theta\theta z}\theta^2 z+$$
$$\frac{1}{6}M_{\theta\theta\theta}\theta^3+M_{\zeta z}(t)z+M_{\zeta\theta}(t)\theta+M_{\zeta\zeta z}(t)z+M_{\zeta zz}(t)z^2+M_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta+M_{\zeta z\theta}(t)z\theta+$$
$$M_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2+M_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2=M_w(\chi,t)$$

$$N_{\dot{y}}\ddot{y} + N_{\dot{\phi}}\ddot{\phi} + \left(I_z + N_{\dot{\psi}}\right)\ddot{\psi} + N_{\dot{y}}\dot{y} + N_{\dot{\phi}}\dot{\phi} + N_{\dot{\psi}}\dot{\psi} + N_{\dot{y}\dot{y}\dot{y}}\dot{y}^3 + \frac{1}{2}N_{\dot{y}\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{y}\dot{\psi}^2 + \frac{1}{2}N_{\dot{y}\delta\delta}\dot{y}\delta^2 +$$

$$N_{\dot{y}\dot{x}}\dot{y}\dot{x} + \frac{1}{2}N_{\dot{y}\dot{x}\dot{x}}\dot{y}\dot{x}^2 + \frac{1}{6}N_{\dot{\psi}\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{\psi}^3 + \frac{1}{2}N_{\dot{\psi}\dot{y}\dot{y}}\dot{\psi}\dot{y}^2 + \frac{1}{2}N_{\dot{\psi}\delta\delta}\dot{\psi}\delta_R^2 + N_{\dot{\psi}\dot{x}}\dot{\psi}\dot{x} + \frac{1}{2}N_{\dot{\psi}\dot{x}\dot{x}}\dot{\psi}\dot{x}^2 +$$

$$\frac{1}{2}N_{\delta\dot{y}\dot{y}}\delta\dot{y}^2 + \frac{1}{2}N_{\delta\dot{\psi}\dot{\psi}}\delta\dot{\psi}^2 + N_{\delta\dot{x}}\delta\dot{x} + \frac{1}{2}N_{\delta\dot{x}\dot{x}}\delta\dot{x}^2 + N_{\dot{y}\dot{\psi}\delta}\dot{y}\dot{\psi}\delta + \frac{1}{6}N_{\dot{\phi}\dot{\phi}\dot{\phi}}\dot{\phi}^3 + \frac{1}{2}N_{\dot{\phi}\dot{\psi}\dot{\psi}}\dot{\phi}\dot{\psi}^2 +$$

$$\frac{1}{2}N_{\dot{\phi}\delta\delta}\dot{\phi}\delta^2 + N_{\dot{\phi}\dot{y}}\dot{\phi}\dot{y} + \frac{1}{2}N_{\dot{\phi}\dot{y}\dot{y}}\dot{\phi}\dot{y}^2 + \frac{1}{2}N_{\dot{\psi}\dot{\phi}\dot{\phi}}\dot{\psi}\dot{\phi}^2 + N_{\dot{\psi}\dot{y}}\dot{\psi}\dot{y} + \frac{1}{2}N_{\delta\dot{\phi}\dot{\phi}}\delta\dot{\phi}^2 + N_{\delta\dot{y}}\delta\dot{y} +$$

$$N_{\dot{\phi}\dot{\psi}\delta}\dot{\phi}\dot{\psi}\delta = N_\delta\delta + \frac{1}{6}N_{\delta\delta\delta}\delta^3 + N_w(\chi, t)$$

$$K_2\dot{\psi} + K_1(\chi - \psi) = T_E\dot{\delta} + \delta$$

En estas ecuaciones: x, y, z representan los movimientos traslacionales en avance, desvío y arfada, respectivamente; y ϕ, θ, ψ, y δ describen los movimientos angulares de rolido, cabeceo, guiñada y timón, en ese orden. Los puntos sobre las variables anteriores denotan derivadas en relación al tiempo (un punto para velocidad y dos puntos para aceleraciones). Las variables con subíndices (empleando la misma lógica anterior) representan coeficientes de amortiguamiento y masa adicional, respectivamente. Las variables con subíndices sin puntos son coeficientes de restauración hidrostática. X_w, Y_w, Z_w, K_w, M_w, y N_w, son las excitaciones externas causadas por las olas en cada uno de los seis grados de libertad del buque; K_1, K_2, y T_E son las ganancias proporcional, diferencial y atraso del piloto automático, respectivamente.

RESULTADOS NUMÉRICOS VS. EXPERIMENTALES

A partir del modelo matemático mostrado en la sección anterior, fue implementado computacionalmente un código numérico, denominado STAB6D. Con este código, fue posible realizar las simulaciones numéricas de las condiciones ensayadas experimentalmente con el buque PS y compararlas con las respectivas series temporales experimentales cedidas por la ITTC en la segunda fase del estudio *benchmark*.

Los coeficientes de masa adicional y amortiguamiento, así como las fuerzas y momentos de excitación externos fueron calculados inicialmente usando la Teoría de las Rebanadas (Salvesen *et al.*, 1970). El amortiguamiento en rolido fue corregido y recalculado usando el método de Himeno (1981). Las derivadas de maniobra para este buque fueron calculadas experimentalmente y publicadas en el trabajo de Umeda y Hashimoto (2002), e incorporadas según corresponda junto con los amortiguamientos y masas adicionales potenciales.

A continuación, se muestran los resultados numéricos y las series temporales de varias de las simulaciones numéricas efectuadas, comparándolas con las series temporales experimentales cedidas por la ITTC. Para una mejor organización, los resultados fueron agrupados según la matriz de ensayos mostrada en la Tabla II.

a) Comportamiento en Aguas Tranquilas:

i) Maniobra de zig-zag: La figura 4 (a, b) muestra los resultados numéricos para la evolución en el tiempo de la guiñada y del timón del buque; así como sus velocidades en desvío, avance y guiñada durante esta maniobra. La diferencia entre el ángulo máximo de guiñada (rumbo) y el ángulo máximo de aplicación del timón en el ensayo (20°) denota un overshoot. Así por ejemplo, en la figura 4 (a), el overshoot luego de la primera aplicación del timón es 9.77°. La figura 4(b), ilustra las velocidades de avance, desvío y guiñada que, como era de esperar, resultaron aproximadamente oscilatorias. Nótese que la velocidad de avance sufre una leve disminución con respecto a su valor en aguas tranquilas luego de comenzada la maniobra de zig-zag.

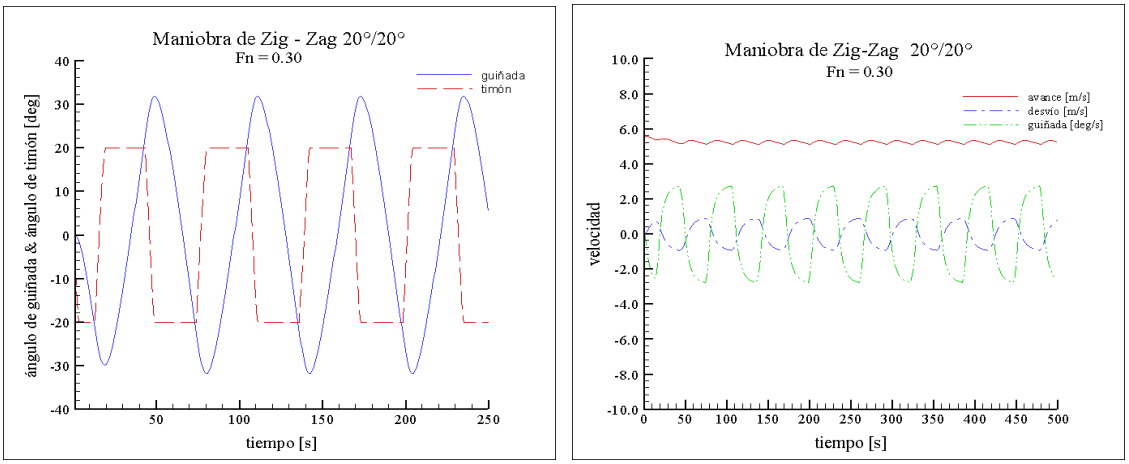


Figura 4. Maniobra de zig-zag: (a) Respuestas de guiñada y timón; (b) Velocidades instantáneas de avance, desvío y guiñada.

A pesar de, en este caso, no contar con resultados experimentales, puede verse de la Tabla III, que los resultados numéricos usando el código STAB6D están próximos del promedio de las demás instituciones participantes, permitiéndonos concluir preliminarmente que el código numérico STAB6D es capaz de lidiar bien con maniobras extremas como la de zig-zag.

Tabla III. Comparación entre resultados numéricos de la maniobra de zig-zag

Participante	1º overshoot [deg]	2º overshoot [deg]	1ra aplicación del timón [s]	2da aplicación del timón [s]
COPPE/UFRJ	9.77	11.61	12.80	42.50
*PP**	10.03	10.74	11.64	39.49

** Promedio de los resultados numéricos de los demás participantes*

ii) Curva de Giro: La figura 5 (a, b) ilustra los resultados numéricos obtenidos, tanto para la trayectoria durante la curva de giro del buque, como para sus velocidades instantáneas durante esta maniobra.

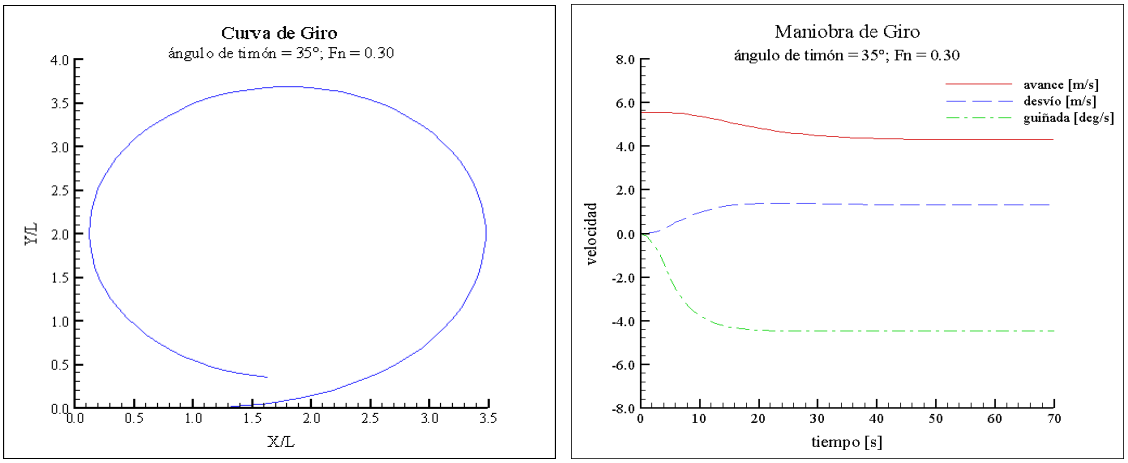


Figura 5. Maniobra de Giro: (a) Trayectoria descrita por el buque; (b) velocidades instantáneas en avance, desvío y guiñada.

En este caso, tampoco se cuenta con los resultados experimentales completos. Las comparaciones entre los resultados numéricos del STAB6D, con los dos resultados experimentales disponibles y los obtenidos por las demás instituciones (ver Tabla IV) nos permite concluir que el simulador numérico reproduce confiablemente la maniobra de giro.

Tabla IV. Comparación de resultados para la curva de giro

Participante	X_{90}/L	Y_{90}/L	D_T/L	X_{10}/L	X_{20}/L	$\bar{\Phi}$ **[deg]**	$\bar{r}$ **[rad/s]**
COPPE/UFRJ	2.91	1.30	3.07	1.20	1.59	4.64	4.43
*PP**	3.02	1.46	3.38	1.08	1.52	4.53	3.84
Experimental	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.66	4.35

**Promedio de los resultados numéricos de los demás participantes*
N/A: resultados no disponibles.

En la Tabla IV fue empleada la siguiente nomenclatura: X_{90} = avance, Y_{90} = transferencia, D_T = diámetro táctico, X_{10} = avance para cambio de rumbo de 10°, X_{20} = avance para cambio de rumbo de 20°, L = eslora del buque; $\bar{\Phi}$ = escora permanente, $\bar{r}$ = tasa de variación permanente del ángulo de guiñada.

Terminada la evaluación de estos dos ensayos clásicos de maniobra, donde es preciso resaltar que la curva de giro incorpora fuertes influencias no-lineales (bien más que la maniobra de zig-zag), y dada la excelente concordancia entre nuestros resultados, los resultados experimentales y los de los demás participantes, puede concluirse que la descripción de las acciones hidrodinámicas no-lineales de la dinámica del buque en el plano horizontal usando el programa STAB6D es satisfactoria.

iii) Decaimiento en Rolido: Como mostrado en la matriz de ensayos, fueron realizados experimentos en dos condiciones:

- **Fn = 0.00; GM = 0.05 m (modelo):** La figura 6 (a), ilustra conjuntamente los resultados numérico y experimental para esta condición de ensayo en la escala del modelo.

- **Fn = 0.20; GM = 0.0667 m (modelo):** La figura 6 (b), muestra los resultados numérico y experimental, en la escala del modelo, para esta condición de ensayo.

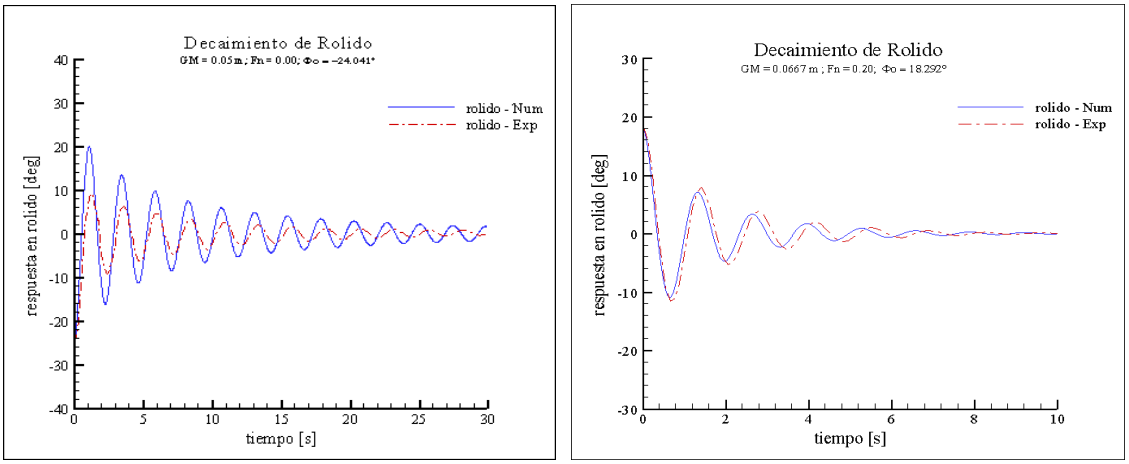


Figura 6. Decaimiento en rolido (escala del modelo): (a) Fn = 0.00; (b) Fn = 0.20

De las figuras anteriores puede concluirse que en ambos casos, el decaimiento en rolido es reproducido satisfactoriamente en el aspecto cualitativo. Cuantitativamente, la concordancia es excepcionalmente satisfactoria para el caso de Fn = 0.20. Sin embargo, en el caso de Fn = 0.00, el amortiguamiento es subestimado en relación al experimento, principalmente en los primeros ciclos donde las amplitudes de movimiento son grandes, y la influencia de las condiciones iniciales experimentales de velocidad y aceleración (sobre las que parece, no hubo ningún control durante los ensayos) significativa. Otra explicación para esta diferencia puede ser el hecho de que la componente de amortiguamiento de formación de vórtices (eddy damping), una de las más difíciles de predecir, y que en el caso de Fn = 0.0 es una de las más significativas, no sea bien reproducida numéricamente. Por otro lado, se sabe que a medida que el número de Froude crece esta contribución se va haciendo cada vez menor y la componente de sustentación (lift damping) se torna la más relevante. De ahí que, a pesar de la estimativa de amortiguamiento no ser muy buena para el caso de Fn = 0.00, en el caso de Fn = 0.20 los resultados son excelentes. Como el principal objetivo del presente trabajo es reproducir, más adelante, situaciones de broaching (en donde las velocidades involucradas son de moderadas a altas), el amortiguamiento para velocidad nula, no resulta de interés en este caso.

b) Comportamiento en Olas Extremas:

i) Comportamiento en mar de través: En este caso fueron ensayadas dos condiciones de ola correspondientes a: λ/L = 1.0 y 1.5. Las series temporales (en la escala del modelo) obtenidas con el simulador numérico son presentadas con las series experimentales en las figuras 7 a 9.

En la figura 7, son mostradas las respuestas en rolido del modelo para las dos condiciones ensayadas. Se observa que el modelo numérico captura la tendencia correcta de crecimiento de la amplitud de respuesta con la longitud de la ola. Como las condiciones ensayadas no están próximas de la zona de resonancia, las amplitudes de respuesta son pequeñas. En la condición (a), las diferencias entre los valores numéricos y experimentales son notables; sin embargo, debe tenerse en cuenta que las amplitudes de rolido son muy bajas (máximo 4°), y la precisión experimental en estos casos, es siempre perjudicada.

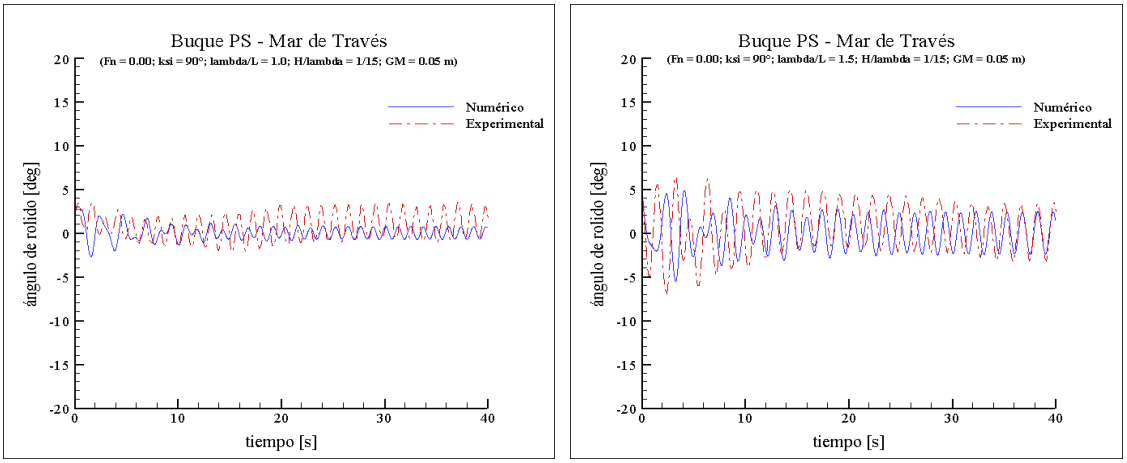


Figura 7. Respuestas en rolido en mar de través (escala del modelo): (a) λ/L = 1.00; (b) λ/L = 1.5

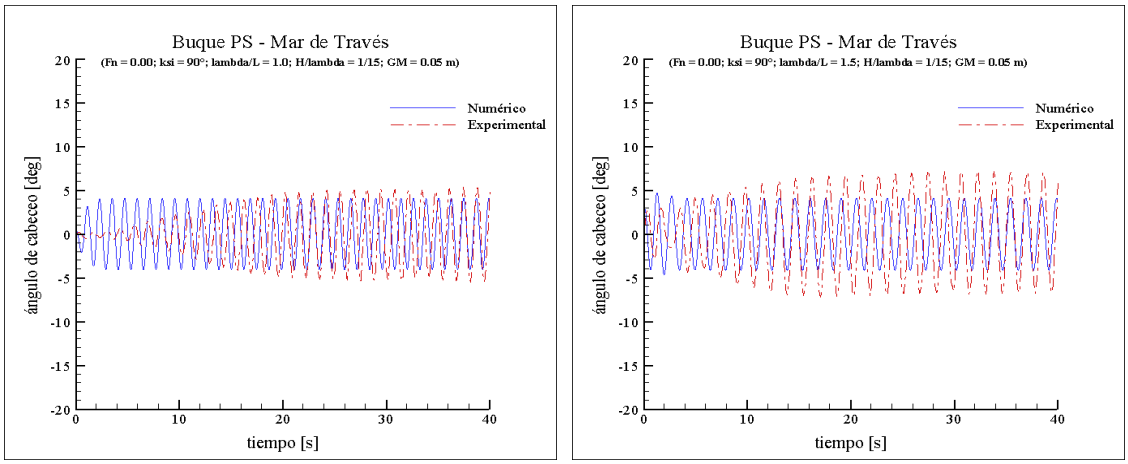


Figura 8. Respuestas en cabeceo en mar de través (escala del modelo): (a) λ/L = 1.00; (b) λ/L = 1.5

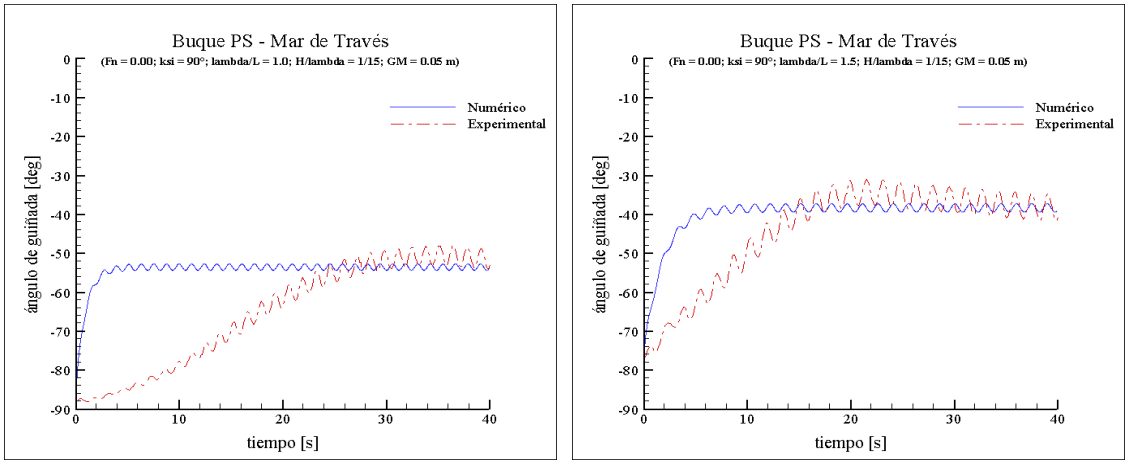


Figura 9. Respuestas en guiñada en mar de través (escala del modelo): (a) λ/L = 1.00; (b) λ/L = 1.5

De las figuras 9 (a, b) se observa que el modelo no permaneció enfrentando las olas de través durante todo el ensayo. Como el ensayo fue conducido dejando el modelo libre (sin ninguna contención artificial), aparece una deriva lenta (en los ensayos) que modifica la actitud del modelo en relación a las olas, terminando por asumir una posición de 55° y 35° en relación a las olas en las condiciones mostradas en las figuras 9 (a) y 9 (b),

respectivamente. En relación a los resultados numéricos, se observa que las amplitudes de guiñada son parecidas a las experimentales, sin embargo, la tendencia de guiñada lenta (que de cierta forma también se refleja en el movimiento de rolido y cabeceo), no es capturada por las simulaciones.

ii) Corrida Libre en mar de popa: En total fueron nueve las condiciones ensayadas resultantes de la combinación de velocidades y aproamientos mostrados en la Tabla II. Para estos ensayos fueron registrados experimental y numéricamente las series temporales de los movimientos del modelo en rolido, cabeceo y guiñada; y del timón. Todas estas condiciones corresponden a situaciones en que las olas ultrapasan el buque. En general, existen grandes dificultades para la conducción de este tipo de ensayos, siendo muy pocos los laboratorios existentes con real capacidad para realizarlos, de ahí que en la práctica pocos resultados de ensayos en estas condiciones sean cedidos para fines de *benchmarking*.

Del punto de vista numérico, los ensayos en mar de popa en olas extremas, son de fundamental importancia para validar un código numérico, pues en estas condiciones las no-linealidades son más fuertes (y los acoplamientos también), lo que constituye un problema bastante complejo de dinámica en olas.

Las figuras 10 a 16 presentan las respuestas de rolido, cabeceo, guiñada y timón (en la escala del modelo) para algunas de las condiciones ensayadas que se consideran de mayor interés. Los resultados numéricos completos pueden ser encontrados en Cipriano (2005).

En la figura 10 puede observarse que los resultados numéricos para rolido y cabeceo, para Fn = 0.20 y χ = 5° (incidencia de ola o aproamiento del buque), son satisfactorios. Nótese sin embargo que, la serie temporal de rolido presenta algunas oscilaciones fuertes en los primeros ciclos del ensayo (posiblemente por la aplicación de aceleraciones iniciales para llevar el modelo rápidamente a la velocidad de ensayo) y el movimiento de cabeceo es ligeramente sobre-estimado en las simulaciones. Ya los ángulos de guiñada y del timón tienen diferencias mínimas en relación a los experimentos.

La figura 11 presentan las respuestas para condiciones de Fn = 0.20 y χ = 30°. Se puede observar que la respuesta de rolido experimental no tiene las oscilaciones iniciales fuertes que aparecieron en el caso anterior y sus amplitudes son bien reproducidas por el simulador, sin embargo, presenta una leve asimetría en el movimiento, que no es observada en las simulaciones numéricas. En la respuesta de cabeceo el modelo numérico sigue con valores un poco mayores que el experimental, pero aún congruentes y razonables. El movimiento de guiñada en esta condición de mayor oblicuidad tiene las amplitudes muy próximas. En las respuestas del timón las tendencias del modelo numérico y la respuesta experimental mejoran en el transcurso del tiempo siendo, en general, satisfactorias.

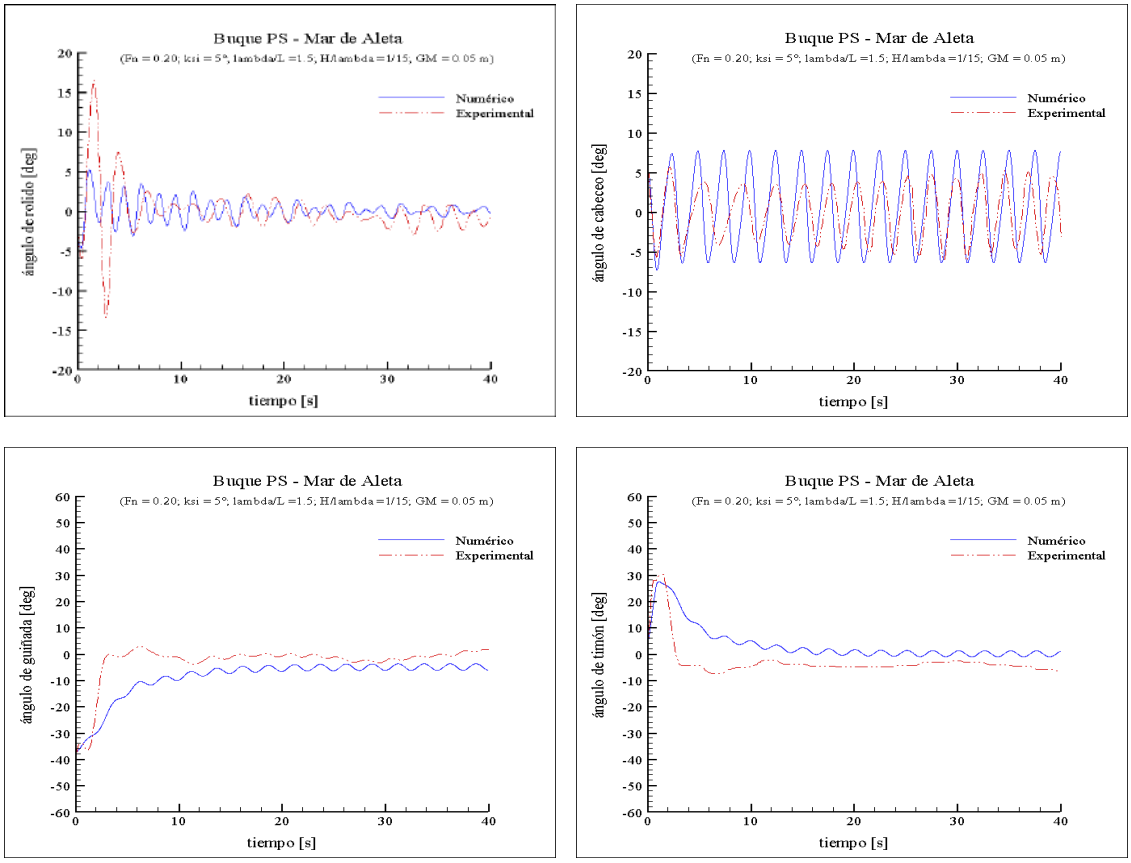


Figura 10. Respuesta en mar de popa, Fn = 0.2 y χ = 5º (escala del modelo).

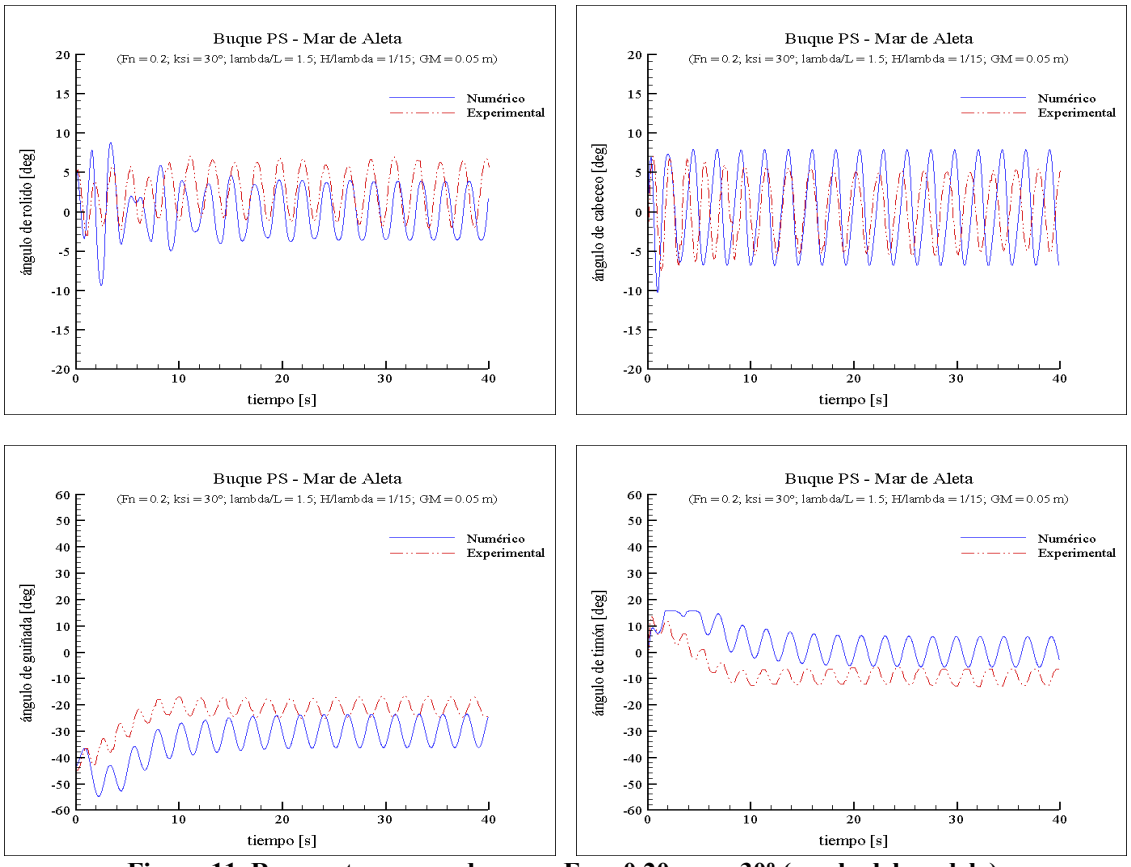


Figura 11. Respuesta en mar de popa, Fn = 0.20 y χ = 30º (escala del modelo).

En la figura 12, se muestran las respuestas para las condiciones de Fn = 0.3 y χ = 5°, una condición con velocidad de avance más alta. Las amplitudes de rolido, bastante grandes, no son capturadas por el modelo numérico, en el cual el movimiento de rolido tiende a valores bien menores. Cabe resaltar, sin embargo, que las amplitudes finales observadas en el experimento son relativamente bajas (del orden de 5°), pudiendo ser significativamente influenciadas por las aceleraciones iniciales del modelo durante el ensayo. En relación a los movimientos de guiñada y del timón, puede observarse que como el aproamiento ensayado es pequeño, la influencia de alguna posible deriva lenta o guiñada lenta es mínimo, reflejándose esto, en la excelente concordancia de los movimientos de guiñada y del timón entre simulación y ensayo, donde la posición final del buque permanece próxima de los 5° de rumbo (aproamiento comandado).

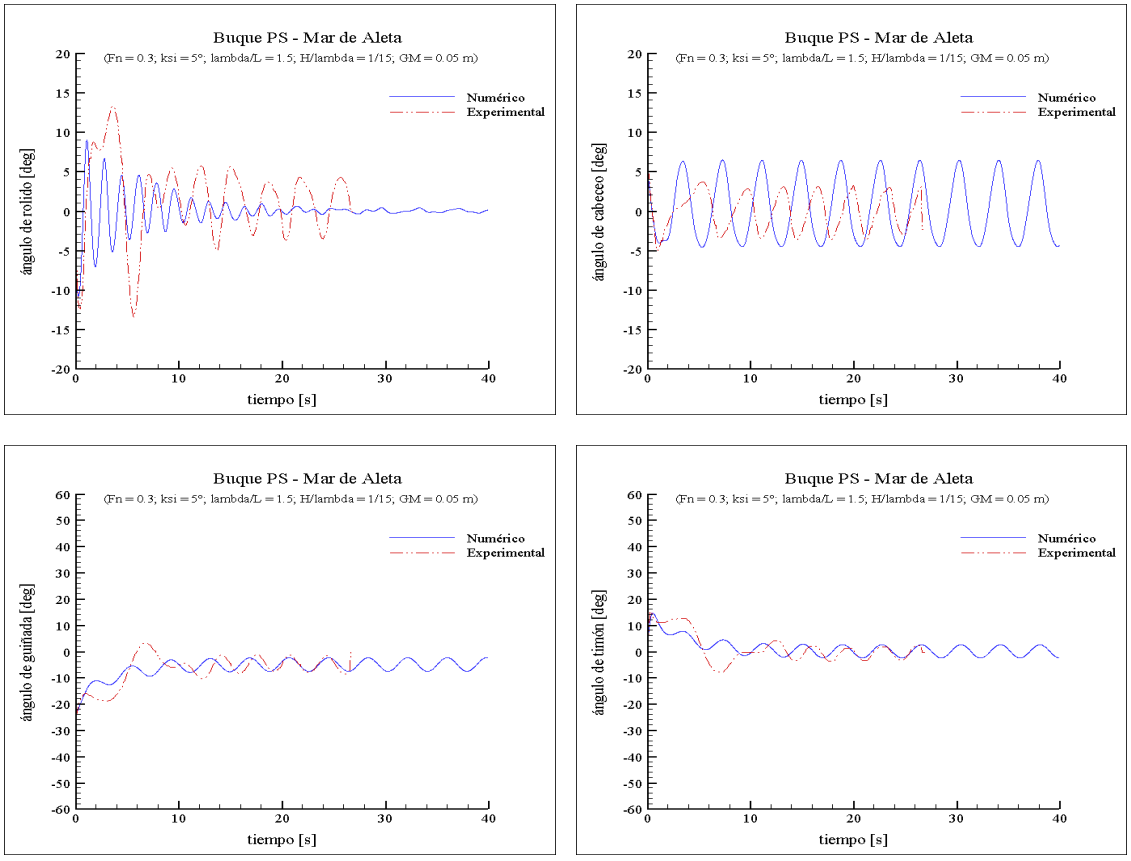


Figura 12. Respuesta en mar de popa, Fn = 0.3 y χ = 5º (escala del modelo).

La figura 13 muestra las respuestas de rolido, cabeceo, guiñada y timón para condiciones de Fn = 0.3 y χ = 30°. La tendencia de la amplitud de rolido a aumentar con el aproamiento es bien reproducida por el simulador (ver respuestas en rolido de las fig. 12 y 13). Sin embargo, el simulador sigue siendo incapaz de reproducir cuantitativamente las amplitudes finales de respuesta obtenidas en el experimento. La respuesta en cabeceo (dejando de lado el pequeño desfase que se impone después de 18 segundos), es perfectamente reproducida, existiendo muy poca diferencia entre las amplitudes del modelo numérico y las respuestas experimentales. En cuanto a las respuestas de guiñada y del timón, las tendencias son similares a las observadas para este mismo aproamiento en la velocidad inferior (Fn = 0.2); siendo únicamente las condiciones iniciales diferentes y las amplitudes calculadas con el simulador levemente superiores a las del ensayo.

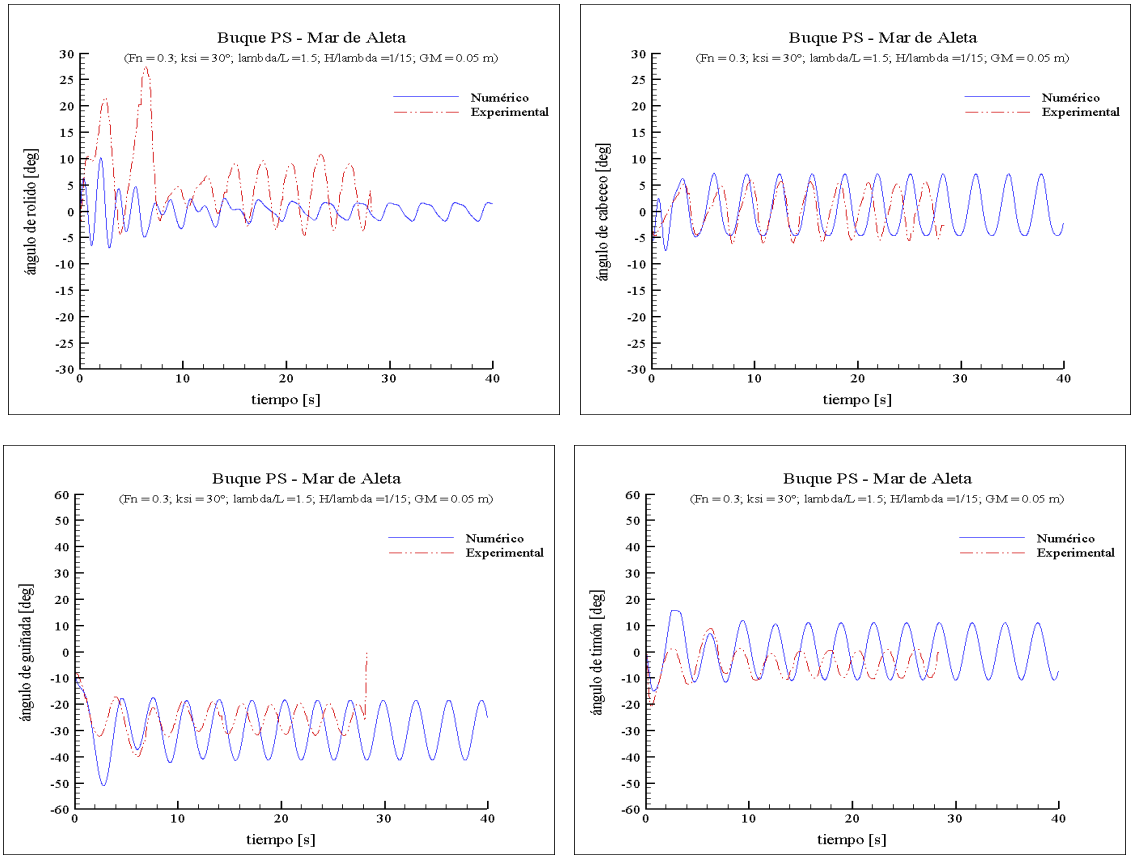


Figura 13. Respuesta en mar de popa, Fn = 0.30 y χ = 30º (escala del modelo)

En la figura 14 comenzamos a analizar las condiciones de ensayo de mayor velocidad, Fn = 0.4, en este caso para χ = 5°. Puede observarse que las amplitudes de respuesta en rolido tanto en el ensayo como en la simulación numérica son relativamente bajas existiendo cierta proximidad entre ambos resultados. Sin embargo, como puede verse en la respuesta de guiñada hay ocurrencia de broaching sin que resulte en zozobra. El broaching ocurre en torno de los 19 segundos, luego de lo cual, el experimento fue encerrado. Debe observarse también que el modelo numérico no reproduce el broaching de la forma como aparece en la serie experimental. A pesar de esto, es importante notar que las amplitudes de guiñada crecen significativamente, e inclusive, en torno de los 19 segundos de la simulación, se registra un cambio brusco en el ángulo de guiñada numérico (pasando de 14° para –14° en pocos segundos), lo que según Renilson y Tuite (1997), ya caracteriza un broaching. Por este criterio, el broaching ocurre para variaciones bruscas (superiores a 20º) de ángulo de guiñada, ya con el timón posicionado en su máxima capacidad (timón saturado).

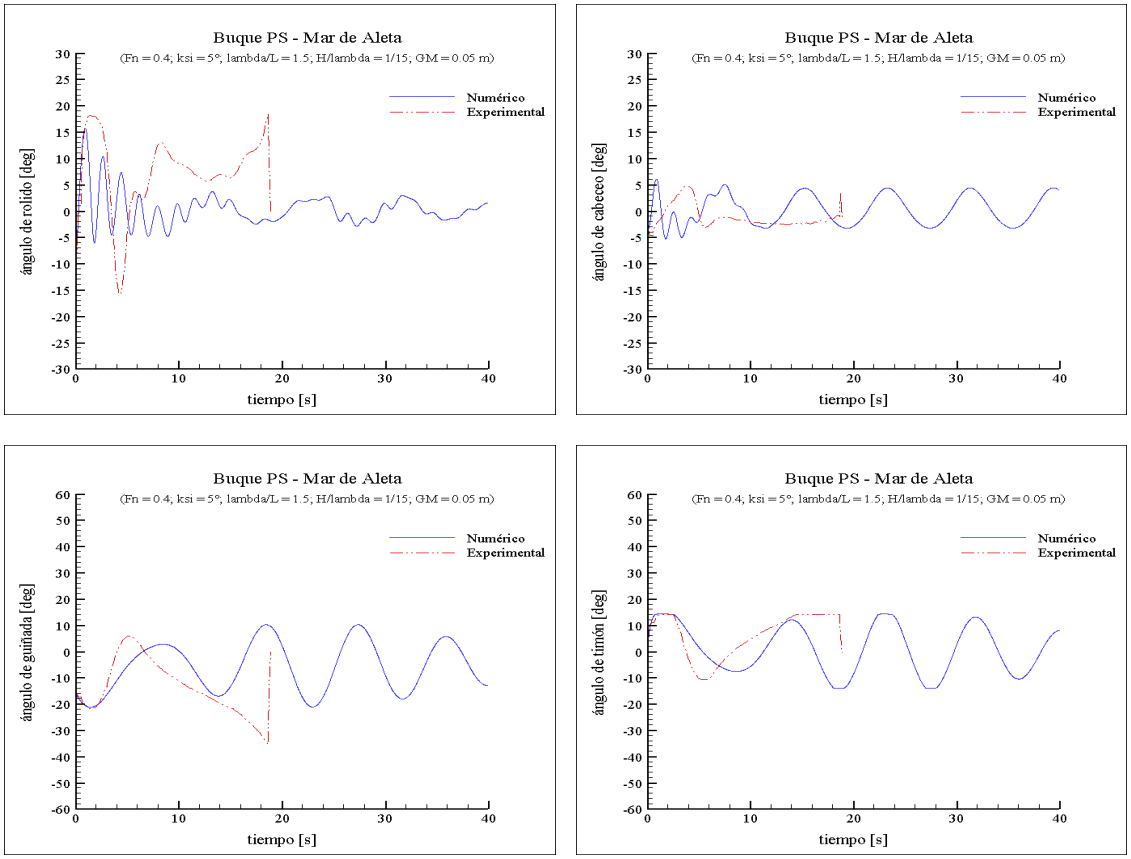


Figura 14. Respuesta en mar de popa, Fn = 0.40 y χ = 5º (escala del modelo)

La figura 15 muestra las respuestas para la condición Fn = 0.4 y χ = 15°. Como en el caso anterior, se observa grandes movimientos. Sin embargo, hay una clara diferencia, en el sentido de que con velocidad alta y aumento de ángulo de incidencia, ahora el modelo desarrolla grandes ángulos de rolido asimétricos. Se observa que se trata de una zozobra por excitación directa del rolido causada por las olas oblicuas, y no únicamente debido a la ocurrencia de un broaching típico. La zozobra ocurre en un tiempo un poco mayor que en el caso anterior. Este cambio de respuesta no es capturada por el modelo numérico. Las simulaciones muestran respuestas en rolido similares al caso anterior, en cuanto que para el movimiento de guiñada las amplitudes crecen y presentan grandes variaciones (reproduciendo bien la serie experimental). Numéricamente, el timón presenta saturaciones repetidas lo que asociado a la respuesta en guiñada indica gran proximidad de una situación de broaching.

Finalmente, la figura 16 presenta las respuestas para la condición de mayor velocidad (Fn = 0.40) y mayor incidencia (χ = 30°), que es la condición ensayada más crítica. En este caso es posible observar en la respuesta de rolido, la evidente zozobra del buque en la tercera oscilación. Los movimientos de cabeceo y guiñada siguen los padrones percibidos en los casos anteriores (del mismo aproamiento), y en la realidad son bien reproducidos en las simulaciones. Lo que queda claro es que en esas condiciones de alta velocidad y grandes oblicuidades, condiciones muy difíciles para el buque, donde ocurre rápido e intensamente el proceso de zozobra, el modelo numérico no da respuestas satisfactorias para el movimiento de rolido.

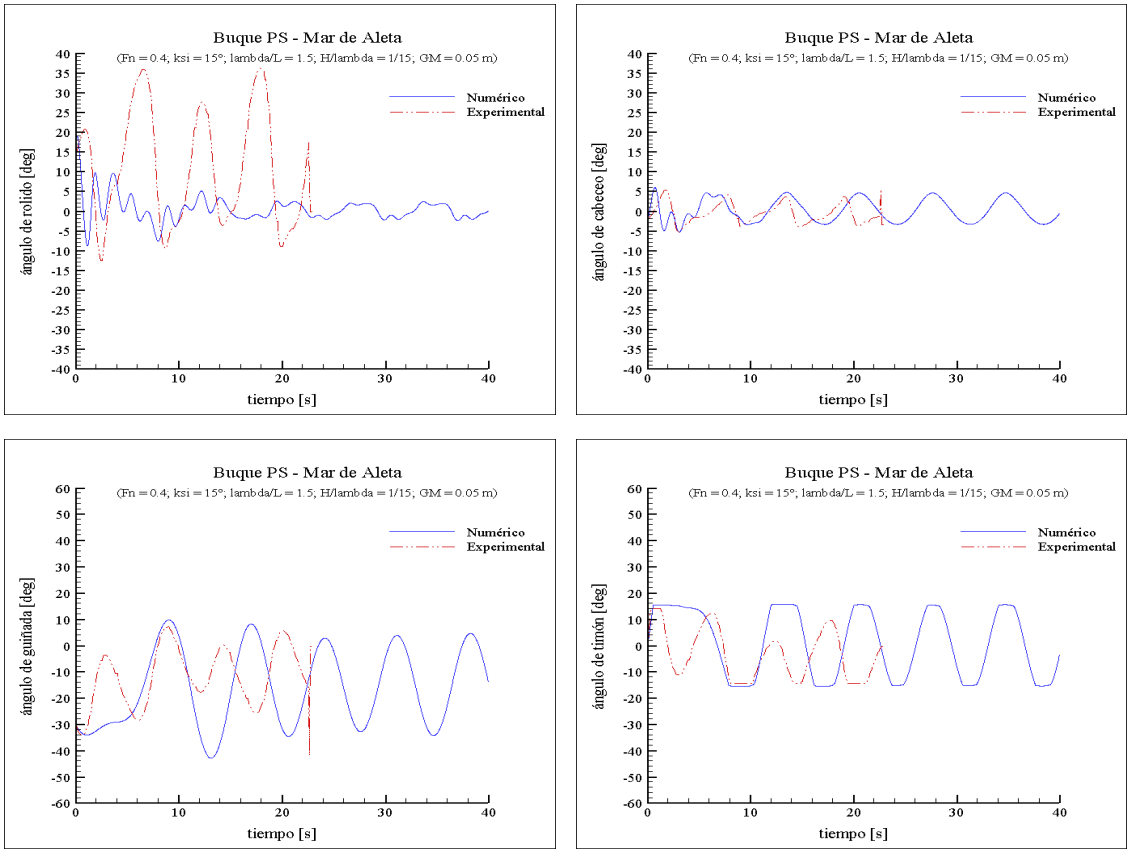


Figura 15. Respuesta en mar de popa, Fn = 0.4 y χ = 15º (escala del modelo)

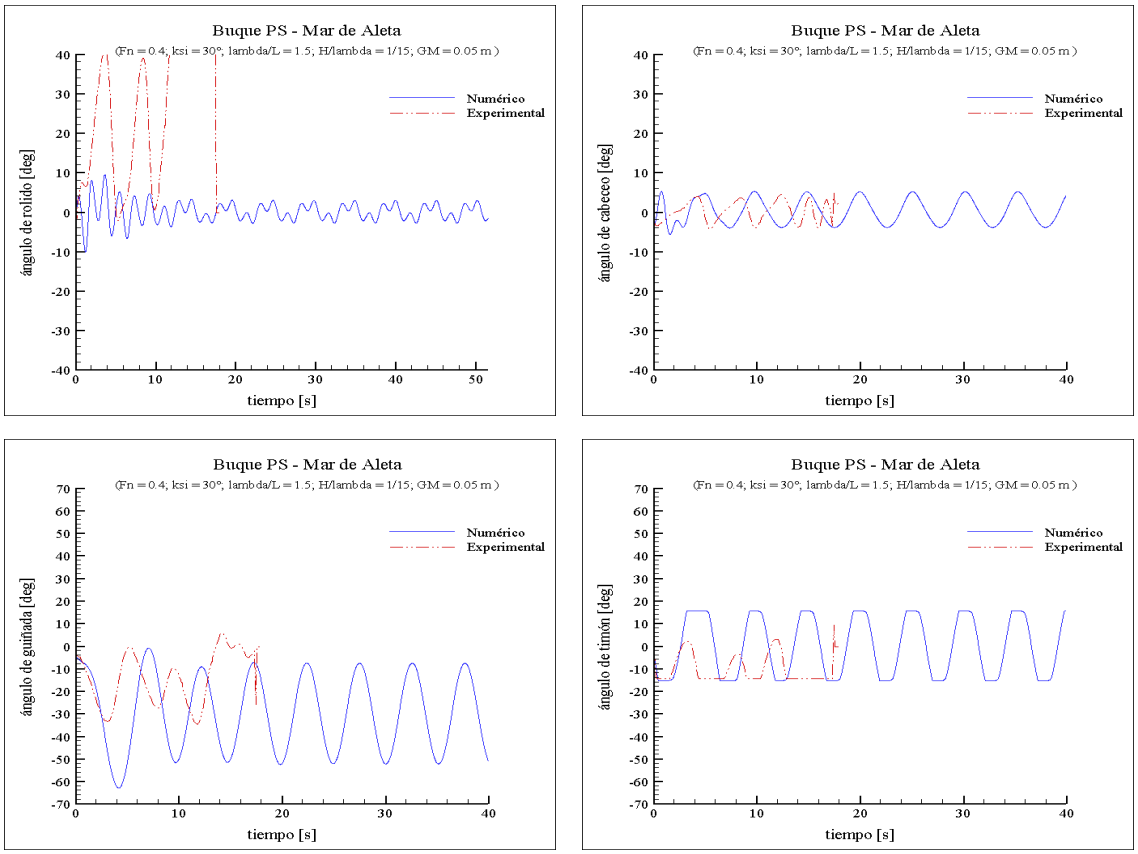


Figura 16. Respuesta en mar de popa, Fn = 0.4 y χ = 30º (escala del modelo)

CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo mostrar las características del código numérico *STAB6D*, desarrollado por el LabOceano-COPPE/UFRJ, con motivo de su participación en el *24º Estudio Benchmark de Códigos Numéricos en Estabilidad Intacta*, convocado por la ITTC. El Comité de la ITTC cedió resultados experimentales obtenidos a partir de ensayos de maniobra y comportamiento en olas con un modelo de pesquero de cerco rápido. Los resultados de los experimentos sirvieron como base comparativa para evaluar el desempeño del código STAB6D. A continuación se presenta un resumen de los aspectos principales observados en el presente trabajo.

Las maniobras de giro y zig-zag en aguas tranquilas son muy bien modeladas por los términos de tercera orden de maniobrabilidad en avance, desvío y guiñada. Dada la excelente adherencia en las comparaciones es válido, por tanto, afirmar que, en mar de popa y en pequeños ángulos de incidencia, cuanto más largas sean las olas y menores las frecuencias de encuentro, más preciso será el modelo en las descripciones de las acciones hidrodinámicas relativas a estos modos (avance, desvío y guiñada).

El análisis del decaimiento de rolido en aguas tranquilas apuntó para una subestimación del amortiguamiento en velocidad cero, y una excelente modelación en el caso del amortiguamiento en velocidad de avance. Dado el hecho de que en las condiciones de mar de interés para este estudio (y en general, para análisis de estabilidad en mar de popa), el objetivo reside en el de simular condiciones en la que el buque desarrolla alguna velocidad de avance, vale concluir que el amortiguamiento en rolido del algoritmo aquí implementado está fidedignamente estimado en las simulaciones realizadas en este trabajo.

Se sabe que las influencias más fuertes de los efectos viscosos actúan justamente en los modos de avance, desvío, rolido y guiñada. Por tanto, los buenos resultados en maniobras en aguas tranquilas y en el amortiguamiento en rolido indican que las influencias viscosas principales están bien modeladas. Siguiendo esa línea de raciocinio, las posibles razones para discrepancias en los resultados en olas extremas deberán ser prioritariamente buscadas en otras fenomenologías.

En el caso de mar de popa, fueron investigadas nueve condiciones diferentes. Cualitativamente, se puede decir que las simulaciones numéricas acompañan razonablemente bien las respuestas experimentales. En general, son verificadas las mismas tendencias observadas en los ensayos experimentales. Dada la enorme complejidad de los problemas asociados a la estabilidad dinámica del buque en olas extremas de popa resulta, en general, muy favorable la capacidad del modelo numérico de simular los movimientos del buque. Sin embargo, del punto de vista cuantitativo, existen aún discrepancias que deben ser investigadas.

Queda claro que a medida que aumenta la velocidad del buque y el ángulo de incidencia de las olas, también aumenta la dificultad de modelación. Las condiciones de ensayo en la velocidad más alta, Fn = 0.4, mostraron ser las condiciones más críticas del punto de vista de estabilidad. En el caso del aproamiento $\chi = 5º$, pudo identificarse un broaching típico, sin desarrollar grandes ángulos de rolido (por lo menos hasta donde el experimento fue registrado). Esa situación crítica fue relativamente bien simulada, a pesar

de no tener el broaching configurado, en la simulación numérica, de la misma forma como ocurrió en el experimento. No obstante, ciertamente fue identificada una situación de gran dificultad para mantener el rumbo en olas oblicuas.

Finalmente, para velocidades altas (Fn = 0.40) y aproamientos de 15° y 30°, se sitúan las condiciones de zozobra no identificadas por el simulador numérico. Enormes ángulos de rolido se desarrollan muy rápidamente para determinar la zozobra del modelo. Las razones para tal crecimiento no son claras. Los modos acoplados no son muy diferentes de que en las condiciones anteriores, las que son reproducidas satisfactoriamente por el modelo numérico, y el movimiento de rolido no se encuentra en ninguna condición de sintonía reconocible. Otra característica resaltante es la gran asimetría que el movimiento de rolido (en los ensayos) presenta en estos casos, lo que indica la acción de de fuertes momentos de escora media. Estos resultados dejan aun en abierto una serie de cuestiones relativas al problema de mantenimiento de en ondas oblicuas extremas. En realidad no hay únicamente dificultad en reproducir esas inestabilidades, sino también en la dificultad de entender estos fenómenos extremadamente no-lineales.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación financiado por CNPq y LabOceano/COPPE/UFRJ del Brasil. Los autores manifiestan su agradecimiento por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

Abkowitz, M. A., 1964, *Lectures on Ship Hydrodynamics Steering and Maneuverability*. Hydrodynamics Department Hydro-og Aerynodamisk Laboratorium, Report no.Hy-5, Lyngby, Denmark.

Cipriano, W. M., 2005, *Estabilidade do Navio em Condições Extremas: Estudo de um Modelo Numérico Não-Linear de Terceira Ordem Acoplado em Seis Graus de Liberdade*. Tese de M. Sc., COPPE – Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Du Cane, P., Goodrich, G. J., 1962, "The Following Sea, Broaching and Surging". *The Royal Institution of Naval Architects,* Quarterly Transactions, vol. 104, no. 2.

Hamamoto, M., Nomoto, K., 1982, "Transverse Stability of Ships in Following Seas". In: *Proceedings of 2nd International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB'82)*, Tokyo, Japan.

Himeno, Y., 1981, Prediction of Ship Roll Damping – State of the Art. Dept. Naval Architecture and Marine Engineering, The University of Michigan, Report no. 239.

Kerwin, J. E., 1955, "Notes on Rolling in Longitudinal Waves", *International Shipbuilding Progress*, vol. 2, no. 16, pp. 597-614.

Neves, M. A. S., Rodríguez, C. A., 2004, "Limits of Stability of Ships Subjected to Strong Parametric Excitation in Longitudinal Waves". In: *Proceedings of 2nd International Maritime Conference on Design for Safety*, Sakay, Japan, pp. 139-145.

Neves, M. A. S., Rodríguez, C. A., 2005, A Non-Linear Mathematical Model of Higher Order for Strong Parametric Resonance of the Roll Motion of Ships in Waves, *Marine Systems & Ocean Technology,* vol. 1, no. 2, 2005 (to appear).

Oakley, O. H., Paulling, J. R., Wood, P. D., 1974, "Ship Motions and Capsizing in Astern Seas", In: *Proc., 10th Symposium on Naval Hydrodynamics*, Cambridge, Massachusetts.

Paulling, J. R., Rosenberg, R. M., 1959, "On Unstable Ship Motions Resulting From Non-Linear Coupling", *Journal of Ship Research*, vol. 3, no. 1 (Jun.), pp. 36-46.

Paulling, J. R. 1961. "The Transverse Stability of a Ship in a Longitudinal Seaway", *Journal of Ship Research*, vol. 4, no. 4 (Mar.), pp. 37-49.

Renilson, M. R., Tuite, A., 1997, "The Effect of GM on Broaching and Capsizing of Small Fishing Vessels in Following Seas". In: *Proceedings of 6th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB'97)*, Varna, Bulgaria, pp. 149-161.

Rodríguez, C. A., 2004, *Estabilidade Dinâmica do Navio: Um Modelo Não-Linear de Terceira Ordem*. Tese de M. Sc., COPPE – Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Salvesen, N., Tuck, O. E., Faltinsen, O., 1970, "Ship Motions and Sea Loads", *Transactions of SNAME*, vol. 78, pp. 250-287.

Umeda N., Hashimoto, H., 2002, "Qualitative aspects of nonlinear ship motions in following and quartering seas with high forward velocity", *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 6, pp. 111-121.

Umeda, N., Renilson, M. R., 1992, "Wave Forces on a Ship Running in Quartering Seas – A Simplified Calculation Method". In: *Proceedings of 11th Australasian Fluid Mechanics Conference*, Hobarth, Australia.

Umeda, N., Renilson, M. R., 1994, "Broaching of Fishing Vessel in Following and Quartering Seas - Nonlinear Dynamical System Approach". In: *Proceedings of 8th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB'94)*, Florida, The United States of America.

Umeda, N., Hashimoto, H., Vassalos, D., Urano, S., Okou, K., 2003, "Non-Linear Dynamics on Parametric Roll Resonance with Realistic Numerical Modeling". In: *Proceedings of 8th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB'2003)*, Madrid, Spain, pp. 281-290.

XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL, TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA

La formación vocacional en la rama naval. Software educativo motivacional para niños.

Autores: Lic. María del Carmen Paderni López (*)
Dr. C. T. Ing. Amado F. Galiano Ortiz (**)
Posición: (*) Especialista en Sistemas Automatizados
(**) Director Desarrollo CENTRO PROYECTOS NAVALES
Organización: (*) Empresa SOFTEL.
(**) CENTRO DE PROYECTOS NAVALES (CEPRONA)

La formación vocacional en la rama naval. Software educativo motivacional para niños.

Autores: Lic. María del Carmen Paderni López (*)
Dr. C. T. Ing. Amado F. Galiano Ortiz (**)
Posición: (*) Especialista en Sistemas Automatizados
(**) Director Desarrollo CENTRO PROYECTOS NAVALES
Organización: (*) Empresa SOFTEL. Universidad de Ciencias informáticas. CUBA
(**) CENTRO DE PROYECTOS NAVALES (CEPRONA)
Teléfono: (*) (053) 8352410
(**) (053) 8622758
Fax: (**) (053) 669169
Dirección electrónica: (*) carmenchu@softel.cu
(**) amado.ceprona@argus.cu
Dirección geográfica: (*) Empresa SOFTEL. Ciudad de la Habana. CUBA
(**) Calle de los oficios No.452. Esq. Acosta. Habana Vieja CUBA.
Teléfono particular: (053) 545743

Resumen

La gran responsabilidad de educar y formar a las más jóvenes generaciones recae no sólo en la familia y en las instituciones especializadas para estos fines. Esta es una tarea a la cual debe contribuir toda la sociedad.

En estos tiempos de globalización de las técnicas informáticas las mismas se convierten en una vía expedita para uno de sus más nobles usos, LA EDUCACION.

Dada la importancia del mar en un país como Cuba, una isla, pero que también es común para otros países del continente, en el que este es fuente inagotable de recursos; la divulgación del conocimiento desde las más tempranas edades de sus características, de la

importancia de su cuidado y manejo sostenible y de las actividades principales que en el se realizan como el transporte y la pesca, puede ir desarrollando habilidades, motivando a acercarse a conocerlo mejor, alentarlos a la practica de deportes sanos como la natación, la pesca deportiva y abrir nuevos horizontes en sus mentes, preparándolos mejor para el futuro.

En el trabajo se muestra un software elaborado con estos fines y el que inicia una serie dedicada al motivación y al mejor conocimiento del mar y la rana naval en general.

La formación vocacional en la rama naval. Software educativo motivacional para niños.

Introducción.

Reviste especial importancia para cualquier país la formación de las nuevas generaciones las que serán las que releven a las actuales y contribuyan en su momento al desarrollo de este. Por lo anterior esta formación debe abarcar todos os aspectos de la vida, entiéndase por esto que no se refiere sólo a la enseñanza de las letras y las matemáticas, sino a la cultura general, entre las que un papel fundamental juega la formación vocacional.

En el caso particular de Cuba, que es una isla, pero también para otros países de nuestra región, que en su gran mayoría están muy relacionados con el mar y los ríos y que dependen en muchos casos de los recursos que estos les brindan, la historia, las experiencias y las tradiciones de las diferentes especialidades vinculadas con la rama naval representan una parte importante del acervo cultural que deben conocer desde las más tempranas edades y que los puede motivar a conocerlas mas profundamente, valorarlas, cuidarlas, respetarlas y hasta abrirles una oportunidad en el futuro como fuente de trabajo y sustento.

Este trabajo está encaminado en sus inicios a niños de edades entre los siete y diez años y sobre la base de un plan de aprendizaje que va de los conceptos y definiciones más simples a otros de mayor complejidad, está elaborado en soporte electrónico utilizando la herramienta Power Point del Microsoft Office de Windows y permite con el sólo accionar de las teclas un aprendizaje interactivo (niño-máquina), lo que no excluye la participación de un tutor o instructor que pueden ser los mismos padres o maestros.

Es también objetivo de este trabajo, el compartir estas ideas con los colegas del continente pues es una vía más de cómo las empresas pueden vincularse con la comunidad en que están ubicadas a costos muy reducidos y con un alto impacto social.

De este software ya está elaborado el primer capítulo y están adelantadas algunas partes del último, trabajándose en estos momentos en los restantes aprovechando las experiencias

acumuladas en el primero. (Parte de alguna de las pantallas que componen el capítulo se muestran en los anexos al trabajo).

Descripción del contenido del programa general de aprendizaje

Este programa está concebido con el objetivo general de:

- Enseñar a los niños que es el mar, sus recursos, los cuidados a tener en el mar y como proteger el mar como parte del medio ambiente.
- Los deportes en el mar. Las velas
- Las embarcaciones. Principio de la flotabilidad. Tipos diferentes de barcos. Breve historia de la construcción naval cubana. Aprendamos a dibujar barcos y a construirlos
- Los peces y la pesca. Pesca artesanal. Elementos de pesca deportiva. Pesca industrial. Principales productos que se extraen del mar.
- El transporte marítimo. Los puertos y como funcionan.

Para cumplir con los objetivos generales de este programa se han elaborado 6 clases o sesiones de trabajo en la computadora personal, cada uno de los cuales coincide con los objetivos y cuyos títulos son:

- La rama naval. Introducción
- El mar
- Las embarcaciones
- Los deportes en el mar
- Los peces y la pesca
- El transporte y los puertos

A continuación, nos detendremos en los contenidos de cada uno de los temas en que se ha subdividido este software motivacional.

La rama naval. Introducción

Se inicia con una presentación general del software al alumno y a continuación se describe la relación del mar con la vida del hombre y su historia, tan importante en el caso de Cuba y la América por lo relacionado con el encuentro hace ya más de medio siglo de las dos culturas, la europea y la americana, la cual hubiese sido imposible sin los avances logrados en la navegación, además se muestran diferentes actividades relacionadas con el mar y como el hombre lo aprovecha a su favor, profesiones relacionadas con estas actividades y se le propone al niño al concluir el capitulo elaborar en la herramienta Power Point de Microsoft Office de Windows una pequeña escena o dibujo, seleccionando de una galería de imágenes preparadas al efecto las que más lo hayan motivado, la que deberá salvar en un disco de 31/2 pulgadas, o en el disco duro de la maquina en un fichero con su nombre, la que servirá en parte para confeccionar el diploma acreditativo del curso, una sorpresa que se ha preparado para que al final del estudio de todos los materiales, el alumno cuente con un recuerdo grato de haber conocido sobre la rama naval.

El mar

Se inicia esta parte mostrando al alumno los diferentes océanos, el área que ocupan de la corteza terrestre, sus nombres y los países que interrelacionan entre sí. Se muestra la ubicación de Cuba en particular y los mares que la rodean, así como sus detalles geográficos más significativos tales como las bahías más importantes, ríos más caudalosos, y especies marinas más abundantes, así como los lugares notables por su importancia histórica, como el lugar del desembarco del Almirante Cristóbal Colón y algunos datos de nuestras luchas por la independencia nacional relacionadas con el mar.

A continuación, se describen de forma muy simple fenómenos físico -atmosféricos relacionados con el mar, como son los maremotos, las penetraciones del mar, las olas, mareas y otros y su influencia en el clima, como ejemplo la corriente del golfo, y el sistema de vientos costeros.

En esta parte se introducen los cuidados a tener cuando se va ala playa o se participa en actividades relacionadas con el mar, así como dada la gran influencia del mar en la vida del hombre hay que cuidarlo de la contaminación ambiental y como se pueden conformar destacamentos para la limpieza de las orillas de las costas, el comportamiento con los

desechos en las playas y el vertimiento al mar de basuras que al no degradarse impiden el normal desarrollo de los organismos que en el viven y que a largo plazo repercutirá en la vida humana.

El alumno deberá al final del capítulo escribir una breve composición sobre el mar, la cual ejecutará utilizando la herramienta Microsoft Word del Office de Windows, la que deberá salvar en un disco de 31/2 pulgadas, o en el disco duro de la maquina en un fichero con su nombre, la que servirá en parte para confeccionar el diploma acreditativo del curso.

Las embarcaciones

En esta parte se recuerdan al inicio, lo cual sirve de introducción y motivación al tema, conocimientos de las sesiones anteriores relacionadas fundamentalmente con la participación en hechos históricos de embarcaciones.

A continuación, se describen los diferentes tipos de embarcaciones y sus principales partes, y el principio de movimiento. Los motores y las velas. Se muestran diferentes barcos de vela entre los que se incluyen las embarcaciones actuales de vela para prácticas de deportes y actividades turísticas.

En este capítulo se enseña a los niños como dibujar un barco, como hacer un barco de papel y otros tipos sencillos de construcciones de estos.

Como fin de esta parte el alumno deberá dibujar un barco, utilizando la herramienta Power Point o Paint del Microsoft Office de Windows (u otro software disponible, que conozca, o este mas familiarizado el cursante), una pequeña escena o dibujo, seleccionando de una galería de imágenes, disponibles en la PC y también de las preparadas para este ejercicio, las que más lo hayan motivado. Este dibujo, lo deberá salvar en un disco de 31/2 pulgadas, o en el disco duro de la maquina en un fichero con su nombre, la que servirá en parte para confeccionar el diploma acreditativo del curso también.

Los deportes en el mar

Esta parte está dirigida a muy elementalmente describir los deportes que se desarrollan en el mar como la natación, las velas, las carreras de lanchas rápidas y de motos y se muestran fotos de destacados deportistas, así como de algunas de las competencias.

Los peces y la pesca

Se muestran en esta parte las especies más comunes de las costas cubanas y las diferentes artes de pesca. Se destaca la importancia de los peces y de otros productos del mar en la alimentación humana. Se muestran también embarcaciones pesqueras de diferentes tipos y equipos de mecanización pesquera y también como se procesa el pescado y diferentes productos que de él se obtienen.

Se introduce el concepto de sostenibilidad de esta actividad y la importancia del cuidado de los acuatorios.

El transporte y los puertos

Este capitulo va dirigido a mostrar las diferentes operaciones que se realizan en los puertos y los tipos de puertos (comerciales, turísticos) Se enseñan las diferentes partes de que consta un puerto y los equipos de mecanización portuaria.

Se ubican en un mapa los principales puertos de Cuba y los productos que por ellos entran y salen del país.

Al concluir este capítulo al alumno se le propone al alumno responder a un pequeño cuestionario confeccionado de forma tal de que sí la respuesta seleccionada no es la correcta no pasará a la siguiente pregunta, o sea que se logra el objetivo de que sepa, en caso de equivocarse, la respuesta correcta. Al concluir se le pide teclear su nombre, la fecha, insertar el disco de 31/2 pulgadas donde ha salvado sus ejercicios anteriores o indicar el directorio en donde ha guardado sus ejercicios, conectar la impresora, y se imprimirá un diploma que contendrá los dibujos realizados en el primer y tercer capítulos, así como la composición sobre el mar y un texto, que lo acredita como amigo de la rama naval .

Consideraciones y recomendaciones finales.

Concluida la primera parte fue probada experimentalmente con un grupo de niños de 8 años (sexto grado de enseñanza) siendo los resultados muy alentadores, ya que se logró buena concentración y alta motivación por continuar.

Bibliografía:

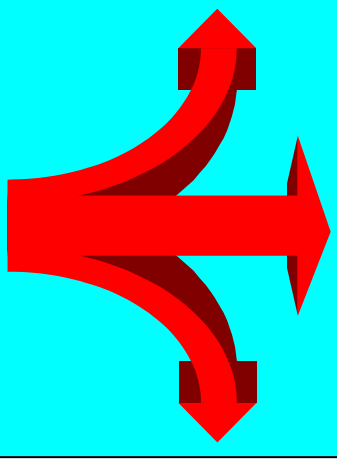
Atlas Nacional de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, 1970

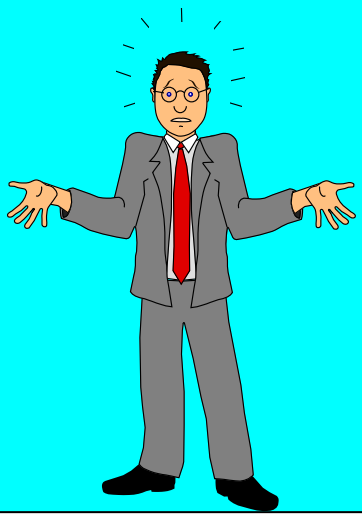
Materiales de los archivos del Centro de Proyectos Navales. Cuba.

ANEXOS

ALGUNAS PANTALLAS CORRESPÒNDEINTES AL PRIMER CAPITULO

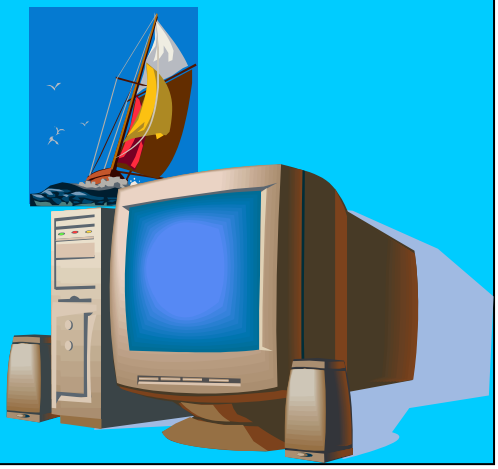
El Transporte Marítimo no sería posible, sin estos barcos, como es que flotan

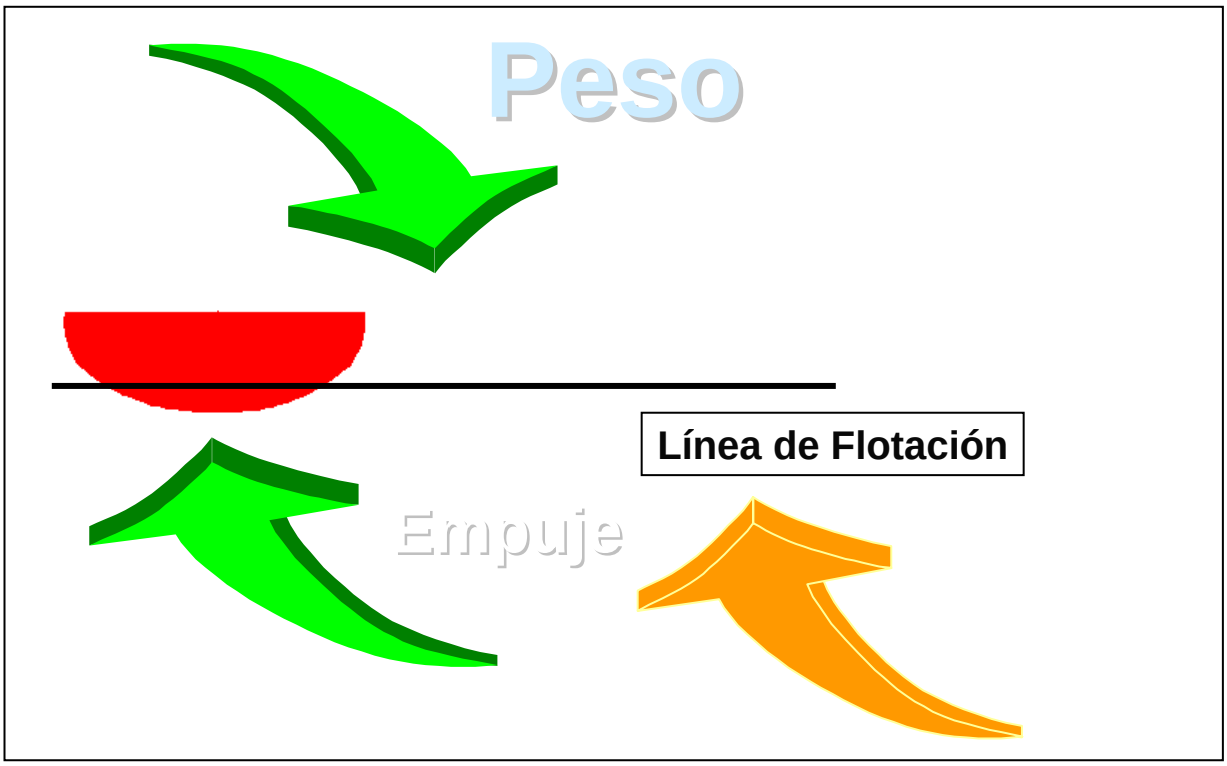




Continúen con nosotros para aprender

SIGUENOS




Peso
Línea de Flotación
Empuje

XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL, TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA

La fundamentación técnico económica de la determinación de las dimensiones y características principales de los buques pesqueros de pequeño porte.

Autor: Dr. C. T. Ing. Amado F. Galiano Ortíz

Director Desarrollo CENTRO PROYECTOS NAVALES. CUBA

La fundamentación técnico económica de la determinación de las dimensiones y características principales de los buques pesqueros de pequeño porte.

Autor: Dr. C. T. Ing. Amado F. Galiano Ortíz
Posición: Director Desarrollo EMPRESA PROYECTOS NAVALES
Organización: CENTRO DE PROYECTOS NAVALES (CEPRONA)
Teléfono: (053) 8622758
Fax: (053) 669169
Dirección electrónica: amado.ceprona@argus.cu
Dirección geográfica: Calle de los Oficios No.452. Esq. Acosta. Habana Vieja CUBA.
Teléfono particular: (053) 545743

Resumen:
Desde el punto de vista académico, la determinación de las dimensiones y características principales de las embarcaciones pesqueras de pequeño y mediano porte debe estar fundamentada en un análisis no solamente técnico, sino también económico, que permita verificar que las decisiones tomadas permitirán que la inversión que se recupere en el menor tiempo.

Sin embargo en la selección de las características principales del buque en la práctica, prevalecen criterios que por ejemplo, hasta en algunas ocasiones absolutamente nada tienen que ver con las necesidades reales del armador y sí con las del astillero constructor.

No obstante, reconociendo que existen argumentos de peso que deben y tienen que ser considerados pero también, que en el caso de las embarcaciones pesqueras, pequeñas variaciones en sus dimensiones y características pueden tener marcada significación

económica se discuten en el trabajo vías y esquemas y se hacen recomendaciones para establecer criterios de evaluación en este proceso.

La fundamentación técnico económica de la determinación de las dimensiones y características principales de los buques pesqueros de pequeño porte.

Introducción.

La determinación de las dimensiones principales de cualquier buque es un proceso de sucesivas aproximaciones en el que el objetivo fundamental está en hallar una combinación tal de estas características que satisfagan una serie de criterios que el proyectista ha definido previamente, o que le han sido encargados al mismo y que a la vez cumpla con la normas establecidas, tanto de construcción como de seguridad de la vida del hombre en el mar y la protección de medio ambiente entre otras.

Estos criterios independientemente del carácter que adopten (mínimo peso, alta velocidad, bajo costo, etc.) son de dos tipos o naturaleza, técnicos o económicos y en dependencia de la tarea o encargo que ha sido puesto en manos del proyectista uno prevalecerá sobre el otro.

Parece estar generalizado el no utilizar criterios de tipo económico en el proceso de determinación de las dimensiones del buque, sobre todo en el caso de las embarcaciones menores, lo cual se demuestra en que en la bibliografía sobre el tema y en las revistas especializadas publicadas en los últimos años el tema casi ni se aborda. Ya sea porque puede ser que se considere agotado, o porque por la cantidad de variantes y opciones que supone el tratarlo, quede fuera de la atención.

Sin embargo la realidad puede ser bien distinta, ya que en muchas ocasiones la preponderancia de los criterios económicos en las embarcaciones de pequeño porte y en particular en los pesqueros puede ser tal, que la fundamentación de la selección de las dimensiones sobre la base de criterios técnicos se reduzca a comprobar sí las dimensiones

que predeterminan los criterios económicos cumplen con las normas constructivas y las que exigen las regulaciones nacionales e internacionales, además de permitir a la embarcación cumplir con las funciones para las que se requiere.

Veamos lo anterior en un ejemplo, se ha solicita un camaronero para operar en una zona de pesca en que las capturas diarias son de 200 Kg. por día de trabajo. Las embarcaciones que tradicionalmente han sido utilizadas en ese lugar han sido de madera, de 18 m de eslora, 6.1 m y 3, 0 m de puntal de manga y con una potencia del motor principal de 340 HP. El armador le solicita al proyectista que no utilice madera, ya que confronta serias dificultades con la calidad de la misma y con los astilleros de reparación. El proyectista diseña una embarcación con dimensiones similares en acero, logrando inclusive mantener la misma potencia.

En principio todo está correcto, sin embargo para analizar muy someramente sólo dos variables, el precio de camarón que ese armador tiene actualmente es un 10% inferior al que tenía años atrás y el precio del combustible ha crecido en un 30%.

Por estas razones el armador recibe un 10% menos de ingresos anuales por concepto de venta. Para 200 días de pesca al año y a un precio inicial de 5000 unidades monetarias la tonelada de camarón, significan unos 20 mil unidades monetarias menos, e incrementa sus gastos operacionales en aproximadamente 9.8 miles de unidades monetarias, considerando un régimen de trabajo de 12 horas diarias y a un consumo específico de combustible del motor de 200 g /Hp - hora y un precio del combustible inicial de 200 unidades monetarias la tonelada, lo que hace un total de alrededor de 30 mil unidades monetarias menos al año por barco.

Supongamos un lote de 5 embarcaciones, entonces la reducción de ingresos del armador en las condiciones actuales significa unas 150 mil unidades monetarias, lo cual puede ser una cifra significativa.

Estimando el precio de la embarcación en cuestión en 250 mil unidades y una relación de precios de casco - máquina y equipamiento de 45 - 55% respectivamente, entonces el precio de 1 metro cúbico de L x B x H (a lo que llamaremos módulo cúbico) sería de:

$P_{LBH} = 250\ 000 \times 0.45 / 18 \times 6.1 \times 3 = 9000 / 329.4 \approx 341.5$ unidades monetarias

Sí se reduce sólo la eslora en 1 metro, entonces el módulo cúbico sería de

$L \times B \times H = 17 \times 6.1 \times 3 = 311.1\ m^3$

Lo que significa una reducción de 30.4 m^3 y de 10 381.6 unidades monetarias

Sí se reducen la eslora en 1 m y proporcionalmente las otras dimensiones, entonces:

$L/B = 2.95$

Sí $L = 17$, entonces $B = 17/2.95 = 5.76$

$B/H = 2.03$

Sí $B = 5.76$, entonces $H = 5.76/2.03 = 2.83$,

y el módulo cúbico nuevo sería de:

$L \times B \times H = 17 \times 5.76 \times 2.83 = 277.1\ m^3$

Lo que significaría una reducción de 52.3 m^3 y de 17 860. 45 unidades monetarias.

El ejemplo anterior demuestra, que pequeñas variaciones en las dimensiones principales pueden influir considerablemente en la efectividad económica de embarcaciones y en particular más en las de este tipo, sobre la que influyen gran cantidad de variables como la situación del mercado, las variaciones en el comportamiento de una especia marina dada y otras.

Para poder adentrarnos en la temática dividiremos este asunto en dos partes fundamentales:
Una primera sobre los Indicadores Económicos, en la que trataremos sobre los más comunes y sensibles de análisis en el caso de los barcos pesqueros y una segunda, dedicada al comportamiento de los mismos y diferentes métodos de análisis.

Indicadores económicos

Entre la amplia gama de índices, (indicadores, ratios, etc.) se acercan más al proceso de fundamentación de las dimensiones de una embarcación, aquellos que están relacionados con un proceso de inversión y su rendimiento. Otros indicadores son sencillamente combinaciones de las variables que determinan estos y por tanto similares.

Antes de proseguir definamos algunos de los términos e indicadores con los que más frecuente nos encontraremos en este y siguientes capítulos.

Valor de la Inversión inicial. (P_e) Tal y como su nombre lo indica es el valor o precio de la embarcación.

Flujo de efectivo anual. Es la diferencia entre los ingresos y gastos relacionados con la compra de una embarcación y su puesta en marcha y/o explotación durante un año.

Tiempo de recuperación de una inversión (T_{rec}) Tiempo en que las ganancias provenientes de una inversión se igualan a lo invertido.

Se calcula por la fórmula siguiente:

T_{rec} = Valor Inversión Inicial / Flujo de efectivo anual, (1)

Tasa de interés (t). Tasa de interés bancario vigente durante el periodo que se analiza.

Valor absoluto neto (VAN). Devuelve el valor neto presente de una inversión dada a partir de una tasa de descuento (interés) y una serie de pagos e ingresos.

Se calcula por la fórmula:

$$VAN = \text{Valor Inversión Inicial} - \sum_i (\text{Flujo efectivo anual})/ (1-t)^i, \quad (2)$$

donde: i - número del año.

La tasa interna de retorno (TIR) Devuelve la tasa interna de retorno de una inversión para una serie de pagos y está íntimamente relacionada al VAN. La tasa de retorno calculada por TIR es la tasa de interés correspondiente a un valor neto actual 0.

De los indicadores vistos anteriormente resultan más manejables e interpretables desde el punto de vista técnico el valor inicial de la embarcación y el tiempo de recuperación, siendo más adecuados al lenguaje financiero el VAN y el TIR, aunque desde el punto de vista de calcularlos sea relativamente más fácil, al existir programas que lo permiten, no dándosele preferencia a ninguno, ya que ambos en principio expresan lo mismo.

En el caso de las embarcaciones pesqueras son principalmente el valor inicial o precio de la embarcación y el tiempo de recuperación de la inversión inicial, son indicadores sensibles a la variación de las dimensiones de estas y al cambio en sus condiciones de explotación.
Podemos considerar que el valor inicial de la inversión (P_e) depende fundamentalmente de las siguientes variables:

$$P_e = f\ (L, B.\ H, N, E, C, V_{HH}), \qquad (3)$$

donde:

L - Eslora de la embarcación

B - Manga de la embarcación

H - Puntal de la embarcación

N - Potencia del motor principal

E - Valor del equipamiento pesquero

C - costo unitario (por tonelada) del material del casco

V_{HH} - Valor de la construcción

La fórmula (3) es equivalente a la siguiente:

$$P_e = \kappa_c C\ LBH + \kappa_m N + E + V_{HH} \qquad (4)$$

donde:

κ_c - coeficiente adimensional de peso del casco

κ_m - coeficiente adimensional del valor del motor

El coeficiente κ_c se determina estadísticamente para valoraciones económicas de las etapas iniciales de un proyecto para tipos de barcos en dependencia del material de construcción por la fórmula:

$$\kappa_c = P_{casco} / LBH \qquad (5)$$

El autor de este trabajo recomienda los siguientes valores κ_c (no obstante de acuerdo a las características de los barcos y experiencias de cada país estos valores pueden ser otros).

Para embarcaciones de acero de hasta 30 metros se recomienda

$$\kappa_c = 0.129 \pm 0.02 \quad (6)$$

Para embarcaciones de plástico de hasta 25 metros se recomienda.

$$\kappa_c = 0.117 \pm 0.02 \quad (7)$$

Para embarcaciones de ferrocemento de hasta 25 metros se recomienda.

$$\kappa_c = 0.142 \pm 0.02 \quad (8)$$

El costo unitario del material el casco se recomienda calcular aproximadamente en el caso de los barcos de acero, como una combinación entre el precio de la tonelada de laminados y la de perfiles por la fórmula siguiente:

$$C_{acero} = (0.60\ P_l + 0.40\ P_p)\ 1.15 \quad (9)$$

donde:

P_l - Precio de la tonelada de laminado

P_p - Precio de la tonelada de perfiles

El costo unitario del material el casco se recomienda calcular aproximadamente en el caso de los barcos de plástico también como una ponderación entre el valor de la fibra y la resina de la forma siguiente

$$P_{plástico} = (0.65\ P_r + 0.35\ P_f)\ 1.25 \quad (10)$$

donde:

P_r - Precio de la tonelada de resina

P_f - Precio promedio de la tonelada de fibra de vidrio

En el caso de los barcos de ferrocemento aproximadamente la fórmula que se recomienda es la siguiente:

$$P_{ferrocemento} = (0.3\ P_c + 0.58\ P_a + 0.12\ P_p)\ 1.1 \quad (11)$$

donde:

P_c - Precio de la tonelada de cemento

P_p - Precio de la tonelada de perfiles

Las fórmulas anteriores son más recomendables que las utilizadas corrientemente, pues permiten la necesaria actualización en correspondencia con las variaciones de los precios en el mercado de los materiales.

El coeficiente κ_m se determina estadísticamente para su uso en valoraciones económicas de las etapas iniciales de un proyecto, y depende fundamentalmente del tipo de barcos y el nivel de equipamiento instalado, por la fórmula:

$$\kappa_m = P_m / N \qquad (12)$$

donde:

P_m - Precio del motor principal y el equipamiento instalado en el cuarto de máquinas

N - potencia del motor principal (Kw)

El autor recomienda utilizar la siguiente formula para hallar κ_m:

$$\kappa_m = 162\ N \qquad (13)$$

El valor del equipamiento pesquero se recomienda determinar en base a embarcaciones similares o prototipos o simplemente solicitar a un proveedor una oferta del mismo.

El valor de la construcción V_{HH} se recomienda en las etapas valorativas iniciales estimar como un porciento del valor de los materiales, por lo que la expresión (4) tomaría la forma siguiente:

$$P_e = \kappa_{h\text{-}h} (\kappa_c C\ LBH + \kappa_m N + E) , \qquad (14)$$

donde:

$\kappa_{h\text{-}h}$ - coeficiente adimensional

El autor recomienda valores para este coeficiente entre 0.55 ± 0.05

El valor máximo será más apropiado para embarcaciones como camaroneros, procesadoras, o sea cuando el equipamiento a instalar es significativo, a su vez conviene utilizar valores más bajos para embarcaciones sencillas y para casos de grandes series.

De esta forma la expresión (2) en el caso particular de las embarcaciones de acero queda de la forma siguiente:

$$P_e = (0.55 \pm 0.05)\{(0.129 \pm 0.02)(0.60\,P_l + 0.40\,P_p)\,1.15\ \ LBH\ \ +\ 162\ N + E\}, \quad (15)$$

O simplificando considerando un precio de laminado de 350 y de perfiles de 450 USD/ton:

$$P_e = (0.55 \pm 0.05)\{(57.86\ \pm 8.97)\,LBH\ \ +\ 162\ N + E\}, \quad (16)$$

Esta formula permite de inmediato valorar el costo de la inversión inicial dependiendo solamente de las variables fundamentales que se analizan en las primeras etapas de un proyecto dado (las dimensiones principales, la potencia del motor principal y el equipamiento a instalar) y respaldar con criterios económicos el proceso de aproximaciones sucesivas del diseño.

De forma similar el tiempo de recuperación de una inversión (T_{rec}) puede ser llevado a una fórmula más simple, que permita su estimación en este proceso, como veremos en adelante:

Partiendo, de que el tiempo de recuperación depende del valor de la inversión inicial y del flujo de efectivo anual, y que ya se conoce el primero, todo se reduce a determinar el segundo.

El flujo de efectivo anual depende fundamentalmente de las siguientes variables:

$$\Phi_e = f_2(\ V_c, p_c,\ V_d, p_d,\ T, s_t, V_i,\ p_i, P_a,\ G_r, I_m, I_n), \quad (17)$$

donde:

V_c - Volumen de las capturas

p_c - Precio de las capturas

V_d - Volumen de combustible y los lubricantes

p_d - Precio del combustible y los lubricantes

T - Cantidad de tripulantes

s_t - Salario medio de los tripulantes

V_i - Volumen de insumos y pertrechos

p_i - Precio promedio de insumos y pertrechos

P_a - Precio de estadía del buque en tierra

G_r - Gastos de reparaciones anuales

I_m - Impuestos anuales

I_n - Intereses bancarios

Considerando, que para un mismo tipo de barco, aunque varíen sus dimensiones principales y potencia del motor a instalar, los gastos de reparaciones anuales, los impuestos e intereses bancarios variarán muy poco; el valor de los mismos puede ser precisado de una vez y utilizado en determinación aproximada del flujo de efectivo y del tiempo real de recuperación. A los efectos de comparar variantes entre sí, estos no serían determinantes, sólo que estaríamos comparando no el tiempo real de recuperación de la inversión inicial, ni el flujo anual, sino de equivalentes, que serán evidentemente menor y mayor respectivamente y a los que llamaremos

t_{rec} y ϕ_e

Entonces la expresión anterior toma la forma de:

$$\phi_e = f_3 (V_c, p_c, V_d, p_d, T, s_t, V_i, p_i, P_a), \quad (18)$$

o

$$\phi_e = V_c\ p_c - V_d\ p_d - T\ s_t - V_i\ p_i, - P_a\ , \quad (19)$$

En esta expresión:

1. El volumen de las capturas se determina en función del tipo de especie y las experiencias de la zona, también puede depender del nivel de equipamiento a instalar (en ese caso normalmente se le vincula a la potencia del motor mediante un coeficiente que debe ser determinado estadísticamente) e inclusive puede darse el caso de que no dependa de las dimensiones y potencia del buque (entonces queda claro que para la mínima cantidad de tripulantes y para la variante con menores dimensiones principales se obtendrá el mejor tiempo de recuperación), no obstante los volúmenes de captura pueden depender de la organización de las campañas de pesquería, entonces las mismas estarían en función de los días de pesca y la variante más racional saldría de una combinación con los otras variables de la expresión (17).

Por tanto algunas fórmulas para determinar el volumen de capturas serían:

$V_c = v_c N,$ (20)

donde:

v_c - Coeficiente de volumen de captura en función de la potencia de arrastre.

$V_c = c_d D,$ (21)

donde:

c_d - Volumen de captura diario

2. El volumen de los combustibles y lubricantes se recomienda determinar por la fórmula siguiente:

$V_d = 1.04 (g N t D),$ (22)

donde:

g - consumo específico de combustible del motor

t - tiempo de trabajo diario del motor

D- días de trabajo en el año de la embarcación

3. El precio de insumos y pertrechos depende del tipo de barco y el fin la cual está destinado y puede estar conformado por tara (cajas para envasar y su precintado), hielo, alimentos, agua, artes de pesca (redes, otros), carnada y en principio puede estimarse aproximadamente (se excluyen del análisis renglones como los medios de salvamento y averías que no varían significativamente entre barcos similares) de la forma siguiente, disponiendo de los coeficientes correspondientes:

$P_i \approx p_t k_t V_c + p_{car} n_{car} V_c + T D n_c p_a + p_h V_c k_h + T D n_c p_{agua} + n_{ap} p_{ap} D,$ (23)

donde

P_i - precio de los insumos y pertrechos

p_t - precio promedio de la tara

k_t - coeficiente de volumen o peso de la tara por volumen de captura

p_{car} - precio de la carnada

n_{car} - norma de consumo de carnada por volumen de captura

n_{alim} - norma consumo de alimentos por tripulante por día

p_a - precio promedio de los alimentos

p_h - precio del hielo

k_h - cantidad de hielo necesaria por volumen de captura

n_{agua} - norma consumo de agua por tripulante por día

p_{agua} - precio del agua

n_{ap} - norma consumo anual de artes de pesca (en función de la cantidad de horas de trabajo)

p_{ap} - precio de las artes de pesca

Simplificando la expresión anterior, queda:

$$P_i \approx V_c (p_t k_t + p_{car} n_{car} + p_h k_h) + D \{ T (n_c p_a + n_c p_{agua}) + n_{ap} p_{ap} \}, \quad (24)$$

4. El precio de la estadía anual del buque en tierra se conforma fundamentalmente por el pago del alquiler del muelle en caso de que no sea propio, así como por los gastos de custodia del mismo y esto a su vez será directamente proporcional a la cantidad de días de estadía que no son más que (365 - D), por tanto se puede determinar este precio como:

$$P_a = c_e (365 - D), \quad (25)$$

donde:

c_e - costo promedio estadía diaria

La expresión (24) se reduce para un caso determinado de un camaronero de 5 tripulantes (salario por día de pesca 10 unidades monetarias), en las condiciones de pesca de las aguas adyacentes a Cuba con un promedio de captura diario de 120 kg , donde este se conserva en hielo razón de 2:1 (hielo/captura), no se utiliza tara alguna, el consumo específico del motor es de 0,190 kg/hp hora, las normas de consumo de agua y alimentos son 50 y 5 kg /tripulante - día, la norma de consumo de artes de pesca es 0.005 veces por día y los costos promedios de los insumos son los siguientes:

p_a - precio promedio de alimentos - 0.75 U. monet. / dia

p_h - precio del hielo - 0.15 U. monet. /kg

p_d - precio del combustible y lubricante - 0.4 U. monet. / kg

p_{agua} - precio del agua - 0.01 U. monet. /kg

c_e - costo promedio estadía diaria - 15.0 U. monet. /día

p_{ap} = 2000 U. Monet.

ϕ_e = D (315.00 - 1.976 N - 139,75) - 5475, (26)

Como puede observarse el flujo de efectivo queda en función de 2 variables, los días de pesca y la potencia.

Sin embargo, los días de pesca están relacionados a su vez con la potencia del motor, pues la cantidad de estos estará en dependencia de la velocidad que puede lograr la embarcación para llegar hasta los caladeros, el tiempo de arrastre, etc. Por tanto se pude llegar a una expresión de una sola variante (N) y por tanto el tiempo de recuperación de la inversión inicial queda en función de las variables iniciales del proyecto de la embarcación.

El disponer de estas expresiones permite entrar a considerar los criterios económicos y también a realizar análisis de sensibilidad de estos a cambios por ejemplo de los precios de los combustibles, las capturas y otros factores.

Otras variantes de análisis.

Las formulaciones anteriores, sí bien tienen que ser halladas para el caso de análisis específico que se requiera permiten abordar el tema de las dimensiones principales del buque nos solo desde el punto de vista del proyectista, sino también del astillero constructor.

El astillero como entidad económica o negocio también busca maximizar sus ganancias, es muy común en el caso del plástico reforzado con fibra de vidrio, que este buscando reducir los tiempos de entrega y los costos proponga al armador o al diseñador dimensiones que están determinadas por los moldes que ya posee (en el caso del acero también, pues se dispone de las cunas tecnológicas y las plantillas), cerrándose al parecer las posibilidades de búsqueda de variantes alternativas. Esta situación no es totalmente cierta, sobre todo para embarcaciones con dimensiones por encima de los 15 metros de eslora en las cuales variando la velocidad, pueden buscarse alternativas provechosas para cualquiera de las partes como se ve del siguiente análisis:

Hallemos la variación del precio inicial de la inversión para una embarcación de acero como la analizada anteriormente, donde

$P_e = (0.55 \pm 0.05)\{(57.86 \pm 8.97)\,LBH + 162\,N + E\}$, (27)

Utilizaremos para ello el procedimiento para calcular la variación de una función utilizando las derivadas parciales.

Si consideramos que L, B, y H no varían, así como el equipamiento a instalar entonces:

$$\Delta P_e \approx \left(\frac{\partial P_e}{\partial N} \right) \delta N \approx (0.55 \pm 0.05)\ 162\ \delta N , \qquad (28)$$

Para una pequeña variación en la potencia de 50 HP la fórmula anterior arroja una variación media en valores absolutos de 4445 unidades monetarias la cual para una serie de embarcaciones puede ser significativa.

Consideraciones y recomendaciones finales.

Se ha realizado un acercamiento a la temática de forma general, lo que permite aplicarlo para otros casos y por otra parte se ha concentrado la atención en los análisis en ejemplos particulares que permiten valorar cuantitativamente los rangos de variación de algunos indicadores económicos.

Cabe destacar que aunque en el trabajo, se profundiza solo en el cálculo del valor inicial de la inversión y del tiempo de recuperación, se dispone de material para entrar al calculo de otros indicadores que pueden ser de interés en casos determinados como para definir o variar el salario de los marineros, etc.

En una primera aproximación las fórmulas recomendadas pueden ser usadas, pues al aplicarse a diferentes variantes de un mismo tipo de buque, el error de ellas sólo sería sobre el valor de lo que se calcula, pero como en todas es el mismo, mantiene la vigencia a la hora de comparar variantes entre sí, no obstante se recomienda actualizar a las condiciones locales el valor de los coeficientes que en ellas intervienen con los que se hace más fiable el proceso de valoración.

Es criterio del autor del trabajo, que para lograr la competitividad que el mercado actual exige, no hay aspecto por pequeño que sea que pueda descuidarse en la toma de decisiones y menos sí se trata de de la parte económica.

Estas formulas se recomiendan incorporar al esquema tradicional que se usa en el diseño naval para determinar por el método de variaciones la solución más racional en cuanto a

forma, propulsión y otras características técnicas, con lo que las decisiones finales estarán más respaldadas.

Bibliografía:

Aschik V.V. Proektirobanie sudov (en ruso). 1975. Sudostroyenie. Leningrad

Galiano Amado- Experiencias en la construcción de embarcaciones para la sostenibilidad de la pesca en aguas de Cuba. XVIII COPINAVAL, 2003. La Habana. Cuba

Galiano Amado- La teoría del error y su utilización en la solución de problemas. Jornada Técnica anual IPIN CUBA. 2002. La Habana, Cuba.

Galiano Amado - La innovación tecnológica como estrategia empresarial. METANICA 2004. Habana, Cuba

Materiales de los archivos del Centro de Proyectos Navales. Cuba.

ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DEL ZOOPLANCTON Y LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE "QUETOGNATOS" EN EL ESTUARIO INTERIOR DEL GOLFO DE GUAYAQUIL, ECUADOR.

Christian Naranjo Padilla
Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador (INOCAR)
Estudios Ambientales Sección: Ecosistemas Marinos
cnaranjo@inocar.mil.ec
2005

INTRODUCCIÓN

El Golfo de Guayaquil representa uno de los recursos hídricos más importantes de la zona costera del Pacífico Sudeste, tanto por su riqueza turística como por los innumerables recursos bióticos y abióticos que él encierra; sin embargo, en lo que se refiere especialmente al estuario interior del mismo, desde hace muchos años, la ciudadanía lo ha utilizado como fuente de desechos, ya que ha soportado durante varias décadas la introducción del detritus de la ciudad de Guayaquil, los efluentes crudos de la zona industrial, los sedimentos y desechos agroquímicos provenientes de la cuenca hidrográfica del río Guayas. (M. Valencia, C. de Ordóñez & A. de Morán, 2000.

Stevenson (1981), en su trabajo acerca de las "Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil", evaluó las condiciones físicas, químicas y biológicas de esta área concluyendo que las aguas del golfo son biológicamente fértiles, concluyendo que la abundancia del zooplancton bajo la superficie es 10 veces superior que el superficial en el estuario exterior durante marzo y abril, mientras que en el interior, la abundancia subsuperficial del zooplancton es hasta 20 veces superior a la superficial.

El propósito del presente trabajo está orientado a conocer los cambios en la composición, abundancia y diversidad del zooplancton y en particular el Phyllum Chaetognatha con el objetivo de relacionar la distribución de las especies de Quetognatos con los parámetros físico- químicos.

MATERIALES Y METODOS.

Las muestras de zooplancton fueron colectadas en el área interior del Golfo de Guayaquil, a bordo de una embarcación del INOCAR, durante los días del 31 Marzo al 4 de Abril y septiembre del 2003.

Las muestras de plancton fueron obtenidas mediante arrastres superficiales durante 5 minutos a una velocidad de 2 nudos de la embarcación. Para el efecto se empleó una Red Cónica Simple (WP-2) con las siguientes características el diámetro de la boca de la red de 0.3m, 1m de largo y con una apertura de malla de 335 micras.

Durante los lances se utilizaron flujómetros previamente calibrados para obtener el volumen de agua filtrada a cada uno los arrastres superficiales, los datos obtenidos fueron extrapolados a $100m^3$. Luego de la colecta de zooplancton las muestras fueron preservadas

adicionándole una solución de formaldehído al 4% previamente neutralizado con tetraborato de Sodio.

En el laboratorio se procedió a extraer alícuotas con la ayuda del separador de Folsom cuando las muestras contienen gran cantidad de biomasa. Luego las muestras fueron analizadas para determinar cualitativa y cuantitativamente las comunidades del zooplancton. Para la identificación de las taxa del zooplancton se utilizaron los Manual de zooplancton de Tregouboff & Rose (1957), Boltovskoy (Op. Cit.) y Gasca & Suárez (1996).

Con el propósito de establecer la dominancia y frecuencia numérica de los principales grupos en la comunidad del zooplancton se utilizó las estrategias desarrolladas por Bodeheimer referido en el estudio de las comunidades del zooplancton (Mujica & Ascencio 1985).

ÁREA DE ESTUDIO

- AREA 1: Rió Daule representado por las E 1, 4, 10, 11,
- AREA 2: Río Babahoyo representado por las E 12, 13, 15, 16.
- AREA 3: Río Guayas distribuidas por las
Estaciones 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28.
- AREA 4: Estero Salado ubicadas las estaciones en los Canales de Matorrillos, Canal de Naranjal, Chupadores grandes, Isla Puná, Canal de Cascajal, Posorja, y las Boyas 48, 58, 69 y Puerto Marítimo
- AREA 5: Puente 5 de Junio, Puente 17^{ava}, Puente Portete, 2 do Puente de la vía Perimetral, y en las estaciones denominadas Estero las Ranas y Diques.

RESULTADOS

Se establece que la mayor biomasa del zooplancton se encontró en el área del puente de la 17 ava y la menor productividad zooplanctónica se registro en el área de río Daule, que coexiste con una buena diversidad de grupos zooplanctónicos durante la época húmeda; (Fig. A-B)

Con relación a las especies de Quetognatos se establece una variabilidad espacio temporal determinándose durante la época húmeda la presencia de una mayor riqueza específica, resaltándose que la mayor densidad poblacional de las especies *S. peruviana, S. bedoti* y *S. neglecta* en el área de Canal de Cascajal y en Posorja. (Fig. C-D)

Se presentó una amplia distribución principalmente de las especies *S. bedoti* y *S. neglecta* en los ecosistemas del Río Guayas donde empieza su presencia esporádica desde la estación 23 ubicado frente a la Isla Mondragón hacia el exterior de la desembocadura del Río en el canal de Cascajal.

Se reporta por primera ocasión la presencia de *S. bedoti* y *S. neglecta* en las estaciones localizadas en el 2do puente de la Perimetral y presentado una distribución hasta los puentes Portete y 17 ava ubicado en un ramal interior del Estero Salado durante la estación húmeda, (Fig. E-F)

CONCLUSIONES

- Se resalta que la mayor productividad de zooplancton se encontró en el puente de la 17 ava ubicado en el área de los Puentes de acceso a la ciudad de Guayaquil durante la época húmeda confirmándose la variabilidad espacio y temporal en el plancton.

- Se observó cercana a la Isla Puná la dominancia de la especie de S. neglecta asociada a S. bedoti y S. peruviana cuya asociación de estas especies se interpreta como una mezcla de aguas con diferentes propiedades físico y químicas correspondientes a cuerpos de agua cálida y fría durante la época húmeda.

- Se reporta por primera ocasión la presencia de las especies de Quetognatos *S. bedoti, S. neglecta*, en las estaciones ubicadas en el área de los puentes en especial en el 2 do puente de la Perimetral incursionando hasta los puentes Portete y 17 ava, registrándose una amplia distribución hacia ramales interiores en el ecosistema del Estero Salado exclusivamente en la época húmeda.

REFERENCIAS

Alvariño, A. 1963. Quetognatos Epiplanctónicos del mar de Cortes. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural Tomo XXIV, Dic., 1963. P 97-243.

Alvariño, A & M. Leira. 1986. El Zooplancton del Pacífico ecuatoriano. Investigaciones del Mar. CICIMAR. Vol. 3 No. 1 69-91p.

Bieri R.& D. Bonilla. 1982. Una nueva especie de Serratosagitta (QUETOGNATO) para la comunidad del plancton del pacífico ecuatorial oriental. Memorias II Congreso Nacional de Ciencias Biológicas., Nov. 1982, Guayaquil. 1: 69-78 p

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y método de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata. Argentina. 3-859 p.

Gasca, R. & E. Suárez. 1996. Introducción al zooplancton marino. ECOSUR-CONACYT, México 1-711p.

Stevenson, M. 1981. Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil. Boletín Científico y técnico, Instituto Nacional de Pesca (INP), Vol. 4 No 1 1-133p.

Mujica, A. & U. Asencio. 1985. Larvas de peces, Eufáusidos y Estructura Comunitaria del zooplancton del Estrecho Bransfield (Crucero Sibex-Inach, 1984). Serie Científica. INACH, 3: 159-184 p.

Tregouboff, G. & M. Rose. 1957. Manuel de Plantonologie Mediterrameene. Centro National de la Recherche Scientifique, París. Tomo 2. 1-207 p.

Valencia., M. C. de Ordoñez & A. de Morán, 2000. Calidad Físico Química y Bacteriológica de las aguas alrededor de la ciudad de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 10 (1): p 67-78

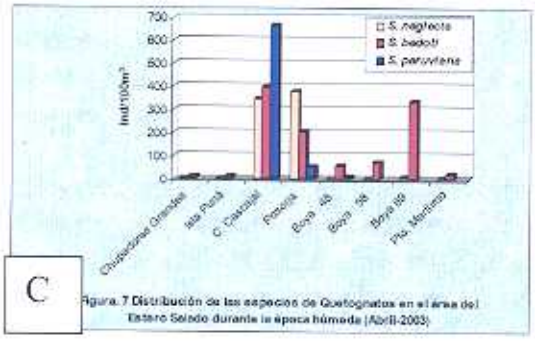
ANEXO.

A

Figura. 8 Variabilidad de la biomasa zooplanctónica en el área los Puentes de la Ciudad de Guayaquil durante la época húmeda (Abril-2003)

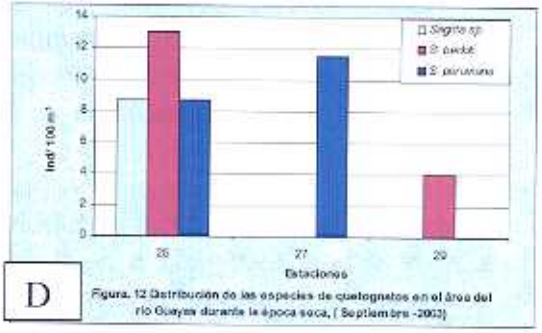
B

Figura. 15 Variabilidad de la biomasa zooplanctónica en el área de acceso a los Puentes de la ciudad de Guayquil, durante la época seca, (Septiembre-2003)



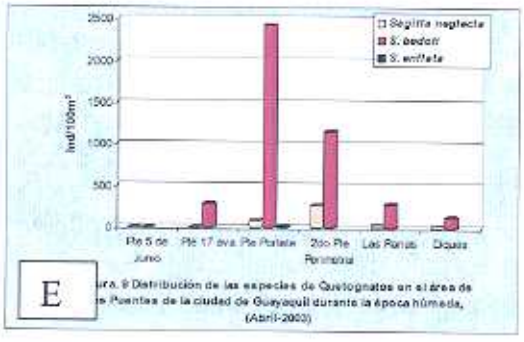
C

Figura. 7 Distribución de las especies de Quetognatos en el área del Estero Salado durante la época húmeda (Abril-2003)



D

Figura. 12 Distribución de las especies de quetognatos en el área del río Guayas durante la época seca, (Septiembre -2003)



E

Figura. 9 Distribución de las especies de Quetognatos en el área de los Puentes de la ciudad de Guayaquil durante la época húmeda, (Abril-2003)

F

Figura. 14 Distribución de las especies de quetognatos en el área del estero Salado durante la época seca, (Septiembre de 2003)

Figuras. (A-B-C-D-E-F) Distribución de la productividad Zooplanctónica y la abundancia de las especies de Quetognatos

X I X CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

Por: Ing. Wilmo Jara Calderón
Profesor de la FIMCM, ESPOL
wjara@espol.edu.ec

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PUERTO PESQUERO EN LA ENSENADA DE ANCONCITO

RESUMEN

El objetivo principal del estudio realizado fue determinar el tamaño y capacidad de la flota pesquera que tiene como base la población de Anconcito, con esta información se dimensionó las instalaciones requeridas para el puerto pesquero.

Mediante tres encuestas se logró determinar: la cantidad de embarcaciones que llegan o fondean en Anconcito, el tipo de pesca que se desarrolla en el sector y datos de la capacidad de captura de los diferentes tipos de embarcaciones que operan en la zona.

El análisis de la batimetría de la ensenada sirvió para definir dónde se podría construir los muelles y otras facilidades para la prestación de servicios a la comunidad que se dedica a la pesca. Se determinaron tres posibles alternativas de ubicación:

La primera, en la Punta Ancón, es la que ha tenido mayor aceptación de los pescadores, su costo referencial está entre los 9 y 10 millones de dólares.

La segunda, atrás de los acantilados, su costo de construcción es aproximadamente el 60% de la primera opción.

La tercera, al costado este de la población, su mayor ventaja es su bajo costo, estimado en un millón doscientos mil dólares.

En base a un análisis de las condiciones imperantes en el sector como: vientos, olas, accesos por mar y tierra, profundidad requerida, costos de construcción de la instalación y el criterio de los pescadores, se seleccionó la alternativa más conveniente a los intereses de la comunidad.

INTRODUCCION

Anconcito es una parroquia del Cantón Salinas, Provincia del Guayas, República del Ecuador. La actividad prevaleciente de la cual vive la mayor parte de la población es la pesca. El crecimiento de la actividad pesquera, en las últimas tres décadas, es de tal magnitud que el número de habitantes de toda la población se ha duplicado. El número de embarcaciones ha crecido tanto que, el espacio de la playa donde se acomodan las embarcaciones, cuando no están en faenas de pesca, está completamente saturado y ya no hay más espacio para quienes desean varar sus embarcaciones. Esto está llevando a que se produzcan conflictos crecientes entre pescadores.

Los barcos pesqueros que, por su tamaño, no pueden acercarse a la playa, fondean a gran distancia de esta, desde donde tienen que abastecerse de combustible, agua hielo, víveres y otros insumos, utilizando botes. La descarga de la pesca también se hace mediante trasbordo. Esta situación acarrea muchos problemas como encarecimiento del proceso, pérdida de tiempo de las embarcaciones, estropeo del producto, contaminación ambiental por derrames de combustible, etc. La ineficiencia en el proceso conduce a una baja productividad de la actividad pesquera en general.

Los controles de calidad en el mismo sitio de producción, exigidos por los países que importan productos alimenticios, afectarán la comercialización de la pesca de exportación desde lugares como Anconcito en el corto plazo.

En todos los estudios que se han hecho sobre la pesca en la Península de Santa Elena, por parte de organismos como el Instituto Nacional de Pesca, Subsecretaría de Recursos pesqueros, ESPOL, y otros, la conclusión es la misma: ineficiencia del proceso, insalubridad, baja productividad, entre otros.

La forma mas viable de resolver gran parte de los problemas relacionados con la actividad pesquera de Anconcito es la construcción de un muelle y la adecuación de espacios, desde donde se pueda abastecer los servicios que requiere un puerto pesquero como: bodegas refrigeradas para el almacenamiento de la pesca, fábricas de hielo, surtidores de combustible, talleres de reparación de motores, ferreterías, restaurantes, etc.

Se platearon tres alternativas para la ubicación del muelle, cuyo detalle se puede ver en las figura No. 3.

INFORMACION GENERAL SOBRE LAS PESQUERIAS DE ANCONCITO

Con el propósito de determinar las condiciones y características en las que se desenvuelven las pesquerías en Anconcito se llevaron a cabo tres encuestas: la primera, para cuantificar el número de embarcaciones que operan en el lugar; la segunda, para determinar la situación y características generales de esta actividad; y, la tercera, para cuantificar las capturas de cada segmento y tipo de pesca y compararlo con las encuestas del INP realizadas en 1995 y 1997.

En la primera encuesta que se llevó a cabo entre el 12 y 16 de Enero del 2004 se hizo un censo de las embarcaciones que se encontraban operando en Anconcito a esa fecha, no se tomaron en consideración a las balandras y canoas por ser embarcaciones que por su naturaleza y tamaño no usarán el muelle. Los resultados de la segunda y tercera encuesta se los da a continuación:

- De las personas que se dedican a la pesca en Anconcito el 100% es del género masculino y su edad promedio es de 38 años. Aproximadamente el 97% de ellos son pescadores artesanales. El 72% trabaja en embarcaciones que no son de su

propiedad.
- Sesenta y tres de cada cien pescadores trabaja en botes de fibra de vidrio de 7,5 m de eslora, con motores fuera de borda de 75hp accionados a base de gasolina comercial con subvención artesanal.
-El 68 por ciento de los pescadores salen diariamente a realizar las faenas de pesca (gráfico 2); el 46,2% utiliza el trasmallo como arte de pesca y el 16, 9% usa palangre (gráfico 1)
- El 91,6% indicó que existe congestionamiento de transporte en la playa; el 84,1% indicó que no hay lugar dónde se pueda almacenar la pesca; y, el 74,8% opinó que no existe suficiente espacio en la playa para varar las embarcaciones.
- El 94% piensa que es necesario que se construya un muelle para embarcaciones pequeñas, el 90% cree que es necesario un muelle también para embarcaciones grandes
- El 56% de pescadores considera que hay mucha contaminación en el puerto
- El 76% de pescadores opina que no hay suficientes lugares donde se pueda adquirir insumos para la pesca ni talleres de reparación mecánicos y eléctricos.

GRÁFICO 1

ESPOL: Proyecto "Puerto Pesquero Anconcito"

Pescadores de Anconcito.

Artes de Pesca

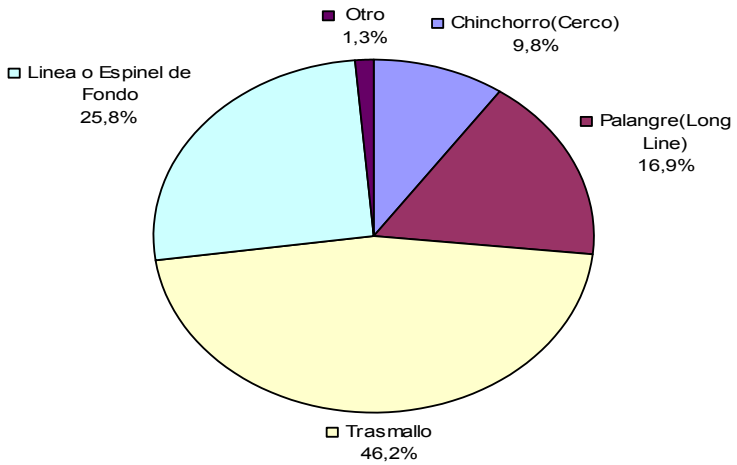


GRÁFICO 2.

ESPOL: Proyecto "Puerto Pesquero Anconcito"

Pescadores de Anconcito

Faena de Pesca

CARACTERISTICAS DE LA FLOTA PESQUERA DE ANCONCITO.

Las pesquerías que se desarrollan en Anconcito están compuestas por los siguientes grupos:

1.- Buques nodriza. Cada uno de los cuales opera acompañado de un grupo de botes, y se dedican a la pesca de dorado, albacora, bonito barrilete, picudos y tiburones

2.- Botes de fibra de vidrio (PRFV). Se dedican a la pesca de dorado y también de peces demersales como congrio, perela, cabezudo, pargo, cherna, robalo, corvina de roca, corvina plateada.

3.- Buques chinchorreros o sardineros. S e dedican a la pesca blanca.

4.- Botes (pangas) que se dedican principalmente a la pesca de camarón, langostino, robalo y corvina.

Los buques nodriza son embarcaciones que tienen una eslora promedio de 20 m y un calado que varía entre 1,50 y 2,00 m. En el período que se desarrolló la encuesta, (6 de Enero al 18 de Febrero del 2004), se dedicaron a esta actividad 23 embarcaciones que produjeron una captura de 647.970,0 libras (294.532 kg) de dorado. Según versión de los pescadores, la captura fue menos que en años anteriores.

Según información del Instituto Nacional de Pesca, la pesca de dorado se lleva a cabo entre Diciembre y Abril. Entre Mayo y Diciembre se pesca albacora y entre Mayo y Julio se pesca bonito barrilete (2)

Los botes de fibra de vidrio (PRFV), cuyo tamaño promedio es de 7,5 m., son propulsados con motores fuera de borda de 75 hp. Durante el período de la encuesta laboraron 39 embarcaciones que produjeron 29.026 libras (13.193 kg) de dorado y 4.771 libras (2.168 kg) de corvina.

La captura de los peces demersales se lleva a cabo luego de la pesca del dorado, entre junio y diciembre

La flota sardinera o chinchorrera está compuesta por barquitos de madera cuya eslora está entre los 10,1 y 21,52 m , propulsados con motores estacionarios dentro de borda de 120 a 180 hp. Se dedican en general a la pesca blanca.

Del 12 de Enero al 18 de Febrero que se llevó a cabo la encuesta, este grupo de la flota, pescó un total de 25.494 gavetas de pesca blanca, (la gaveta es una unidad de medida de volumen de aproximadamente 0.1 m^3), 5038 gavetas para harina de pescado, 692 lbs de corvina, 913 lbs de robalo, 256 lbs de pargo, 44 lbs de sierra y 1357 lbs de guayaipe.

En la encuesta se registraron 55 botes que se dedicaron a la pesca de langostino, robalo y corvina. Estas embarcaciones en su mayor parte son pangas de madera de menor tamaño y capacidad que los botes de fibra de vidrio. Durante el periodo del 19 de Enero al 18 de Febrero del 2004, este grupo de embarcaciones produjo: 1.835 lbs de camarón, 5.046 lbs de robalo y 3.257 lbs de corvina.

Según el Segundo Censo Pesquero Nacional efectuado en 1971 en Anconcito había 32 canoas, 5 botes de madera y 2 balandras.

Según las estadísticas de la División de Biología y Evaluación de Recursos Pesqueros del INP, en 1997 existían en Anconcito: 50 canoas, 600 botes de fibra de vidrio, 100 botes de madera, 4 balandras y 8 barcos de madera, con un total de

762 embarcaciones. En Enero del 2004 nosotros contabilizamos que en operación habían: 238 botes de fibra de vidrio, 58 botes de madera y 40 barcos pesqueros, dándonos un total de 336 embarcaciones. No se contabilizaron canoas ni balandras.

En la encuesta no se ha considerado los buques que pertenecen a la empresa privada, por cuanto ellos tienen sus propias instalaciones de servicio. Cabe destacar, sin embargo, que a Anconcito llegan con alguna frecuencia embarcaciones de sitios aledaños como Chanduy, Santa Rosa, Engabao y El Real, los cuales pueden contarse como potenciales clientes del puerto pesquero de Anconcito.

ESPACIOS REQUERIDOS PARA LAS INSTALACIONES.

De acuerdo a las estadísticas del INP (2) desde el año 1971 se produjo un crecimiento muy grande de la flota establecida en Anconcito, llegando en 1997 a 762 embarcaciones. Esto provocó una elevada concentración de embarcaciones en la playa y en el fondeadero. En las temporadas altas de pesca el congestionamiento de embarcaciones, vehículos, comerciantes y en general de personas involucradas en la actividad pesquera es de tal magnitud que se producen conflictos al igual que ocurre cuando, durante los aguajes, los dueños de los botes pesqueros quien varar en la playa sus embarcaciones y no encuentran espacio disponible (3)

Los espacios requeridos para un adecuado funcionamiento del puerto son:

- Un muelle de unos 180 m de largo para dar cabida a unos 5 o 6 barcos.
- Un espacio de unos 50 a 60 m de largo para acomodar a las embarcaciones que llegan a tomar combustible.
- Una plataforma de servicio para los botes pesqueros de 500 a 600 m^2 de superficie por unos 100 m de frente y 1,2 m de profundidad.
- Un atracadero, tipo marina, para botes y barcos pequeños de unos 120 m de frente por unos 2 m de profundidad.
- Espacios para área administrativa

Con relación a los servicios que se brindarán al pie del muelle hemos considerado contar con lo siguiente:

- Despacho de combustibles: diesel y gasolina comercial
- Entrega de agua potable y hielo
- Facilidades para la carga y descarga de la pesca y otros insumos.
- Provisión de energía eléctrica para los trabajos de reparación de los buques

En un espacio próximo al muelle se ofrecerá los siguientes servicios:

- Talleres para reparaciones y mantenimiento: mecánico, eléctrico, electrónico y de refrigeración
- Bodegas para carga seca y refrigerada.
- Ferreterías
- Restaurantes
- Parqueaderos

En un espacio adecuado se instalará un varadero que ofrecerá los servicios de carenamiento a los buques pesqueros y de otra índole.

CRITERIOS PARA LA UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES.

Tomando en consideración los factores de mayor importancia con respecto a la operatividad de un puerto, se seleccionaron tres sitios donde se podría ubicar los muelles de servicio para la flota pesquera de Anconcito.
En la figura No. 3 se indican los sitios mas adecuados donde se podrían construir los muelles.
La primera y segunda alternativas son similares con respecto a la capacidad de servicios que podría brindar el puerto pesquero, en tanto que la tercera alternativa es algo más limitada en cuanto al tamaño de embarcaciones que lo podrían utilizar y los servicios de protección que, como marina, están en capacidad de ofrecer las dos opciones primeras.

Los accesos por mar y tierra, la profundidad disponible para las embarcaciones, a determinada distancia desde tierra, la protección de los vientos y de las olas, el tipo de fondo marino, entre otros factores, fueron considerados en el análisis para la ubicación de estos tres sitios.

De las tres alternativas planteadas, la primera es la que mayores ventajas ofrece en cuanto a protección del oleaje y de los vientos. La dirección prevaleciente de las olas y de los vientos, durante la mayor parte del año, está en el segmento conformado por las direcciones suroeste y oeste. (1)
La alternativa 1 tiene una adecuada protección de los oleajes que provienen de las direcciones antes anotadas y en forma parcial de los vientos que llegan al sitio aproximadamente con la misma orientación, figura 3
En la alternativa 2 la mayor ventaja es el acceso por tierra; el sitio está despejado y, a corta distancia, desde la línea de costa se llega a los 10,0 m de profundidad. Otra ventaja es que a este muelle podrían llegar no solamente barcos pesqueros sino buques de cualquier tipo y de hasta 10 m de calado, figura 3.
La mayor desventaja en este sector es el oleaje; si bien, mediante un rompeolas se puede tener un muelle convenientemente protegido de las olas, sin embargo, el acceso por mar al muelle puede resultar un tanto incómodo para las embarcaciones que entran y salen de la instalación, figura 3
La tercera alternativa es un muelle parcialmente protegido del oleaje, construido sobre pilotes, que termina en dos escalinatas – plataforma que servirían para el embarque y desembarque de carga. En esta opción la profundidad se restringe para la recepción solamente de botes y barquitos pequeños de poco calado. Esta opción se planteó mas que nada por su bajo costo, pero tuvo poca aceptación por parte de los pescadores.

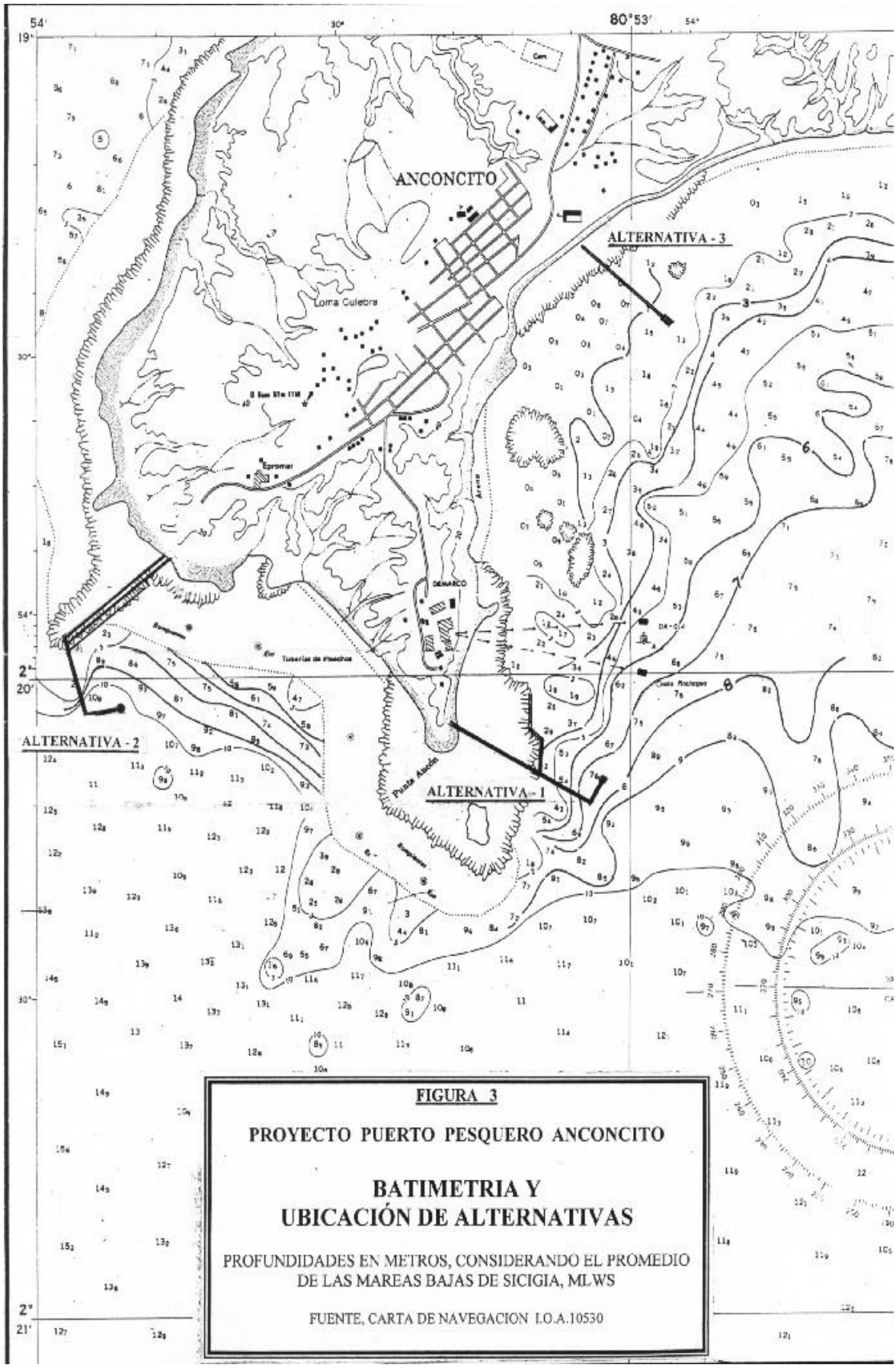


FIGURA 3

PROYECTO PUERTO PESQUERO ANCONCITO

BATIMETRIA Y UBICACIÓN DE ALTERNATIVAS

PROFUNDIDADES EN METROS, CONSIDERANDO EL PROMEDIO DE LAS MAREAS BAJAS DE SICIGIA, MLWS

FUENTE, CARTA DE NAVEGACION I.O.A.10530

SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA

Esta es una fase preliminar para determinar los posibles sitios a donde se puede instalar los muelles y otras facilidades que requiere un puerto pesquero. Se entiende que será necesario hacer estudios de ingeniería, económicos y de impacto ambiental y social más profundos, que conduzcan a una ubicación adecuada de la instalación requerida (3)

En el cuadro 1 que se muestra a continuación se presenta un resumen de las ventajas y desventajas que han sido considerados para la selección del sitio mas adecuado de las facilidades portuarias a implementarse.

Desde el punto de vista técnico, operativo y de aceptación ciudadana, la primera alternativa es la más viable; pero, desde el punto de vista económico, no (3)

La segunda alternativa no puede ser completamente desechada, pues, es necesario hacer un análisis más a fondo de la proyección a futuro del puerto y su incidencia en el nivel regional.

La tercera alternativa no despertó mayor interés de la comunidad.

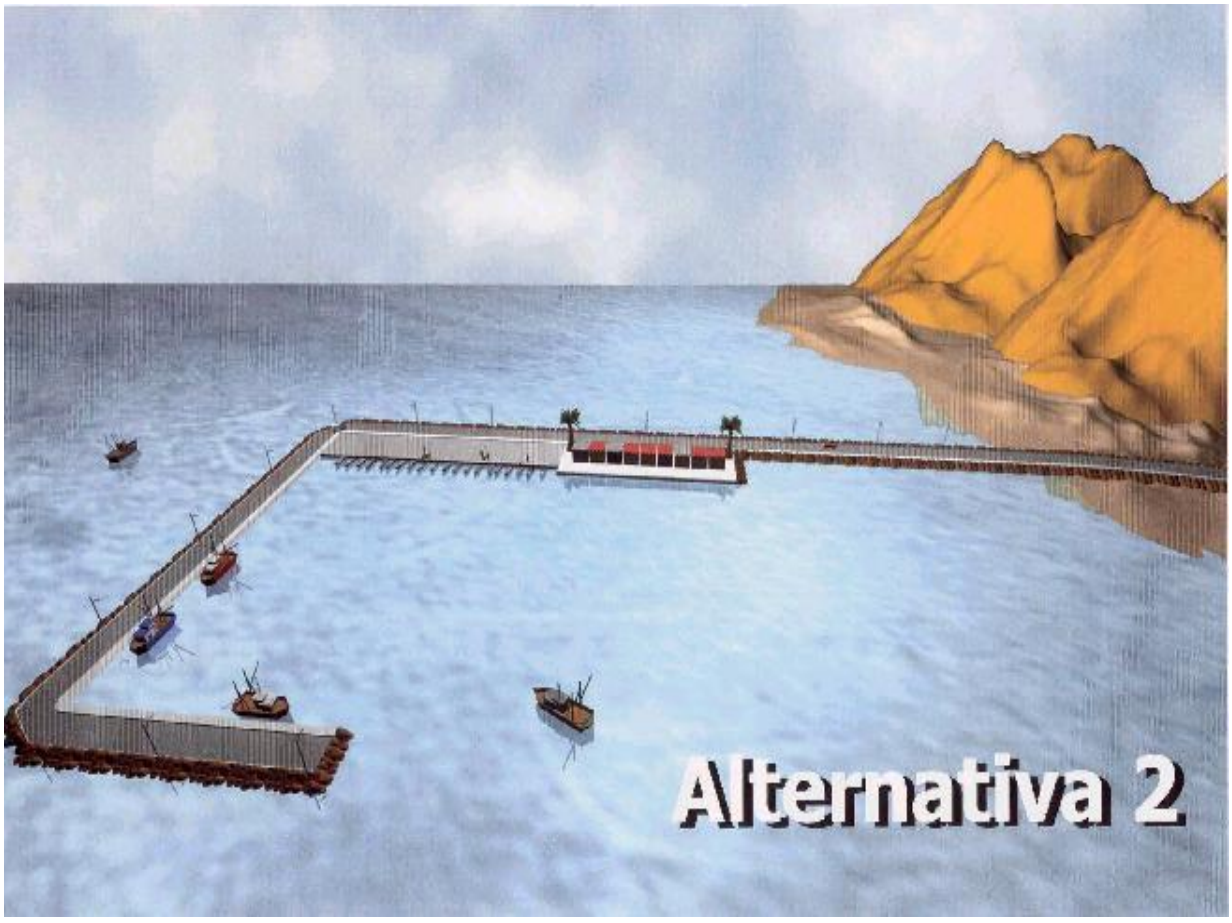
CUADRO No. 1

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TRES ALTERNATIVAS

Rubros analizado	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
Fondo marino	Rocoso, no apto para muelle sobre pilotes. En su construcción debe usarse enrocados o cajonetas de hormigón, caissons	Rocoso no apto para muelle sobre pilotes. En su construcción debe usarse enrocados o cajonetas de hormigón, caissons	Superficialmente arenoso.
Olas	Parcialmente protegido de las olas que llegan del oeste y sur oeste.	No tiene ninguna protección de las olas	Parcialmente protegido, pero menos que en la 1ª. alternativa
Mareas	Amplitud de mareas 2,5 m	Amplitud de mareas 2,5 m	Amplitud de mareas 2,5 m
Corrientes	Las corrientes se deben a refracción y difracción de las olas y al flujo y reflujo de mareas	Las corrientes en este sitio son más intensas que en el caso anterior, aquí influye también el oleaje y el viento	En este sector las corrientes se deben principalmente a la acción de las mareas y de los vientos
Batimetría	Fondo irregular con una plataforma rocosa extensa que se prologa hacia el mar, a poca distancia de tierra se obtiene una buena profundidad	Fondo rocoso irregular que favorece el enrocado de acceso al muelle	Fondo plano de poca pendiente, una adecuada profundidad se encuentra a considerable distancia desde tierra

Vientos	Parcialmente protegido	Desprotegido	Desprotegido
Visibilidad	Buena	Buena	Buena
Acceso por tierra	Extenso y difícil, requiere 1 km de enrocado al pie del acantilado	Es menos extenso y complicado que el anterior	Es el menos extenso y complicado que los otros dos
Acceso por mar	Sin restricciones	Sin restricciones, algo incomodo por el oleaje	Sin restricciones
Criterio de las tripulaciones de barcos	Piensan que operativamente es la mejor opción. Está alejado del pueblo.	Golpea mucho el viento. El mar es muy agitado. Las maniobras de acceso al muelle pueden tonarse difíciles durante los aguajes	Restringido solamente a embarcaciones pequeñas. No brinda todos los servicios requeridos por la flota pesquera.
Costo	Referencial aproximado, entre 9 y 10 millones de dólares	Aproximadamente un 60% de la alternativa 1	Aproximadamente un millón doscientos mil dolares
Financiamiento	Difícil de conseguir	Es asequible	Más fácil
Impacto Ambiental	Considerable	Considerable	Menor impacto
Impacto Social	Mayor beneficio	Aceptable	Algún beneficio
Proyección a futuro	Gran posibilidad	Buena posibilidad	Poca posibilidad
Aceptación ciudadana	Buena aceptación	Poca aceptación	Poca aceptación

Alternativa 1


Alternativa 2

Alternativa 3

Vía de Acceso
Alternativa 1y2

BIBLIOGRAFIA

1.- ATLAS METEOROLOGICO DEL INOCAR, 1945-1977
Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, Guayaquil, Ecuador

2.- DIACNOSTICO DE LA ACTIVIDAD PESQUERA ARTESANAL DE LA PARROQUIA ANCONCITO, PROVINCIA DEL GUAYAS.
Instituto Nacional de Pesca.
Boletín Científico y Técnico, Volumen XVII, Número 6, 1999, Guayaquil, Ecuador.

3.- ESTUDIOS PRELIMINARES PAR LA INSTALACION DE FACILIDADES PORTUARIAS EN EL PUERTO PESQUERO DE ANCONCITO, PROVINCIA DEL GUAYAS.
Jara, W. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003, Guayaquil, Ecuador

4.- LA PESCA ARTESANAL DE PECES DEMERSALES EN EL PUERTO DE ANCONCITO (CANTON STA. ELENA, PROVINCIA DEL GUAYAS), DURANTE EL PRIMER TRIMESTRE DE 1998.
Subsecretaría de Recursos Pesqueros
Documento PESCART 01/98, Guayaquil, Ecuador

5.- METODOS Y APLICACIONES DEL MUESTREO
Azorín, F y Sanchez Crespo,J.L. (1986); Alianza Universidad de Madrid- España.

6.- PLAN DE DESARROLLO ESTRATEGICO DEL CANTON SALINAS.
Programa de Desarrollo de la Península de Sta. Elena
Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000, Guayaquil, Ecuador

7.- PLAN DE DESARROLLO ESTRATEGICO PARTICIPATIVO DEL CANTON STA. ELENA.
IPUR, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador,2000

8.- PLAN DE DESARROLLO REGIONAL, PENINSULA DE SANTA ELENA, ECUADOR.
Trabajo de planificación realizado por los participantes del curso de Post Grado sobre Desarrollo Rural Regional Integrado, promoción 1994
Centro de Estudios Regionales Urbano Rural (ERUR), Rehovet, Israel,1995

9.- PLAN DE ORDENAMIENTO DE LA PESCA Y ACUICULTURA DEL ECUADOR.
Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Ecuador, 2003

10.- RESULTADOS DEL V CENSO POBLACIONAL Y VI DE VIVIENDA.
INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2003, Guayaquil, Ecuador.

11.-SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE EL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE MARINO Y COSTERO EN EL PACIFICO SUDESTE.
CPPS, Comisión Permanente del Pacifico Sur, 1998.

“EVOLUÇÃO E USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (T.I.) APLICADA A TERMINAIS DE CONTÊINERES NO BRASIL”.

RESUMO

Com o advento da lei 8.630 de 1993, a chamada “Lei de modernização dos portos”, iniciou-se o processo de privatização das áreas portuárias e seus arrendamentos por empresas privadas nos portos brasileiros. Com isto, as Companhias Docas transferiram as operações portuárias para a iniciativa privada, que começou a competir entre si pelos clientes armadores.
Essa competição obrigou os terminais de contêineres a utilizarem intensivamente ferramentas de Tecnologia da Informação com dois enfoques distintos, a saber:

- “Estratégico” como elemento de reestruturação de seus processos administrativos; e
- “Operacional” como elemento de garantia de otimização dos processos operacionais e tentativas de automação de algumas destas rotinas.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou descrever e analisar o posicionamento estratégico e uso operacional das ferramentas de TI apontadas anteriormente; utilizando cinco modelos de análises conhecidos:

- O “grid estratégico” de McFarlan (1984);
- Estratégias genéricas de Porter (1980);
- Matriz de intensidade de informação de Porter e Miller (1985); e.
- Níveis de transformação da Empresa com TI de Venkatraman (2000).

O texto ainda demonstra a utilização de mensagens EDI e suas relações como um bom exemplo de uso operacional de T.I. O método de pesquisa utilizado foi à coleta de dados entre os diferentes membros da cadeia logística portuária.
O artigo se encerra com a conclusão que o uso de ferramentas de TI entre os parceiros da industria marítima resulta em diversos benefícios em suas operações e permitindo um gerenciamento do fluxo de informações da carga, equipamentos e de indicadores de produtividade.

AUTORES

Eng. Marcelo Patrício
Mestrando e Coordenador de Projetos do Terminal 37 – Porto de Santos.
Depto. de Engenharia Naval e Oceânica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, nº 2231, São Paulo (SP) CEP 05508-900.
Telefone: +55 +13 3279-3737 (ramal 290)
E-mail: mpatricio@t37.com.br

Prof. Dr. Rui Carlos Botter
Professor Associado
Depto. de Engenharia Naval e Oceânica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, nº 2231, São Paulo (SP) CEP 05508-900.
Telefone: +55 +11 3091.5340 (ramal 200)
E-mail: rcbotter@usp.br

1 - INTRODUÇÃO

Os Terminais de Contêineres são um dos elos logísticos de maior importância da cadeia de suprimentos e do comércio internacional, pois estão localizados na fronteira tecnológica entre os países e blocos econômicos, e por serem responsáveis pelo escoamento de grande parte da carga manufaturada e semimanufaturada.
Esses terminais privativos vêem promovendo uma verdadeira revolução na operação portuária de contêineres no Brasil através de pesados investimentos em infra-estrutura (edificações, cais, vias de acesso) e superestrutura (instalação de modernos equipamentos de movimentação, tais como: portêineres, transtêineres sobre pneus e trilhos (*RTG* e *RMG* respectivamente), empilhadeiras de grande porte (*Reach Stackers*), conjunto caminhão – chassis), além de importantes investimentos em treinamento da mão-de-obra e da escolha correta de ferramentas de Tecnologia da Informação.
Essa Revolução é facilmente comprovada através do aumento dos índices de produtividade média de 8 a 10 contêineres-hora-navio para o atual patamar de 40 a 50 contêineres-hora-navio, com picos de até 95 contêineres – hora – navio.
Outro fator que comprova esta revolução é o aumento do volume de contêineres movimentados no Brasil, que de 1997 saltou de 1.274.030 unidades para 3.513.282 unidades em 2004, conforme dados da Associação Brasileira dos Terminais Contêineres de Uso Público - ABRATEC; conforme Figura 1 abaixo.

PORTO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
Santos	591.882	547.430	580.592	564.948	546.972	554.263	713.760	836.511	1.040.642	1.274.233
Rio Grande	81.890	108.598	128.893	142.940	162.416	195.239	211.577	272.904	324.102	389.924
Itajaí	48.984	59.197	79.877	85.202	86.975	106.899	142.191	194.949	311.181	369.295
Rio de Janeiro	128.709	130.145	154.144	154.551	161.858	162.186	187.773	200.516	214.233	235.649
S. Fco. do Sul	55.485	87.239	64.888	78.348	96.489	112.012	112.328	159.986	187.925	198.956
Paranaguá	91.460	77.087	88.448	99.801	113.524	147.033	161.672	156.046	206.621	277.542
Vitória	45.652	57.181	49.400	82.853	87.309	80.528	92.987	124.133	92.989	131.618
Salvador	39.240	48.386	44.414	39.118	54.521	62.935	68.005	87.446	109.414	125.405
Suape + Recife*	22.731	29.326	42.406	52.701	46.738	59.665	71.392	73.413	95.565	96.559
Manaus	46.152	54.250	35.845	28.986	31.683	53.734	61.760	76.497	72.313	85.347
Fortaleza	20.498	25.523	30.674	36.412	35.979	46.592	36.540	47.537	49.042	56.136
Belém	24.709	27.296	17.478	19.025	28.263	29.559	28.928	31.885	23.402	16.750
Pecém	0	0	0	0	0	0	0	12.265	44.089	67.751
Sepetiba	0	0	0	0	0	4.743	10.925	12.994	18.510	165.953
Outros	76.639	15.112	39.299	43.832	30.112	32.562	28.180	15.366	36.606	22.165
BRASIL	1.274.031	1.266.770	1.356.358	1.428.717	1.482.839	1.647.950	1.928.018	2.302.448	2.826.632	3.513.282
Aumento Anual	na	-0,6%	7,1%	5,3%	3,8%	11,1%	17,0%	19,4%	22,8%	24,3%

* Os dados referentes ao último quadrimestre de 2004 foram estimados com base em projeção de 6,1%

Fonte: Abratec

Figura 1

O crescimento dos navios operados na costa brasileira com mais de 3.700 TEUS como o *'L-Class'* do armador Maersk (os navios '*L–Class'* operados no Brasil são: Laust, Leda, Laura e Lica Maersk) corroboram o aumento da demanda e a melhoria do nível de serviço prestado no setor.
A utilização de ferramentas de Tecnologia da Informação no meio portuário evolui de simples Sistemas de Informação Transacionais (SIT), como sistemas de controle de folha de pagamento e outros sistemas de escopo administrativo para Sistemas Integrados de Gerenciamento Operacional, Administrativo e Financeiro, auxiliados por Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) e Sistemas de Apoio Executivo (SAE).

Esta necessidade do uso de ferramentas de Tecnologia da Informação ocorreu para vários fatores, tais como:

Necessidade de alinhar tecnologia e estratégia;
Atender as necessidades de autoridades locais (Alfândega, Autoridade Portuária, Órgão Gestor de Mão de Obra);
Garantir a correta operação;
Gerar informações para a tomada de decisão;
Reduzir custos;
Permitir controles básicos:
Manifesto (previsão e efetivação)
Atracação (planejamento e controle)
Plano de carga (planejamento e controle)
Atividades de Pátio (planejamento e controle)
Portaria (movimentação e segurança)
Equipamentos em geral
Envio de mensagens através de EDI para os diferentes parceiros da empresa (agentes, armadores, autoridades)

Há duas escolhas básicas sobre Tecnologia da Informação para terminais:

- O desenvolvimento de Sistemas '*In-House'*, aproveitando o conhecimento empírico dos funcionários da empresa e moldando o sistema à realidade dessa, ou;
- A compra de softwares de Gerenciamento de Terminais de Contêineres de comprovada eficiência mundial no setor.

Esses pacotes de software de Gestão das atividades administrativas e operacionais de terminais são soluções que procuram antecipar no mundo virtual todos os caminhos do container na vida real.
Há diversas destas soluções no mercado tais como o sistema *COSMOS*® utilizados pelo Terminal 37 no porto de Santos, TVV – Terminal de Vila Velha no Espírito Santo e o TECON de Sepetiba no Rio de Janeiro; o TECON Rio Grande utiliza o *NAVIS*®, com os módulos SPARCS e EXPRESS, ou ainda o *MTLS*® - *Maher Terminals Logistic System* que era utilizado pelo Terminal de Contêineres da Rio Cubatão, na cidade de Cubatão em São Paulo.

A tabela 1 explica de forma modular como são formados estes softwares.

Tabela 1 – Demonstração modular dos softwares de gerenciamento de terminais de contêineres

Módulo	Descrição das Funções
Planejamento da área de armazenagem	Responsável pelas funções de armazenamento baseados em combinações e algoritmos matemáticos.
Controle e distribuição dos equipamentos de manuseio	Controla todo o fluxo horizontal de equipamentos de transporte, tais como: *Reach-stackers*, RTG's, conjunto caminhão-chassis.
Planejamento das operações de navios	Realiza as funções de sequenciamento de embarque e descarga de contêineres verificando a pré-estivagem do navio com a condição de armazenamento de pátio, minimizando remoções nas pilhas e posteriormente gerando o arquivo de pós-estivagem.
Controle de Registro de Atividades logísticas	Controla todas as atividades logísticas de um terminal de contêineres, tais como as atividades de gate de entrada e saída, *'handlings'* logísticos, uso das funções de coletores de dados e das informações em tempo real, relatórios, registros de avarias, lacres de segurança, data-hora efetiva da movimentação, e serve de base de dados para um conjunto de diversas interfaces gráficas.
Comunicação via EDI	Administram o fluxo de informações via EDI e a relação com os respectivos parceiros.

Resumidamente estes softwares apresentam características básicas comuns, tais como um banco de dados relacional, interfaces gráficas para gerenciamento das operações e auxilio a decisão baseada em algoritmos matemáticos, modulo de relatórios e interface para envio e recebimento de mensagens EDI.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO
2.1 – CADEIA DE SUPRIMENTOS

Uma cadeia de suprimentos engloba todos os estágios envolvidos, diretos ou indiretamente, no atendimento de um pedido de um cliente, logo essa cadeia não inclui apenas fabricantes e fornecedores, mas também transportadoras, depósitos, varejistas e os próprios clientes (CHOPRA, 2003).

Conforme dito anteriormente os terminais de contêineres são uns dos elos logísticos mais importantes da cadeia de suprimentos e apresentam nas suas operações diárias praticamente todas as atividades primárias e secundárias da logística, isto é, transporte, controle de estoque e processamento de pedidos (ordens), embalagens, armazenagem, manuseio de materiais (BALLOU, 1993).

De acordo com BOWERSOX e CLOSS (2001) logística é o conjunto de todas as atividades relativas aos fluxos físicos e ao processo de transformação de produtos, desde o estagio original da matéria-prima até o usuário final, assim como o fluxo das informações relativas ou ainda CHRISTOPHER (1997), logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a maximizar as lucratividades presente e futura.

Exposto isto, fica evidente a importância da administração do fluxo de informações através de ferramentas de Tecnologia da Informação em qualquer cadeia de suprimentos e seu alinhamento com a estratégia da empresa.

2.2 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

O termo Tecnologia de Informação, ou apenas TI firmou-se a partir da década de 80, em substituição aos usuais conceitos de 'Processamento de Dados', 'Sistemas de Informações' e 'Informática'. Há autores que fazem distinção entre os termos anteriormente citados, limitando Tecnologia da Informação aos aspectos puramente técnicos e Sistemas de Informações a outras questões, tais como as informações e pessoas envolvidas, ou ainda ao fluxo de trabalho e existem autores como Henderson & Venkatraman que usam o termo Tecnologia da Informação abrangendo ambos aspectos (LAURINDO, 2002).
A Tecnologia da Informação têm evoluído dentro das organizações de uma orientação tradicional de suporte administrativo para uma posição estratégica, contudo há alguns segmentos que questionam os reais benefícios dos ganhos do uso de ferramentas de Tecnologia da Informação, tais como a Intercâmbio Eletrônicos de Dados (EDI) e *E-commerce* nas suas operações através de página Web.
Este questionamento não é diferente na industria marítima, isto é, armadores, agentes marítimos, operadores portuários, terminais de contêineres, depósitos de vazios, autoridades portuárias e outras instituições do setor despertaram, ainda que recentemente para os seus benefícios, apesar do uso da ferramenta de Intercâmbio Eletrônica de Dados (EDI) não ser nenhuma novidade no processamento de pedidos logísticos.

2.2.1 – ESTRATÉGIAS GENÉRICAS DE PORTER

De acordo com PORTER (1980) as estratégias genéricas, representadas na figura 2, pode-se obter vantagem competitiva através da 'liderança por Custo' – bastante comum nos anos 70, que implicava em operar com custos baixos e que exigia grande participação no mercado e elevados investimentos; a ' liderança por Enfoque' que busca atender a um alvo muito bem determinado, de forma eficiente e com melhores resultados que a concorrência ou a 'liderança pela Diferenciação'.
Neste ultimo caso a Diferenciação pode ser dividida por diferenciação em imagem de marca ou diferenciação tecnológica.

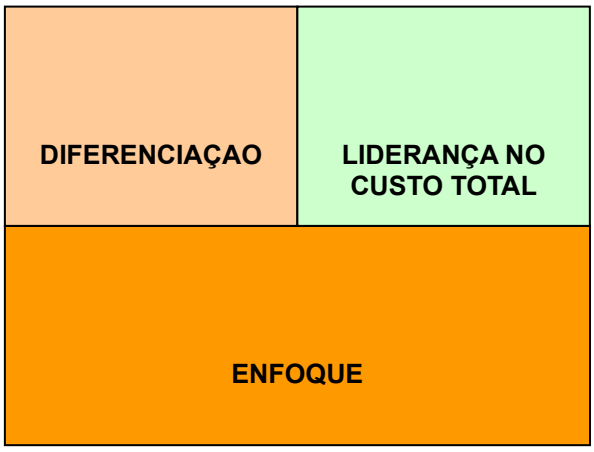


Figura 2 – Estratégias genéricas de Porter.

O uso de Tecnologia da Informação em terminais de contêineres representa uma vantagem estratégica por diferenciação tecnológica, pois os altos investimentos em equipamentos (empilhadeira de grande porte (*Reach-stackers*), transtêineres, portêineres, conjuntos caminhão-chassis), arrendamento e adicionados o pagamento de mão de obra avulsa compulsória dificulta a operação a baixos custos; e o enfoque dos terminais concorrentes é muito semelhante em mercado e segmento de linha de serviços; contudo a diferenciação através de tecnologia acaba agregando valor à marca daquele terminal.

2.2.2 – GRID ESTRATÉGICO DE MCFARLAN

O grid estratégico de McFarlan (1984) permite visualizar, em linhas gerais, se a Tecnologia da Informação (TI) está relacionada a estratégia do negócio da empresa. O grid estratégico representado na Figura 3 permite analisar o impacto no negócio da empresa de aplicações de Tecnologia da Informação (TI) presentes e futuras, definindo quatro quadrantes, onde cada um destes representa uma situação para a empresa: Suporte, Fábrica, Transição e Estratégico.

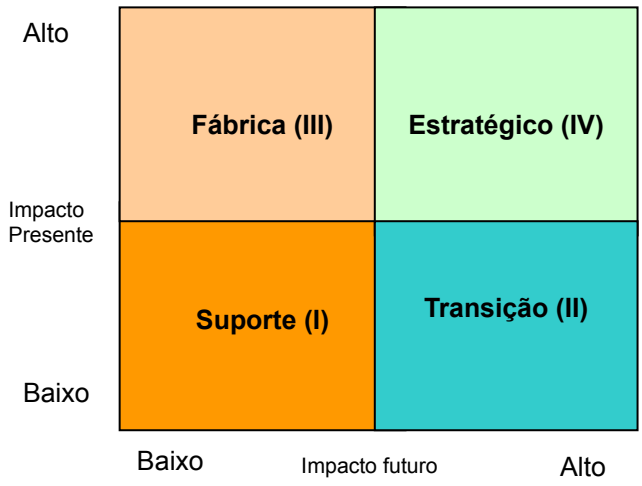


Figura 3 – "Grid Estratégico" de McFarlan

Quando a empresa se posiciona no quadrante (I) Suporte a Tecnologia da Informação possui pequena influência nas estratégias atuais e futuras da empresa; Caso a empresa esteja situada no quadrante (III) Fábrica suas aplicações de Tecnologia da Informação existentes contribuem decisivamente para o sucesso da empresa, contudo não são previstas novas aplicações que tenham impactos estratégicos; No quadrante (II) Transição a Tecnologia da Informação passa de uma posição mais discreta ("suporte") para uma de maior destaque na estratégia da empresa e finalmente, o quadrante (IV) Estratégico onde a Tecnologia da Informação tem grande influência na estratégia geral da empresa, tanto as tecnologias atuais como as futuras afetam o negócio da empresa.
Os terminais de contêineres estão posicionados no quadrante (II) de transição, pois a Tecnologia da Informação assumiu uma posição de destaque e dependência nas atividades operacionais, como por exemplo, o armazenamento de contêineres, o sequenciamento de embarque e da necessidade de informação em tempo real, isto é, o tempo durante o qual se verifica efetivamente um processo físico. Relativo ao modo de operação no qual o desempenho do computador é tal que os resultados possam ser usados para orientar o

processo físico na seqüência e nos tempos dos seus eventos e da obrigatoriedade de informar via EDI, todas as entidades participantes do processo de comércio exterior ou a Supervia de Dados, posiciona os terminais de contêineres no quadrante (II) de transição.

2.2.3 – MATRIZ DE INTENSIDADE DE INFORMAÇÃO DE PORTER E MILLER

A matriz de Intensidade de Informação de Porter e Miller (1985) permite analisar o quanto de informação está contido à cadeia de valor (processo) e a quantidade de informação que compõe o produto final. Desta forma existem graus de investimento em Tecnologia da Informação adequado à sua área de negócios. A figura 4 abaixo indica a posição que se encontram os terminais de contêineres e conforme pode ser notado, esses estão no mesmo nível dos Bancos.

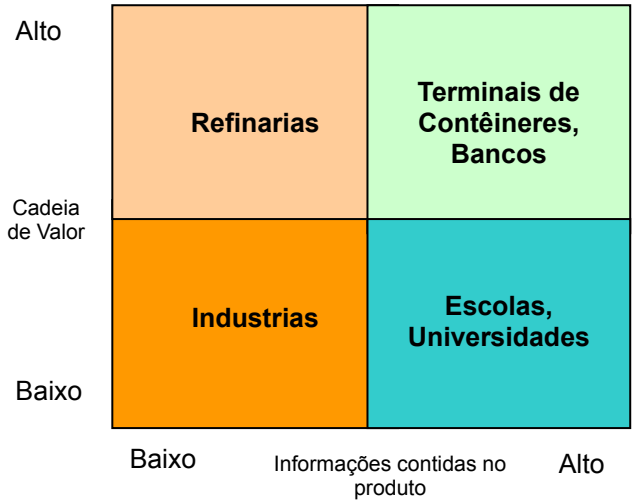


Figura 4 – "Matriz de Intensidade de Informação de Porter e Miller"

2.2.4 – NÍVEIS DE TRANSFORMAÇÃO DA EMPRESA COM TI

Venkatraman (2000) definiu que a tecnologia deve ser usada de forma estratégica pelas empresas, oferecendo desta forma diferencias de competitividade e identificou cinco níveis de transformação de uso da tecnologia como ferramenta estratégica, conforme Figura 5.

- Nível 1- **Exploração Localizada**: neste nível o uso da tecnologia ocorre de forma discreta em processos localizados.
- Nível 2 - **Integração Interna**: neste nível a empresa realiza a integração com os fornecedores
- Nível 3 - **Reengenharia de Processos**: a tecnologia está sendo usada para mudar o negócio.
- Nível 4 **- Reengenharia** de Redes de Negócios: a tecnologia é usada para redefinir a rede de negócios.
- Nível 5 - **Redefinição do Escopo dos Negócios**: a tecnologia é usada para redefinir o escopo dos negócios, explorando novas oportunidades.

Podemos afirmar que os terminais de contêineres já passaram pelos níveis 1 e 2 (exploração localizada e integração interna de processos respectivamente) da fase

evolucionária e pelo nível 3 (reengenharia de processos) da fase revolucionária . Atualmente estão comprometidos e possuem atividades nos níveis 4 e 5 (reengenharia da rede negócios e Redefinição do escopo dos negócios respectivamente) , um exemplo dessas atividades são os serviços oferecidos via Internet; tais como transações via WebEDI e emissão de relatórios customizados.

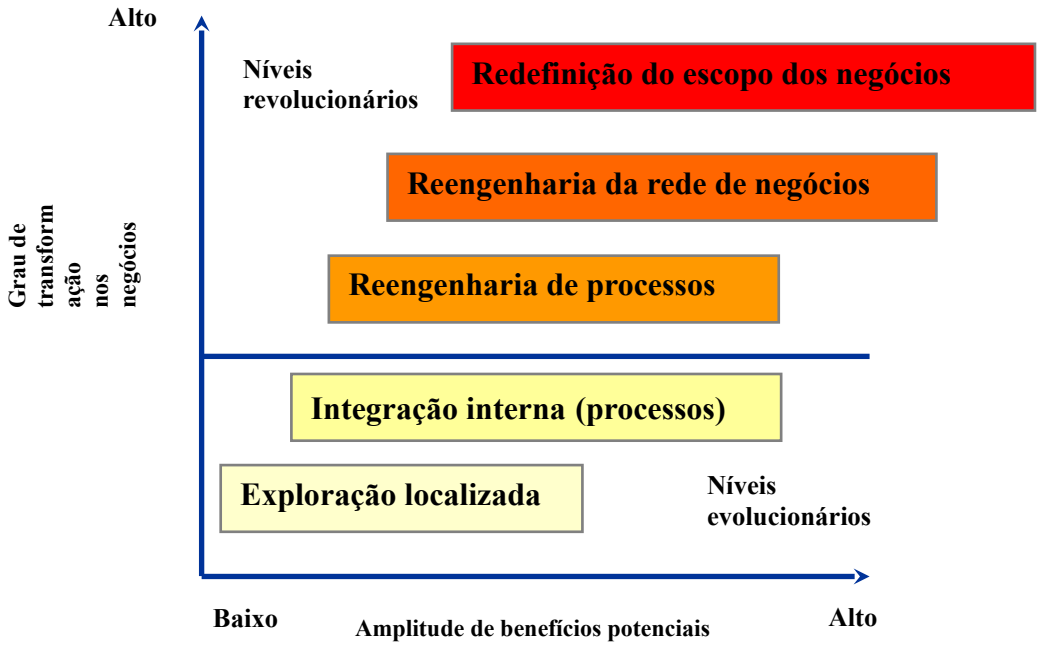


Figura 5 – "Níveis de Transformação de Venkatraman"

2.3 – INTERCÂMBIO ELETRÔNICO DE DADOS – EDI

A sigla EDI ('*Eletronic Data Interchange'*) representa o conceito de Intercâmbio Eletrônico de Dados, que consiste basicamente de acordo com Dearing na transmissão de dados de negócios numa forma estruturada e eletrônica, de uma aplicação em computador de uma empresa para o computador de outra, de forma interativa, envolvendo os sistemas de ambas as organizações. Esse é sem duvida um dos usos mais poderosos da Tecnologia de Informação do ponto de vista estratégico.

O uso desta ferramenta de Tecnologia de Informação surgiu na década de 60 nos Estados Unidos com a indústria automobilística com fornecedores e clientes, que visavam uma maior eficiência do setor de produção quanto aos processos de pedidos; mais tarde as companhias aéreas passaram a utilizar o EDI para o controle de emissões de passagens (TORRES, 1995) e hoje a indústria marítima (armadores, agentes, despachantes aduaneiros, terminais de contêineres e outros) utilizam de forma intensiva para controle de eventos operacionais, tais como: transações de *gate in/gate out* entre os terminais, operações de embarque e descarga, remoções via terra e envio de 'bookings'.

O Intercâmbio Eletrônico de Dados – EDI contempla três componentes básicos numa rede de fluxo de informações; estes componentes são: Meios de comunicação, software de tradução e padrão de mensagens (BURRMANN et CAMPOS 1999).

2.3.1- COMPONENTES BÁSICOS DO EDI

Para que ocorra a implantação de um projeto de Intercâmbio Eletrônico de Dados – EDI entre organizações é preciso definir claramente os três componentes básicos.

2.3.1.1 – MEIOS DE COMUNICAÇÃO

Diversas são as formas de meios de comunicação para interligar as organizações. Os mais utilizados são FTP – '*File Transfer Protocol'* , SMTP – '*Simple Mail Transfer Protocol'* , VAN – '*Value Added Network'*, VPN – '*Virtual Private Network e Internet'*.

2.3.1.2 – SOFTWARE TRADUTOR

O software tradutor realiza basicamente cinco funções de interação com o sistema de gerenciamento de um terminal. Estas funções podem ser enumeradas da seguinte forma:

1. Extração das informações do Banco de Dados.
2. Tradução ou Conversão das informações extraídas do Banco de Dados em mensagem estruturada definida com o parceiro.
3. Formatação ou Customização das informações de acordo com a solicitação do parceiro.
4. Envio da Mensagem de acordo com o meio de comunicação estabelecido entre os parceiros.
5. Controle de envio e recebimento das mensagens.

2.3.1.3 – PADRÕES DE MENSAGENS

O padrão de mensagens definido entre os parceiros é a parte mais importante do processo de Intercâmbio Eletrônico de Dados – EDI, pois é este padrão que ditará como deve ser a estrutura da mensagem e sua respectiva formatação. A tabela 2 mostra os quatro padrões segundo Fernandes (1996).

Tabela 2 – Descrição dos padrões de mensagens.

Padrão	**Descrição**
Proprietário	Usual entre os parceiros da industria marítima, criado para atender necessidades individuais.
Setorial	Finalidade de atender as necessidades de um determinado segmento de mercado
Nacional ou Regional	Surgiram para eliminar obstáculos entre empresas e setores da economia.
Internacional	Padrão que surgiu com a finalidade de que todos os parceiros envolvidos mundialmente pudessem entender e aplicar em seus respectivos sistemas.

Há dois padrões internacionais usualmente utilizados pelos parceiros da industria marítima, o padrão ANSI –'*American National Standards Institute'*, que é a organização formada por grupos da comunidade industrial e comercial dos Estados Unidos e o padrão mais utilizado atualmente UN/EDIFACT – '*United Nations/Eletronic Data Interchange For Administration Commerce and Transport'*, que é de responsabilidade da ISO – '*International Organization for Standartization'* por desenvolver regras de sintaxe e dicionário de dados; e da Comissão Econômica para a Europa das Nações Unidas pelo desenvolvimento de documentos

2.3.1.4 – MENSAGENS E EVENTOS DOS CONTÊINERES

As mensagens desenvolvidas pela UN/EDIFACT para as atividades de movimentação de contêineres são descritas no Guide to UN/EDIFACT container message pelo ITIGG – *International Transport Implementation Guidelines Group* , que é um subgrupo de trabalho da UN/EDIFACT.
A tabela 3 descreve um grupo das 16 principais mensagens utilizadas na movimentação de contêineres, em operações de navios, em recebimento ou entrega em terminais de contêineres ou depósitos de vazios ou em qualquer terminal intermediário, em operações de estufagem e desova.
A tabela 4 indica a relação de envio e recebimento pelos parceiros das mensagens.
Na tabela 3 e 4 a determinação TECON corresponde aos terminais de contêineres.

Tabela 3 – Descrição das Principais Mensagens utilizadas por terminais de contêineres

Mensagem	Descrição da Função da Mensagem
BAPLIE	Plano de pos-estivagem (*bayplan*) a bordo do navio.
CALINF	Informação da escala de navio.
COARRI	Relatório da movimentação dos contêineres de embarcados e descarregados.
CODECO	Relatório de transações de Gate de entrada e saída (gate in – out)
CODENO	Informa que o documento liberatório de exportação expirará
COEDOR	Relata os contêineres estocados (inventário)
COHAOR	Indicação de movimentação especial para contêineres
COPARN	Cria *bookings* para contêineres cheios e vazios
COPINO	Mensagem de pré-notificação/confirmação que o veiculo transportador chegará em uma janela de tempo para entrega ou recebimento de carga
COPRAR	Cria a ordem de embarque ou descarga
COREOR	Cria a ordem de liberação para entrega (pagamento de taxas)
COSTCO	Confirma a estufagem ou a desova
COSTOR	Cria a ordem para estufagem ou desova
CUSCAR	Informa toda a carga manifestada de importação
DESTIM	Relata as avarias do container e estima ou aprova o reparo
VESDEP	Informação de saída do navio

Tabela 4 – Relação de Envio e Recebimento das Mensagens

Mensagem	Remetente da mensagem	Recebedor da mensagem
BAPLIE	Center planner do armador Terminal de contêineres	Terminal de contêineres Center planner
CALINF	Armador	Terminal de contêineres
COARRI	Terminal de contêineres	Armador/agente
CODECO	Exportador Terminal de contêineres Deposito de vazios CFS	Armador/agente
CODENO	Terminal de contêineres	Armador, agente
COEDOR	Terminal de contêineres Deposito de vazios CFS	Armador/agente Leasing Agente Alfândega
COHAOR	Armador/agente Leasing	Terminal de contêineres Deposito de vazios CFS Terminal Intermodal
COPARN	Armador/agente Leasing de contêineres	Terminal de contêineres Deposito de vazios CFS Leasing Terminal Intermodal
COPINO	Transp. Rodoviários Transp. Ferroviários	Terminal de contêineres Deposito de vazios CFS Terminal Intermodal
COPRAR	Armador/agente	Terminal de contêineres
COREOR	Armador/agente	Terminal de contêineres CFS Terminal Intermodal
COSTCO	Terminal de contêineres CFS Terminal Intermodal	Armador/agente
COSTOR	Armador/agente	Terminal de contêineres Deposito de vazios CFS Terminal Intermodal
CUSCAR	Armador Agente	Terminal de contêineres Alfândega
DESTIM	Deposito de vazios Terminal Intermodal	Armador/agente Leasing
VESDEP	Terminal de contêineres	Armador/agente

2.4- BENEFÍCIOS NO USO DO EDI

São três tipos de benefícios na utilização de EDI:

- Diretos;
- Indiretos; e,
- Estratégicos

Na categoria de **benefícios diretos** são apresentadas as economias de redigitação – estima-se que 70% dos dados de saída ("outputs") de uma aplicação de uma empresa serão os mesmos dados de entrada ("inputs") em outros sistemas, economia de postagem, redução de custos de manuseio das informações e maior acuracia. Estima-se ainda que cerca 30% de todos os papéis para fins comerciais que circulam no mundo tem relação com o gerenciamento de transporte e que 50% desta documentação possui algum erro.
Entre os **benefícios indiretos** podemos apontar a redução de paradas de linhas de produção, a diminuição da falta de estoque e auxilio na mudança de política de estoques, além da integração com sistemas JIT ("Just in Time").
Os benefícios mais significantes e normalmente menos tangíveis são os **estratégicos**, que são aqueles cujo compartilhamento de informações pode levar a uma posição mais forte de mercado e aumento de participação de mercado, contato direto com o cliente permitindo conhecê-lo melhor e atendê-lo em suas necessidades, e a criação de uma dependência por parte do cliente (TORRES, 1995).

2.4.1– BENEFÍCIOS NO USO DO EDI NAS ATIVIDADES DE TERMINAIS DE CONTÊINERES

Dentre os listados anteriormente, identificamos facilmente os benefícios estratégicos conforme já relatados no item 2.4, que são o compartilhamento de informações do cliente que leva aos parceiros a possuírem uma relação mais estreita; Quanto aos benefícios diretos relacionamos a redução de troca de relatórios em papel, redução de erros, redução de mão de obra ou um melhor aproveitamento desta em atividades de controle e gerenciamento de informações ao invés de atividade de simples digitação.
Exemplificando através dos tipos de mensagens mais utilizadas pelos armadores, agentes e terminais.
A Mensagem BAPLIE permite uma desatracação mais rápida do navio, uma vez que todas as dadas necessárias sobre o plano de bordo estão contidas nela, tais como: o número do container, peso, tipo, dimensões de excesso, número IMO e classificação IMDG, temperatura, instruções especiais (por exemplo: 'Under Deck' (UD) or 'Wheter Deck' (WD)), lacres, posição a bordo ('stowposition'). A mensagem BAPLIE ainda permite que possam ser feitas verificações das informações registradas no plano de descarga com as informações declaradas no manifesto de importação, reduzindo assim problemas operacionais no momento da operação de descarga.
A Mensagem COARRI serve como confirmação da operação de embarque e descarga do container e as principais informações são: o número do container, data e hora da operação, avarias registradas antes do embarque ou após a descarga, lacres, tipo do container, peso, dimensões, temperatura.
A Mensagem CODECO informa as transações de gate de entrada e saída, isto é: data e hora de entrada e saída do caminhão ou vagão, documento de referência (booking, RC de vazios, processos), numero do container, peso registrado, avarias, lacres.

A Mensagem do tipo COPARN evita a digitação da documentação de bookings para exportação e a mensagem CUSCAR que evita a digitação do manifesto de carga de importação.
Contudo há também alguns problemas na utilização de mensagens EDI, especialmente no que tange a indicação de liberação da carga pela alfândega, pois usualmente a carga quando é recebida nos terminais na Europa e Estados Unidos já está liberada pela Alfândega, coisa que nem sempre acontece no Brasil. Não há segmentos específicos nestas mensagens para indicação de que a carga esta bloqueada ou liberada pela Alfândega. Esta informação seria de grande importância para os terminais, pois permitiria segregar estas cargas no pátio de acordo com o seu atual status já no gate de entrada, evitando ou reduzindo as remoções nas pilhas prontas para os navios.

2.5– INTEGRAÇÃO DAS MENSAGENS EDI COM OUTRAS FERRAMENTAS DE TI

Além dos benefícios anteriormente citados do uso do EDI, há ainda a possível utilização do conteúdo das mensagens aplicadas para atualização de páginas Web do Armador e "tracking", isto é, rastreamento destas informações pelo usuário da página , conforme demonstra a figura 6.

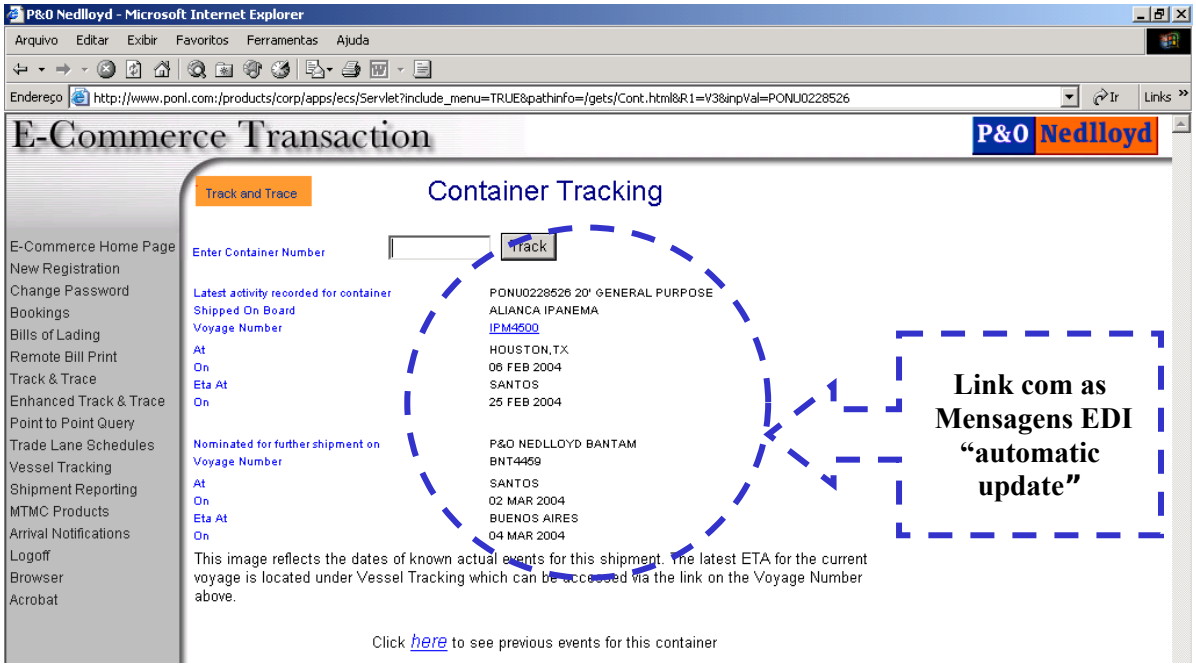


Figura 6 – Integração de mensagens EDI com página WEB

3– METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho foi baseado em coleta de dados de fontes primárias e secundárias. Os dados de fonte primária foram coletados através do desenvolvimento utilização de software tradutor SIGNAL do sistema COSMOS® s e das através do envio das mensagens diárias para seus parceiros – armadores, agentes, supervia e autoridade aduaneira.
Já as fontes secundárias, isto é os clientes armadores e agentes foram consultadas através de contatos telefônicos, breve entrevista sobre quais mensagens utilizavam ou pretendiam utilizar e de relatórios de registro da empresa.

4 - CONCLUSÕES

A utilização de Tecnologia de Informação pelos Terminais de Contêineres e demais parceiros desta cadeia denominada porto, não é mais um diferencial competitivo, mas obrigação competitiva e também a forma mais rápida e segura de transacionar e gerenciar o fluxo de informações entre os seus membros. E não pode ser encarada apenas como uma simples ferramenta de apoio às operações, mas como uma ferramenta empresarial que auxilie a alterar as bases da competitividade e estratégias empresarias.
Através de uma adaptação do modelo de Nolan (1979) para o uso de TI na Industria Marítima nota-se que os Terminais de Contêineres e os demais parceiros (armadores, agentes, transportadores) já passaram de um estágio de Iniciação e Contágio ou Disseminação (onde pouco se levam em conta às tendências das tecnologias de hardware, software e comunicação de dados ou do estágio de Controle) para um estágio Intermediário entre os estágios de Integração e o de Administração, isto é, ênfase da TI para contribuir com os objetivos dos negócios, focando melhorias na satisfação dos clientes e integração destas atividades ao negócio da empresa, com demonstrações de reais benefícios operacionais e estratégicos.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOPRA, S., e MEINDL,P.(2003), “Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos”, Parte I, paginas 3-4.

BALLOU, Ronald (1993),”Logística Empresarial”, páginas 26-27

BOWERSOX,D., e CLOSS, D.(2001),“logística Integrada: O processo de Integração da Cadeia de Suprimentos.(2001)

CHRISTOPHER, M.(1992), “Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos”, página 2.

LAURINDO, F.J.B.(2002), “Tecnologia da Informação: Eficácia nas organizações”, páginas 19 – 22, 35 - 38.

PORTER, M.E.(1985),”Vantagem Competitiva:Criando e Sustentando um desempenho superior”, páginas 9 – 15.

TORRES, N.A. (1995), “Competitividade Empresarial com a Tecnologia da Informação”, páginas 197-210.

BURMANN, C.R.N.,e CAMPOS,V.B.G.(1999),”A Tecnologia de Intercâmbio de Dados na operação do transporte de carga”, artigo do Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2000, páginas 361 – 372.

_____. (1998),”Dicionário de Informática”, páginas 373, 672, 746, 757.

_____.(1997), “Guide to UN/EDIFACT Container messages”, páginas 2 -14.

MEIRELLES, F.de S. (1994),”Informática: novas aplicações com microcomputadores, páginas 407.

XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA

Guayaquíl, Octubre 24 – 28, 2005.

EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA NAVAL CUBANA

Dr. José González Cobas
Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte
La Habana, Cuba.

RESUMEN

José González Cobas

Director de la Unidad de Ciencia y Técnica de Base "Transporte Marítimo", del Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte de la República de Cuba.

Dirección particular: Ave. 198 No. 20303 entre 199 y 201, Reparto Maria del Carmen, Boyeros. La Habana, Zona Postal 10,800. Cuba.

Carretera del Cristo No. 3, Casablanca, Municipio Regla, La Habana. Apdo. Postal: 17-029 .

Teléfono Particular: (537) 45 4892 – Teléfono Oficina: (537) 862 3051 ext. 245; (537) 862 7035 – Fax: (537) 866 8250. E-mail: jgcobas@it.transnet.cu

El presente trabajo persigue la realización de una rápida y completa visión acerca de la industria naval cubana, comenzando por mencionar un poco de historia, la que comienza realmente con el descubrimiento de América y de ambas culturas, hasta nuestros más recientes días. El relato histórico permite conocer como evolucionó la industria de construcción naval en la época colonial, cuando tuvo su climax y su posterior decadencia, producto del subdesarrollo en que se sumió a la entonces colonia y la desatención a su economía domestica.

Se ofrecen detalles de carácter administrativo en cuanto a la organización empresarial y el control de diferentes organismos de la administración central del estado hacia astilleros y talleres navales, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de cada sector en lo relativo al mantenimiento y reparación de embarcaciones que operan empresas controladas por los mismos. En este sentido se observa que hay nueve ministerios y entidades locales subordinadas que operan talleres navales de distintos tamaños y niveles tecnológicos.

Es objeto principal del trabajo, exponer las capacidades de varada de los distintos talleres y astilleros, así como el balance demanda-capacidad en función de la cantidad de embarcaciones que se operan en el país por diversos armadores. Importancia del análisis lo es el estado técnico de las instalaciones y su aprovechamiento de capacidades. En la última parte del trabajo se exponen las perspectivas previstas para el desarrollo de la industria naval en los próximos diez años considerando dos escenarios.

INDICE

Pagina

I. La historia

II. Astilleros Navales

1. Ministerio del Transporte
2. Ministerio de la Industria Pesquera
3. Ministerio de la Construcción
5. Ministerio del Turismo
6. Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
7. Ministerio de la Agricultura
8. Ministerio de la Industria Básica
9. Organismos locales del Poder Popular

III. Medios de varada: Capacidad y estado técnico de varaderos y diques

1. Varaderos
2. Diques
3. Otros medios técnicos.
4. Análisis de la demanda – capacidad en reparación y construcción Naval.

IV. Perspectivas del sistema de talleres navales.

1. Primer escenario: Perspectivas del sistema de talleres navales considerando el bloqueo de los E.U.A. hasta el 2010.
2. Segundo escenario: Perspectivas del sistema de talleres navales, considerando, en una primera etapa, las restricciones eliminadas y en una segunda etapa, la apertura total.
3. Proyecciones de trabajo para los próximos diez años.

I. La historia

Los primeros colonizadores que llegaron a Cuba, a finales del siglo XV, encontraron toda una comunidad de indígenas que desarrollaban un grupo de actividades para garantizar su subsistencia y la de su colectividad. Sin dudas una de estas actividades, vinculadas al mar, la constituía la pesca, para la cual estaban destinados un grupo de hombres fuertes y ágiles, que llegaron a especializarse en la misma.

Para muchos, quizás, no resulte relevante iniciar la leyenda desde el referido siglo, pero para otros, como es nuestro caso, si. Y el hecho es que, a partir del arribo a tierras cubanas de aquella flota de conquistadores procedentes del Viejo Mundo, "vapuleada por un océano desmesurado y por las urgencias audaces y codiciosas" de sus tripulantes, se producía inevitablemente, una mezcla de razas y culturas que provocarían cambios irreversibles en nuestra historia, y que, con el tiempo, dieron origen a nuestra nacionalidad.

En la segunda década del siglo XVII, aparece la Industria Naval en Cuba, cuyos antecedentes datan de la firma de un contrato para la construcción de balajes en la Habana, firmado en 1622 por la Junta de Guerra de la corona española con Don Diego Ferrera, uno de los Armadores más importantes de su época, pero no es hasta un siglo después, en 1724, que se realiza, con el lanzamiento del navío "San Juan", la apertura oficial del Astillero y Arsenal de la Habana, reconocido como el primero de su tipo en América.

A partir de aquí se fabricaron embarcaciones de variado porte y arboladura, producción que fue frustrada por decisiones de la metrópoli, siendo el "Cristóbal Colón" el último buque lanzado al mar en 1852. Hasta 1861, la flota pesquera de la Habana se componía de 48 barcos viveros para la pesca, de 6 u 8 tripulantes y 130 embarcaciones menores. Otros 20 barcos de escaso porte operaban en los puertos de Matanzas y Casilda.

Durante toda esta etapa se generaron fuentes de empleos para muchas personas, y para el siglo XX, en el que se inicia la etapa de la pseudo república en nuestro país, se introducen algunos elementos nuevos en la vida de los hombres del mar.

Comienzan a navegar las primeras goletas para el cabotaje y para la pesca en aguas mexicanas, introduciéndose la captura del camarón, y desarrollándose la de la langosta, se inicia también de manera incipiente el desarrollo de la marina mercante; Se oficializa la marina de guerra y la Cátedra Náutica, creada ya desde la época de la colonia. Dicha Cátedra fue adscripta, mediante un decreto, a la Academia Naval en 1929, constituyéndose de esta forma la Escuela Náutica para la marina mercante.

Con el triunfo de la Revolución Cubana en el año 1959, se produjo un considerable incremento de la construcción naval, ocurriendo el 7 de Enero de 1960 el lanzamiento de la primera embarcación pesquera en el Puerto de Manzanillo, denominada "Sigma", con 10 metros de eslora y motor 35 hp, a la que siguió la construcción de otras de mayor complejidad y tamaño hasta las 1,500 TPM, todo lo cual ese expone en el presente trabajo.

A partir de ese año la industria naval cubana se desarrolló si se quiere un poco extensivamente, pues de los 42 pequeños astilleros existentes para la reparación de embarcaciones de madera, se construyeron otros 20 para el servicio a la entonces incipiente flota pesquera de pequeñas embarcaciones de madera, así como para comenzar la construcción naval de las pequeñas embarcaciones pesqueras de plataforma, totalizando en la década de los años 60 un total de 62 astilleros.

Posteriormente a inicios a fines de la década de los años 60 se construyó un astillero para la reparación de grandes pesqueros de acero en el puerto de La Habana y años después a inicios de la década de 70 se terminó un astillero de reparación naval en La Habana y se edificó una instalación para construir patanas, remolcadores y otras embarcaciones de hasta 1,500 TPM en Santiago de Cuba, segundo puerto en importancia del país.

Pasados estos años y a partir de comenzar la construcción naval de buques pesqueros mayores se racionalizó la construcción naval en solo 6 astilleros, quedando otros solo para la reparación naval, situación ésta que se mantiene a inicios del milenio actual.

II. Astilleros Navales

La actividad de reparación y construcción naval en el país se agrupa en los organismos siguientes:

- Ministerio del Transporte (MITRANS) - Ministerio de la Industria Pesquera (MIP)
- Ministerio de la Construcción (MICONS) - Ministerio del Turismo (MINTUR)
- Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias - Ministerio de la Agricultura
Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) - Organismos locales del Poder Popular

También realizan la actividad de reparación y construcción naval, Empresas Mixtas con capital extranjero entre las que se encuentran:

- C. D. C. Habana, Casablanca.
- Damex Shipbuilding Engineering Astillero del Níspero. Santiago de Cuba

Se ha considerado evaluar a los astilleros y talleres navales, por organismos, con cierto nivel de detalle en cuanto a la ubicación geográfica, área total que ocupa la instalación en metros cuadrados, nombre de la Empresa y Asociación a la que pertenece, las producciones y/o servicios que se realizan y los principales medios de varada.

Ministerio del Transporte

Este Organismo tiene una gran influencia en la industria naval cubana. Su principal fuerza productiva se concentra en "Astilleros Asociados". Se dedica a las reparaciones y construcciones navales, servicios de reparaciones en puertos, servicios a las industrias y el turismo, trabajos de ingeniería en general y está integrada por los astilleros "Roberto Nodarse", Astilleros del Oriente, Empresa Nacional de Astilleros (ENA), Taller "Margarito Iglesias" y Buró de Proyectos e Ingeniería Naval BINAVAL.

A pesar de las restricciones económicas, Astilleros Asociados, ha reportado ingresos superiores a los treinta millones de pesos a partir de 1999, con estados de resultados favorables, entorno a los doce millones de pesos. En Cabañas, Mariel, La Habana, está situado el Astillero "Roberto Nodarse". Esta instalación tiene un área de producción de 3906 m^2, siendo su área total de 64000 m^2 de la cual su mayor parte está disponible para desarrollo.

Tienen dos varaderos: El varadero No.1 de 326 t. y el varadero No.2 de 200 t. Este astillero debe mejorar su estado técnico - organizativo en general.

En la Bahía de la Habana se cuenta con un conjunto de talleres que en lo fundamental realizan reparaciones a flote, contando con un equipamiento de primera calidad, con fuerza técnica de alta calificación. En lo que respecta a medios de varada cuentan con el varadero José A. Echevarría, con capacidad de izaje de 100 t.. La ENA tiene arrendado sus talleres y medios de varada a la Curacao Drydock Co. Estas instalaciones cuentan con el único dique seco del país para buques de hasta 15 000 t. y dos diques flotantes, uno de 22 000 t. y otro de 4,500 t. de capacidad de izaje respectivamente. Tambien se cuenta con un taller debe mencionarse –TRENA- que realiza reparaciones y recuperaciones de piezas navales principalmente, cuya labor resulta de gran interés e importancia.

En la Isla de la Juventud, existe un taller de reparaciones que posee una amplia área para su instalación, así como naves para taller. Esta entidad cuenta con un puntal de 60 t. de capacidad de izaje.

En la provincia de Villa Clara se dispone de dos instalaciones que son operadas por la ESPC "Asport", están situadas en los puertos de Isabela y Caibarién. Taller Naval y varadero de Caibarién, es una instalación de unos 1000 m² con 630 m² edificaciones, tiene 16 trabajadores directos, un varadero de 200 t. de capacidad y un equipamiento de máquinas herramientas adecuado a sus características. El Taller Naval y varadero de Isabela es una instalación de 2500 m² aproximadamente con unos 420 m² de edificaciones su fuerza de trabajo directa es de 8 trabajadores. Su varadero es de 450 t. de capacidad y está en buen estado.

En la provincia de Camagüey opera de la Empresa de Navegación Caribe en Nuevitas. Este Taller Naval tiene un área de 4500 m² sus edificaciones cubren unos 1400 m². Su fuerza de trabajo es de 60 trabajadores directos y operan dos varaderos uno de 560 t. y otro de 70 t, ambos en buen estado. La dotación de máquinas herramientas se corresponde con su actividad actual.

En la provincia de Santiago de Cuba existen dos instalaciones: Astilleros del Oriente y la Unidad Básica de Servicios Marítimos de la Empresa de Navegación Caribe.

La Empresa Astilleros del Oriente tiene un área de unos 15000 m² y sus edificaciones alcanzan unos 2000 m², es una instalación que está en desarrollo y la misma está compuesta por: Astilleros Díaz Comiche, Taller Damex y Bareflot. Laboran en estas dependencias 257 trabajadores directos. Tienen un varadero de 250 t. de capacidad con 6 apartaderos. La dotación de máquinas herramientas se corresponden con la instalación. Se encuentra en una zona de tráfico marítimo de interés, pues en la costa sur de la Isla no hay otras instalaciones de competencia hasta Cienfuegos. Los medios de varada de la provincia Granma son para embarcaciones de no más de 150 t.

En la provincia Granma existe una instalación operada por la Empresa de Navegación Caribe que tiene un área de unos 5000 m², 436 m² de edificaciones y una fuerza de trabajo directa de unos 30 obreros. EL varadero que operan tiene una capacidad de 150 t. con 4 apartaderos y está en buen estado técnico.

El Ministerio de Transporte desde el punto de vista constructivo, está ligado a la entidad A.V Damex Shipbuilding and Ing. que radica en Santiago de Cuba. Esta entidad produce patanas, embarcaciones autopropulsadas, remolcadores, barcazas Ro – Ro, Catamaranes de aluminio y otras embarcaciones, las cuales tienen como destino su utilización tanto en el país como para vender al exterior. Este astillero cuenta con un varadero de 500 t. de capacidad con dos apartaderos y tiene el equipamiento adecuado para la labor que realiza.

Ministerio de la Industria Pesquera (MIP).

Este es el Organismo que cuenta con la más amplia red de instalaciones dedicadas a la reparación y construcción naval. Entre ellas están los talleres de mantenimiento y reparación de las asociaciones pesqueras y los astilleros de reparación y construcción naval.

<u>Asociaciones pesqueras:</u>

La actividad de reparación se encuentra dispersa en el país y responden a una organización acorde con la división político administrativa, a través de las 13 asociaciones pesqueras.

El área total que ocupan las instalaciones de las asociaciones pesqueras del MIP es de 190000 m^2, de la cual sólo 26000 m^2 está ocupado por los talleres productivos, representando el 13.6% del total. La mayor parte está disponible para desarrollo.

La fuerza de trabajo directa es de 733 trabajadores y cuentan, además, con los medios de varada necesarios para garantizar el mantenimiento y reparación de la flota de pesca que opera en sus respectivas zonas.

Astilleros de reparación y construcción naval del MIP

Los principales astilleros de reparación y construcción naval del MIP se encuentran agrupados en la Asociación ARGUS**,** que cuenta con establecimientos en diversas partes del país. Esta asociación tiene una capacidad productiva de 810 000 Horas – Hombres/ año, sólo en el año 2000 se reportó una producción mercantil de 58.1 millones de pesos de un Plan de 50.9 millones de pesos, para un cumplimiento del 114% .

Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias

El Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias es otro de los Organismos que tiene gran influencia en la industria naval cubana, cuenta con instalaciones capaces de reparar y construir embarcaciones; sus establecimientos radican en Ciudad de la Habana con la Empresa Militar Industrial "GRANMA", en Cárdenas con la Empresa de Astillero "Victoria de Girón" y en Cienfuegos con la Empresa Astillero de Cienfuegos y las instalaciones de GEOCUBA..

Ministerio de la Construcción

Entre los organismos que dirigen instalaciones para la reparación de embarcaciones se encuentra el Ministerio de la construcción, a través de la Empresa de Obras Marítimas, cuya base técnica se encuentra en Regla. El área total de la instalación es de 45 000 m² y las naves y talleres ocupan unos 4218 m².

El objetivo fundamental de este astillero es la reparación y el mantenimiento a la flota técnica de construcciones portuarias y de dragados. Sus trabajos son en cascos de acero pero realiza, además, trabajos de maquinado, mecánica naval, electricidad, carpintería, pailería, soldadura electrónica, refrigeración y oxicorte. Cuenta con las máquinas herramientas que le permiten

realizar los trabajos descritos. La fuerza laboral directa del Astillero es de 230 trabajadores. Su instalación principal es un varadero de 400 toneladas de capacidad de izaje.

Ministerio del Turismo

El Ministerio del Turismo se ha incorporado a las actividades de mantenimiento y reparación de embarcaciones a través de sus organizaciones Emprotur, Puerto Sol y Cubanacán**.**

Corporación Cubanacán**:** A esta corporación pertenecen La Marina Marlin S. A, en Barlovento, Ciudad de La Habana y La Marina Marlin sucursal Varadero (Marina Chapelin) que entre ambas ocupan un área total 1850 m^2 y de talleres unos 144 m^2. En sus talleres se ejecutan trabajos para embarcaciones de casco de madera plástico y aluminio con una fuerza de trabajo de unos 22 trabajadores directos. En estas instalaciones se ejecutan varadas de yates y otras embarcaciones ligeras mediante la utilización de grúas de tierra para acomodar en cunas previamente preparadas dichas embarcaciones; cuentan con dos cunas en un espacio bastante reducido. Allí varan veleros de una eslora entre 50/60 pies y yates de 30/40 pies de eslora. La capacidad de izaje de la grúa es de 24 t. Utilizan un muelle de unos 60 m para las reparaciones a flote. También poseen equipos para soldadura eléctrica y para soldadura con argón, equipo de waterblasting y otras máquinas herramientas.

Marina Puerto Sol**:** Esta organización del Ministerio del Turismo no cuenta con instalaciones para realizar reparaciones a embarcaciones. Utilizan los servicios de las instalaciones de la pesca, Naviera Cubano Caribeña y fundamentalmente Emprotur que canaliza los requerimientos que le son solicitados y un mínimo de trabajadores, tres como máximo por cada base, en las labores de mantenimiento y reparaciones ligeras. Las bases náuticas se localizan en María la Gorda, Pinar del Río, Tarará, Ciudad de la Habana, Coloni, Isla de la Juventud, Cienfuegos, Carretera Punta Gorda Cienfuegos, Trinidad Sanctic Espíritus, Varadero (Dársena Km. 31 Carretera Varadero), Cayo Guillermo Villa Clara, Júcaro Jardines de la Reina.

Emprotur: Esta organización tiene la División Astilleros Almendares; calle 20, Esquina 11 Vedado. Este centro es el más importante de la organización el cual se realizan reparaciones y

construcciones a las embarcaciones de la esfera del turismo. Las reparaciones las realizan a embarcaciones de casco plástico fundamentalmente. Ocupan un área aproximada de 9000 m² y sus naves y almacenes unos 1416 m². No cuentan con medios de varada, utilizan los servicios del Astillero Chullima muy próximo a su instalación, u otros medios según su conveniencia. Tienen una fuerza de trabajo directa de 68 trabajadores directos, lo que le permite acometer una cantidad apreciable de reparaciones. Las máquinas herramientas con que cuentan son en la mayoría para trabajar la madera, cuentan con equipos de soldadura y máquinas herramientas para maquinado.

Marina Gaviota S.A.

Esta organización se dedica a la esfera del turismo, aunque no se encuentra relacionada en el Ministerio del Turismo, su oficina central radica en él edifico de la Marina, Ave del Puerto entre Justiz y Obrapía.

Operan marinas o bases náuticas en la Península de Hicacos y en la provincia de Holguín. Ocupa un área de algo más de 1500 m^2 y realizan reparaciones y mantenimiento a embarcaciones de casco de PRFV, madera y eventualmente acero; sus edificaciones son un conjunto de naves que alcanzan aproximadamente unos 640 m² de construcciones. La fuerza de trabajo directa es de 10 trabajadores.

En la Península de Hicacos operan un varadero con capacidad de izaje de 60 t., siendo su estado técnico regular. Existe, además, un espigón de unos 30 m.

En sus talleres cuentan con pocos equipos para trabajos de maquinado, tienen medios para trabajar la carpintería, también tienen equipos de soldadura y oxicorte. Atienden una flota de más o menos 29 embarcaciones que tiende a crecer..

Ministerio de la Agricultura

Este Organismo cuenta con una instalación básica en la provincia Habana operada por la Empresa de Servicios Marítimos, Esmar, que radica en el canal de refugio de Batabanó.

El área aproximada de esta instalación es de unos 30 000 m², sus naves y talleres cubren más de 3100 m². Realizan actividades de reparación y mantenimiento a embarcaciones de casco de madera, acero y PRFV. Cuentan con una fuerza laboral directa de 70 trabajadores. Operan un varadero de 100 t. de capacidad que está en buenas condiciones. Poseen medios para la limpieza de casco. Como equipo de izaje tienen una grúa sobre neumáticos de 16 t. de capacidad en buen estado.

Sus máquinas herramientas son las usuales en talleres de este tipo. En carpintería cuentan con medios suficientes y además con equipos para trabajo de pailería, medios de soldar, cizalla y otros medios, de estado técnico regular.

Órganos del Poder Popular

Existen tres centros que pertenecen a Los Órganos Locales del Poder Popular: Provincia Ciudad Habana - Varadero José Antonio Echevarría, Provincia Villa Clara - Cabotaje Hanabanilla y Provincia Holguín - Taller Marítimo, Puerto Carúpano

El taller de Lanchas José Antonio Echevarría**:** Está situado Regla, Ciudad de la Habana. Su labor fundamental es la reparación y mantenimiento de las embarcaciones que prestan el servicio de transporte público en la Bahía de la Habana. Las embarcaciones tienen casco de acero. El área de la instalación es aproximada a los 5000 m² y sus naves y talleres cubren unos 720 m². Operan un varadero de 40 t. de capacidad y está en buen estado técnico, tienen un espigón de 60 m de largo por 8 de ancho y el calado en la cabeza del espigón es de 4 m, su estado técnico es regular. La fuerza laboral la forman 53 trabajadores directos. Cuentan con equipos para trabajos de maquinado, soldadura, oxicorte y carpintería.

Cabotaje Hanabanilla - Provincia Villa Clara**:** Esta instalación se encuentra en la presa que lleva ese nombre. Se ubica en el salto del Hanabanilla - Villa Clara. Su área es de 2550 m² aproximadamente y sus naves y talleres cubren 288 m². Se dedica en lo fundamental a la reparación de las embarcaciones que operan en la presa cuyos cascos son de madera y acero. Cuentan con tres obreros directos. A pesar de lo pequeña que es la Unidad, cuenta con dos varaderos, uno con capacidad de 25 t. y otro con capacidad de 15 t. ambos en buen estado, además de otros equipos de maquinado, de soldadura eléctrica, oxicorte y equipos de carpintería

Taller Marítimo. Puerto Carúpano. Provincia Holguín**:** La Empresa que dirige esta Unidad es la Empresa Provincial de Transporte Maceo # 27 e/24 de Febrero y Martí, Holguín. Esta instalación tiene un área estimada de unos 2500 m², sus naves y talleres no fueron cuantificados. Realizan reparaciones y mantenimiento a embarcaciones a flote. Tienen una fuerza de trabajo de 5 trabajadores directo. Poseen un equipo de soldadura y uno de oxicorte.

III. Medios de varada (Capacidad y estado técnico de varaderos y diques)

Se han analizado los medios de varada por su magnitud y zona geográfica en correspondencia con la ubicación de las distintas flotas del país donde operan los buques de pesca, cabotaje de carga y pasaje y las demás flotas auxiliares.

El objetivo es facilitar el análisis de los balances demanda – capacidad por zona de influencia. Ello permite, además, la cooperación entre astilleros y organismos en función de garantizar la reparación de las embarcaciones, que operan en dichas zonas, a menor costo. En la Figura 11.1 aparece la zonificación considerada, las zonas son las siguientes:

COSTA NORTE:

Zona 1: Provincias P. del Río, La Habana, Habana, Matanzas

Zona 2: Provincias centrales hasta Camagüey

Zona 3: Provincias Las Tunas, Holguín y Guantánamo

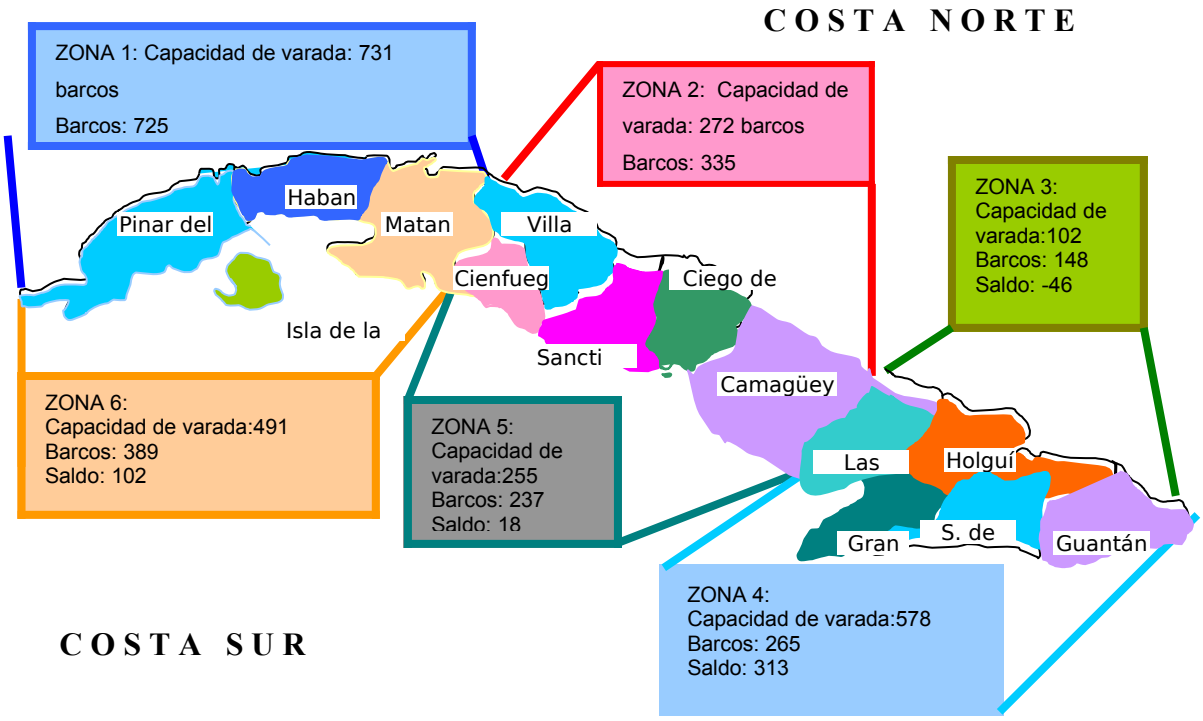
COSTA SUR:

Zona 4: Provincias Guantánamo, Santiago y Granma.

Zona 5: Provincias centrales hasta Cienfuegos

Zona 6: Provincias Matanzas, Habana, Pinar del Río e Isla de la Juventud

FIGURA 1: Zonificación de los medios de varada



Fuente: Elaboración propia con base a informaciones sobre flota menor y medios de varada.

La idea básica, de la zonificación considerada en la figura 1, es de que las embarcaciones que operan en esas zonas, puedan reparar en los astilleros y talleres situados en dichas zonas, independientemente de que pertenezcan o no, a un mismo organismo, tanto embarcaciones como medios de varada. El objetivo que se persigue es disminuir costos, en el país, por concepto de transportación hacia otras zonas.

1. Varaderos

Los medios de varada son de diversos tipos y capacidades, presentando una gran parte de ellos un estado técnico insatisfactorio para la explotación que se requiere de ellos según puede verse en la tabla siguiente. Se ha considerado sólo los varaderos mayores de 20 toneladas de izaje.

Tabla 1 Estado de los Varaderos para la Flota Menor

ZONAS	MALOS		REGULARES		Fuera de Servicio		BUENOS		TOTALES	
	%	UF	%	UF	%	UF	%	UF	%	UF
1	6.6	1	20	3	-		73.3	11	**23.8**	**15**
2	27.3	3	36.4	4	-		36.4	4	**17.5**	**11**
3	27.3	3	27.3	3	18.2	2	27.3	3	**17.5**	**11**
4	-		54.6	6	9.1	1	36.4	4	**17.5**	**11**
5	25.1	2	37.5	3	-		37.5	3	**12.7**	**8**
6	-		-	-	-		100	7	**11.1**	**7**
TOTAL	**14.3**	**9**	**30.3**	**19**	**4.8**	**3**	**50.7**	**32**	**100.0**	**63**

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades referidas en el texto.

Los medios de varada para la Flota Menor resultan insuficientes, siendo además su distribución geográfica inadecuada. En la tabla que sigue se ofrece un resumen de las capacidades de varadas por Zonas geográficas.

Tabla 2 Resumen de capacidades de varaderos por zonas geográficas.

ZONAS	HASTA 100 Tons.		>100 - 300 Tons		>300 - 500 Tons		TOTALES	
	Posiciones	u/año	Posiciones	u/año	Posiciones	u/año	Posiciones	u/año
1	11	187	13	221	20	340	**44**	**748**
2	9	153	2	34	3	51	**14**	**238**
3	7	119	-	-	-	-	**7**	**19**
4	13	221	19	323	2	34	**34**	**578**
5	8	136	2	34	-	-	**10**	**170**
6	23	391	11	187	-	-	**34**	**578**
TOTALES	**71**	**1207**	**47**	**799**	**25**	**425**	**143**	**2431**

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades.

Como puede apreciarse en la tabla siguiente, existe una heterogeneidad grande de Organismos que tienen los medios de varada a su servicio y que varan únicamente sus embarcaciones, a

veces teniendo déficit en las capacidades de varada que necesita, pero a veces también teniendo capacidades sobrantes que no utilizan.

Tabla 3 Resumen de capacidades de varaderos por organismos.

ORGANISMOS	HASTA 100 Tons.		>100 - 300 Tons		>300 - 500 Tons		TOTALES	
	POSIC.	Un/año	POSIC.	Un/año	POSIC.	Un/año	POSIC.	Un/año
MIP	51	867	33	561	-	-	**84**	**1428**
MITRANS	10	170	13	221	9	153	**32**	**544**
MINFAR	3	51	1	17	14	238	**18**	**306**
MINTUR	1	17	-	-	-	-	**1**	**17**
MINAGRI	3	51	-	-	-	-	**3**	**51**
MICONS	-	-	-	-	2	34	**2**	**34**
P. POPULAR	3	51	-	-	-	-	**3**	**51**
TOTALES	**71**	**1207**	**47**	**799**	**25**	**425**	**143**	**2431**

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades.

2. Diques

En la Tabla No. 4 se puede apreciar que los diques flotantes están concentrados en las Zonas 1, 3 y 5, existiendo un solo dique seco, ubicado en la zona 1.

No obstante ello, los únicos diques realmente confiables por su estado técnico son: los 3 ubicados en La Habana, pertenecientes a C. D. M.; el que se encuentra en Mariel, perteneciente al MIP; y el de reciente instalación en Levisa (Nicaro), del MINFAR. Los diez diques restantes, todos flotantes, aunque permanecen en explotación, presentan un estado insatisfactorio. La ubicación de los diques carece de importancia, ya que para buques de este porte es fácil trasladarse hasta lugares distantes dentro del país, pero debe señalarse que los barcos de mayor porte, por su eslora o por su tonelaje, únicamente pueden vararse en los dos diques mayores, el seco de 15 000 t. y el flotante de 22 000 t.

Tabla 4 Diques disponibles

Provincia (Zonas)	Organismo	Cant.	TPM	Dimensiones(m)		Tipo		Estado técnico		
				Eslora	Manga	Seco	Flotante	B	R	M

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades (Diagnóstico de Astilleros y Talleres navales 1999).

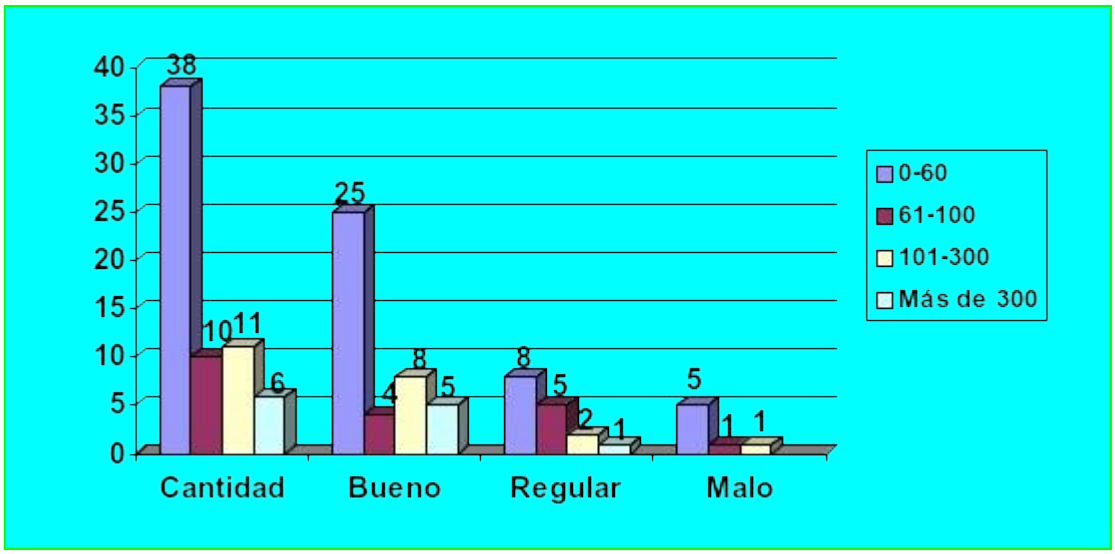
En la tabla No. 5 se exponen la cantidad de medios de varada por organismo, y el % que éstos representan del total existente en el país:

Tabla 5 Medios de varada por organismos (Cantidad y %)

	MITRANS	M I P	MINFAR	MICONS	MINTUR	MINAGRI	O P P	Mixtas	Total
Cantidad de medios	12	50	9	1	1	1	4	5	**83**
% del total	14.5	60	10.8	1.2	1.2	1.2	4.8	6.0	**100.0**

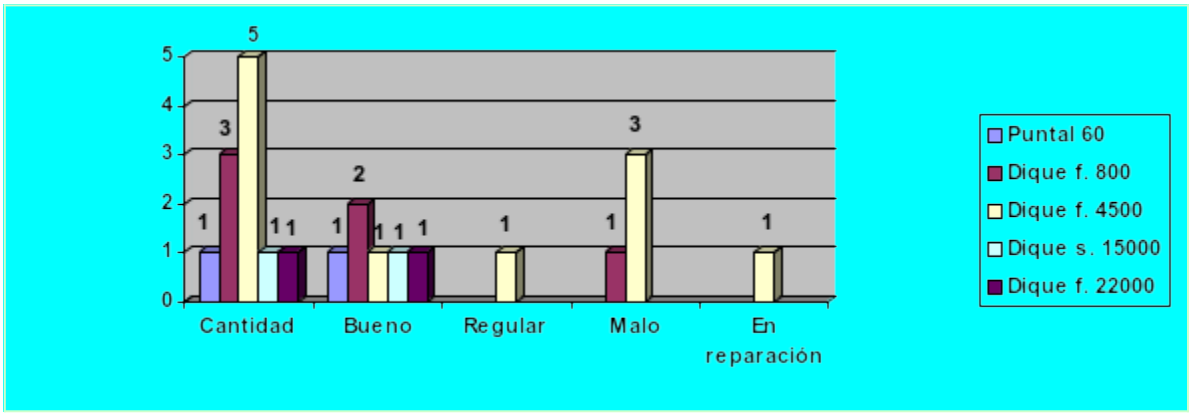
Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades.

Figura 2 - Cantidad de varaderos existentes en el país, capacidad de izaje y estado técnico actual.



Fuente: Elaboración propia con base a datos según "Diagnóstico de Talleres Navales 1999"

Figura 3 - Cantidad de diques existentes en el país, capacidad de izaje y estado técnico actual.



Fuente: Elaboración propia con base a datos según "Diagnóstico de Talleres Navales 1999"

3. Otros medios técnicos.

Además de los diques y varaderos los astilleros están equipados con otros medios técnicos (Véase Tabla No. 6). Entre estos medios están los de izaje, pailería, soldadura, maquinado, carpintería, equipos de limpieza del casco como los waterblasting, sandblasting o de granallado, hornos de fundición ferroso y no ferroso, compresores, calderas de vapor, etc. Por lo general estos medios están anticuados y obsoletos, realizándose algunas operaciones de forma rudimentaria, lo que alarga el tiempo de estadía de las embarcaciones encima de los medios de varada.

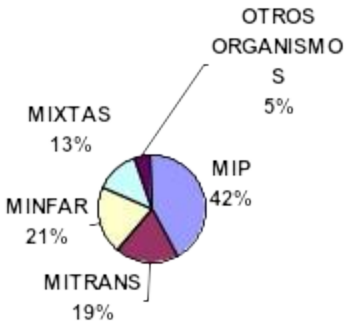
Tabla 6 Otros medios técnicos (por tipo, cantidad por organismo y %)

Tipo	MITRANS	M I P	Minfar	Micons	MINTUR	MINAGR	O P P	MIXTAS	Total	%
Maquinado	121	260	102	28	10	6	5	93	625	26.3
Soldadura	150	298	230	62	8	6	5	162	921	38.7
Carpintería	85	241	72	24	8	11	10	16	467	19.6
Otros medios	73	141	60	12	6	5	4	62	363	15.4
Total	**429**	**940**	**464**	**126**	**32**	**28**	**24**	**333**	**2376**	**100**

Fuente: Elaboración propia con base a datos según "Diagnóstico de Talleres Navales 1999"

Los organismos que más influencia tienen en cuanto a tenencia de equipamiento tecnológicos, con casi el 80 % son los astilleros del Mitrans, MIP y el Minfar, principalmente.

Figura 4 - Representación en % de la cantidad de otros medios técnicos, por organismo



Fuente: Elaboración propia.

4. Análisis de la demanda – capacidad en reparación y construcción naval

Para mayor facilidad de análisis y comprensión de los problemas existentes, se ha considerado la totalidad de las embarcaciones del país divididas en dos flotas, la Flota Menor y la Flota Mayor, habiéndose tomado convencionalmente como criterio para esta división el tonelaje de los barcos, como sigue: la Flota Mayor, está compuesta por los barcos de Travesía y de Cabotaje, y todos tienen un peso en rosca mayor de 500 ton.; integran la Flota Menor las unidades de la flota auxiliar de puerto, de la flota técnica y de investigaciones, los pesqueros, las embarcaciones de turismo, y otras pequeñas de diverso uso. Aunque la gran mayoría de las embarcaciones que componen esta flota pesan menos de 500 ton, algunas pueden tener pesos mayores.

Balance demanda - capacidad de los varaderos

En la tabla No.7 aparece el balance de demanda-capacidad de varada en las seis zonas geográficas mencionadas.

Tabla 7 Balance demanda - capacidades de varada por zonas (en unidades anuales)

	< 60	**60 - 100**	**100 - 300**	**300 - 500**	**TOTALES**
ZONA 1					
CAP. VARADA	153	17	221	340	731

	< 60	60 - 100	100 - 300	300 - 500	TOTALES
BARCOS	415	129	47	134	725
SALDO	**-262**	**-112**	**174**	**206**	**006**
ZONA 2					
CAP. VARADA	153	17	51	51	272
BARCOS	167	81	2	85	335
SALDO	**-14**	**-64**	**49**	**-34**	**-63**
ZONA 3					
CAP. VARADA	85	17	0	0	102
BARCOS	65	3	0	80	148
SALDO	**20**	**14**	**0**	**-80**	**-46**
ZONA 4					
CAP. VARADA	51	170	323	34	578
BARCOS	127	0	58	80	265
SALDO	**-76**	**170**	**265**	**-46**	**313**
ZONA 5					
CAP. VARADA	85	51	119	0	255
BARCOS	44	3	76	114	237
SALDO	**41**	**48**	**43**	**-114**	**18**
ZONA 6					
CAP. VARADA	221	187	83	0	491
BARCOS	226	83	25	55	389
SALDO	**-5**	**104**	**58**	**-55**	**102**
TOTAL					
CAP. VARADA	**748**	**459**	**799**	**425**	**2431**
BARCOS	**1014**	**299**	**208**	**548**	**2069**
SALDO	**-266**	**160**	**591**	**-123**	**392**

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades, el diagnóstico de Talleres Navales 1999 y el inventario de la flota nacional "INFLOTA 99" del MITRANS 1999.

En el balance que antecede se puede apreciar lo siguiente:

- Para barcos de tonelaje menor de 60, hay un déficit de medios de varada general, que asciende al 26% del total de ese tipo de embarcaciones .
- Para tonelajes entre 60 y 100, existe déficit en la Zona 1 y en la 2, habiendo en cambio exceso de capacidad de varada en las zonas restantes, en especial en la Zona 4, donde asciende a 170 unidades.
- Para los barcos de 100-300 toneladas, no existe déficit de capacidades de varada en ninguna zona;
- Para las embarcaciones con tonelajes comprendidos entre 300 y 500 existe déficit de capacidades de varada en todas las zonas, excepto en la Zona 1, siendo el mayor el de la Zona 5, donde alcanza 114 unidades. Debe añadirse a ello que los situados en la Zona 4 solamente cuentan con el varadero de DAMEX SA, dedicado solamente a las construcciones, con lo cual el déficit es aún mayor que el que aparece en la tabla, aumentándose en 80 unidades, de no poder utilizarse éstos para varadas de reparaciones y mantenimiento.

Balance demanda-capacidad de los diques

En la Tabla 8 se muestra la cantidad de unidades de las flotas de travesía, cabotaje y flota técnica, relacionadas con los medios en que deben vararse de acuerdo a su peso en rosca y a su eslora anualmente.

Tabla 8 Resumen de la demanda de varadas

FLOTA	**DIQUES**					**TOTAL**
	800	**2500**	**4500**	**15000**	**22000**	
CABOTAJE	6	4	12	2	2	26
TRAVESÍA	-	11	15	22	10	58
FLOTA MENOR	26	-	-	-	-	26
TOTALES	**32**	**15**	**27**	**24**	**12**	**110**

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades, el diagnóstico de Talleres Navales 1999 y el inventario de la flota nacional "INFLOTA 99" del MITRANS 1999.

En la Tabla 9 se muestra el balance demanda-capacidad de varadas para los barcos de la flota mayor, en diques flotantes y en el dique seco.

Tabla 9 Balance demanda - capacidad para diques (peso en rosca > 500 t)

MEDIO DE VARADA	TOTAL Buques / año	DEMANDA días/dique/año	CAPACIDADES días/dique/año	SALDO capacidad-demanda
DIQUE 800 T- (3)	32	480	990	**510**
DIQUE 2500 T	15	225	330	**105**
DIQUE 4500 T- (2)	27	405	660	**255**
DIQUE SECO 15000 T	24	360	330	**-30**
DIQUE 22000 T	12	180	330	**150**
TOTALES	**100**	**1650**	**2640**	**990**

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades, el diagnóstico de Talleres Navales 1999 y el inventario de la flota nacional "INFLOTA 99" del MITRANS 1999.Libro de registro de buques. Registro No. 007/1999.RCB 2001.

Se tomó como demanda para cada barco: 15 días en dique cada 2 años, lo cual se considera conservador, o sea, que cada año vara la mitad de los barcos de la flota mayor (peso en rosca >500 ton). Se consideró la capacidad de varada de cada dique 330 días al año.

Como se aprecia en la Tabla No. 9, se dispone de un excedente de capacidades de varada de 990 días/dique por año. En resumen, la capacidad de varada por organismo, teniendo en cuenta la cantidad de toneladas de peso muerto que pueden varase por año, se muestra en la Tabla No. 10; en el gráfico de la Figura No. 5 se muestra la misma capacidad de varada representada en %.

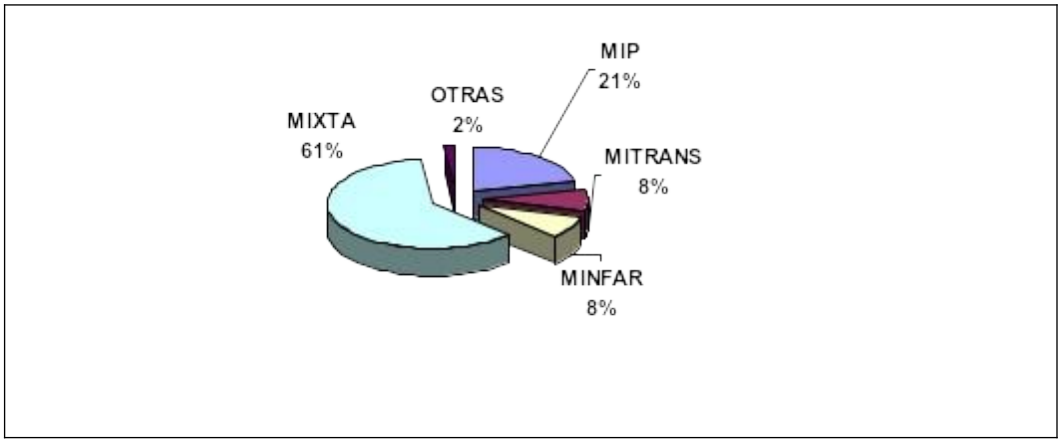
Tabla No. 10: Capacidad existente en varaderos y diques por organismo.

Organismos	Toneladas / año
MIP	**315 500**
MITRANS	**122 200**
MINFAR	**116 600**
MIXTAS	**913 000**
MINTUR	**1 700**

MINAGRI	**5 500**
MICONS	**13 600**
OPP	**5 100**
TOTALES	**1 493 200**

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades.

Figura No. 5: Capacidad de varada por organismos en %.



Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades.

Resumen de la situación actual

Teniendo en cuenta la situación actual de los astilleros y talleres navales, el análisis de la demanda capacidad y el estado técnico de los medios de varada y en general de todo el equipamiento existente, puede concluirse que:

- Hay insuficiente utilización de las capacidades existentes para la reparación de la flota nacional.
- La obsolescencia de los medios tecnológicos influyen considerablemente en la elevación de los costos y la disminución de la calidad de los servicios de reparación.

- La dispersión de las capacidades de las instalaciones navales en los astilleros no permite una mejor explotación de las mismas, poca disponibilidad de recursos dada la situación económica en el país, para la adquisición de nuevo equipamiento tecnológico.
- Los cambios en nuestra economía nos plantea nuevos horizontes, tareas y actividades que se deben acometer, tomando todas las previsiones posibles para el ulterior desarrollo armónico y proporcional de la actividad de reparación y construcción naval en el país.
- El estado general de los medios de varada no es el más satisfactorio.
- Existe un pobre nivel de abastecimiento de piezas de repuesto, materiales de amplia utilización, herramientas de mano y equipos de medición.

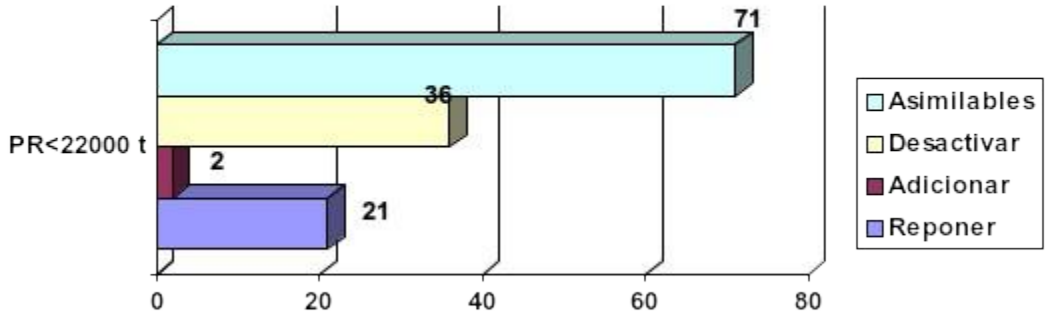
IV. Perspectivas del sistema de talleres navales.

Los cambios en nuestra economía plantea nuevos horizontes, tareas y actividades que deben acometerse para los próximos años, en función del desarrollo armónico y proporcional de la actividad de reparación y construcción naval. Para el análisis de las perspectivas de desarrollo del sistema de talleres navales se han tomado en cuenta los pronósticos de desarrollo sobre la flota mayor, las propuestas derivadas del diagnóstico y las premisas para la cooperación y el desarrollo entre astilleros y talleres navales sobre la base de las políticas y acciones a seguir y el posible mercado externo de los astilleros para lo cual se han considerado una primera variante considerando la continuidad del bloqueo económico impuesto por los E.U.A y una segunda variante, que en una primera etapa se considerarían las restricciones eliminadas y una segunda etapa considerando una apertura total.

1. Primer escenario: Perspectivas del sistema de talleres navales considerando el bloqueo hasta el 2010.

Este escenario, hasta el 2010, se analiza partiendo del hecho de que se mantenga el bloqueo económico de los EE UU contra Cuba, que se produzcan bajas técnicas sin reposición alguna y además, que no se aprueben inversiones para nuevas instalaciones navales. Las instalaciones navales continuarían trabajando con un nivel de ocupación por debajo del 50% de su capacidad de varada.

Figura 6: Perspectivas de la Flota Mayor hasta el 2005



Fuente: Elaboración propia basado en existencia de buques en flota cubana.

Se tomó como demanda y capacidades en diques según las bases mencionadas en el capítulo anterior. Además, en los próximos años, los diques que se relacionan deberán estar operando, con la demanda existente y perspectiva de la flota mayor, al 30 % de su capacidad, de manera que dispondría de una capacidad sobrante del 70 %.

Proyección de la capacidad de varada para la flota menor

Actualmente los varaderos poseen 143 posiciones para asimilar hasta 2431 embarcaciones en un año. Dichas embarcaciones están comprendidas entre las 20 y las 500 toneladas de peso en rosca y eslora promedio de 30 metros. Se consideró solo los medios de varada que actualmente están en buenas condiciones técnicas y con capacidades por encima de 60 toneladas de tracción. Se estima que la flota menor actual, está en un entorno de 1155 embarcaciones. En la Tabla No.11 se expone el balance estimado de demanda-capacidad de los varaderos para la flota menor. Las embarcaciones que provocan el saldo negativo de las instalaciones de 300 a 500 toneladas de tracción pueden ser cubiertas por las capacidades de dique, aplicando varadas simultáneas. En los varaderos previstos, en los próximos años, podrán vararse 17680 embarcaciones de la flota menor.

Tabla No. 11: Balance demanda capacidad estimada de los varaderos

	60 - 100	**100 - 300**	**300 - 500**	**TOTALES**
CAP. VARADA	442	901	425	1768
BARCOS	299	208	648	1155

	60 - 100	100 - 300	300 - 500	TOTALES
SALDO	143	693	-223	613

Fuente: Elaboración propia con base a informaciones de las entidades.

Consideraciones acerca de los niveles de producción en reparación y construcción naval:

Las instalaciones existentes permiten asimilar un mayor volumen de buques a reparar y poder desarrollar la construcción naval, principalmente de embarcaciones de pequeño porte de pasaje y carga, de cabotaje, de recreo y de salvamento. Entre los años 1994 al 2000, se han fabricado 1331 medios navales entre buques y similares de pesca, véase Tabla No. 12. Se estima, que se mantenga, para los próximos años, el ritmo de producción de buques y similares de pesca alcanzado entre los años 1994 al 2000.

Tabla No. 12: Construcción anual de buques y similares de pesca de 1994 al 2000.

CONCEPTO	UM	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Construcción de buques de pesca	u	285	286	114	280	108	114	144

Fuente: Anuario estadístico de cuba 2000. Edición 2001. Oficina nacional de estadística.

Actualmente entre los principales astilleros (Astilleros Asociados y ARGUS), se reportan ingresos anuales entorno a los 90 millones de pesos, cifra que aumentaría si se consideraran a los astilleros del MINFAR, MICONS, MINTUR, MINAGRI, y los talleres de los Órganos del Poder Popular. Para los próximos años, esta industria deberá avanzar en cuanto a la aplicación del perfeccionamiento empresarial y redimensionarse en función de la demanda.

2. Segundo escenario: Perspectivas del sistema de talleres navales, considerando, en una primera etapa, las restricciones eliminadas y en una segunda etapa, la apertura total.

En la primera etapa, en el 2005, las instalaciones navales trabajarían con un nivel de ocupación por encima del 50% de su capacidad de varada. En una segunda etapa, en el 2010, se consideraría una apertura total, en la que la demanda de reparación se incrementaría por año. La mayores oportunidades estarían en:

- Que el intenso tráfico marítimo en el área del caribe permitiría captar clientes para la reparación de buques en las instalaciones cubanas.
- Que existe incremento, en el país, de la náutica de recreo y sus posibilidades de reparación. En este caso con mayores afluencias de turistas norteamericanos.

Aunque no se cuenta con fuente de datos para determinar la cuantía de incremento, el criterio de expertos es de que el incremento de la demanda determinada tanto por la flota nacional como otras embarcaciones extranjeras, posibilitará reanimar la industria naval con nuevas inversiones y modernización de tecnologías de reparación. La ocupación de diques deberán estar por encima del 70%. Los medios de varada considerados en la variante 1 son suficientes para enfrentar la posible demanda en la primera y segunda etapa de la variante 2. En la segunda etapa, si las condiciones económicas lo permiten, se propone la adquisición de un nuevo dique de 4500 t en reposición de una posible baja, por malas condiciones técnicas de uno similar existente, con edad de más de 30 años.

3. Proyecciones de trabajo para los próximos años

Cualquiera sea la variante que más se acerque a la realidad de la industria naval en los próximos años, se proponen las siguientes estrategias de trabajo:

1. Crear alianzas estratégicas de trabajo, por zona geográfica, con el objetivo de obtener mejor aprovechamiento de las capacidades existentes en dichas zonas, en función de la demanda de la flota del área y de otras producciones de nomenclaturas afines asimilables por la industria naval.
2. Los talleres navales dedicados a los mantenimientos y reparaciones de embarcaciones, en general deben ser completados en su equipamiento en forma racional y elevar el nivel técnico de sus operarios.
3. Regular las inversiones para nuevas construcciones y ampliaciones de astilleros y talleres navales e instalaciones hidrotécnicas, teniendo en cuenta que la demanda de la flota mayor sólo ocupa el 30 % de la capacidad total en diques.
4. Exigir la certificación de los medios de varada y establecer el Sistema de Perfeccionamiento Empresarial y Sistema de Gestión de la Calidad basadas en las normas ISO 9000 así como la homologación del personal.
5. Elaborar las bases para la creación de un catálogo de servicios para cada astillero.

6. Aplicar el sistema de doble turno de trabajo, siempre que la demanda lo justifique, con el objetivo de optimizar el aprovechamiento de las capacidades instaladas y mejorar la productividad del trabajo.
7. Considerar la reparación y la construcción de embarcaciones menores como dos renglones fundamentales para la economía nacional y para la exportación.
8. Destinar los talleres con varaderos pequeños (con capacidad de menos de 20 t. de izaje) solamente al mantenimiento y reparaciones menores por parte de sus propios armadores.
9. Desarrollar y especializar en la construcción de embarcaciones las siguientes instalaciones:
   - en cascos de acero: Astilleros de Mariel y de Cárdenas (ZONA 1), DAMEX (Zona 4)
   - en cascos de plástico: Chullima. MIP (Zona 1) y Astillero Alcides Pino. Gibara. Holguín. MIP (Zona 3).

La anterior propuesta tiene su fundamento en la experiencia acumulada de estas entidades en la construcción de embarcaciones y poseen las instalaciones necesarias para embarcaciones de hasta 500 toneladas de peso en rosca.

V. Bibliografía

1. INFLOTA. Mitrans, La Habana, 1999.
2. Anuario Estadístico de Cuba 2003. Oficina Nacional de Estadística. La Habana, 2003.
3. Diseños y particularidades de algunas las embarcaciones de ferrocemento construidas en Cuba. Centro de Proyectos Navales. La Habana, 2004.
4. Diagnostico de la actividad de reparación y construcción naval en el país. CETRA. La Habana, Junio de 1999.
5. Propuesta de reordenamiento de la industria naval cubana. CETRA. La Habana, 2003.

EXPERIENCIA EN LA INSPECCION DE SEGURIDAD DE UN PESQUERO DE 30 METROS DE ESLORA, PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TRÁFICO MARÍTIMO

Patrick Townsend V.
Ingeniero Naval

Dentro de la renovación de documentación anual, los buques deben pasar la inspección de seguridad y prevención de la contaminación, para poder obtener el documento de tráfico marítimo con el cual el buque está apto para navegar. El sector pesquero de cerco, lleva algunos años con bajas capturas, con lo cual se encuentran limitadas las inversiones y los gastos sobre los buques. La mayoría de las embarcaciones sobrepasan los 20 años de servicio, y la concepción del buque en cuanto a las normas de construcción actuales son muy diferentes. El presente trabajo, tiene el propósito de mostrar la experiencia en como llevar la inspección de un buque pesquero de 150 TRB de tráfico nacional, para minimizar el impacto económico de los gastos que conlleva cumplir las exigencias. En primera instancia, se hace una presentación de los requisitos exigidos en las inspecciones de seguridad a buques de 150 TRB. Luego, se presenta la forma como se ejecutaron estas actividades en el buque, y las diferentes pruebas a las que fue sometida la embarcación. Finalmente, se realiza el análisis económico de la forma como se atendieron las novedades; para comparar los costos entre la aplicación en el estricto cumplimiento de las exigencias, y los costos de la forma más económica de cómo se superaron las mismas.

1.- PRESENTACIÓN DE LAS EXIGENCIAS PARA INSPECCIÓN A BUQUES PESQUEROS DE 150 TRB.

El propósito de la presentación, no es realizar un relato detallado de los capítulos y numerales de SOLAS, sino el de presentar la forma final de las exigencias para este tipo de buques. Es importante hacer énfasis, que se ha buscado cumplir con las mismas, *garantizando en la tripulación su seguridad de la vida en el mar.* Se ha considerado también la flexibilidad que tenga la autoridad marítima, con relación al tema de las bajas capturas que está afectando severamente al sector pesquero industrial; para gestionar las respectivas inversiones.

Expresamente se ha obviado el tema del chequeo de documentación del buque, por considerarse que las renovaciones se han estado haciendo desde que la nave existe como tal, ya que se encuentra operando continuamente en sus faenas de pesca.

El buque mencionado, es un pesquero típico; de red de cerco tipo chinchorrero, con las siguientes características:

Eslora:	30,23 metros
Manga:	7,67 metros
Puntal:	3,66 metros
Potencia:	565 HP
TRB:	156,42
Dotación mínima:	7 tripulantes
No. De tripulantes:	18

Con panga cerquera y bote de maniobras

De acuerdo con esto, las exigencias generales se han dividido en dos grupos: las que competen exclusivamente al equipamiento del buque, y las que son de mantenimiento general correctivo y preventivo para la operación del buque y su presentación física durante la misma.

1.1 GASTO DE EQUIPAMIENTO AL BUQUE.

Las exigencias para la inspección, que conllevan equipar a la embarcación, se han dividido en áreas para que sea más fácil la organización de la inspección.

- Área de equipos individuales: Chalecos salvavidas y sus accesorios, aros salvavidas y sus accesorios, luces y bengalas.
- Área de equipos generales: Balsa salvavidas, equipos de comunicación, cuadros y libros, panga o fibra speedboat, intercomunicadores, equipos de navegación.
- Área de equipos de prevención: Banco DE CO2, equipos auxiliares contraincendio.

El detalle de novedades de cada área, para la inspección es el siguiente.

1.1.1 Área de equipos individuales.

- Dotar de 18 chalecos salvavidas.
- Equipar cada chaleco con luces y pito.
- Adecuar cada chaleco con su correspondiente cinta reflectiva.
- Pintar nombre del buque y puerto de registro en 18 chalecos.
- Dotar a la embarcación de 2 Lanzador de cabos.
- Dotar al buque de 8 aros Salvavidas.
- Equipar 2 aros salvavidas con 1 granada de humo flotante cada uno, y su correspondiente línea de vida.
- Equipar 4 aros salvavidas con luz de hombre al agua, y su correspondiente línea de vida.
- Equipar 2 aros salvavidas, con su correspondiente línea de vida.
- Adecuar cada aro salvavidas, con su correspondiente cinta reflectiva.
- Pintar nombre del buque y puerto de registro en 8 aros salvavidas.
- Dotar a la embarcación de 4 bengalas paracaídas.
- Dotar a la embarcación de 4 luz de mano.
- Dotar a la embarcación de 1 pistola de señales, con 4 cartuchos de bengala.
- Dotar a la embarcación de 4 granadas de humo flotante solas.

1.1.2 Área de equipos generales.

- Dotar a la embarcación de una balsa salvavidas para 20 personas (recomendación)
- Dotar a la embarcación de un bote de emergencia (fibra speedboat).
- Dotar al bote de emergencia de un kit de supervivencia.
- Dotar del Libro de derrotero.
- Libro Faros y boyas actualizado.
- Dotar del libro de código internacional de señales.
- Contar con las novedades al navegante.
- Dotar de la tabla de mareas actualizado
- Dotar de las cartas de navegación suficiente para las zonas de pesca
- Dotar de un libro de primeros auxilios
- Dotar del manual contraincendio.
- Llevar a bordo copia de manuales de equipos.
- Dotar en sitios de habitabilidad con el cuadro de código internacional de señales.
- Publicar el cuadro de zafarrancho respectivo en sitios indicados.
- Dotar en sitios de habitabilidad con el cuadro de abordaje.
- Equipar en varios sitios de la embarcación con cuadros de lucha contraincendio y lugares de escape.
- Equipar la embarcación con un Epirb, con su correspondiente indicativo de llamada.
- Equipar la embarcación con el respondedor de radar sart.
- Dotar de un radio bidirecciónal de emergencia.
- Instalar un sistema de intercomunicación de puente de gobierno a máquinas, con sus correspondientes señales.
- Mostrar tabla de calibración y mantenimiento a compás magnético.
- Instalar un indicador de ángulo de pala del timón principal.
- Equipar con un sistema de luces de navegación auxiliar.

1.1.3 Área de equipos de prevención.

- Equipar la embarcación con un banco de CO2, con sus correspondientes alarmas.
- Equipar la embarcación con alarmas de humo, en los sitios indicados.
- Dotar de un traje de bombero, con equipo de respiración autónomo.
- Instalar un sistema de cierre de combustible de máquinas.
- Dotar de una botella de espuma de 50 libras para máquinas.
- Presentar certificado de recarga de extintores a bordo por una empresa debidamente calificada.
- Dotar de 1 bomba portátil de achique, operativa con todos sus accesorios.
- Dotar de 1 bomba portátil contraincendio, operativa con todos sus accesorios.
- Chequear dotación de mangueras contraincendio y boquillas.
- Dotar de un generador auxiliar de emergencia.

1.2. GASTO DE MANTENIMIENTO AL BUQUE.

- Realizar los mantenimientos respectivos a la superestructura, de tal forma que cumpla con las condiciones exigidas de habitabilidad y seguridad.
- Dar mantenimiento al cabrestante del ancla.
- Dar la protección respectiva y aislar las líneas de escape.
- Recomendaciones de carenamiento.

2.- DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES PARA CUMPLIR LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD.

La mayoría de los buques, fueron construidos bajo un concepto anterior al solicitado en las inspecciones. Considerando además, que las capturas de especies pelágicas en los últimos años han disminuido considerablemente; y que los buques son costeros o de cabotaje nacional, los cuales a diario ingresan a puerto a descargar no alejándose más de 15 millas de la costa. Se ha visto la necesidad de llevar las exigencias de las inspecciones de seguridad, de una formas más aplicada a la actividad, sin desmerecer los requisitos básicos y los principios para los cuales fueron impuestos.

Algunas de las actividades, fueron realizadas de la forma indicada a continuación.

2.1 Chalecos selección.

Como se puede ver en el Figura No. 1, para este tipo de buques, costeros y de ingreso diario a puerto; han variado notablemente los tipos de chalecos que se ha ido exigiendo para las inspecciones de seguridad en el transcurso del tiempo.

En la actualidad, de acuerdo con las regulaciones debe verificarse que el chaleco seleccionado, debe tener la cualidad de mantener la cabeza de la persona sobre el agua en caso de desmayo. Adicional, debe estar equipado con luz y pito reglamentario.

Durante la inspección, se procedió a probar los diferentes tipos de chalecos para chequear la aceptación de los diferentes modelos.

Figura No. 1

2.2 Aros salvavidas.

Como se puede ver en el Figura No. 2, para este tipo de buques, costeros y de ingreso diario a puerto; han variado notablemente los tipos de aros salvavidas que se ha ido exigiendo para las inspecciones de seguridad.

En la actualidad, de acuerdo con las regulaciones debe verificarse que el aro seleccionado, sea aprobado por SOLAS; y estar equipado con luz de hombre al agua, línea de vida y granada de humo. Durante la inspección, se procedió a probar los diferentes tipos de aros salvavidas para chequear la aceptación de los diferentes modelos.

Figura No. 2

2.3 Dotación de luces y bengalas.

A parte de comprar la dotación exigida, se tuvo que implementar un casillero para los equipos tal como se ve en la figura No. 3. Esto es, porque la costumbre en los pesqueros es que el capitán pescador lo lleve en su cajón de ropa. En este punto, necesariamente hay que invertir en equipos, pues su tiempo de vida es muy corto.

Figura No. 3

2.4 Botes y balsa salvavidas.

Se ha sugerido la balsa salvavidas, aunque hay que considerar, que la embarcación posee fibra y panga de cerco. Con el propósito de dotar de una embarcación de emergencia, se incluyó en la fibra el kit de supervivencia, colocado en forma adecuado de tal forma que no entorpezca ningún procedimiento de abandono del buque. Todos estos detalles, se pueden apreciar en la figura No. 4.

Cabe indicar, que el kit de supervivencia básico incluye remos, un achicador, un balde, 1 hachuela, 18 raciones de agua, 18 raciones alimenticias, 4 bengalas paracaídas, 1 granada de humo flotante, 1 anzuelo con línea, 1 botiquín. Este no es el equipo completo, pero fue aceptado satisfactoriamente.

Figura No. 4

2.5 Documentación de información.

A parte de comprar la documentación exigida, se tuvo que implementar un casillero para los equipos tal como se ve en la figura No. 5. Esto es, porque la costumbre en los pesqueros es que el patrón costanero lo lleve en su cajón de ropa, siendo la total disponibilidad solo para él.

La documentación mínima aceptable incluyó cartas náuticas de las zonas de pesca, libro de faros y boyas, libro del código internacional de señales, avisos a los navegantes, derrotero, guía de cartas de navegación, copia de manuales de equipos electrónicos a bordo, libro de lucha contraincendio y manual de primeros auxilios.

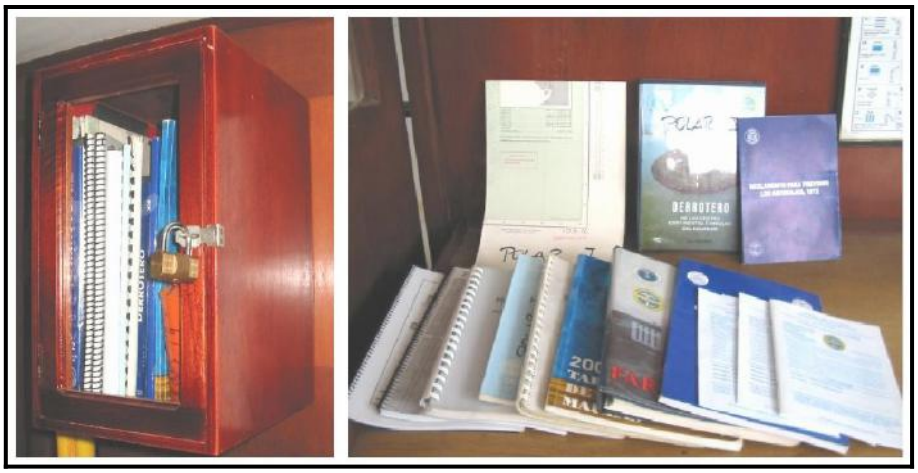


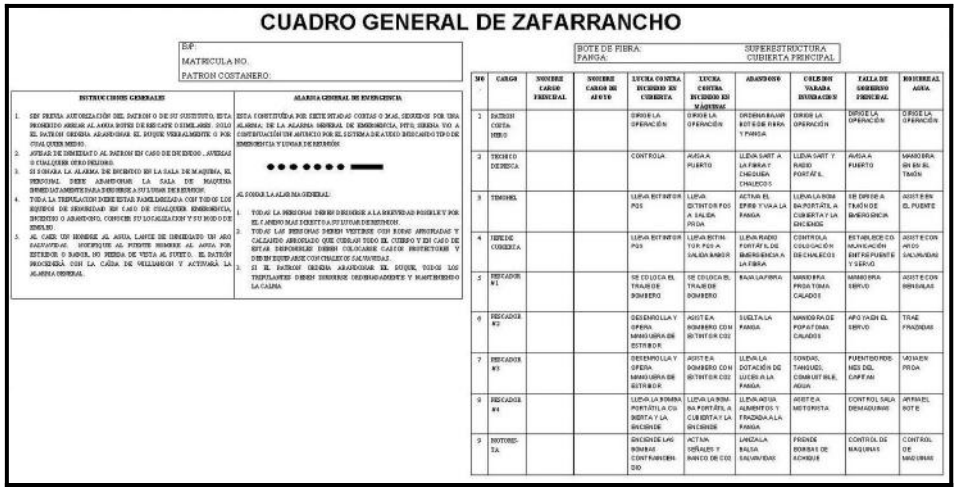
Figura No. 5

En los sitios donde el personal realiza diversas actividades de la caseta, se han ubicado cuadros y avisos requeridos. Así, encontramos el código internacional de señales, reglamento de abordaje, cuadro de lucha contraincendio; ubicados en el camarote del capitán, en la cocina y en los pasillos de camarotes de tripulación.

Como recomendación adicional, se han ubicado copias del plano de lucha contraincendio, en los exteriores de la superestructura. Estos, debidamente protegidos contra la interperie, y listos para ser usados.

2.6 Cuadros de Zafarrancho.

Debe realizarse de 2 maneras, de acuerdo con el número de tripulantes. En el caso de los buques mencionados, en el cual van 18 tripulantes; se dispone el equipo principal y el equipo de apoyo. Se lo ha presentado en hoja A4, y publicado varios cuadros en la embarcación; cuyo detalle se observa en la figura No. 7.



CUADRO GENERAL DE ZAFARRANCHO

BUP:
MATRICULA NO.
PATRON COSTANERO:

BOTE DE FIBRA:
PANGA:

SUPERESTRUCTURA
CUBIERTA PRINCIPAL

INSTRUCCIONES GENERALES

1. SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL PATRON O DE SU SUSTITUTO, ESTA PROHIBIDO ARROJAR AL AGUA BOTES DE RESCATE O SIMILARES. SOLO EL PATRON ORDENA ABANDONAR EL BUQUE VERBALMENTE O POR CUALQUIER MEDIO.
2. AVISAR DE INMEDIATO AL PATRON EN CASO DE INCENDIO, AVERIAS O CUALQUIER OTRO PELIGRO.
3. SI SONARA LA ALARMA DE INCENDIO EN LA SALA DE MAQUINA, EL PERSONAL DEBE ABANDONAR LA SALA DE MAQUINA INMEDIATAMENTE PARA DIRIGIRSE A SU LUGAR DE REUNION.
4. TODA LA TRIPULACION DEBE ESTAR FAMILIARIZADA CON TODOS LOS EQUIPOS DE SEGURIDAD EN CASO DE CUALQUIER EMERGENCIA, INCENDIO O ABANDONO, CONOCER SU UBICACIÓN Y SU MODO DE EMPLEO.
5. AL CAER UN HOMBRE AL AGUA, LANZE DE INMEDIATO UN ARO SALVAVIDAS. NOTIFIQUE AL PUESTO MISMO AL AGUA POR EXTERIOR O BANDA, NO PIERDA DE VISTA AL PUESTO. EL PATRON PROCEDERÁ CON LA CAÍDA DE VELLAMEN Y ACTIVARÁ LA ALARMA GENERAL.

ALARMA GENERAL DE EMERGENCIA

ESTA CONSTITUÍDA POR SIETE PITADAS CORTAS O MAS, SEGUIDOS POR UNA ALARMA DE LA ALARMA GENERAL DE EMERGENCIA, PITO, SIRENA TIO A CONTINUACIÓN UN ANUNCIO POR EL SISTEMA RADIO INDICANDO TIPO DE EMERGENCIA Y LUGAR DE REUNIÓN

AL SONAR LA ALARMA GENERAL:

1. TODAS LA PERSONAS DEBEN DIRIGIRSE A LA BRIGADA POSIBLE Y POR EL CAMINO MAS CORTO A SU LUGAR DESIGNADO.
2. TODAS LAS PERSONAS DEBEN VESTIRSE CON ROPAS ABRIGADAS Y CALZADO APROPIADO QUE CUBRAN TODO EL CUERPO Y EN CASO DE ESTAR DESIGNADOS DEBEN COLOCARSE CHALECOS SALVAVIDAS.
3. SI EL PATRON ORDENA ABANDONAR EL BUQUE, TODOS LOS TRIPULANTES DEBEN DIRIGIRSE ORDENADAMENTE Y MANTENIDOS LA CALMA.

NO.	CARGO	NOMBRE CARGO PRINCIPAL	NOMBRE CARGO DE APOYO	LUCHA CONTRA INCENDIO EN CUBIERTA	LUCHA CONTRA INCENDIO EN MAQUINAS	ABANDONO	CHEQUEO VARADA HIDRANTES	TALLA DE SOBRESO PRINCIPAL	HOMBRE AL AGUA
1	PATRON COSTANERO			DIRIGE LA OPERACIÓN	DIRIGE LA OPERACIÓN	ORDENA BAJAR BOTE DE FIBRA Y PANGA	DIRIGE LA OPERACIÓN	DIRIGE LA OPERACIÓN	DIRIGE LA OPERACIÓN
2	TECNICO DEDIESA			CONTROLA	AUSILIA A PUERTO	LLEVA SART A LA PANGA Y CHEQUEA CHALECOS	LLEVA SART Y RADIO PORTATIL.	AUSILIA A PUERTO	MANIOBRA EN EL TIMÓN
3	TIMONEL			LLEVA EXTINTOR PQS	LLEVA EXTINTOR PQS A SALIDA PROA	ACTIVA EL EPIRB Y LLEVA LA PANGA	LLEVA LA BOMBA PORTATIL A CUBIERTA Y LA ENCIENDE	SE DIRIGE A TIMÓN DE EMERGENCIA	ASISTE EN EL PUENTE
4	HERIDO CUBIERTA			LLEVA EXTINTOR PQS	LLEVA EXTINTOR PQS A SALIDA BANDA	LLEVA RADIO PORTATIL DE EMERGENCIA A LA PANGA	CONTROLA COLOCACIÓN DE CHALECOS	ESTABLECE COMUNICACIÓN ENTRE PUENTE Y SERVO	ASISTE CON AROS SALVAVIDAS
5	REFUERZO N°1			SE COLOCA EL TRAJE DE BOMBERO	SE COLOCA EL TRAJE DE BOMBERO	BAJA LA PANGA	MANIOBRA PROA TOMA CALADOS	MANIOBRA SERVO	ASISTE CON BARCALAS
6	REFUERZO N°2			DESEMPOLLA Y OPERA MANGUERA DE EXTINCIÓN	ASISTE A BOMBERO CON EXTINTOR CO2	SUELTA LA PANGA	MANIOBRA DE POPA TOMA CALADOS	APOYA EN EL SERVO	TRAE PASADAS
7	REFUERZO N°3			DESEMPOLLA Y OPERA MANGUERA DE EXTINCIÓN	ASISTE A BOMBERO CON EXTINTOR CO2	LLEVA LA DOTACIÓN DE LUCES A LA PANGA	SONDAS, TANQUES, COMBUSTIBLE, AGUA	PUENTEO POR MEDIO DEL CAPITAN	IZA A BORDO PROA
8	REFUERZO N°4			LLEVA LA BOMBA PORTATIL A CUBIERTA Y LA ENCIENDE	LLEVA LA BOMBA PORTÁTIL A CUBIERTA Y LA ENCIENDE	LLEVA AGUA ALIMENTOS Y PASADAS A LA PANGA	ASISTE A METERISTA	CONTROL SALA DE MAQUINAS	ARMADO BOTE
9	MOTORISTA			ENCIENDE LAS BOMBAS CONTRAINCENDIO	ACTIVA SEÑALES Y BANCO DE CO2	LANZA LA BALSA SALVAVIDAS	PRENDE BOMBAS DE ACHIQUE	CONTROL DE MAQUINAS	CONTROL DE MAQUINAS

Figura No. 7

2.7 Equipos de comunicación.

Después de los chequeos a las licencias de radio, se pasó una revisión informal a los equipos tales como radar, sonar y ecosonda. Los equipos portátiles de emergencia como sart, epirb y radio bidirecciónal de ondas paramétricas, fueron testados. Estos se encuentran dispuestos en el puente de gobierno, y son de conocimiento público; equipos que se pueden apreciar en la figura No 8.

Figura No. 8

También, para cumplir con el sistema de comunicación entre puente de gobierno y máquina, se colocó un intercomunicador entre los mismos. Para recibir el aviso de llamada en la sala de máquinas, se colocó una luz del tipo licuadora, la cual pasó la exigencia. Los detalles de la instalación, se observan en la Figura No. 9, en la cual se aprecian los equipos dispuestos en lugares aceptables: junto al control del gobierno y en la bajada a la sala de máquinas.

Figura No. 9

2.8 Equipos de navegación.

El medidor de ángulo de caña fue testado, así como chequeado el cuadro de calibración de compás magnético dispuesto junto al mismo.

Insalvablemente, debió instalarse un medidor de ángulo de caña; cuyo sensor se ubicó en el servo y la aguja de indicación junto a la rueda del timón principal. Quedó a consideración del inspector, la colocación o nó de una aguja de indicación en la rueda del timón auxiliar. Un detalle de esto, se aprecia en la figura No. 10, en la cual se trata de aprovechar el espacio reducido en el pesquero.

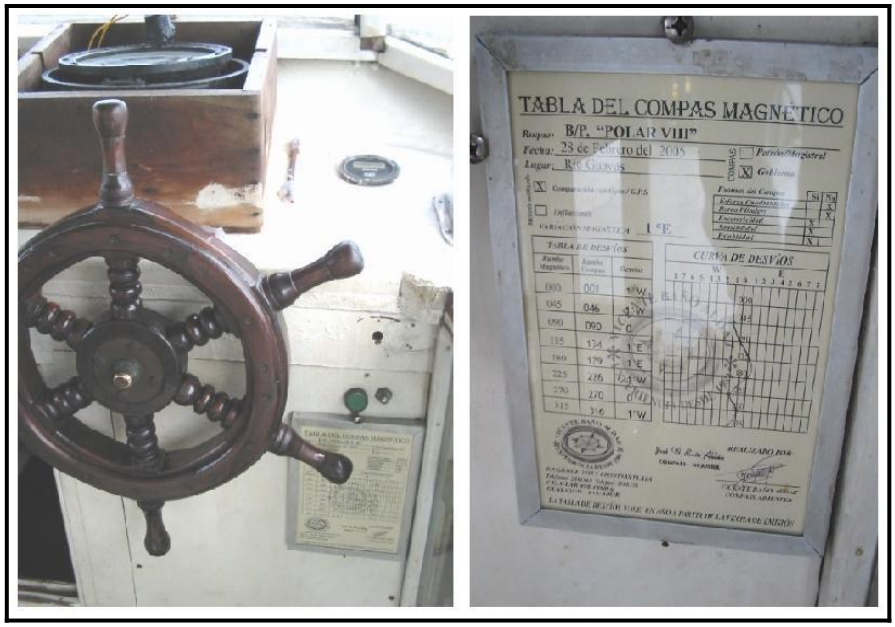


Figura No. 10

2.9 Banco de CO2.

El buque pesquero, posee una sala de máquinas con muy pocos equipos para su operación. En primera instancia se propuso la instalación de 2 botellas de 50 libras de CO2, una en el acceso de proa y otra en el acceso de popa; debido a la alta inversión del banco de CO2.

En vista de la exigencia de la autoridad marítima, que la consideraba "insalvable", se debió reubicar las botellas de CO2, en un banco fijo de 150 libras. Este dispone una forma de lanzamiento manual a la bajada de la sala de máquinas, fluyendo el gas por tuberías sobre bajo el techo de la sala de máquinas.

A forma de indicativo de accionamiento, para que todo el personal salga de máquinas; se dispusieron 2 luces licuadoras; 1 de color azul para alerta y tiempo de escape, y 1 de color rojo, para el accionamiento final de las válvulas. Estas luces , se instalaron con interruptor manual de encendido.

Todos estos detalles se pueden observar en la figura No. 11, en las cuales vemos la ubicación del banco de CO2 y la distribución de las luces indicativas. Cabe el comentario, que la dotación de personal para máquinas en estos buques, es de 2 personas: Maquinista y aceitero

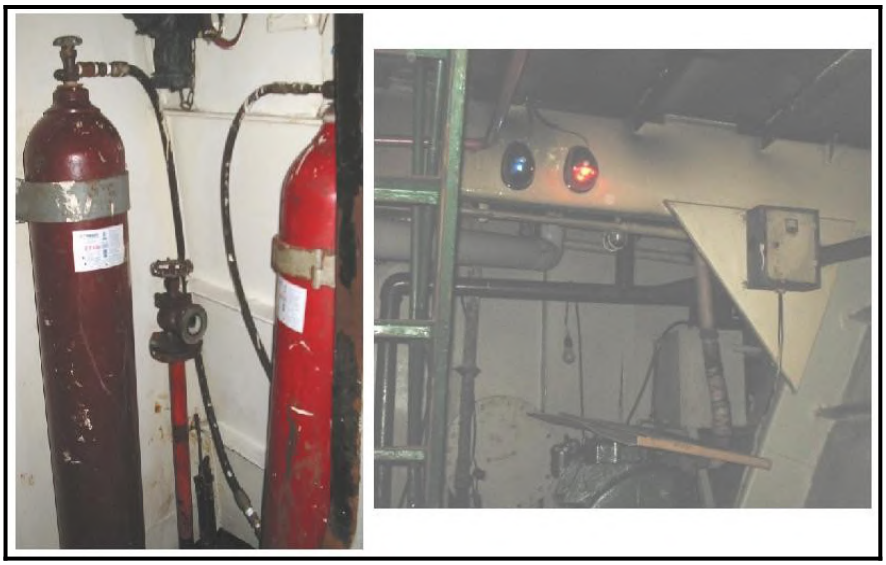


Figura No. 11

2.10 Equipos contraincendio.

Se había adecuado las líneas del manifold, para que todas las bombas descarguen en todas las mangueras contraincendio con pitón doble propósito. Como se sabe, el buque pesquero cuenta con bombas de caudal, pues su prioridad es el achique del agua que ingresa en las cubas de pesca durante el llenado de la captura en el buque; siendo una particularidad, que debe hacérsele conocer al inspector.

En la figura No. 12, se puede apreciar las instalaciones realizadas al sistema contraincendio en la cubierta principal; y la prueba exigida a la bomba portátil de achique. Cabe indicar, que se recomendó adecuar una manguera con pitón doble propósito a la bomba portátil, para que opere como bomba contraincendio.

Figura No. 12

En caso de incendio, también se exige un sistema de apagado demáquinas a distancia y cierre de tanques de combustible. Para ello, se confeccionó un sistema resore-pin-cable, tal como se ve en la figura No. 13. Este sistema manual, permite accionar un resorte que cierra instantáneamente las válvulas, que dan paso de combustible a la sala de máquinas.

Figura No. 13

2.11 Equipos de generación auxiliar

La planta portátil de pesca a la luz, es suficiente para esta exigencia. Adicional, se adecuó una guía para el poste reflector, de tal forma que la embarcación auxiliar tenga iluminación suficiente y segura.

Figura No. 14

2.12 Carenamiento.

Es un punto interesante de discusión, ya que se recomienda el carenamiento cada 30 meses, sabiendo que esto va a depender de las condiciones económicas de la empresa, y de las programaciones. En el caso del buque indicado, se ha considerado un protección de pintura y ánodos de zinc para 36 meses.

2.13 Mantenimiento general.

El mantenimiento a la superestructura, incluye mejoramiento de la habitabilidad, chequeo de frisos en las compuertas estancas, cierre en la ventilaciones y seguridad en el tránsito a bordo.

3.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS INSPECCIONES DE SEGURIDAD.

Hay que indicar en primera instancia, que ninguna de estas inversiones, mejoran el activo fijo de los buques, porque son perecibles o caduca a una fecha muy próxima. Por ejemplo, la granada de humo flotante está a bordo, va al agua y se pierde.

Los costos, si aplicáramos las exigencias con instalaciones regulares para buques nuevos, duplican a la aplicación doméstica realizada.

Item	Cantidad ajustada al reglamentario	Nombre del equipo	Ajustando al reglamento de una forma más económica	Aplicación con estricto cumplimiento del reglamento
		A. GASTO DE EQUIPAMIENTO		
		A.1. Área de equipos individuales		
A.1.1	18	Chalecos Salvavidas	$ 1,310.40	$ 1,310.40
	18	Luces Para chalecos	$ 443.52	$ 443.52
	18	Pito para chalecos	$ 161.28	$ 161.28
	2	Cinta reflectiva rollo para chaleco	$ 150.00	$ 150.00
	18	Pintar nombre en chaleco	$ 45.00	$ 45.00
	2	Lanzador de cabos	$ 50.00	$ 280.00
A.1.2	6	Aro Salvavidas	$ 580.81	$ 774.00
	2	Granada de humo para aro salvavidas	$ 126.00	$ 126.00
	4	Luces para aro salvavidas	$ 405.98	$ 405.98
	6	Línea de vida para aro salvavidas	$ 33.00	$ 44.00
	1	Cinta reflectiva rollo para aro salvavidas	$ 75.00	$ 75.00
	8	Pintar nombre en aro	$ 20.00	$ 20.00
A.1.3	4	Dotación de Bengala paracaídas	$ 247.52	$ 247.52
	4	Dotación de Luz de mano	$ 99.99	$ 99.99
	1	Dotación de Pistola de señales	$ 156.24	$ 156.24
	4	Dotación de Granadas de humo	$ 252.00	$ 252.00
		A.2. Área de equipos generales		
A.2.1	0	Balsa salvavidas para 20 personas	$ -	$ 3,720.25
	1	Fibra speedboat	$ 650.00	$ 650.00
	1	kit de supervivencia	$ 420.00	$ 420.00
A.2.2		Libro derrotero		
		Libro Faros y boyas		
		Libro de código internacional de señales		
		Novedades al navegante		
		Carta de navegación zonas de pesca		
		Libro de primeros auxilios		
		Libro de contraincendio		
		Copia de manuales de equipos	$ 35.00	$ 35.00
A.2.3		Cuadro de código internacional de señales		
		Cuadro de zafarrancho		
		Cuadro de abordaje		
		Cuadro contraincendio	$ 45.00	$ 45.00
A.2.4	1	Epirb	$ 1,350.00	$ 1,350.00
	1	Respondedor de radar sart	$ 950.00	$ 950.00
	1	Radio bidirecciónal de emergencia	$ 475.00	$ 475.00
	1	Intercomunicador tipo portero eléctrico	$ 95.00	
	1	Luz licuadora	$ 18.00	
	1	Accesorios de cables y switch	$ 25.00	
	1	Mano de obra	$ 25.00	$ 550.00
A.2.5	1	Calibración y mantenimiento a compás magnético	$ 240.00	$ 240.00

	1	Indicador de ángulo de pala	$ 70.00	$ 70.00
	1	Instalación de indicador de ángulo de pala	$ 40.00	$ 40.00
A.2.6	1	Sistema de luces de navegación auxiliar	$ 260.00	$ 480.00
		A.3. Área de prevención		
A.3.1	1	Banco de CO2 - 2 botellas	$ 1,700.00	$ 3,400.00
	2	Luz licuadora	$ 36.00	
	1	Accesorios de cables y switch	$ 15.00	
	1	Mano de obra	$ 25.00	$ 750.00
	7	Alarmas de humo	$ 35.00	$ 35.00
	1	Traje de bombero	$ 400.00	$ 400.00
	1	Equipo de respiración autónomo	$ 375.00	$ 375.00
	1	Sistema de cierre de combustible	$ 185.00	$ 875.00
	1	Botella de espuma de 50 libras	$ 345.00	$ 345.00
		Extintores típicos a bordo		
A.3.2	1	Bomba portátil de achique gasolina	$ 350.00	$ 1,350.00
	1	Bomba portátil contraincendio diesel	$ 375.00	$ 1,120.00
	3	Mangueras contraincendio + pitón	$ 594.72	$ 594.72
	1	Planta eléctrica auxiliar 2.5 KW gasolina	$ 550.00	$ 3,012.00
	1	Equipos para bombas y plantas	$ 380.00	$ 380.00
		B. GASTO DE MANTENIMIENTO AL BUQUE		
B.1		Dar mantenimiento de pintura a superestructura	$ 1,040.00	$ 2,800.00
B.2		Mantenimento a winches	$ 80.00	$ 750.00
B.3		Mantenimiento a guardacalor	$ 135.56	$ 470.00
			$ 15,476.02	$ 30,272.90

Con esto podemos concluir, que es posible disminuir el gasto, consiguiendo que la embarcación sea considerada aceptable para navegar. ***Pese a que se ha realizado una disminución considerable en los costos de los equipos de seguridad, no significa que la tripulación esté desprotegida ante un posible siniestro***, garantizando la seguridad de la vida humana en el mar.

EXPERIENCIAS EN LA IMPLANTACION DE SISTEMAS DE GESTION DE CALIDAD EN LA FORMACION NAVAL EN CUBA

RESUMEN

El trabajo expone las experiencias y resultados obtenidos en la interpretación de los requisitos de la norma NC ISO 9001:2000 y su aplicación en centros de formación naval con el objetivo de dar cumplimiento a los requisitos establecidos por la OMI en el STCW´95 así como en el Código de Formación. En el mismo se detallan los aspectos a tener en cuenta en cada requisito de la norma donde una inadecuada interpretación puede conllevar a que el SGC diseñado no permita una gestión optima del servicio de formación. El diseño planteado fue utilizado en la Academia Naval Granma que es la encargada en Cuba de la Formación y Titulación del Marino Mercante y en el Centro de Preparación Gerencial (PREGER-TRAIMar) del MITRANS que realiza la Formación de PostGrado a las especialidades del Transporte, ambos centros obtuvieron la certificación de su Sistema de Gestión de Calidad por la NC ISO 9001:2000.

Autora: Ing. Zulema González González, Consultora de SGC, Registro Cubano de Buques
Dirección: Edificio H-18 apto. 27 Zona 12, Alamar, Habana del Este, Ciudad Habana, Cuba
Correo electrónico: consult@rcb.transnet.cu
Teléfono: 65-0681

1.- INTRODUCCIÖN

El Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar, STCW´95, enmendado en 1995, así como el Código de Formación, este último en sus Secciones A-I/8 y B-I/8 plantea que las Instituciones de Formación Náutica debían contar con un Sistema de Calidad que asegurara la calidad de la formación en concordancia con el Convenio y Código de Formación, así como con las Normas nacionales para Sistemas de Calidad en la educación o en su defecto por un modelo alternativo de las Normas ISO 9000 que no fuera solamente a la parte administrativa sino al aseguramiento de la formación del hombre y además que tuviera en cuenta las regulaciones de cada País para este tipo de institución. En Cuba no existe una norma de calidad para los centros de formación y la norma por la que se certifican los Sistemas de Gestión de Calidad es la NC ISO 9001:2000.

La norma NC ISO 9001:2000 como plantea en el punto 1.2 es aplicable a todo tipo de organización pero dada las características de un centro formación y que en Cuba no se había implantado un SGC en base a esta norma que se fundamenta en la identificación de los procesos y la aplicación en los mismos del ciclo PDCA(planificar, hacer, verificar, actuar), se hacia necesario definir cada proceso necesario para la realización del servicio de formación, como se interpretarían algunos requisitos para este tipo de servicio y como quedaría diseñado el sistema.

El SGC que se implantaría debía cubrir todas aquellas actividades que aseguraran una adecuada formación que respaldara la certificación(titulación) otorgada.

Se analizo cada requisito teniendo en cuenta las condiciones de un centro de formación y como traducir lo que el mismo planteaba contra la problemática real, después de este análisis se definieron los procesos así como la documentación que serviría de soporte a los mismos y en el Manual de Calidad se explico como se implementaba cada requisito teniendo en cuenta las particularidades de un centro de este tipo.

2.- DESARROLLO

2.1.- Definición general de los procesos

Como primer aspecto se analizo el servicio que se brinda en un centro de formación, ya que la norma NC ISO 9001:2000 requiere que las actividades de toda organización sean pensadas como procesos que están relacionados entre sí. Teniendo en cuenta todo lo anterior se trabajo en identificar los procesos que interviene de forma directa en el servicio de formación y certificación, así como aquellos que sirven de base y aseguran los procesos fundamentales de esta forma se definieron los siguientes procesos de forma general que se caracterizarían de acuerdo al centro en cuestión:

- Claves
  - Diseño de planes y/o programas de Estudio
  - Formación o Docente
  - Secretaría (certificación y/o titulación)

  Además donde se aplique:
  - Contratación del personal docente
  - Comercial

- Apoyo
  - Formación del personal docente
  - Compras

A partir de la definición de los procesos se analizaron todos los requisitos para realizar una adecuada interpretación de los mismos para su aplicación en un centro de formación.

2.2.- Definición de los clientes

Otro de los aspectos significativos era definir al cliente ya que los clientes pueden ser:

- el estado(ej. centros de formación del sistema general de enseñanza),

- la organización que desea que le preparen a su personal (ej. centros de formación ramal especializada) y siempre
- el educando

Esta definición de quien o quienes son los clientes varia de acuerdo a la misión que tenga el centro de formación lo que se puede observar a través de los ejemplos señalados anteriormente.

2.3.- Análisis de la interpretación de los requisitos de la norma

Solo se expondrán aquellos requisitos donde es necesario una adecuada interpretación o puntualización para un centro de formación el resto de los requisitos se aplicaran según el sentido planteado en la norma NC ISO 9001:2000.

- Capitulo 4 Sistema de gestión de la calidad.

  Se aplica como en cualquier otro tipo de organización.

- Capitulo 5 Responsabilidad de la dirección.
  - Requisito 5.2 Enfoque al cliente.

    Es necesario tener en cuenta lo planteado en el aspecto 2.2 o sea quien o quienes son mis clientes para poder establecer sus necesidades y expectativas para trabajar en función de su satisfacción.

    En base a lo anterior debemos tener en cuenta que objetivos de formación desea mi o mis clientes (político moral, intelectual, profesional, aprovechamiento, comunicación alumno-profesor).

    En muchos casos para cumplir este requisito es necesario conocer las tendencias futuras del país y las regulaciones nacionales e internacionales para que el centro de formación pueda prepararse para lograr cumplir con todas estas necesidades.

- Capitulo 6 Gestión de los recursos.
  - Requisito 6.1 Provisión de recursos

    Es necesario tener y asegurar los recursos que permitan una adecuada formación del educando como son obtención de los libros necesarios, equipamiento de laboratorios según los programas de estudio, etc.

  - Requisito 6.2.2 Competencia, toma de conciencia y formación.

    Es necesario demostrar que se poseen requisitos establecidos para aquellos cargos que se encuentran involucrados en el servicio educacional(ej. conocimientos generales y específicos para los profesores acorde a la temática a impartir, maestría pedagógica, conocimiento de las regulaciones vigentes para el sector de formación fundamentalmente en el área de secretaría, etc.).

    El programa de capacitación debe permitir que los profesores mejoren su maestría pedagógica y conocimientos de las temáticas que imparten).

    De primordial importancia es la medición de la eficacia de la formación recibida.

  - Requisito 6.3 Infraestructura.

    Es fundamental que las aulas y laboratorios posean todas las condiciones y equipamiento que permitan el cumplimiento de los programas docentes, además tener muy en cuenta la iluminación y ventilación necesaria en cada local. En el caso de alumnos internos también se contempla las condiciones de los albergues.

- Capitulo 7 Realización del servicio
  - Requisito 7.1 Planificación de la realización del servicio.

    La planificación del proceso de formación y del diseño de los planes y/o programas son fundamentales para demostrar como se implementa el servicio de formación por lo que es necesario demostrar que información se utiliza para esta planificación y mantener las evidencias de su realización.

  - Requisito 7.2.1 Determinación de los requisitos relacionados con el servicio.

En este aspecto se deben definir los requisitos para la formación que se va a impartir (nivel necesario, edad, condiciones físicas, aprobaciones necesarias, horarios) y es necesario tener identificado los requisitos legales y/o reglamentarios tanto nacionales como internacionales.

- Requisito 7.2.2 Revisión de los requisitos relacionados con el servicio.
  Esto significa que el centro de formación debe asegurar antes de aceptar un compromiso, que el servicio de formación solicitado lo entiende y puede cumplirlo, esto es fundamental para aquellos centros que diseñan planes y programas de estudio a solicitud del cliente.

- Requisito 7.2.3 Comunicación con el cliente.
  Esta debe abarcar desde la orientación vocacional, formas de matricula, documentación necesaria a entregar para la matricula, horario de clases, reuniones de grupo, reuniones con las organizaciones solicitantes hasta la medición de su satisfacción.

- Requisito 7.3 Diseño y desarrollo.
  El diseño en un centro de formación son la elaboración de los Planes y/o Programas de Estudio por lo que este requisito se aplicara en todo centro de formación que elabore los mismos o realice modificaciones a los elaborados por otras organizaciones.
  El requisito 7.3.6 Validación del diseño este es el aspecto más problemático ya que en la mayoría de los casos para realmente validar el diseño es necesario evaluar el resultado obtenido después de su aplicación o sea que es necesario poner en practica un Plan de Estudio y darle seguimiento al desempeño posterior de los educandos.

- Requisito 7.4 Compras.
  En este requisito es necesario analizar que productos y servicios afectan la calidad del servicio de formación y a estos es que es obligatorio aplicarle lo planteado en la norma (ej. bibliografía, equipos e instrumentos de laboratorio, servicio de reparación de equipos que aseguran el proceso docente, sofware, etc.).

Solo es necesario puntualizar que si el centro formación contrata profesores debe evaluarlos como un servicio comprado y tener requisitos para evaluar y reevaluar al proveedor (profesor u organización), y verificar el servicio recibido.

- Requisito 7.5.1 Control de la prestación del servicio.

  El control de los procesos de realización del servicio es la base fundamental para asegurar un adecuado servicio de formación por lo que es necesario controlar entre otros los siguientes aspectos: admisión de los educandos, planificación de las actividades docentes, cumplimiento de los programas de estudio, evaluaciones a los profesores en la impartición del programa, asistencia de los educandos, resultados de exámenes, retención, entrega de certificados, títulos, etc.

- Requisito 7.5.2 Validación de los procesos de la prestación del servicio.

  El servicio de formación es un servicio especial ya que las deficiencias en su realización se pueden poner de manifiesto cuando se le realizan comprobaciones al educando o aún peor cuando este culmino sus estudios y no logra aplicar los conocimientos adquiridos. Por lo anterior se hace necesaria la validación de los procesos claves antes de su realización asegurando que el centro de formación tiene bien diseñado el Plan de Estudio y los Programas, posee el personal adecuado para realizar el servicio, las instalaciones y equipamiento necesario.

- Requisito 7.5.3 Identificación y trazabilidad

  El centro de formación debe tener asegurada la identificación única que permita en todo momento conocer como se desarrolla o desarrolló el proceso docente y la situación de cada educando en particular, aún después de haber concluido sus estudios.

- Requisito 7.5.4 Propiedad del cliente.

  Un aspecto de vital importancia para el desarrollo de este requisito es la preservación del educando durante su permanencia en el centro de formación, así como toda la información entregada por este.

- Capitulo 8 Medición, análisis y mejora
  - Requisito 8.3 Control del producto no conforme.

    Es importante definir que se considera un producto no conforme para el proceso de formación, dentro de estos se pueden encontrar: incumplimiento con los planes y programas de estudio, horarios de clases, el desempeño del cuerpo docente y del educando en el proceso educativo, incumplimiento de contratos, calidad de los materiales entregados, errores en los certificados o títulos, etc.

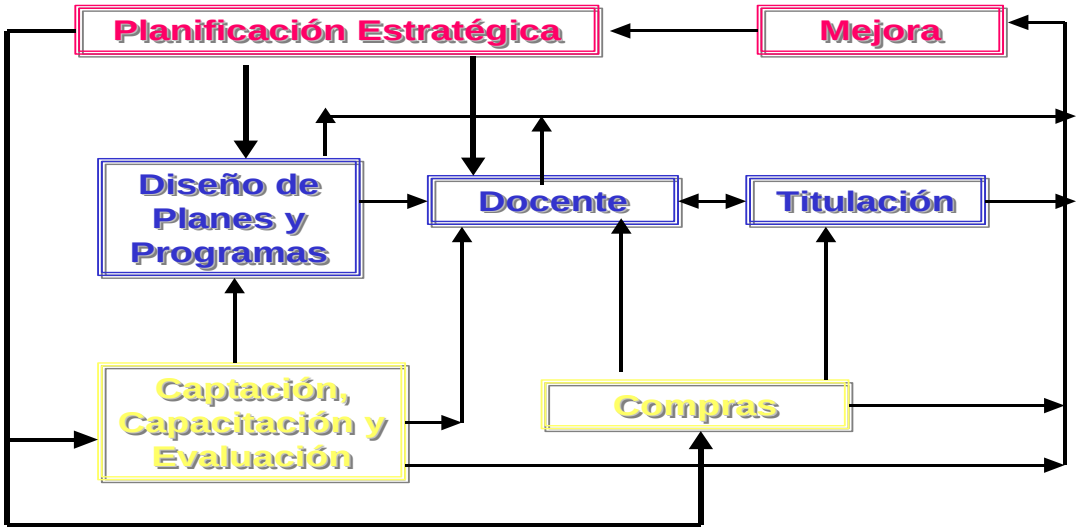
Con la interpretación realizada permitió establecer como se aplicaba cada requisito especifico de la norma en un centro de formación y a partir de esta se elaboró el Manual de Calidad en el que se expone como el centro docente da respuesta y cumple cada requisito de la norma NC ISO 9001:2000.

2.4.- Esquema de los procesos

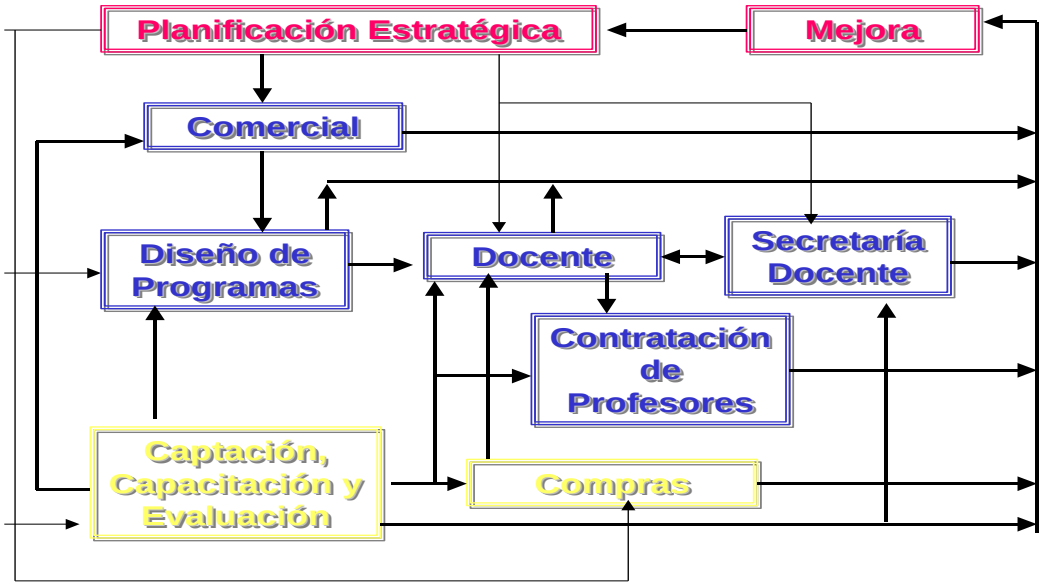
Para la confección del esquema o mapa de procesos se analizaron las entradas y salidas de cada proceso así como sus interrelaciones lo que permite visualizar fácilmente como la organización es un todo y como cada proceso aporta al resto de los procesos lo que facilita la aplicación de los recursos con el fin de asegurar el encargo social del centro en cuestión.

Cada centro de formación de acuerdo a sus actividades puede variar sus procesos y la interrelación entre los mismos lo que se puede observar en los esquemas que señalamos a continuación.

Esquema de los procesos de la Academia Naval



Esquema de los procesos de PREGER



2.5.- Indicadores para los procesos claves

Los indicadores que permitieran medir la eficacia de los procesos fueron analizados con el dueño del mismo teniendo muy en cuenta el objetivo que se persigue con el proceso a continuación se exponen algunos posibles indicadores.

Diseño de Programas

- % de cumplimiento de la planificación del diseño en tiempo
- % Validación de los programas elaborados antes de su Implementación masiva
- % Satisfacción de los clientes por los nuevos diseños

Docente

- % de cumplimiento del programa de estudio
- % de Retención
- % de Promoción
- % de los profesores evaluados de MB en los controles a clases

Secretaria o Titulación

- % de cumplimiento de las certificaciones en tiempo
- % de error en los certificados o títulos y certificaciones realizadas

3. RESULTADOS PRÁCTICOS

El diseño realizado se aplico por primera vez en la Academia Naval Granma que es la encargada de formar y titular al personal de mando para los buques la que logro su certificación en el año 2003 por la NC ISO 9001:2000, este centro ya poseía un SGC certificado en base a la NC ISO 9001:94 el cual fue diseñado también por la autora de este trabajo.

Posteriormente se aplico a PREGER (al cual se le adscribió TRAIMar) que es el centro de formación del MITRANS donde se capacitan todas los especialistas del Transporte el que logro su certificación en septiembre del 2004.

En el caso del resultado obtenido por la Academia Naval a permitido que el personal titulado por la misma mantenga el reconocimiento por la OMI y mantenerse en la Lista Blanca lo que implica que se ha podido mantener el enrolo de marinos mercantes cubanos en buques de diferentes banderas.

A PREGER haber logrado la certificación le ha permitido aumentar su reconocimiento tanto a nivel Nacional como Internacional y ya en este centro se capacitan especialistas de la rama del transporte y de otros sectores de la Economía.

Además debemos señalar que por el ser el Registro Cubano de Buques la única entidad consultora en el país que ha logrado llevar a la certificación centros de formación esto ha sido reconocido por el Organo Certificador Cubano que es la Oficina Nacional de Normalización(ONN).

En la actualidad se esta trabajando en la implantación de este diseño en el Politécnico Naval "Aracelio Iglesias" lo que al concluirse asegurará que todo el servicio de formación naval en Cuba se encuentre respaldado por un SGC.

4.- CONCLUSIONES

- Se obtuvo una guía de trabajo para la interpretación de la norma NC ISO 9001:2000 en centros de formación.
- Fueron definidos los procesos claves para asegurar el servicio de formación como lo solicitaba el Código de Formación de la OMI.
- Se logro que la Academia Naval Granma mantenga el reconocimiento de la OMI para la formación y Titulación del Marino Mercante.
- Ha permitido guiar hasta la certificación a dos centros de educación de diferentes características en cuanto a su misión.
- Esta interpretación y diseño puede utilizarse en cualquier centro de formación.

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar, STCW´95.
- Código de Formación
- NC ISO 9000:2000 Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario
- NC ISO 9001:2000 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos
- NC ISO 9004:2000 Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL
XIX COPINAVAL

Comisión CT6
Tecnología Pesquera

"Experiencias sobre la necesidad de medidas organizativas para las pesquerías con ayuda de receptores GPS."

Autor: Ing. Ignacio Orlando Díaz Siberia.

Ecuador
26 de Octubre del 2005

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL
XIX COPINAVAL

Comisión CT6: Tecnología Pesquera

Experiencias sobre la necesidad de medidas organizativas para las pesquerías con ayuda de receptores GPS.

Díaz Siberia, Ignacio Orlando; Ingeniero Navegante; Cuba, Especialista de Medios Técnicos de Navegación. "NAVALEC". San José No. 329 e/ Pobre y Jesús María, Camagüey, Cuba Teléfono: 241547

El texto de la ponencia explica, en base a experiencias cubanas, que para dar un uso adecuado en los buques a los receptores del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en función de las pesquerías de especies de langosta, camarón y escama, no basta que a bordo del buque pesquero exista el equipo receptor instalado y que funcione correctamente, también es necesario saber emplear todas las opciones posibles que éste ofrece técnicamente para realizar las maniobras y faenas pesqueras de forma más ágil, precisa y segura. Adicionalmente se expone la conveniencia de registrar las referencias de las faenas realizadas durante la jornada para análisis corrientes y futuros, así como la necesidad actual de que la actividad pesquera en general con ayuda de receptores GPS sea controlada sistemáticamente a diferentes niveles de dirección. El presente trabajo propone cinco medidas organizativas para elevar la efectividad del uso de los receptores GPS en función de la pesca, basadas en experiencias reales vividas en más de cinco años a bordo de los buques y durante la permanencia en diferentes establecimientos pesqueros de la mitad oriental del país.

Palabras claves: GPS, Receptor GPS.

Medios audiovisuales necesarios: Computadora Personal, videobeam.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL
XIX COPINAVAL

Comisión CT6: Tecnología Pesquera

Experiencias sobre la necesidad de medidas organizativas para las pesquerías con ayuda de receptores GPS.

Díaz Siberia, Ignacio Orlando; Ingeniero Navegante; Especialista de Medios Técnicos de Navegación, "NAVALEC".Cuba

Summary
Based on Cuban experiences is given an explanation related to a suitable use on ships to the receivers of the Global Positioning System (GPS) in function of the fisheries of lobster, shrimp and scale species. It is not enough that on board the GPS receiver works correctly; it is also necessary to know how to use all the possible technical options that it offers to carry out the maneuvers and fishing tasks in a more agile, precise and sure way. Additionally is exposed the convenience of registering the references of the tasks carried out during the day for average and future analysis, as well as the current necessity that the fishing activity in general with the help of receiving GPS is controlled systematically at different management levels. The present work proposes five organizational arrangements in order to elevate the effectiveness of using the receiving GPS in function of the fishing, based on real experiences from living in more than five years on ships and staying in different fishing establishments of the oriental half of the country.

Key words: GPS, Receiving GPS.

Introducción

En los últimos tiempos a nivel mundial, y particularmente en nuestro país, el empleo de los receptores GPS ha facilitado la comodidad de la realización de la navegación y las faenas para las diferentes pesquerías. Con el empleo de los receptores GPS, la posición propia del buque, los peligros de navegación, las artes de pesca aisladas, en línea o áreas de pesca pueden quedar marcados (localizados)en la memoria del equipo con facilidad y gran precisión. La navegación y las maniobras con fines pesqueros se hacen más precisas, seguras y rápidas; contando los receptores GPS con las funciones operativas GO TO, de RUTAS y otras opciones que favorecen el trabajo de los pescadores a bordo durante la navegación pesquera.
Pero a pesar de las amplias ventajas técnicas que ofrecen los receptores GPS para las pesquerías, las tripulaciones, empresas y establecimientos pesqueros en general, no lograban aprovecharlas a plenitud por las siguientes causas:

1. En general los equipos se suministraban sin una documentación técnica apropiada capaz de ser asimilada por el personal.
2. Las empresas (establecimientos pesqueros) no tenían organizada la capacitación.
3. Los especialistas y directivos ignoraban que a la par con el empleo de los receptores GPS a bordo de los buques de pesca también era posible y necesario el registro y control de las actividades a través de documentos a establecer a diferentes niveles.
4. Las empresas (establecimientos pesqueros) no tenían creada una base de datos primarios, que tuviera como soporte informativo la organización y desarrollo de las pesquerías a bordo de los buques con ayuda de los receptores GPS.

Todas las insuficiencias que se venían presentando en el empleo de los receptores en función de las diferentes pesquerías fueron acumulando las experiencias necesarias para proponer y llevar adelante gradualmente un grupo de medidas organizativas cuyos objetivos fueron dirigidos desde un inicio a la solución de la problemática existente con el mínimo de gastos posibles.

Como aspecto cumbre en el presente trabajo, se expone, como parte de las medidas propuestas, la idea general sobre la posibilidad de desarrollar un sistema automatizado de pronóstico pesquero; con lo que pretende facilitar la actividad productiva, científico-técnica y de control en las diferentes entidades pesqueras del país.

Contenido

El estudio de las características y posibilidades técnicas de los receptores GPS instalados en buques de pesca, las observaciones realizadas de las faenas de pesca en diferentes embarcaciones de pesca de la mitad oriental del país, la consulta a diferentes patrones ,especialistas y directivos de varios establecimientos pesqueros del mencionado territorio, más la valoración del sistema organizativo implantado en los buques, flotas ,establecimientos y empresas donde se laboró, nos permitió llegar a la conclusión de que los receptores GPS estaban en general subutilizados, teniendo en cuenta para esta conclusión la circunstancia de que lo provechoso después de la considerable inversión en la adquisición de esta tecnología es precisamente desarrollar las faenas pesqueras en cada sitio utilizando al máximo posible las ventajas técnicas que ofrecen los receptores GPS.
El presente trabajo se ha ido conformando a lo largo de los últimos cinco años, con la incorporación y desarrollo de medidas organizativas que van encaminadas a superar las insuficiencias que a nuestro modo de ver, afectan el desarrollo progresivo del uso de los receptores GPS en funciones pesqueras.
Las medidas organizativas que hacemos referencia son:

I. **Preparación de la documentación técnica operacional de los receptores GPS en uso.**
II. **Capacitación de todo el personal.**
III. **Diseño del sistema de documentos de trabajo.**
IV. **Creación del archivo y base de datos primarios.**
V. **Diseño de programas automatizados para el control, análisis y pronósticos pesqueros.**

Veamos a continuación la esencia de cada una de estas medidas organizativas:

I. Preparación de la documentación técnica operacional de los receptores GPS en uso

El objetivo de esta medida organizativa consiste en traducir y adecuar cuando sean necesarias las instrucciones de operación de cada tipo de receptor GPS, a fin de que sirvan de una provechosa base material de estudio para todo el personal que deba relacionarse con estos medios.
En estos momentos nuestras empresas pesqueras generalmente cuentan con los receptores GPS del tipo J-NAV 500 (JRC) y GP-31(FURUNO).
Para el receptor GPS JNAV-500 se preparó un extracto de los aspectos esenciales que deben ser del dominio de los pescadores. Estas instrucciones se elaboraron sobre la base de las instrucciones originales suministradas, ya traducidas al español, las cuales eran poco comprensibles por la forma de redacción y edición utilizadas.
Para el caso de los receptores GPS-31 que predominan en el servicio a bordo de los buques, hemos traducido y editado en español el manual original suministrado (en idioma inglés).En este caso la documentación resultó ser más asequible para todo el personal por lo que no fue necesario realizar modificaciones.

II. Capacitación de todo el personal

El objetivo de esta medida es organizar y realizar la capacitación del personal de a bordo, de especialistas y de directivos en la operación de los receptores GPS para la navegación y la pesca de las diferentes especies, así como la capacitación en el manejo de documentos y procedimientos asociados a las pesquerías con ayuda del equipamiento instalado.
Las experiencias adquiridas nos dicen que la capacitación se deberá realizar de forma diferenciada, preferentemente en los períodos de veda de las especies y para esto los establecimientos o empresas pesqueras deberán organizar cursos con programas diferentes para tripulantes, personal especialista y directivos. De esta forma se podrá garantizar que todo el personal que

deba utilizar los receptores GPS se instruya en la realización de sus labores específicas.

Los cursos para pescadores deben dirigir sus objetivos a la instrucción del personal en el manejo de los receptores GPS para realizar la navegación, las maniobras y la pesca, así como a la instrucción del registro documental de las informaciones necesarias a bordo.
Los cursos para directivos deben dirigir sus objetivos a la instrucción elemental de la operación del los receptores GPS y a cómo controlar las actividades realizadas por los buques pesqueros a través de los datos registrados en el equipo y en los documentos de abordo.
Los cursos para especialistas independientes (o como parte de los llamados buroes de captura) deben dirigir sus objetivos a la preparación integral y el dominio de todo lo referente al trabajo con los receptores GPS, ya que son los especialistas los idóneos para encargarse de la capacitación sistemática de los pescadores y directivos. Además deben ser los controladores de la implantación y seguimiento del sistema de documentos de trabajo asociado a las faenas de pesca con ayuda de los receptores GPS.

III. Diseño del sistema de documentos de trabajo

Para el diseño de un sistema de documentos apropiados a utilizar como apoyo a las faenas de pesca y su control se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos:

a) Garantizar el registro documental de todos los puntos de referencias (Waypoints) de interés asociados a las labores con las artes de pesca y la navegación propia del buque en particular a lo largo del tiempo con vistas a ser procesados posteriormente en funciones de control, de análisis y de pronósticos pesqueros. (El registro documental también ofrece la posibilidad de almacenar mayor cantidad de puntos de referencias que los que concede la memoria interna de cualquier receptor GPS y, además, con el uso de este se evita que se pierdan informaciones ante operaciones indebidas del personal o fallo de la batería interna del equipo).

b) Permitir el control integral de las faenas de pesca de cada especie.

El sistema de documentos de trabajo necesario para almacenar y tramitar los datos de interés, con vistas a los análisis corrientes y futuros de cada pesquería, dependen de las necesidades de determinada organización y de las características del trabajo en los buques, flotas, establecimientos y empresas pesqueras.
En nuestro caso hemos estudiado la organización y valorado las características del trabajo de los diferentes buques de pesca, flotas, establecimientos y empresas de nuestro país .También hemos considerando las cualidades técnicas de los receptores GPS en uso, con el objetivo de lograr un diseño de documentos apropiados a cada instancia por tipo de pesquería, que garantice el acopio de los datos imprescindibles que puedan servir en lo adelante de aportes confiables al control, análisis y pronósticos pesqueros.
Acorde a la organización y características de cada tipo de pesquería en nuestro territorio, se diseñó la siguiente variante de documentos de trabajo:

Pesca del Camarón.
1. A bordo del buque.
   Libro de Faenas de Pesca del Camarón.
2. A nivel de flota
   Carpeta de Trabajo del Jefe de Zona del Camarón
3. A nivel de empresa
   Carpeta de Trabajo del Buró de Captura.
4. A nivel de empresa o establecimiento pesquero.
   Libro de Control de Documentos.

Pesca de la Langosta.
1. A bordo del buque.
   Libro de Faenas de Pesca de la Langosta.
2. A nivel de empresa o establecimiento pesquero.
   Libro de Control de Documentos.

Pesca de la Escama.
1. A bordo del buque.
   Libro de Faenas de Pesca de la Escama.
2. A nivel de empresa o establecimiento pesquero.
   Libro de Control de Documentos.

Veamos a continuación la esencia, estructura y contenido de cada uno de estos documentos:

El Libro de Faenas de Pesca del Camarón (LFPC). Es un documento de trabajo para la realización de anotaciones a bordo del buque camaronero cuando se use el receptor GPS en funciones de pesca y navegación.
El LFPC tiene la siguiente estructura:

a) Portada: donde se pone el nombre y el número de registro del documento, nombre del buque, las fechas de inicio y fin del llenado y el número de hojas foliadas.
b) Instrucciones generales: donde se explica cómo deben ser llenados los registros y se indican los procedimientos operativos de trabajo relacionados con ellos. También en estas instrucciones se explica como se marca en el receptor GPS la zona de trabajo asignada para la pesquería con ayuda de la tabla de coordenadas y la leyenda típica de una cuadrícula seccionada.
c) Instrucciones al patrón para la pesca: donde se registra en lo fundamental la fecha, horario, área asignada, pronóstico de captura, cantidad de lances y combustible asignado para la jornada de pesca.
d) Plan Diario de Pesca: donde el patrón hace los cálculos de navegación para la pesca con ayuda de una carta náutica, los instrumentos de ploteo y el receptor GPS como soporte para los cálculos analíticos.
e) Resultados de Pesca: donde se refleja la producción desglosada de la jornadas señalando la fecha, números de lances, el porcentaje de trilla, el rendimiento por lances y el total de millas navegadas (que es verificado solo por el Jefe de Zona a bordo del buque al concluir la jornada).
f) Diario del Patrón: donde se hacen todas las anotaciones de bitácora relacionas con la pesca, la navegación, el buque etc.
g) Anotaciones especiales: donde todos los directivos y especialistas que visiten el buque anotarán las observaciones que consideren necesarias.

La Carpeta de Trabajo del Jefe de Zona del Camarón (CTJZC). Es un documento de trabajo donde el Jefe de Zona de Pesca del Camarón registra la información resumida de todos sus buques relacionados con las instrucciones impartidas a los patrones, los resultados productivos individuales y otras cuestiones de interés.
La CTJZC tiene la siguiente estructura:

a) Portada: donde se pone el nombre y el número de registro del documento, las fechas de inicio y fin del llenado y el número de hojas foliadas.
b) Instrucciones generales: donde se explica cómo deben ser llenados los registros y se indican los procedimientos operativos de trabajo relacionados con ellos. También en estas instrucciones se explica cómo se marca en el receptor GPS la zona de trabajo asignada para la pesquería con ayuda de la tabla de coordenadas y la leyenda típica de una cuadrícula seccionada. Estos dos últimos aspectos son muy importantes para el control que el Jefe de Zona debe realizar de la región pesquera seleccionada.
c) Control de las instrucciones impartidas a los patrones: donde el Jefe de Zona hace una distribución previa del cumplimiento de las faenas acorde a la misión recibida del Buró de Captura. Todas las instrucciones serán recogidas por buque o grupo de buques señalándole área asignada, cantidad de lances planificados, combustible asignado y producción estimada.
d) Control del resultado de la pesca por buques: donde se refleja la producción desglosada, señalando la fecha, números de lances, el porcentaje de trilla, el rendimiento por lances y el total de millas navegadas de cada buque de la flota camaronera.
e) Control de las instrucciones adicionales impartidas: donde el Jefe de Zona refleja todas las indicaciones adicionales que ha dado a los patrones de cada buque camaronero.

La Carpeta de Trabajo del Buró de Captura (CTBC). Es un documento de trabajo en el cual el Buró de Captura registra la información resumida de todas las instrucciones impartidas a los jefes de zonas, los resultados productivos por buques (flotas) y otras cuestiones de interés.
La CTBC tiene la siguiente estructura:

a) Portada: donde se pone el nombre y el número de registro del documento, las fechas de inicio y fin del llenado y el número de hojas foliadas.
b) Instrucciones generales: donde se explica cómo deben ser llenados los registros y se indican los procedimientos operativos de trabajo relacionados con ellos. También en estas instrucciones se explica cómo se marca en el receptor GPS la zona de trabajo asignada para la pesquería con ayuda de la tabla de coordenadas y la leyenda típica de una cuadrícula seccionada. Estos dos últimos aspectos son muy importantes para el control que el Buró de Captura debe realizar sistemáticamente a las regiones pesqueras seleccionadas.
c) Control de las instrucciones impartidas a los Jefes de Zonas: donde el Buró de Captura refleja las instrucciones que dio a cada Jefe de Zona, indicando la cantidad de buques que deben trabajar en un área determinada, el horario, cantidad de lances y la producción estimada acorde a los estudios realizados.
d) Control del resultado de la pesca por buques: donde se refleja la producción desglosada, señalando la fecha, números de lances, el porcentaje de trilla, el rendimiento por lances y el total de millas navegadas de cada buque de la flota camaronera de la empresa.
e) Control de las instrucciones adicionales impartidas: donde el Buró de Captura refleja las indicaciones adicionales que ha dado a cada Jefe de Zona de Pesca del Camarón.

El Libro de Control de Documentos (LCD). Es un documento único en la empresa (establecimiento pesquero) a través del cual se lleva un control de todos los documentos de trabajo para la pesca de cualquier especie con ayuda de los receptores GPS. A través de este libro se controlan las entregas provisionales o definitivas de los documentos al archivo de datos primarios de la empresa (establecimiento pesquero).
El LCD tiene la siguiente estructura:
a) Portada: donde se pone el nombre, el número de registro del documento, las fechas de inicio y fin del llenado y el número de hojas foliadas.
b) Instrucciones generales: donde se explica cómo llenar el registro de documentos y los procedimientos operativos asociados a este.
c) Registro de los documentos: donde se señala el nombre del documento en siglas, el número de hojas foliadas, la fecha del recibo del documento en el archivo, quién recibió y su firma. Cuando se devuelve el documento al archivo para la custodia temporal; o definitiva se anota la fecha, quién lo entregó y la firma.

Libro de Faenas de Pesca de la Langosta (LFPL). Es un documento de trabajo para la realización de anotaciones a bordo del buque langostero cuando se use el receptor GPS en funciones de pesca y navegación.
El LFPL tiene la siguiente estructura:
a) Portada: donde se pone el nombre y el número de registro del documento, nombre del buque, las fechas de inicio y fin del llenado y el número de hojas foliadas.
b) Instrucciones generales: donde se explica cómo deben ser llenados los registros y se indican los procedimientos operativos de trabajo relacionados con ellos. Teniendo en cuenta que este tipo de pesquería se trabaja con un volumen considerable de pesqueros, los aspectos más importantes en estas instrucciones generales son los relacionados con la codificación de las **líneas de pesca** (pesqueros) que se expone y la explicación del registro para llevar el control sistemático de cada una de estas.
c) Líneas de pesca: este registro se aplica a cada línea de pesca por lo que tendrá un código único, período de vigencia, posiciones (latitud y longitud de cada pesquero, su número o letra dentro de la línea de pesca así como así como la fecha, hora y resultado de las actividades relacionadas al fondeo o pesca en la línea.
d) Clasificación de la especie por muestreo: en este registro el responsable anotará el código de cada línea de pesca que controle con la fecha, hora y resultado de la clasificación biológica realizada. Para facilitar el formato del registro en cada modelo aparece una leyenda de las siglas empleadas para la clasificación.

e) Diario del patrón: donde se hacen todas las anotaciones de bitácora relacionas con la pesca, la navegación, el buque etc.
f) Anotaciones especiales: donde todos los directivos y especialistas que visiten el buque anotaran las observaciones que consideren necesarias.

Libro de Faenas de Pesca de la Escama (LFPE). Es un documento de trabajo para la realización de anotaciones a bordo del buque escamero cuando se use el receptor GPS en funciones de pesca y navegación.
El LFPE tiene la siguiente estructura:

a) Portada: donde se pone el nombre y el número de registro del documento, nombre del buque, las fechas de inicio y fin del llenado y el número de hojas foliadas.
b) Instrucciones generales: donde se explica cómo deben ser llenados los registros y se indican los procedimientos operativos de trabajo relacionados con ellos.
c) Lista de puntos de referencias (WAYPOINTS): aquí se anotan por sus números de orden (números de registro de los puntos de referencias en el receptor GPS) y nombres si son editados, de todos los puntos de referencias que permanecen en la memoria del receptor GPS, o que han permanecido y ya fueron borrados, lo cual se señalará con una cruz en la columna “B”.
d) Diario del Patrón: donde se hacen todas las anotaciones de bitácora relacionas con la pesca, la navegación, el buque etc. Estas anotaciones tendrán la fecha, la hora y la posición del buque que aparecerá en ese momento en el receptor GPS (en grados minutos y en décimas, centésimas y milésimas de minuto.).
e) Anotaciones especiales: donde todos los directivos y especialistas que visiten el buque anotaran las observaciones que consideren necesarias.

IV. Creación del archivo y base de datos primarios

El objetivo del archivo de datos primarios es acopiar toda la información primaria de los Libros de Faenas de Pesca de cada buque por tipo de pesquería con el objetivo de llevar un control de las faenas realizadas por los buques pesqueros durante el día.
A diferencia de los datos productivos que diariamente se reportaban por los buques , ahora con el uso de los receptores GPS, el empleo de Los Libros de Faenas y el control sistemático por parte de directivos y especialistas, ya se pueden obtener datos diarios más precisos y veraces sobre las actividades y resultados pesqueros .
El archivo de datos primarios deberá en resumen:

1. Recepcionar la información de los resultados de las faenas pesqueras de los buques diariamente, en modelos acorde a los registros de los Libros de Faenas de Pesca de cada especie.
2. Entregar inicialmente a los buques los Libros de Faenas de Pesca cuando se pongan en vigor o cuando se agote el que estaba en uso con anterioridad.
3. Recepcionar temporalmente los Libros de Faenas de Pesca cuando se determine. Como regla se recomienda recoger todos los libros de faenas durante el periodo veda de las especies y en los casos de permanencia prolongada del buque en puerto.
4. Recepcionar los Libros de Faenas de Pesca cuando estos agoten sus páginas en uso.

La creación del archivo de datos primarios se establecerá en un local compartimentado de la empresa o del establecimiento pesquero; donde se instalen medios de archivo capaces de almacenar temporalmente o definitivamente las informaciones diarias procedentes de los buques, y los libros de faenas de pesca (carpetas de trabajo) en uso, ya usados o nuevos.
El archivo deberá tener un personal responsable para su correcto funcionamiento.
EL control de la entrada y salida de documentos primarios será efectuado por el Libro de Control de Documentos. Este libro siempre permanecerá en el archivo de datos primarios.
Sobre la base informativa que posee el archivo de datos primarios, se prevé conformar una base de datos primarios en formato digital asociado a las faenas pesqueras de cada especie, de manera tal

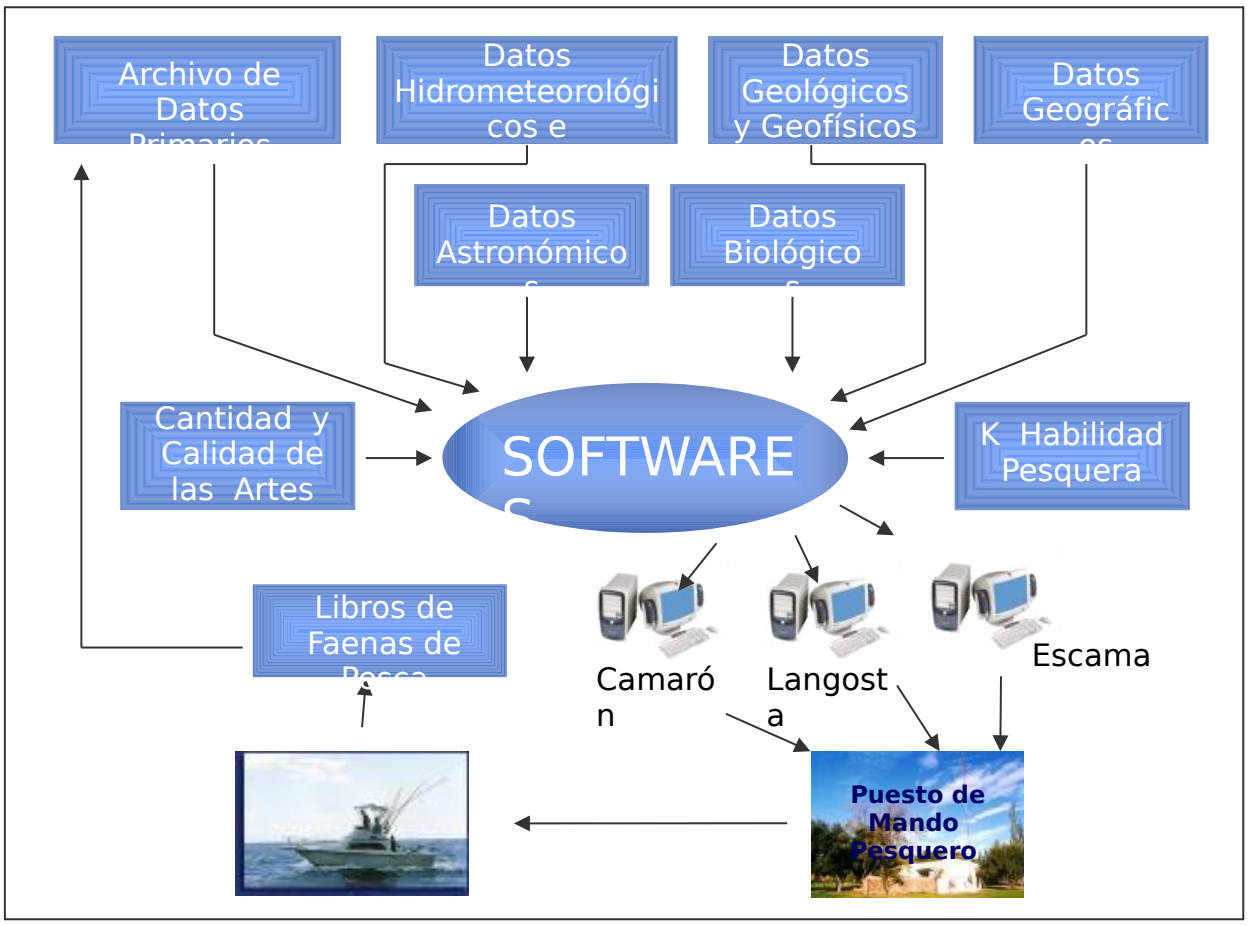
que sus resultados puedan ser consultados por cualquier usuario o programa que lo requiera.

.

V. Diseño de programas automatizados para el control, análisis y pronósticos pesqueros

Esta medida organizativa prevé la creación de programas automatizados capaces de realizar pronósticos pesqueros y de ejecutar diferentes controles y análisis a los niveles que se requiera sobre la marcha y desarrollo de las pesquerías a lo largo del tiempo.
Cada programa específico se nutrirá del programa base datos primarios que se alimenta de las informaciones que se reciben procedentes de los Libros de Faenas de Pesca de cada buque por especie. y de otras bases datos relacionadas con referencias hidrometeorológicas, hidroquímicas, geológicas, geofísicas, geográficas, astronómicas, biológicas actualizadas de las zonas de pesca en análisis, así como de bases de datos relacionadas con la cantidad, calidad, estado de las artes de pesca y la habilidad pesquera de las tripulaciones.
Los programas tendrán la posibilidad de ajustar sus variables con el fin de ir corrigiendo la efectividad de sus funciones.

En resumen esta medida de desarrollo perspectivo centra sus objetivos en la posibilidad de tomar decisiones más fundamentadas sobre la planificación de las pesquerías y permitirá el control y análisis sistemático de la realización de estas. Estos aspectos beneficiaran si dudas los resultados productivos que tendrán como política el desarrollo sostenible de cada pesquería.
Toda esta idea se refleja en la figura siguiente. Obsérvese la retroalimentación entre las indicaciones dadas por el puesto de mando y las informaciones que se trasmiten al archivo (base de datos primarios), y los datos que deberán nutrir a los programas específicos.



En general todas las medidas organizativas que hemos abordado proporcionan a las entidades pesqueras las siguientes ventajas:

1. *Prevén la capacitación diferenciada del personal de a bordo y de tierra en las actividades de antes, durante y después de la pesca con ayuda de los receptores GPS.*
2. *Organizan con mayor rigor el control documental de las faenas de pesca de diferentes especies, aspecto de vital importancia para realizar, a partir de las informaciones que se reciben, mejores análisis y pronósticos pesqueros a lo largo del tiempo.*
3. *El control documental no permite que se pierdan informaciones de trabajo por un accidental mal manejo o desperfecto del receptor GPS de a bordo y proporciona una extensión de memoria inagotable para el trabajo de cualquier receptor GPS.*
4. *Prevén el control sistemático del personal técnico y directivo de todas las faenas de pesca de cualquier especie a través de los registros de memoria del equipo y los registros documentales de abordo.*
5. *Ofrecen una idea general de cómo organizar el archivo y base de datos primarios y de cómo accionaría cada software en específico para poder realizar determinado control, análisis o pronóstico pesquero.*
6. *No se necesitan recursos considerables para su implantación, y no van en contra del desarrollo tecnológico que puedan alcanzar las entidades pesqueras.*
7. *Las medidas organizativas constituyen un salto cualitativo para la realización de las diferentes pesquerías con ayuda de los receptores GPS, perfeccionan la disciplina de las faenas y el cuidado de los ecosistemas marinos, aspectos que favorecen el logro de mejores resultados en el desarrollo sostenible de la actividad pesquera en general.*

-

Conclusiones

Es obvio que las medidas organizativas posibilitan un avance tecnológico organizado de las faenas de pesca con ayuda de los receptores GPS.

Se ha observado hasta la fecha que la preparación de la documentación técnica y la capacitación del personal han impulsado en el territorio donde se ha trabajado, el empleo óptimo de los receptores GPS en función de las pesquerías.

Como es lógico aun queda mucho por hacer, si consideramos que solo la aplicación integral de las medidas organizativas ofrecería el volumen total de sus ventajas. En este sentido confiamos en el razonamiento y la cooperación de las entidades pesqueras para llevar adelante las medidas propuestas.

Recomendación

Divulgar las experiencias adquiridas en el trabajo desarrollado, con el objetivo de intercambiar criterios y recepcionar todas las recomendaciones posibles.

Bibliografía

1. Manual técnico Operativo del receptor GPS J NAV-500. JRC.
2. Manual técnico Operativo del receptor GPS GP- 31/ 36. FURUNO.
3. Cartas náuticas del Golfo de Guacanayabo y Jardines del Rey y la Reina. ICH.
4. Procedimientos operacionales de las pesquerías. MIP.

FUZZY PREFERENCE RELATIONS AND THEIR NAVAL ENGINEERING APPLICATIONS

Prof. Dr. R. C. Botter
Associated Professor
Naval and Ocean Engineering Department
University of São Paulo
Av. Prof. Melo Moraes 223, São Paulo, SP, Brazil,
Email: rcbotter@usp.br Phone: 55-11-3091-5340 Fax: 55-11-3091-5717

Prof. P. Ya. Ekel, D.Sc. (hab.), Ph.D.
Full Professor
Graduate Program in Electrical Engineering
Pontifical Catholic University of Minas Gerais
Ave. Dom José Gaspar, 500, 30535-610, Belo Horizonte, MG, Brazil
E-mail: ekel@pucminas.br Phone: +55-31-3319-4305 Fax: +55-31-3319-4225

In the naval engineering practice, there are many problems in which solution consequences cannot be estimated on the basis of a single criterion. As an example, it is possible to indicate the ship/cargo/route choice to invest money. These problems are of a multiattribute character. For instance, while solving the problem of ship/cargo/route, the technological, economic, social, political, logistic, etc. aspects are to be considered to make decisions justified from the different points of view. Moreover, such factors as availability, capacity, trustworthiness, flexibility, inventory, know-how, etc. are important elements of the decision making process. The majority of these factors can be reflected only by the description of qualitative character based on experience, knowledge, and intuition of involved professionals. This generates the necessity of the evaluation, comparison, choice, and/or ordering of alternatives, which correspond to the preferences of a decision maker (individual or group). Considering that a manner of human thinking and preference appreciation is vague, inexact, and subjective, the theory of fuzzy sets can serve as an important tool in the naval engineering problems. Its application to preference modeling provides a flexible structure, which allows one to deal with "fuzziness" of the appreciations and incorporate more human consistency in the applied models.

Three approaches to processing of fuzzy preferences relations are considered in the paper. The first approach is of a lexicographic character and consists in step-by-step consideration of criteria. The second technique is related to constructing and analyzing a membership function of a subset of nondominated alternatives on the basis of simultaneous considering all criteria. The third technique is based on building and aggregating membership functions of subsets of nondominated alternatives for each criterion. The consideration of different approaches is aimed at placing at decision maker's disposal the possibility to choice the most adequate approach.

The results of the paper are illustrated by considering a problem of choosing a ship/cargo/route to operate and invest a limited amount of money.

Key-words: Shipping investment, Multiattribute decision making, Fuzzy preference relations.

1. INTRODUCTION

In the naval engineering practice, there are many problems in which solution consequences cannot be estimated on the basis of a single criterion. As an example, it is possible to indicate: evaluation, comparison, choice, and/or ordering of schemes for investment ways to put money in shipping industry. These problems are of a multiattribute character. For instance, while solving the problem of ship/cargo/route, the technological, economic, social, political, logistic, etc. aspects are to be considered to make decisions justified from the different points of view. Moreover, such factors as availability, capacity, trustworthiness, flexibility, inventory, know-how, etc. are important elements of the decision making process. The majority of these factors can be reflected only by the description of qualitative character based on experience, knowledge, and intuition of involved professionals. This generates the necessity of the evaluation, comparison, choice, and/or ordering of alternatives, which correspond to the preferences of a decision maker (individual or group). Considering that a manner of human thinking and preference appreciation is vague, inexact, and subjective, the theory of fuzzy sets can serve as an important tool in solving naval engineering problems.

The application of fuzzy set theory to preference modeling [1,2] provides a flexible structure, which allows one to deal with "fuzziness" of the appreciations and incorporate more human consistency in the applied models. The utility of using fuzzy set theory is also defined by its linguistic aspect [1,2] applicable for different decision problems and different preference structures. Taking this into account, three approaches to processing of fuzzy preference relations (with direct or indirect their ordering) are considered in the present paper. The first approach is of a lexicographic character and consists in step-by-step consideration of criteria. The second technique is related to constructing and analyzing a membership function of a subset of nondominated alternatives on the basis of simultaneous considering all criteria. The third technique is based on building and aggregating membership functions of subsets of nondominated alternatives for each criterion. The consideration of different approaches is aimed at placing at decision maker's disposal the possibility to choice the most adequate approach.

The use of the results of this work will allow one to increase the adequacy of applied models and, as a result, their credibility and the factual efficiency of decisions based on their analysis. These results are illustrated by considering a problem of choosing a way for decide the best investment in shipping industry.

2. PROBLEM FORMULATION

Assume we are given a set X of alternatives, which are to be examined by q criteria of quantitative and/or qualitative nature to make a choice among alternatives. The problem of decision-making is presented by a pair $X_k, X_l \in X$ where $R = \{R_1, \ldots, R_q\}$ is a vector fuzzy preference relation [3,4]. In this case, we have

$$R_p = [X \times X, \mu_{R_p}(X_k, X_l)], \quad p = 1, \ldots, q, \quad X_k, X_l \in X, \tag{1}$$

where $\mu_{R_p}(X_k, X_l)$ is a membership function of fuzzy preference relation.

In (1), R_p is defined as a fuzzy set of all pairs of the Cartesian product $X \times X$, such that the membership function $\mu_{R_p}(X_k, X_l)$ represents the degree to which X_k weakly dominates X_l, i.e., the degree to which X_k is at least as good as X_l (X_k is not worse than X_l) for the *p*th criterion. In a somewhat loose sense [3,5], $\mu_{R_p}(X_k, X_l)$ also represents the degree of truth of the statement "X_k is preferred over X_l".

Information given in the form (1) permits one to narrow a set of rational alternatives including in it only alternatives, which are not dominated by any alternative of X.

It is supposed in [3,4] that the matrices R_p, $p = 1,\ldots,q$ are directly given as expert's estimates (from the interval [0, 1]) denoting the degree of preference of one alternative over the other. However, there is another, more convincing and natural, approach to obtaining these matrices. In particular, the availability of fuzzy or linguistic estimates of alternatives $\widetilde{F}_p(X_k)$, $p = 1,\ldots,q$, $X_k \in X$ (constructed on the basis of expert estimation or on the basis of aggregating information arriving from different sources of both formal and informal character [6,7]) with the membership functions $\mu[f_p(X_k)]$, $p = 1,\ldots,q$, $X_k \in X$ permits one to construct the matrices R_p, $p = 1,\ldots,q$ as follows [8,9]:

$$\mu_{R_p}(X_k, X_l) = \sup_{\substack{X_k, X_l \in X \\ f_p(X_k) \geq f_p(X_l)}} \min\{\mu[f_p(X_k)], \mu[f_p(X_l)]\}, \tag{2}$$

$$\mu_{R_p}(X_l, X_k) = \sup_{\substack{X_l, X_k \in X \\ f_p(X_l) \geq f_p(X_k)}} \min\{\mu[f_p(X_k)], \mu[f_p(X_l)]\} \tag{3}$$

if the *p*th criterion is associated with maximization. If the *p*th criterion is associated with minimization, then (2) and (3) are written for $f_p(X_k) \leq f_p(X_l)$ and $f_p(X_l) \leq f_p(X_k)$, respectively.

3. FUZZY PREFERENCE PROCESSING

Let us consider a situation of setting up a single preference relation R. It can be represented by a strict preference relation R^S and indifferent relation R^I [3,4]. We can say that "X_k is strictly better than X_l" if $(X_k, X_l) \in R$ and $(X_l, X_k) \notin R$. The set of all these pairs is the strict preference relation R^S, and it is possible to use the inverse relation R^{-1} to obtain $R^S = R \setminus R^{-1}$.

If $(X_k, X_l) \in R^S$, then X_k dominates X_l, i.e., $X_k \succ X_l$. The alternative $X_k \in X$ is nondominated in $< X, R >$ if $(X_k, X_l) \in R^S$ for any $X_l \in X$.

If we have $\mu_R(X_k, X_l)$ as a nonstrict fuzzy preference relation, then its value is the degree of preference $X_k \succcurlyeq X_l$ for any $X_k, X_l \in X$. The membership function, which corresponds to R^S (considering that $\mu_{R^{-1}}(X_k, X_l) = \mu_R(X_l, X_k)$) is the following:

$$\mu_R^S(X_k, X_l) = \max\{\mu_R(X_k, X_l) - \mu_R(X_l, X_k), 0\}. \quad (4)$$

The expression (4) serves as the basis for the choice procedure introduced by Orlovsky [4,10]. Many authors have studied this procedure. For instance, it was shown in [11] that the Orlovsky choice procedure possesses many interesting desirable properties. Its axiomatic is given in [12,13].

The use of (4) permits one to carry out the choice of alternatives. In particular, $\mu_R^S(X_l, X_k)$ is the membership function of the fuzzy set of all X_k, which are strictly dominated by X_l. Therefore, its complement by $1 - \mu_R^S(X_l, X_k)$ gives the fuzzy set of alternatives, which are not dominated by other alternatives from X. To choice the set of all alternatives, which are not dominated by other alternatives from X, it is necessary to find the intersection of all $1 - \mu_R^S(X_l, X_k), X_k \in X$ on all $X_l \in X$ [4,10]. This intersection is the fuzzy set of nondominated alternatives and has a membership function

$$\mu_R^{ND}(X_k) = \inf_{X_l \in X}[1 - \mu_R^S(X_l, X_k)] = 1 - \sup_{X_l \in X} \mu_R^S(X_l, X_k). \quad (5)$$

Because $\mu_R^{ND}(X_k)$ is the degree of nondominance, it is natural to obtain alternatives providing

$$\max_{X_k \in X} \mu_R^{ND}(X_k). \quad (6)$$

Orlovsky [10] also introduced the set of nonfuzzy nondominated alternatives. In particular, if $\sup_{X_k \in X} \mu_R^{ND}(X_k) = 1$, then alternatives

$$X^{NFND} = \{X_k^{NFND} \mid X_k^{NFND} \in X, \mu_R^{ND}(X_k^{NFND}) = 1\} \quad (7)$$

are nonfuzzy nondominated and can be considered as the nonfuzzy solution of the fuzzy problem.

If the fuzzy preference relation *R* is transitive, then $X^{NFND} \neq \varnothing$. Taking this into account, it should be noted that when $\widetilde{F}_p(X_k)$ is quantitatively expressed, $X^{NFND} \neq \varnothing$. With qualitative $\widetilde{F}_p(X_k)$ it is possible to have $X^{NFND} = \varnothing$ under intransitivity of *R* [14]. It permits one to detect contradictions in expert's estimates.

When R is a vector fuzzy preference relation, the expressions (4)-(6) can be applied if we take $R = \bigcap_{p=1}^{q} R_p$, i.e.,

$$\mu_R(X_k, X_l) = \min_{1 \le p \le q} \mu_{R_p}(X_k, X_l), \quad X_k, X_l \in X. \quad (8)$$

When using this intersection, the set X^{ND} fulfils the role of a Pareto set [4]. Its contraction is possible on the basis of differentiating the importance of R_p, $p = 1, \ldots, q$ with the use of the following convolution (aggregation of monobjective preference relations) [4]:

$$\mu_T(X_k, X_l) = \sum_{p=1}^{q} \lambda_p \mu_{R_p}(X_k, X_l), \quad X_k, X_l \in X, \quad (9)$$

where $\lambda_p \geq 0$, $p = 1,\ldots,q$ are weights (importance factors) for the corresponding criteria normalized as

$$\sum_{p=1}^{q} \lambda_p = 1. \tag{10}$$

The construction of $\mu_T(X_k, X_l)$, $X_k, X_l \in X$ allows one to obtain the membership function $\mu_T^{ND}(X_k)$ of the set of nondominated alternatives according to an expression similar to (4). The intersection of $\mu_R^{ND}(X_k)$ and $\mu_T^{ND}(X_k)$ defined as

$$\mu^{ND}(X_k) = \min\{\mu_R^{ND}(X_k), \mu_T^{ND}(X_k)\}, \quad X_k \in X \tag{11}$$

provides us with

. (12)

The expressions (5) and (6) can serve as the basis for building another procedure, which is of a lexicographic character [15,16]. This procedure is associated with step-by-step introduction of criteria for comparing alternatives. The procedure permits one to construct a sequence $X^1, X^2,\ldots, X^q$ so that $X \supseteq X^1 \supseteq X^2 \supseteq \ldots \supseteq X^q$ with the use of the following expressions:

$$\mu_{R_p}^{ND}(X_k) = \inf_{X_l \in X^{p-1}} [1 - \mu_{R_p}^{S}(X_l, X_k)] = 1 - \sup_{X_l \in X^{p-1}} \mu_{R_p}^{S}(X_l, X_k), \quad p = 1,\ldots,q, \tag{13}$$

. (14)

It should be noted that if R_p is transitive, we can bypass the pairwise comparison of alternatives at the *p*th step. In this situation, the comparison can be done on a serial basis (the direct use of (2) and (3)) with memorizing the best alternatives.

The described choice procedures have found practical applications [17]. However, it is possible to propose the third procedure to contract the decision uncertainty region.

The use of (5) represented in the form

$$\mu_{R_p}^{ND}(X_k) = 1 - \sup_{X_l \in X} \mu_{R_p}^{S}(X_l, X_k), \quad p = 1,\ldots,q \tag{15}$$

permits one to construct the membership functions of the set of nondominated alternatives for each fuzzy preference relation.

The membership functions $\mu_{R_p}^{ND}(X_k)$, $p = 1,\ldots,q$ play a role identical to membership functions replacing objective functions $F_p(X)$, $p = 1,\ldots,q$ in solving traditional problems of multiobjective optimization [15,18] on the basis of the Bellman-Zadeh approach to decision making in a fuzzy environment [1,2]. Therefore, it is possible to construct

$$\mu^{ND}(X_k) = \min_{1 \leq p \leq q} \mu_{R_p}^{ND}(X_k) \tag{16}$$

to obtain X^{ND}.

If necessary to differentiate the importance of different preference relations, it is possible to transform (16) as

$$\mu^{ND}(X_k) = \min_{1 \le p \le q} [\mu_{R_p}^{ND}(X_k)]^{\lambda_p}. \tag{17}$$

The utilization of (17) does not require the normalization of λ_p, $p = 1, \ldots, q$ in the way similar to (10).

The use of the second procedure may lead to solutions different from results obtained on the basis of the first procedure. However, solutions based on the first and third procedures, which have a single generic basis, may at time also be different. At the same time, the third procedure is more preferential from the substantial point of view. In particular, the use of the first procedure can lead to choosing alternatives with the degree of nondominance equal to one, though these alternatives are not the best ones from the point of view of all preference relations. The third procedure can give this result only for alternatives that are the best solutions from the point of view of all fuzzy preference relations. This is illustrated by an example given below.

It should be stressed that the fact of the possibility to obtain different solutions on the basis of different approaches is to be considered natural, and the choice of the approach is a prerogative of a decision maker.

4. ILLUSTRATIVE EXAMPLE

The shipping industry has been atracted a large sum of investments year by year, ordering new vessels to keep a good level of service in the sea transportation.

We can find some good and profits sea transportation trades to be analysed, such as container, grain, petroleum and fuel, chemicals, ore and coal transportation.

In 2004 the world could see a high demmand for grain and ore vessels, which resulted in a very high increase of the transportation tariffs per ton.

For this reason the investors have begun to order vessels of different types and sizes to supply the marktes around the world. The decision to select a ship and its trade is not easy do. It can be based in some criterias such as minimum capital employed to build a ship, maximum freigth in shipping route trades, maximum realibility of shiping markets considered, maximum cargoes demand forecast and minimum number of shipping companies competitors.

To give a technical support the decision of which ship to buy, the results of the paper are illustrated by considering a problem of choosing a ship/cargo/route to operate and invest a limited amount of money in one of three selected trades:

1. Coal Transportation ;
2. Ore Transportation;
3. Pulp Transportation.

The decision is to be made on the basis of the following criteria:

1. Acquisition cost;
2. Cargo protection level;
3. Competition level.

The membership functions corresponding to the fuzzy values (*very small* – VS, *small* – S, *moderate* – M, *large* – L, and *very large* –VL) of the linguistic variables "*Financial Expenditures*", "*Job Execution Quickness*", and "*Job Execution Quality*", which can be used to estimate $\widetilde{F}_p(X_k)$, $p=1,2,3$, $k=1,2,3$, are given in Figure 1 with $a=0.95$, $b=0.90$, and $c=0.60$.

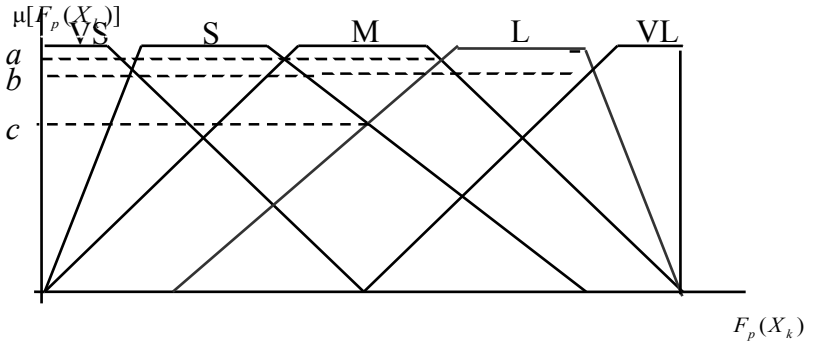


Figure 1.: Membership functions of fuzzy values of linguistic variables

Assume that the alternatives have received the following estimates: $\widetilde{F}_1(X_1)=\mathrm{M}$, $\widetilde{F}_1(X_2)=\mathrm{S}$, $\widetilde{F}_1(X_3)=\mathrm{L}$, $\widetilde{F}_2(X_1)=\mathrm{S}$, $\widetilde{F}_2(X_2)=\mathrm{M}$, $\widetilde{F}_2(X_3)=\mathrm{L}$, $\widetilde{F}_3(X_1)=\mathrm{M}$, $\widetilde{F}_3(X_2)=\mathrm{M}$, and $\widetilde{F}_3(X_3)=\mathrm{S}$. Then, using (2) and (3) with taking into account the need to minimize $\widetilde{F}_1(X_k)$ and $\widetilde{F}_3(X_k)$ and to maximize $\widetilde{F}_2(X_k)$, we can construct the fuzzy preference relation R_1

$$\mu_{R_1}(X_k,X_l)=\begin{bmatrix}1 & 0.95 & 1\\ 1 & 1 & 1\\ 0.95 & 0.60 & 1\end{bmatrix}, \tag{18}$$

the fuzzy preference relation R_2

$$\mu_{R_2}(X_k,X_l)=\begin{bmatrix}1 & 0.95 & 0.60\\ 1 & 1 & 0.95\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}, \tag{19}$$

and the fuzzy preference relation R_3

$$\mu_{R_3}(X_k,X_l)=\begin{bmatrix}1 & 1 & 0.95\\ 1 & 1 & 0.95\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}. \tag{20}$$

A result of intersection of (18)-(20) is

$$\mu_R(X_k,X_l)=\begin{bmatrix}1 & 0.95 & 0.60\\ 1 & 1 & 0.95\\ 0.95 & 0.60 & 1\end{bmatrix}, \tag{21}$$

which permits us, using (4), to construct the strict preference relation with:

$$\mu_R^S(X_k, X_l) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0.05 & 0 & 0.35 \\ 0.35 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \tag{22}$$

Applying (5) to (22), it is possible to obtain the membership function of the set of nondominated alternatives

$$\mu_R^{ND}(X_k, X_l) = \begin{bmatrix} 0.65 & 1 & 0.65 \end{bmatrix}, \tag{23}$$

which leads to $X^{ND} = \{X_2\}$.

Let us consider the second approach if the criteria are arranged, for example, in the following order of their importance: $p = 1$, $p = 2$, and $p = 3$.

Using (18), it is possible to form the strict fuzzy preference relation with

$$\mu_{R_1}^S(X_k, X_l) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.05 \\ 0.05 & 0 & 0.40 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{24}$$

Following (13) and (14), we obtain on the basis of (24)

$$\mu_{R_1}^{ND}(X_k) = [0.95 \quad 1 \quad 0.60] \tag{25}$$

and $X^1 = \{X_2\}$.

Finally, let us consider the application of the third approach. The membership function of the subset of nondominated alternatives for the first fuzzy preference relation $\mu_{R_1}^{ND}(X_k)$ is (25).

Using (19), it is possible to form the strict fuzzy preference relation with

$$\mu_{R_2}^S(X_k, X_l) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0.05 & 0 & 0 \\ 0.40 & 0.05 & 0 \end{bmatrix} \tag{26}$$

to obtain

$$\mu_{R_2}^{ND}(X_k) = [0.60 \quad 0.95 \quad 1]. \tag{27}$$

In an analogous way, the use of (20) leads to

$$\mu_{R_3}^{ND}(X_k) = [1 \quad 0.95 \quad 0.95]. \tag{28}$$

The intersection of (25), (27), and (28) permits us to construct

$$\mu_{R_3}^{ND}(X_k) = [0.60 \quad 0.95 \quad 0.60] \tag{32}$$

to get $X^{ND} = \{X_2\}$ as well.

5. CONCLUSION

Since naval engineering problems are of a multiattribute character and include factors with the description of qualitative character based on experience, knowledge, and intuition of involved professionals, it is expeditious to apply fuzzy preference modeling to the analysis of these problems. Taking this into account, three approaches to processing of fuzzy preferences relations have been considered in the paper. The first approach is associated with analyzing a membership function of a subset of nondominated alternatives with simultaneous considering all criteria. The second technique is of a lexicographic character and consists in step-by-step introducing criteria. The third technique is based on aggregating membership functions of subsets of nondominated alternatives for each criterion. It is natural that the choice of the approach is a prerogative of a decision maker. The results of the paper have been illustrated by considering a problem of ship/cargo/route to operate and invest a limited amount of money.

4. REFERENCES

[1] H.J. Zimmermann, **Fuzzy Set Theory and Its Application**, Kluwer Academic Publishers, 1990.

[2] W. Pedrycz and F. Gomide, **An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design**, MIT Press, 1998.

[3] J. Fodor and M. Roubens, **Fuzzy Preference Modelling and Multicriteria Decision Support**, Kluwer Academic Publishers, 1994.

[4] S.A. Orlovsky, **Problems of Decision Making with Fuzzy Information** (in Russian), Nauka, 1981.

[5] P. Kulshreshtha and B. Shekar, Interrelations among fuzzy preference-based choice functions and significance of rationality conditions: A taxonomic and intuitive perspective, **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 109, 2000, pp. 429-445.

[6] P.Ya. Ekel and V.A. Popov, Consideration of the uncertainty factor in problems of modelling and optimizing electrical networks, **Power Engineering**, vol. 23, 1985, pp. 45-52.

[7] P.Ya. Ekel, Taking into account the uncertainty factor in problems of modelling and optimizing complex systems, **Advances in Modelling and Analysis**, vol. C-43, 1994, pp. 11-22.

[8] P. Ekel, W. Pedrycz, and R. Schinzinger, A general approach to solving a wide class of fuzzy optimization problems, **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 97, 1998, pp. 49-66.

[9] P.Ya. Ekel, Methods of decision making in fuzzy environment and their applications, **Nonlinear Analysis**, vol. 47, 2001, pp. 979-990.

[10] S.A. Orlovsky, Decision making with a fuzzy preference relation, **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 3, 1978, pp. 155-167.

[11] C.R. Barrett, P.K. Pattanaik, and M. Salles, On choosing rationally when preferences are fuzzy, **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 34, 1990, pp. 197-212.

[12] D. Bouyssou, Acyclic fuzzy preference and the Orlovsky choice function: A note, **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 89, 1997, pp. 107-111.

[13] K. Sengupta, Fuzzy preference and Orlovsky choice procedure, **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 93, 1998, pp. 231-234.

[14] Z. Switalski, Transitivity of fuzzy preference relations – an empirical study, **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 118, 2001, pp. 503-508.

[15] P.Ya. Ekel, Fuzzy sets and models of decision making, **International Journal of Computers and Mathematics with Applications**, vol. 44, 2002, pp. 863-875.

[16] P. Ekel, E. Galperin, R. Palhares, C. Campos, and M. Silva, Fuzzy coefficients and fuzzy preference relations in models of decision making, in **Lecture Notes in Artificial Intelligence**, Springer Werlag, vol. 2773, 2003, pp. 229-236.

[17] P.Ya. Ekel and L.D.B. Terra, Fuzzy preference relations: methods and power engineering applications, **OPSEARCH**, vol. 39, 2002, pp. 34-45.

[18] P.Ya. Ekel and E.A. Galperin, Box-triangular multiobjective linear programs for resource allocation with application to load management and energy market problems, **Mathematical and Computer Modelling**, vol. 37, 2003, pp. 1-17.

GERADOR DE ONDAS SERVO-CONTROLADO PARA TANQUE DE DIMENSÕS REDUZIDAS

João Alcino de Andrade Martins, Pesquisador Doutor
Célio Taniguchi, Professor Titular
Carlos Alberto Guedes Freire de Souza, Mestre Eng.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
Av. Prof. Mello Moraes, 2231 – Butantã
05508-900 – São Paulo – SP - BRASIL

RESUMO

O tanque de ensaios em ondas é uma das principais ferramentas experimentais da Engenharia Naval e Oceânica. A qualidade de resultados de ensaios em tanques está diretamente associada à capacidade de geração, propagação e absorção desse tipo de instalação. O gerador de ondas é uma das principais partes de um tanque, devendo ser robusto, fácil de operar e manter e, principalmente, o mais fiel possível ao sinal de comando.

Este trabalho procura relatar brevemente o desempenho de um gerador de ondas especialmente desenvolvido e construído para um tanque de dimensões reduzidas. Para tal, foram instalados vários sensores no gerador de ondas para a medida de variáveis trais como, força, aceleração, deslocamento, rotação, entre outras.

A análise dos resultados obtidos mostra a adequação do gerador ao tanque e o bom desempenho do equipamento. Confrontando com a teoria mostrou-se que os dados ajustam-se bem ao modelo linear.

Finalmente, mostrou-se que é possível o projeto e construção de um gerador de ondas, para tanque de dimensões reduzidas, com tecnologia brasileira e apoio da teoria linear.

INTRODUÇÃO

Uma ferramenta bastante valiosa no desenvolvimento da Engenharia Naval, principalmente nas áreas de Oceânica e Costeira, tem sido a simulação em tanque de ensaios, com modelos físicos em escala.

Usualmente, essas simulações são feitas em tanques de grande extensão, com capacidade de simular alguns fenômenos marítimos, fundamentalmente as ondas. Para simular ondas em tanques são necessárias instalações bastante específicas com a capacidade básica de gerar, propagar e absorver a energia advinda desse processo.

A fidelidade da simulação é associada a qualidade da onda gerada, que depende diretamente do gerador de ondas. O gerador de ondas é uma das peças chaves do sistema que compõe o tanque e pode ser de vários tipos e configurações.

Dentre os mais utilizados estão os eletromecânicos, hidráulicos, pneumáticos, ou combinações desses tipos. Um relato da variedade de geradores de ondas existentes pode ser encontrado em Chakrabarti (1994).

Para uma análise mais acurada de um gerador de ondas, tipo placa basculante, desenvolvido e implantando no Laboratório de Engenharia Naval e Oceânica da EPUSP, foram feitas medidas de diversas variáveis físicas e comparadas com a teoria linear da onda, sob condições de contorno apropriadas.

A seguir, apresenta-se, resumidamente, o modelo matemático linear usado para a onda e para o gerador de ondas analisados.

MODELO TEÓRICO

A teoria da onda linear, apesar de restrita, consegue representar de forma satisfatória a realidade para uma ampla gama de situações, conforme Le Mehauté (1976), e será empregada para os propósitos deste trabalho. As equações a seguir visam modelar a onda, sendo que um rigor maior nas demonstrações matemáticas pode ser consultado, por exemplo, em Wehausen e Laitone (1960).

Modelo da Onda

No caso de escoamento homogêneo, invíscido, irrotacional e bidimensional, a equação de Laplace aplicável é:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \qquad (1)$$

com ∂ a diferencial parcial, ϕ o potencial de velocidades, x e y coordenadas do plano vertical.

Como já foi demonstrado por Dean e Dalrymple (1991), entre outros, uma solução para $\phi(x,y,t)$, pode ser escrita como:

$$\begin{aligned} \phi = & \{A\,\mathrm{sen}(kx) + B\cos(kx)\} * \\ & * Ce^{kd}\, 2\cosh k(d+y)\{D\,\mathrm{sen}(\omega t) + E\cos(\omega t)\} \end{aligned} \qquad (2)$$

com $k = 2\pi/L$, o número de onda real e não nulo, L o comprimento, $\omega = 2\pi f$ a frequência angular, f a frequência, d a profundidade, t o tempo e A, B, C, D, E constantes.

Estas equações, e outras envolvidas na teoria da onda, necessitam de condições de contorno específicas para serem resolvidas, podendo ser mencionadas a cinemática e a dinâmica da superfície livre, bem como a ausência de tensão superficial, e o fundo impermeável e horizontal.

Aplicando-se as condições de contorno convenientes e linearizando, mostra-se que:

$$\omega^2 = gk\tanh(kd) \qquad (3)$$

na qual g é a aceleração da gravidade, sendo esta equação denominada relação de dispersão, que estabelece uma importante dependência entre ω e k.

Modelo do Gerador de Ondas

A simulação de ondas, em laboratórios de Engenharia Naval, usualmente conta com grandes instalações, dispendiosas na implantação e manutenção, e complexas de operar. A hipótese de instalações de menor porte, mais baratas e simples, faz surgir questões sobre a validade da simulação e qualidade do espectro de ondas.

Qualquer que seja a instalação, a onda gerada deve atender a vários requisitos de precisão e reprodutibilidade, para que o espectro das ondas no tanque seja o mais fiel possível aos parâmetros especificados.

No caso de ondas geradas em um tanque, por um atuador, essas são produzidas pelo movimento de um corpo dentro d'água. Considerando-se uma placa da largura do tanque e altura maior que o nível de água máximo, movendo-se harmonicamente, a condição de contorno específica é:

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = \omega s(y) \cos \omega t \qquad (4)$$

com s(y) a amplitude do deslocamento em x = 0. Segundo Chakrabarti (1994), uma solução para o potencial de velocidades, sob as condição mencionadas, escreve-se como:

$$\phi = -\frac{\omega}{k} A \cosh ky \, sen(\omega t - kx) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega}{k_n} A_n \cos k_n y \exp[-k_n x] \cos \omega t \qquad (5)$$

na qual k satisfaz a equação 3 e n é inteiro positivo.

Com o movimento sendo do tipo placa basculante ("flap"), o deslocamento pode ser descrito em termos de seu curso no nível de água estático, S, resultando em:

$$\frac{S}{H} = \frac{kd[senh\ 2kd + 2kd]}{4 senh\ kd[kd\, senh\ kd - \cosh kd + 1]} \qquad (6)$$

Esta é a equação linearizada do gerador de ondas tipo placa basculante, ou seja, a função que relaciona o curso da placa e a altura da onda, com a frequência e a profundidade.

EXPERIMENTOS REALIZADOS

O gerador aqui descrito é eletromecânico, com acionamento de um motor CA servo-controlado em malha fechada, fuso com esfera recirculantes e atuador tipo placa basculante, conhecido como “flap”. O equipamento, descrito em detalhes por Souza (2002), encontra-se instalado e operando em um tanque, no Laboratório de Engenharia Naval e Oceânica do DENO-EPUSP, é ilustrado na figura 1.

O tanque mede, aproximadamente, 22 m por 5 m por 1,8 m, valores totais do comprimento, largura e profundidade, respectivamente, apresentado na figura 2. Na extremidade oposta ao gerador há um absorvedor tipo rampa com dupla inclinação, ripada, elevada em relação ao fundo do tanque.

Figura 1 - Vista geral do gerador de ondas. Em primeiro plano os sistemas de acionamento mecânico, no centro, e de comando e geração de sinais, a direita.

No espaço entre a rampa elevada e o fundo do tanque estão instaladas telas plásticas verticais, esticadas no sentido transversal do tanque, ortogonal à propagação da onda, distantes 0,35 m entre cada uma. Uma descrição e análise dessa instalação é relatada por Martins (2003).

A determinação dos parâmetros de desempenho do gerador foi feita pela instalação de sensores no sistema, tanto na parte de comando e acionamento quanto no atuador. A localização dos sensores pode ser visualizada na figura 3. Para cada configuração do sistema repetiu-se o mesmo procedimento de ensaio e de medidas.

As medidas foram feitas com um sistema de aquisição de dados de 16 canais, conectado a um computador tipo PC e programa de aquisição de dados Lynx. O sistema, figura 4, permite a calibração dos transdutores, visualização dos dados, durante e após a aquisição, e armazenamento das medidas das variáveis em função do tempo.

Os sensores instalados mediram a força, o torque, os movimentos (acelerações e deslocamentos) do sistema de acionamento e do atuador, o sinal de comando eletrônico e as elevações das ondas a 5,88 m do atuador, no centro do tanque.

Os sinais de comando empregados foram senoidais, com amplitude constante, na forma simples e varredura. A varredura produz senoides sucessivas, entre dois valores pré selecionados, com um intervalo e velocidade escolhidos pelo operador. O resultado do espectro gerado é similar a uma banda de ruído branco.

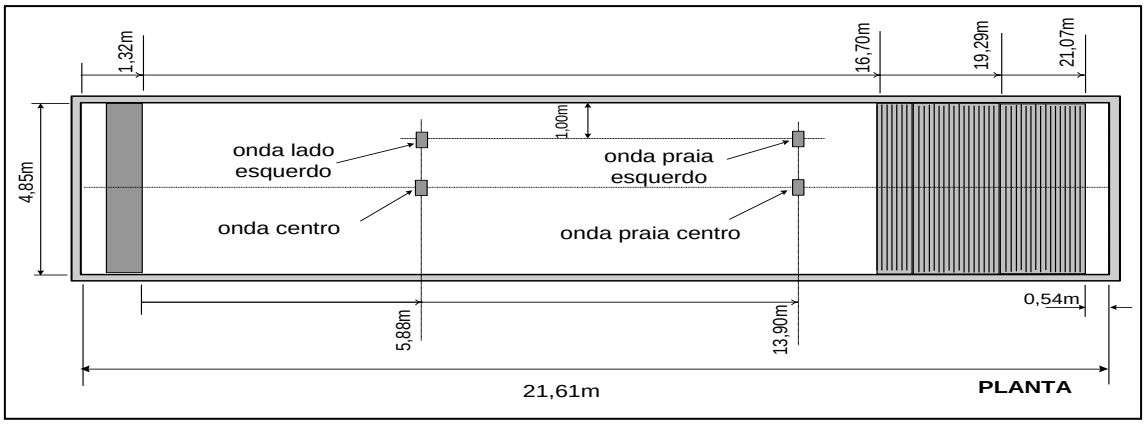


Figura 2 - Desenho ilustrativo do tanque de ensaios e dos medidores de ondas instalados

Os valores das variáveis físicas de excitação e respostas foram armazenados em computador e posteriormente analisados com o programa SisDin da Lynx. Os resultados foram espectros e funções de transferência dos sinais escolhidos, para as diversas condições de ensaio, apresentados a seguir.

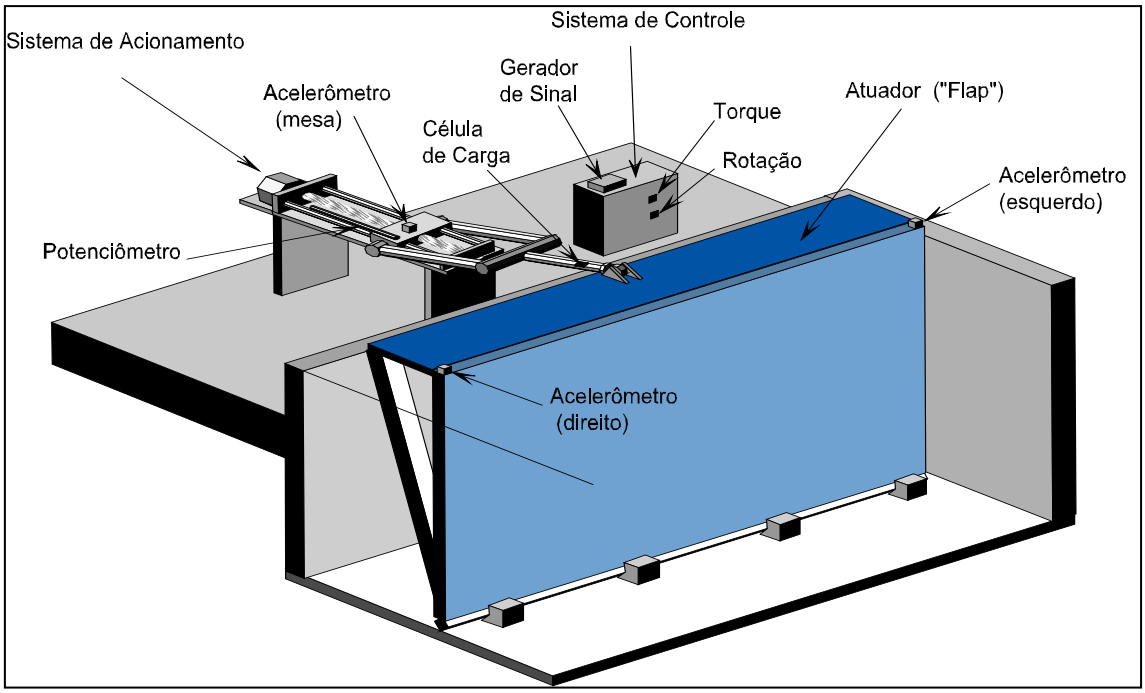


Figura 3 - Esquema da instrumentação utilizada no gerador de ondas.

Figura 4 - Vista da bancada de instrumentação e dos medidores de ondas

RESULTADOS OBTIDOS

Inicialmente fez-se um ensaio com o tanque vazio, para verificação da instalação do sistema gerador e identificação de possíveis ressonâncias de montagem. A figura 5 ilustra os espectros RMS das principais variáveis de excitação e da resposta do gerador, sem água no tanque.

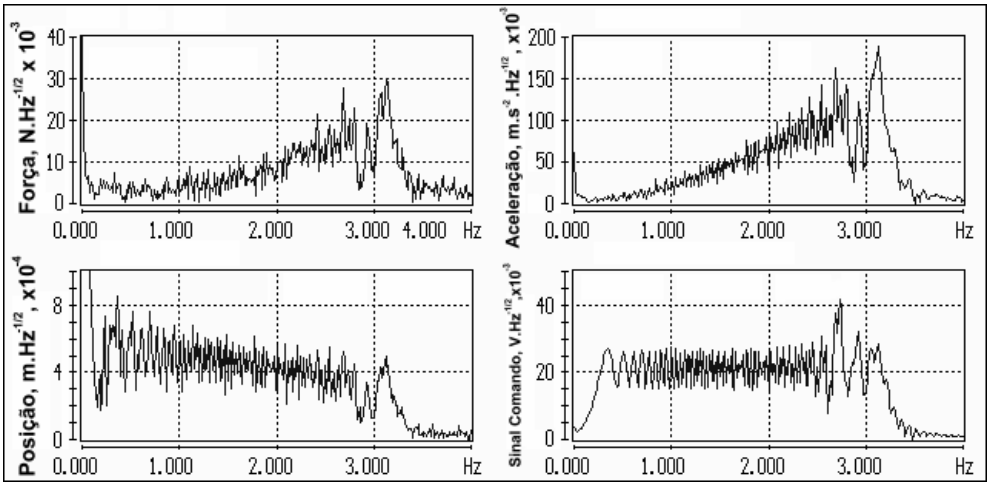


Figura 5 - Espectros RMS dos valores medidos das principais variáveis, vazio.

Os gráficos mostram que apenas na região superior a 2,9 Hz ocorrem algumas oscilações da placa que podem interferir na geração de ondas com frequência próxima a este valor. Esta região está no limite superior do espectro desejado e não deverá causar problemas.

Na etapa seguinte, empregou-se uma lâmina d'água de 1 m no tanque e os ensaios foram repetidos. A figura 6 apresenta os resultados que podem ser comparados com os resultados do gerador em vazio.

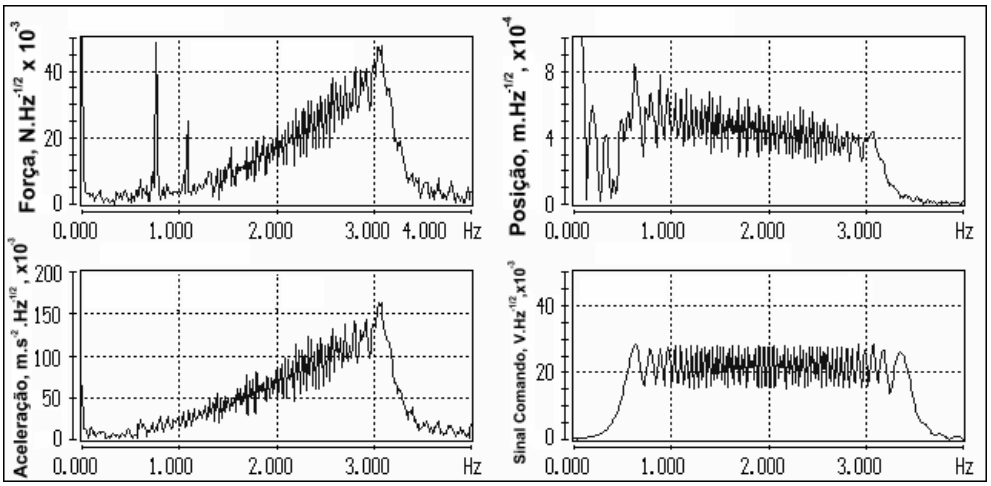


Figura 6 - Espectros RMS dos valores medidos das principais variáveis, para lâmina d'água de 1m.

No gráfico da força destaca-se o surgimento de frequências naturais nas vizinhanças de 0,76 Hz e outra, de menor amplitude, ao redor de 1,09 Hz. Estas frequências são associadas ao espaço existente na parte traseira do atuador, onde verificou-se a ocorrência de ondas de amplitudes significativas, durante os ensaios.

As ondas atrás do atuador não interferem muito nas ondas geradas no tanque, afetando mais a força necessária para manter a amplitude do deslocamento especificada. O deslocamento é atingido com o sistema fazendo variar a força, na medida necessária, pela realimentação da malha de controle.

Comparando-se as condições do tanque vazio e com 1 m de água, a força total mostra um aumento geral, mais pronunciado para as frequências mais altas. Todos os sinais apresentaram uma atenuação de picos, notadamente nas frequências mais elevadas, causada pelo amortecimento viscoso da água.

No estágio final, o tanque foi completado até 1,5 m de lâmina d'água e repetiu-se o procedimento de ensaio, cujos valores medidos resultaram nos gráficos da figura 7. Analisando-se os valores fica evidente o grande aumento da força total e as oscilações da aceleração, principalmente em baixas frequências, devido ao espaço na parte traseira do atuador.

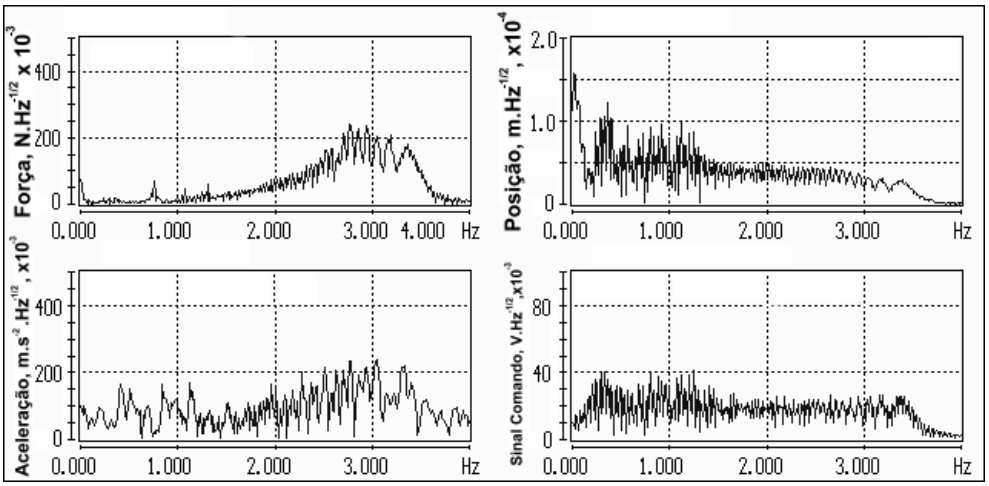


Figura 7 - Espectros RMS dos valores medidos das principais variáveis, para lâmina d'água de 1,5 m.

O aumento verificado nos gráficos da força é condizente com o aumento da lâmina d'água de 1 m para 1,5 m. Percebe-se ainda que, as frequências naturais referentes ao espaço atrás do atuador, abaixo de 1,1 Hz, estão presentes nos sinais da força e da aceleração.

Apesar das oscilações em baixas frequências que perturbaram os sinais da posição e de comando, visíveis nos gráficos da figura 7, nota-se que a média dos valores não sofreu alteração significativa, quando comparadas com os gráficos anteriores

Assim, demonstrada a capacidade do sistema de executar um movimento sob o comando de um sinal elétrico especificado, de forma proporcional e em toda a faixa de frequências desejada, investigou-se a capacidade do gerador de produzir uma onda, no tanque, de forma controlada, em amplitude e frequência, determinando-se a função de transferência onda/curso, experimentalmente.

Analisando-se os resultados dos ensaios e a função de transferência teórica, equação 6, obteve-se o gráfico da figura 8, para diversas declividades de onda e para todas as frequências utilizadas.

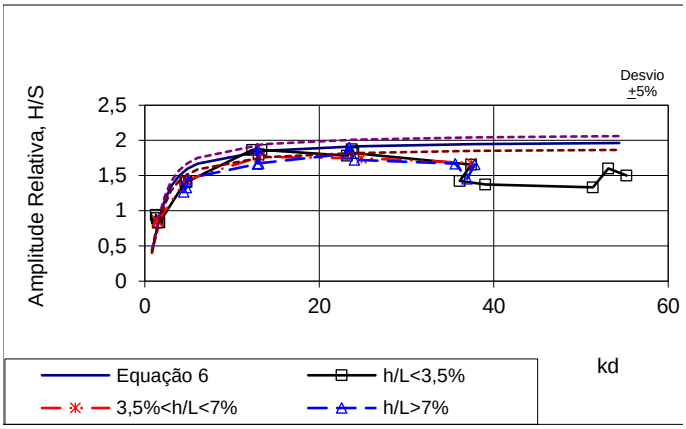


Figura 8 - Funções de transferência teórica e experimentais, entre amplitudes da onda e do curso do atuador.

Os valores apresentados foram obtidos a partir de uma excitação senoidal simples, em cada uma das frequências e pelo menos três amplitudes diferentes para cada frequência, constantes em cada ensaio. Após um número suficiente de ciclos o ensaio era finalizado e esperava-se a água do tanque voltar ao repouso para, somente então, iniciar outra frequência.

Os valores medidos de altura de onda e de amplitude pico a pico da posição da mesa foram extraídos dos gráficos e divididos, o primeiro pelo segundo, para cada frequência. O gráfico da figura 8 evidencia que, pelo menos 67% dos pontos experimentais da função de transferência entre onda e curso, para diversas declividades, aderem bem à curva teórica, dentro de um desvio de ±5%. No entanto, para frequências acima de 2,5 Hz e declividades acima de 3,5%, verificaram-se discrepâncias entre os dados experimentais e a equação 6.

A falta de concordância entre os valores experimentais e a curva teórica, acima de 2,5 Hz, deve-se à ocorrência de ressonâncias. Para esta faixa de frequências, ocorrem coincidências entre frequências naturais do atuador e do tanque, longitudinais e transversais. Este fenômeno foi observado e extensamente discutido por Martins *op. cit.*

Resumidamente, as frequências naturais transversais são excitadas, quando há a geração de frequências coincidentes, causando ondas transversais que interferem nas ondas longitudinais, perturbando as medidas das elevações de ondas.

Refinando-se a análise constata-se que, para ondas com declividade menores que 3,5% o ajuste à curva teórica é muito bom, principalmente até 2,2 Hz, e diminui com o aumento da declividade.

Estas observações são concordantes com Ursell et al. (1960), que atribui o fato ao emprego de uma equação linear, em desacordo com a hipótese de que declividades acima de 4% implicariam em não-linearidades, suficientes para causar os desvios.

Finalmente, para ilustrar a fidelidade do movimento do atuador, determinaram-se as funções de transferências entre o acelerômetro e a posição da mesa e entre os acelerômetros das extremidades do atuador. Os resultados são mostrados na figura 9, como gráficos do módulo e da fase em função da frequência. A excitação usada foi uma varredura entre 0,3 Hz e 3,3 Hz, com velocidade de 0,02 Hz/s, e amplitude pico a pico de 1,0 V.

Ressalta-se a qualidade muito boa da resposta do atuador, analisando-se os gráficos dentro da faixa de 0,5 Hz a 3,0 Hz. Na função de transferência entre o acelerômetro e a posição da mesa, vê-se que o experimento coincidiu muito bem com o resultado teórico ω^2, em cada frequência onde a fase é zero ou muito próxima de zero. Apenas para frequências abaixo de 0,5 Hz ocorrem variações de fase devido às ressonâncias anteriormente mencionadas.

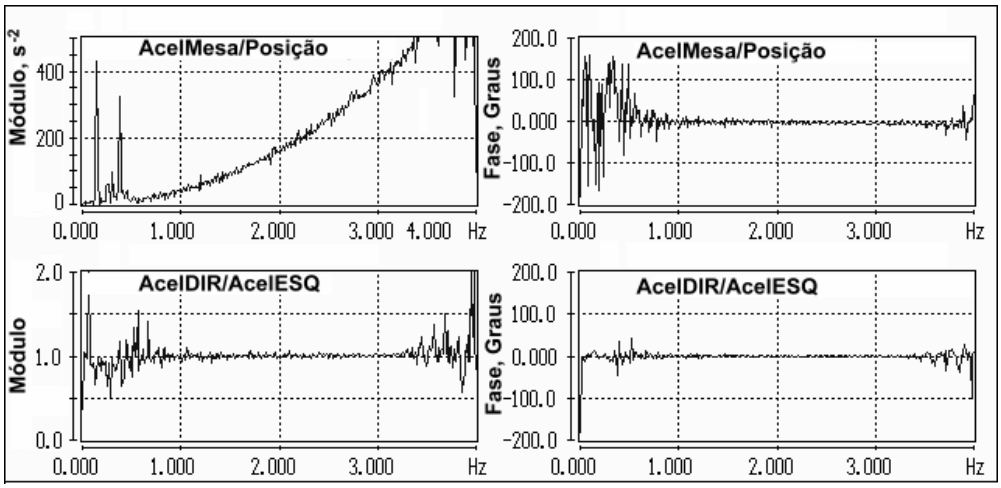


Figura 9 - Funções de transferências entre acelerômetros e posição.

A função de transferência entre os acelerômetros instalados nas extremidades do atuador, indica que a placa trabalha como um corpo rígido, não havendo qualquer diferença de fase significativa, dentro de toda a faixa analisada. Apenas o módulo apresenta flutuações relevantes para frequências abaixo de 0,6 Hz e acima de 3,2 Hz, portanto, nos limites da faixa de interesse.

CONCLUSÕES E COMETÁRIOS FINAIS

As análises aqui apresentadas permitem concluir que é possível projetar e construir um gerador de ondas tipo placa basculante, empregando-se a teoria da onda linear, com resultados muito bons.

A função de transferência entre altura de onda e curso, equação 6, pode ser usada como envoltória superior, mas cuidando-se para que a declividade da onda seja compatível com o objetivo do projeto.

O sistema eletromecânico com servomotor CA em malha fechada, provou ser capaz de produzir as forças e deslocamentos necessários para atender os requisitos de ondas geradas no tanque, tanto nas amplitudes quanto nas frequências, dentro de uma ampla gama de valores.

Pode-se empregar um atuador em forma de placa basculante com 5 m de largura e 2 m de altura e com água na parte traseira, desde que as frequências naturais estejam fora do espectro desejado e devidamente vedada nas laterais.

A instrumentação e os programas de aquisição e análise, bem como a metodologia utilizada, provaram ser eficientes e consistentes, fornecendo resultados plenamente satisfatórios.

Finalmente, mostrou-se que é possível construir e operar um tanque de ondas com dimensões reduzidas, com tecnologia nacional e dentro dos parâmetros de qualidade e confiabilidade exigidos para esse tipo de instalação.

BIBLIOGRAFIA

DEAN, R.G.; DALRYMPLE, R. A. Water wave mechanics for engineers and scientists. 2.ed. New Jersey: World Scientific, 1991. (Advanced Series on Ocean Engineering, v.2).

CHAKRABARTI, S.K. Offshore structure modelling. Singapore: World Scientific, c.1994. 470p. (Advanced series on ocean engineering, v. 9).

LE MÉHAUTÉ, B. An introduction to hydrodynamics and water waves. New York: Springer-Verlag, 1976. 310 p.

MARTINS, J. A. de A. Análise de ondas em tanque de dimensões reduzidas com vistas à engenharia oceânica. Tese (Doutorado) Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da USP-São Paulo, 2003. 188 p.

SOUZA, C. A. G. F de. Implantação e análise de desempenho de um gerador de ondas tipo placa basculante. Dissertação (Mestrado em Engenharia) EPUSP, São Paulo, 2002. 117 p.

URSELL, F.; DEAN, R.G.; YU, Y.S. Forced small-amplitude water waves: a comparison of theory and experiment. Journal of Fluid Mechanics, v.7, pt 1, p. 33-52, Jan. 1960.

WEHAUSEN, J. V.; LAITONE, E. V. Surface waves. In: ENCYCLOPEDIA of Physics. [s.l.]: Springer Verlag, 1960. v.9., p. 446-778.

IMPACTO AMBIENTAL DAS PESCARIAS NO PACÍFICO SUDESTE
-SUA RELAÇÃO COM A INDÚSTRIA NAVAL SUL AMERICANA-

Dewar T. Carnero Chavez
dewar.chavez@poli.usp.br

Toshi-ichi Tachibana
tatibana@usp.br

Departamento de Engenharia Naval e oceânica - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo - Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 nº 380 - CEP - 05508-900 - São Paulo - SP – Brasil

ABSTRACT

The present study does an analyzes of the environmental impact provoked by the fishing activities developed in the coast West of South America. In that context are abordador you fear like the springs of contamination source associated to the fishing and naval development. They are contemplated the parameters that influenced and influence and will influence in the development of fishing industries and his importance for the West of South America coast coubntries.

Finally they are presented the progresses in environmental regulation carried out, considering the environment as a determinant factor in the perpetuity of the fishing and naval industry.

RESUMO

O presente estúdio faz uma analise do impacto ambiental provocado pelas atividades pesqueiras desenvolvidas na costa oeste de América do Sul. Nesse contexto são abordador temas como as fontes de contaminação associada ao desenvolvimento naval e pesqueiro. São contemplados os parâmetros que influenciaram e influem no desenvolvimento das pescarias e sua importância para os paises da costa Oeste de América do Sul.

Finalmente se apresentam os progressos em regulamentação ambiental realizados, considerando o meio-ambiente como um fator determinante na perpetuidade da indústria pesqueira e indústria naval.

1. IMPORTANCIA E CONSEQUENCIAS

O meio marinho (Oceanos, mangues, mares e costa) constitui um componente essencial do sistema mundial de sustentação da vida e uma valiosa fonte de proteínas para o desenvolvimento de uma população em constante crescimento. A distribuição e abundância dos recursos pesqueiros marinhos em determinadas regiões dependem principalmente da distribuição e produção de plâncton[1], pois

[1] Plâncton: Conjunto de organismos responsáveis pela produtividade marinha. Conjunto de seres orgânicos

ambos possuem uma relação direta na cadeia trófica. Desta forma, 90% das capturas mundiais marinhas são obtidas dentro das Zonas de Jurisdição Nacional (Zona Econômica Exclusiva (ZEE[1])), pois a maior produtividade de plâncton é gerado nas zonas costeiras e nas plataformas continentais. (Anexo I, Figura nº 1)

A poluição, o desenvolvimento tecnológico que exige mais custo ambiental das últimas décadas e a pesca predatória principalmente, são fatores formadores de grandes pressões sobre os recursos hídricos marinhos, que já estão mostrando esgotamento. Inclusive a poluição pode atingir drástica e rapidamente o ambiente marinho com morte instantânea do plâncton, ou ainda pela bioacumulação que é o fenômeno através do qual os organismos vivos acabam retendo dentro de si algumas substâncias tóxicas que vão se acumulando também nos demais seres da cadeia alimentar até chegar ao homem, sendo um processo lento de intoxicação muitas vezes letal [3]. Apesar da imensidão das águas marinhas existentes no globo elas vêm sofrendo muito com a poluição, que já atinge inclusive o Ártico e a Antártida, onde já se apresentam sinais de degradação.

A poluição também contamina a produção de água doce, especialistas advertem que a contaminação poderia impossibilitar o tratamento da água do mar para consumo humano dentro de poucos anos, principalmente nos paises do golfo pérsico "A extração de petróleo off-shore, as exportações e os vazamentos de velhos navios são causas de contaminação marinha"[14]. Os países do Golfo dependem em grande parte da água dessalinizada para fins de consumo, para a agricultura e em várias indústrias; somente a Arábia Saudita dessaliniza três milhões de toneladas de água do mar por dia. A obtenção de água doce a partir de água marinha é feita por processo de osmoses reversa, mesmo com o desenvolvimento tecnológico, e redução dos custos de membranas hoje de (acetato e celulosa) o custo do metro cúbico de água doce obtida esta se estabilizo no preço de $ USA 0,86 por m^3 de água doce.

Da mesma forma a contaminação constitui um grande problema para as autoridades de cidades litorâneas. Os contaminantes na água alteram a qualidade das praias turísticas e torna-las não aptas para o desenvolvimento das atividades recreativas e depurativas. A prevenção da contaminação se torna cada vez mais imprescindível, pois, os poluentes não alteram somente a qualidade das águas, eles têm impactos diretos sobre a qualidade e variedade dos serviços oferecidos, programas de educação, número de turistas, programas de saúde e custos ambientais [4]. A modo de exemplo o turismo constitui a terceira fonte de divisas externas, e emprega mais de 2 milhões de pessoas no México.

---

que flutuam passivamente ou nadam fracamente, encontrados em águas doces ou salgadas; são microscópicos na sua maioria, mas alguns deles podem atingir até 1 metro, como certas medusas. Incluem-se nesse conjunto ovos e estágios larvares do nécton e do bento. Quando o plâncton é vegetal, denomina-se Fitoplâncton, e quando animal, Zooplânctoneladas Distingue-se ainda o Plâncton marinho, de água doce e de neves (Crioplâncton). O plâncton constitui uma das principais fontes de alimento dos animais marinhos.

[1] ZEE: Zona Econômica Exclusiva: definida pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito ao Mar como a área que se estende desde as 12 milhas fora da costa até as 200 milhas marítimas. Nesta zona, o estado tem direito e soberania exclusiva para fins de exploração, aproveitamento, conservação e gerenciamento dos recursos vivos e não vivos. Tem direito a executar um aproveitamento comercial dentro dos níveis sustentáveis

A sustentâbilidade ambiental hoje representa uma das maiores preocupações da sociedade, seja no ambiente político, social, acadêmico e econômico. Esta nova realidade tem conduzido a procura de diversas técnicas que tem como intuito prevenir, controlar e inclusive recuperar ambientes que tem sido sujeitos a deterioração e impactos decorrentes das atividades humanas. No entanto, neste trabalho nos aprofundaremos no estudo da contaminação provocada pelas atividades pesqueiras.

2. FONTES DE CONTAMINAÇAO MARINHA

Através da história utilizamos o oceano como esgoto no qual são vertidos dejetos e resíduos de todo tipo de natureza, mas também ele é utilizado como meio de transporte e ironicamente como fonte de alimento e de recreação.

A definição de contaminação marinha segundo o Grupo Misto de Especialistas sobre os Aspectos Científicos da Contaminação Marinha (GESAMP) é a seguinte:

> *"A introdução pelo homem direta ou indiretamente, de substâncias ou energia dentro do meio marinho,(...) perigos para a saúde do homem, obstáculos para as atividades marinhas incluindo a pesca e outros usos legítimos do mar,(...) e a redução dos centros de recreação"*[8]

Os efeitos da contaminação somente são sensíveis a grandes distancias de suas verdadeiras fontes, pois a grande maioria dos poluentes são de origem terrestre. Desta forma, o controle da contaminação marinha depende diretamente das medidas limitantes a poluentes terrestres entre os que destacam:

- Dejetos domésticos;
- Nutrientes (fosfatos e nitratos);
- Metais pesados (resíduos minerais);
- Resíduos químicos (resíduos industriais);
- Produtos petroquímicos;
- Pesca e aqüicultura[3].

Segundo o *World Recourse Institute* – WRI, Atualmente 30% dos ecossistemas costeiros tem sido extremamente alterados e destruídos pela crescente demanda de moradias, complexos turísticos, e a indústria.

As regiões estuarinas, os manguezais, os corais e as baias são os locais muito ricos em plâncton. São nestes locais que principalmente crustáceos, moluscos e a grande variedade de espécies de peixes de potencial alimentar humano se reproduzem e criam. Justamente aí, nestes riquíssimos ambientes marinhos é que estão os maiores efeitos da poluição pois é onde são despejados diretamente os resíduos tóxico das cidades ribeirinhas, das inúmeras industrias e da agricultura, inclusive muitas vezes trazidos de grandes distâncias por rios que deságuam nestes locais.

Outro problema ambiental constitui o desenvolvimento de novas espécies em ambientes ecológicos diferentes a seus ambientes naturais, durante anos as comunidades de organismos aquáticos continuaram sua evolução segundo as leis naturais. No entanto atualmente, as atividades humanas tem provocado

[3] Atividade que permite o manejo e controle dos organismos aquáticos. Arte de criar e multiplicar animais e plantas aquáticas. Compreende especialmente a Piscicultura (criação de peixes), a Ostreicultura (criação de ostras), a Carcinocultura (camarões) e a Mitilocultura (mexilhões), entre outras, tendo como objetivo obter novos organismos ou produtos para aproveitá-los em alimentação, seja direta ou indireta.

variações no ecosistema marinho devido a introdução de organismos alóctones a diversos ambientes, fenômeno que tem-se intensificado na ultima década devido a comercio internacional.

O comportamento socioeconômico e tecnológico atual, dominado pela globalização, no qual cada vez as distancias se tornam pequenas, existe a tendência a homogeneização, a qual, no só afeta o desenvolvimento das atividades humana, mas também, no âmbito biológico com suas desastrosas conseqüências ambientais.

O lastro tem servido desde tempos remotos para melhorar a estabilidade das embarcações, pois por razões técnicas o navio precisa do peso de sua carga, para estabilizar seu centro de gravidade abaixo ou ao nível da linha de flutuação. A partir de 1836 se passou a utilizar água do mar como lastro assim, os navios, poderiam voltar descarregados ao porto de destino em condições de navegação. Cálculos atuais estimam que em mais de 13, 6 milhões de m3 de água de lastro que transporta anualmente a frota mercante, são transportados mais de 4.000 espécies animais e vegetais; as quais em ambientes livres de depredadores e de controladores naturais, proliferam rapidamente, alterando o ecossistema hospede e competindo por alimento com as espécies locais colocando em alguns casos as autoctonias na via de extinção

Porem a eco-invasão não é somente introduzida por água de lastro, pois erradas políticas agrícolas e pesqueiras tem provocado a proliferação de organismos exógenos provocando inclusive a substituição de espécies autoctonias. Um exemplo disso temos os cultivos de carpas *Mylopharyngodon piceus* no litoral de América latina, As espécies *Chinook oncorhynchus*, *Cylindraceum de menominee prosopium* e o *Salmo salar* , constituem entre outros, espécies comerciais de salmões que foram introduzidos no Perú e Chile.

Os resíduos tanto orgânicos como inorgânicos derivados das atividades de Piscicultura, Ostreicultura, Carcinocultura entre outros cultivos aquáticos, podem causar enriquecimento das águas com nutrientes e inclusive euritrificação em zonas de pouca circulação de água. 85% do fósforo, 88% de carbono e 90% do nitrogênio introduzido nas gaiolas de cultivo podem entrar ao meio marinho através de desfechos do alimento e excreções das espécies.

O uso indiscriminado de medicamentos e especialmente antibióticos, utilizados para prevenir e controlar enfermidades das espécies tem dado origem a geração de outros organismos resistentes a contaminação. Efeitos qualitativos e quantitativos da flora microbiana constituem entre outras mudanças meio ambientais, associados ao uso de terapêuticos químicos na aqüicultura.

Esses indicadores mostram que os ecossistemas costeiros estão desaparecendo. Sendo o grande responsável o *Homo Sapien*, a partir da revolução industrial (século XIX). A partir desta data tem-se alterado rapidamente o ecossistema terrestre. O grande desafio agora é procurar formas de satisfazer as necessidades humanas; porém ao mesmo tempo proteger e resguardar o ecossistema que é a base da vida, e assim, viver em harmonia coma natureza..

3. AS PESCARIAS

No globo terrestre, 78,13% da superfície é ocupada por águas, mas somente uma parcela entre 3% e 4 % de alimentos provém da água e, atualmente, a grande parte da produção pesqueira (90%) depende dos benefícios que lhe concedem os ecossistemas marinhos. O aproveitamento dos alimentos provenientes da água tem sido atividade

necessária no desenvolvimento das culturas e povos litorâneos. Tal atividade é denominada pescaria, se entende por esse termo ao conjunto de atividades da pesca: que tem origem desde o planejamento do recurso biológico aquático que se pretende obter, utilização de infraestrutura e equipamentos que possibilitem a produção ou extração de uma mesma variedade de recursos aquáticos, o manejo, armazenamento e transporte da captura; até seu processamento, distribuição e venda. Por exemplo, a pescaria de crustáceos é diferente a pescaria de moluscos.

Segundo a Food & Agriculture Organization (FAO), a partir do fim da Segunda Guerra Mundial (1945), o desenvolvimento das pescarias foi espetacular, a produção pesqueira mundial aumentou rapidamente, alcançando, em 2004, a cifra de 133 milhões de toneladas. A captura das espécies marinhas se estabilizou na ordem de 84, 5 milhões de toneladas. As capturas interiores em 8,7 milhões de toneladas e a aqüicultura[1] em 39,7 milhões de toneladas [6].

A atividade pesqueira melhor explorada desde tempos memoráveis é sem duvida a pesca. Entretanto, até o início do século XX, sua importância econômica era secundária. A técnica era artesanal e o consumo se restringia a algumas áreas litorâneas. Em resposta aos problemas que surgiram em conseqüência da explosão demográfica, a pesca ultrapassou o nível artesanal e se tornou industrial. Os progressos na construção naval, o aperfeiçoamento das artes de pesca, a substituição da vela pelo motor, a adoção de aparelhos de captura aperfeiçoados e os equipamentos frigoríficos reforçaram o aspecto industrial, possibilitando o desenvolvimento da pesca de alto mar. A pesca apresenta diversas formas de atuação, isto em função da região que atinge[4], estrato social[5], produto[6], mercado, bem como por outras características.

A produção pesqueira ainda se sustenta principalmente da exploração intensiva dos recursos naturais e da sobrecarga da capacidade ambiental, pois a humanidade encontra-se submetida, não somente no presente, como também no futuro, à produção natural. É conveniente, portanto, que qualquer análise do meio marinho se baseie num informe integrado de desenvolvimento sustentável. Uma definição neste sentido foi expressa pelo comitê de empresas pesqueiras da FAO:

> *" O desenvolvimento sustentável é a administração institucional e conservação do recurso natural básico que permita assegurar a satisfação das necessidades humanas no presente e das futuras gerações. O desenvolvimento tecnológico está destinado a conservar a terra, água, plantas e os recursos genéticos, não degradando o meio-ambiente que seja economicamente viável e socialmente aceitável"*

No entanto, nos últimos anos a produção pesqueira tem-se visto incrementada pela, aqüicultura, atividade milenar praticada principalmente pelos paises orientais. Porém tem-se desenvolvido muito nos últimos anos, atualmente contribui com 30% da produção pesqueira mundial em termos de quantidade, em termos de valor tem uma importância mais significativa.

A aqüicultura desempenha um papel muito importante na economia dos paises com baixos ingressos e déficit de

---

[4] Pesca Industrial, pesca costeira e pesca continental (lacustre ou fluvial)

[5] Pesca de subsistência, pesca artesanal, pesca industrial.

[6] Pesca para consumo humano direto (CHD; pesca para consumo humano indireto (CHI).

alimentos (PBIDA[7]), especialmente na Ásia.

Hoje as pescarias e indústrias relacionadas proporcionam sustento a 400 milhões de pessoas, contribui com $US 60 milhões de dólares em comercio internacional e sustento muito importante na seguridade alimentar mundial.

Os produtos pesqueiros representam uma importante entrada de divisas para muitos países, em nível mundial: são 195 países dedicados à exportação destes produtos. Para países como Islândia, ilhas Feroe, Groenlândia, Maldivas e Seychelles, os recursos pesqueiros e seus derivados representam 75% do total de suas exportações.

3.1. A PESCARIA DA COSTA LESTE DO PACIFICO

América Latina e o Caribe constituem uma região dotada de um grande patrimônio pesqueiro. Os sistemas de insurgência localizados na costa do Perú e do Chile sustentam uma das maiores pescarias do mundo.

Tem-se indícios de que os produtos pesqueiros constituíram a principal fonte de proteínas de inumeráveis culturas pré-incas; dentro das quais podemos mencionar: a cultura Mochica, pois, o mar e seus recursos (peixes, focas, lobos, baleias) foram gravados em suas construções, fortalezas e cerâmicas. O "Deus da abundancia" assim denominado pelos mochicas, os quais acreditavam que o mar era a origem da água que fertilizara a terra. A pesca foi a primeira atividade desenvolvida por este povo, e o desenvolvimento tecnológico desta atividade é mostrada através dos famosos "caballitos de totora", embarcações rudimentares construídas com uma espécie de bambu oriundo da região. (Vide anexo1 figura 2).

A pesca na América Latina tem-se mostrado estável na última década, com uma taxa de 0,76 de crescimento anual. Segundo informações de pesca da Organização Latino-americana para o Desenvolvimento da Pesca (OLDEPESCA), a pesca marinha de latino América aportou 21,06 milhões de toneladas. o equivalente a 24,2% da pesca mundial, no ano de 2003. Os países costa do Pacifico Leste (Colômbia, Equador, Perú e Chile) contribuíram com 13,8 milhões de toneladas [10].

A indústria de farinha e óleo de peixe é a mais importante do setor pesqueiro na América do Sul, já que somente Perú e Chile aportam 63% da produção mundial de farinha de peixe, contribuindo o Perú com 35,5% e o Chile com 24%. A América do Sul aporta 85, 8% da produção total de óleo de peixe, sendo procedente do Perú 50,4% e do Chile 35,4%.(Anexo 1, figura 3, 4) [9].

Perú e Chile, extraem quase 16% da produção marina mundial; ambos os países contam com uma localização privilegiada na costa do Pacífico Sul. Esta área apresenta um dos ecossistemas marítimos mais produtivos do mundo, além do que esse ecossistema é paralelo à costa continental, o que implica menores custos fixos em deslizamento e tamanho da frota pesqueira.

O setor pesqueiro Peruano tem um papel estratégico dentro da economia do país, a pescaria constitui a segunda fonte de divisas externas depois do setor mineiro. Esta atividade teve seus inícios a partir de 1936, e sua importância econômica se deve a grande quantidade de recursos pelágicos a anchoveta (*Engraulis ringens*), o jurel *Trachurus Picturatus murphyi* e a sardinha (*Sardinops sagax)*. Que se encontram na sua jurisdição e tem possibilitado o seu grande desenvolvimento.

[7] PBIDA: Países de baixos ingressos e déficit de alimentos (China, Índia, Filipinas, Indochina, Rep. popular de Coréia, Bangladesh, entre outros)

O Perú possui uma frota pesqueira industrial direcionada a pesca para consumo humano indireto (CHI), constituída por navios tipo traineira, utilizados principalmente para a pesca de anchoveta atualmente, existem 662 unidades com uma capacidade de porões desde 34 a 900 TM, a capacidade desta frota é de aproximadamente 144 700 m^3.

A frota direcionada ao consumo humano direto está constituída de 108 embarcações com uma capacidade de 15 000 m^3 são dedicadas principalmente a captura de cabala (*Scomber japonicus Perúanus*), Jurel (*Trachurus picturatus*) e a Merluza (*Merluccius gayi Perúanus*), paralelamente no Norte do país a pesca industrial tem uma frota de 80 navios dedicados principalmente para a pesca do langostinho e camarões com uma capacidade de porões de 8000 m3.

O número de desembarques pesqueiros no Perú, durante o período 1990 a 2000, tem registrado uma taxa de crescimento anual de 5,6%. Neste período, a média de capturas anuais foi de 7,9 milhões de toneladas. Apesar disso, no ano 1998, o volume total de desembarques foi de 4,4 milhões de toneladas, o que significou um decrescimento da ordem de 44,8% em relação ao ano anterior. A queda nas capturas do ano de 1998 se deve principalmente às anomalias oceanográficas ocorridas pelo fenômeno atmosférico "El Niño[8]" (Anexo1 Fig 5).

O Perú é o maior produtor de farinha e óleo do mundo. A sua indústria é complemente baseada no processamento da anchoveta (*Engraulis ringens*) e da sardinha (*Sardinops sagax*). Esta última se desembarca principalmente para a produção de conservas e, em caso de superprodução de matéria-prima, destina-se à produção de farinha. O recurso de peixe é controlado por cotas governamentais com proibições de pesca executáveis pelo *Instituto del Mar Perúano* (IMARPE). Porem sendo a pesca uma atividade aleatória, permanente e descontinua, é muito difícil estimar seu comportamento em curto prazo. Aleatória porque é impossível predizer os volumes a serem obtidos; é permanente, porque, em ausência de regulação e sem direitos de propriedade definidos, os recursos pesqueiros estão sujeitos à constante exploração; e descontínua em função dos fatores biológicos e climatológicos que afetam a disponibilidade dos recursos marinhos.

Chile ocupa uma posição destacada na pesca mundial, situando-se como a terceira potência pesqueira depois da China e o Perú.

Chile conta com o litoral mais extenso da costa leste do pacifico (5300 Km.). A atividade pesqueira é a mais variada e mais uniforme em quanto a rendimentos econômicos, com destaque para os produtos de maior valor agregado.

O grande desenvolvimento, alcançado por Chile em grande parte esta vinculada ao setor privado e a instalação de grupos pesqueiros, especialmente europeus, o setor gera emprego a mais de 97 000. Atualmente Chile conta com a frota industrial mais moderna do Pacifico Sudeste, com aproximadamente 596 embarcações para uma capacidade de porões de 170 000 TM. A pesca artesanal esta conformada por 13 560 unidades, são consideradas embarcações artesanais navios de até 18 m. de eslora, ou 50 TM de capacidade.

[8] El Niño: fenômeno atmosférico que consiste na aparição de correntezas de águas cálidas que atravessam o Oceano Pacífico Oriental, deslocando a corrente de água fria de Humboldt (corrente fria do Peru) e ocasionando distorções no sistema bio-aquático marinho que inclui até verões, ou fazendo mais cálidos os outonos, invernos e primaveras. Do mesmo modo, a longo prazo, apresenta flutuações seculares de mudança global, processos de aquecimento e esfriamento na Terra.

As características oceanográficas do Chile, como as do Perú, fizeram que o Chile seja o segundo produtor mundial de farinha de peixe no mundo. O grande desenvolvimento pesqueiro chileno é sustentado pela exploração das espécies *Engraulis ringers* e a *Trachurus Picturatus murphyi*, espécie muito utilizada para a fabricação de farinhas especiais de peixe (super-prime, prime), produto que tem dado ao Chile uma respeitada posição o mercado internacional principalmente para o europeu.

Nos últimos anos, este produto tem apresentado uma elevada demanda pelos países aqüicultores, especialmente Japão, Noruega e EUA. A notável qualidade dos produtos chilenos tem possibilitado a sua emersão nos diferentes blocos econômicos do mundo

O Equador tem uma costa de aproximadamente 2859 km apresenta um ecossistema extremamente delicado pois a 1000 Km da sua costa se localizam as Ilhas Galapagos. As ilhas são patrimônio da Humanidade e a atividade pesqueira está limitada a extração artesanal.

O Equador sustenta uma das pescarias mais importantes de caráter pelágico e dermesal, o setor estuário oferece um ambiente muito favorável para a produção aqüícola. O setor pesqueiro no Equador gera emprego a mais de 120 000 pessoas.

O Instituto Nacional de Pesca (INP) é a entidade do estado encarregada de regular e prestar apoio cientifico com a finalidade de gerar as políticas de pesca. Nesse país, existem diversas organizações industriais dentro dos quais ressaltam: A *Câmara Nacional de Pesquería* (www.camaradepesqueria.com *Câmara Nacional de Acuacultura* (CNA) (www.cna-ecuador.com), *Federación Nacional de Cooperativas Pesqueras del Ecuador* (FENACOPEC), *Asociación de Armadores de Barcos Pesqueros* (ASEARBAPESCA), *Asociación de Atuneros del Ecuador* (ATUNEC).

A pesca do atum constituiu uma das mais importantes atividades extrativas do Equador segundo dados históricos esta atividade se iniciou no ano de 1952, atualmente a indústria de atum dispõe de 106 *Clipper*, 33 fábricas de processamento e 19 empacadoras. O setor alcançou um volume de 204 722 TM no ano de 1999 das quais exportaram 144734 TM. Também conta com a pesca da sardinha e macarena, direcionada para a produção conservas, farinha e óleo de peixe. Tem uma frota de 200 unidades com navios de até 120 TM. A pesca de congelados também é importante no Equador, tem uma frota de aproximadamente 250 navios dotados com sistemas de conservação a bordo e o porto mais importante é Manta.

Outra atividade extrativa do Equador é a pesca do camarão,espécie que habita entre 20 e 300 metros de profundidade. A frota pesqueira do camarão esta integrada por 220 navios com uma produção de aproximadamente 10000 TM/ ano. Devido à alta taxa da fauna acompanhante do camarão, desde 1996 é utilizado um dispositivo excluídor de tartarugas (TED).

No entanto, o cultivo de camarão é a atividade pesqueira mais representativa do equador, presente mais de três décadas o cultivo de *Litopenaeus vannamei* (espécie tolerante a mudanças de salinidade);. A infraestrutura desta atividade ocupa aproximadamente 180 000 Has, a maior parte da produção aqüícola esta distribuída nos estuários do Archipiélago de Jambelí, río Guayas, Estero Salado, Bahía de Caráquez, Cojimies, Muisne e San Lorenzo. No ano de 2002 o setor gênero aproximadamente 800 milhões de dólares. Desde 1999 a doença do fungo branco reduzo a produção de camarão a 20% da produção media ocasionando graves problemas econômicos, ao setor aqüícola principalmente.

A Colômbia, tem um litoral dividido por dois oceanos, 1760 Km de costas banhadas pelo Oceano Atlântico e 1480 Km para oi Oceano Pacifico. A atividade

pesqueira oferece emprego a 80 000 pessoas, das quais 28 000 aproximadamente trabalham na costa do Pacifico sudeste. As atividades pesqueiras tem uma participação de 0,54% no PBI da Colômbia.

A pesca oceânica na Colômbia se caracteriza devido a grande variedade de recursos de alto valor agregado, porém limitado volume. A pescaria, colombiana teve um notável desenvolvimento a partir da década de 50 até a década de 80, baseada principalmente na exportação do camarão e nos últimos anos no atum *Thunnus albacares* e *Katsuwonus pelamis*, A frota pesqueira, registrada no ano 2001, estaba constituída de 591 naves das quais 367 (62%) realizam suas operações no Pacifico do Sudeste, das quais 294, são dedicadas a pesca industrial.

No relacionado com produção aqüícola Colômbia tem avançado muito na aqüicultura continental destacando o cultivo com interesses populares descascando às tilapias do gênero *Oreochromis*, truta arco iris *Oncorhynchus mykiss*, cachamas blanca y negra *Piaractus brachypomus* e a *Colossoma macropomum*.

3.2. A FROTA PESQUEIRA NA COSTA DO PACIFICO SUDESTE.

A grande variedade de recursos e produtividade natural associada a ressurgencia[9] nas costas de Perú e Chile tem permitido o desenvolvimento de uma das pescarias indústria mais importantes do mundo.

A frota de navios industrializados no mundo atinge as 35 000 unidades aproximadamente 1% da frota pesqueira mundial os quais capturam 50% da produção marinha total FAO,(2004). Desse total 2350 embarcações (0,1% da frota mundial) realizam suas fainas de pesca na costa do Pacífico Sudeste e extraem aproximadamente 20% da produção natural marinha. Considerando o tipo de embarcações e antiquados métodos de pesca se estima que a frota da costa oeste de América do Sul se captura aproximadamente 20 milhões de toneladas (aproximadamente 26% da produção total).

Mesmo sendo para todos os países do Pacífico Sudeste a pesca um importante setor econômico, a pesca industrial tem 2352 unidades de pesca das quais 1347 (57%) são embarcações tipo traineiras, 220 (10%) são palangreiras, 507 (19%) são navios de arrasto de pelágicos e finalmente 328 unidades equivalente a 14% são navios de arrasto costeiro. Os dados acima refletem a importância da pesca de espécies pelágicas direcionadas principalmente para a produção de farinha e óleo de peixe. O 18% das embarcações de arrasto costeiro estão constituídos principalmente por pequenas embarcações dedicadas a captura de camarão. (Vide Anexo1 fig.6)

Outro dado significativo da frota pesqueira é a idade de nossas embarcações dos quais 66% da frota tem uma idade entre 10 e 20 anos e 16% tem uma idade menor o igual a 10 anos, 13% entre 20 e 30 anos.

Os primeiros anos do novo milênio a frota pesqueira tem mostrado uma perda apreciável em número de unidades, seguindo a tendência mundial. Por exemplo no ano de 1994 Chile possuía 524 embarcações tipo traineira na pesca industrial, hoje o setor possui 360 embarcações. O numero de embarcações tem relação direta com o impacto da pesca sobre as populações marinhas a isto deve se considerar a implementação das novas políticas de pesca assim como a tendência de melhorar a qualidade dos produtos. Nesse sentido, os estaleiros tem investido em tecnológica com a finalidade de

[9] Resssugência: reaparecimento à superfície de um curso de águas profundas esta correnteza de água é rica em material orgânico e nutrientes.

implementar sistemas que ajudem com a conservação dos produtos.

Devido a incerteza que oferece a pesca, muitas empresas pesqueiras têm mudado seus negócios direcionando-os para aqüicultura principalmente no Chile e no Equador. Hoje a aqüicultura oferece uma rentabilidade maior, é muito mais segura quando comparada com a pesca oceânica.

4. A PESCA NO PACIFICO SUDESTE: SEU IMPACTO AMBIENTAL

Hoje a pesca é uma atividade industrializada, cujos processos tecnológicos bastante complexos permitem que a captura se estenda além das regiões costeiras. Navios pesqueiros são levados a locais que distam milhares de quilômetros de seus países de origem e voltam com grande quantidade de peixes, de forma a suprir uma ampla faixa da população.

i

ANEXO 1

Figura 1.- Áreas de produção marinha

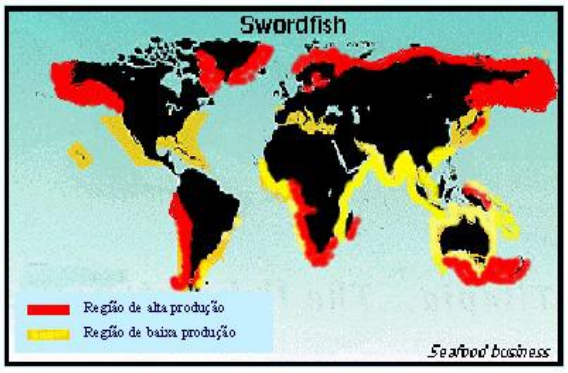
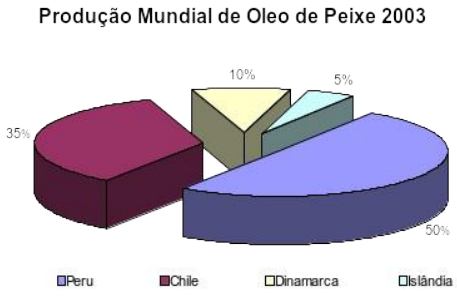


Figura 2.- Caballitos de torora

Figura 3.- Produtores de Farina de pescado

Fonte: Fishmeal Exporters

Figura 4.- Produtores de óleo e pescado



Fonte: International Association of Meal Manufactures (IAFM)

Figura 5.- Fenômeno Atmosférico "El Nino" Costa do Pacífico Sudeste

A pesca, assim como outras industrias explorativas, exerce uma forte pressão no meio ambiente, por sua natureza tem causado o desaparecimento de muitas espécies, e deixado a outras perto da extinção devido principalmente a uma pesca irracional [11]. Nesse sentido, o impacto ocasionado pela pesca pode ser dividido em dois frentes:

4.1 IMPACTOS DIRETOS

- Redução da população objeto da pesca;
- Mortalidade da população não objetiva (fauna acompanhante);
- Destruição de habitat causado pela introdução dos apetrechos de pesca.

A pesca igual a qualquer atividade econômica tende a obtenção do máximo rendimento com o menor esforço ao longo do tempo. A estratégia de exploração pesqueira consiste em incrementar o esforço de pesca (exemplo n º de navios) com a finalidade de obter o Maximo Rendimento Sustentável (captura). A dificuldade desta teoria se fundamenta que em ambientes naturais para determinar o Maximo Rendimento Sustentável (MRS), tem que se descobrir o ponto de inflexão da curva do esforço/rendimento (provocar a sobre –exploração) e assim uma vez que nos enfrentamos com uma diminuição do rendimento procedemos a reduzir o esforço antes que se produza a extinção comercial ou minimizar o estoque explorado.

O grande dilema da gestão de pesca se fundamenta na difícil tarefa de documentar com precisão os efeitos da pressão pesqueira nas populações em função da inexistência de estúdios sobre avaliações de estoques prévios ao inicio da exploração, (estudos de dinâmica de populações datam de inícios do século XX), A pesca raramente explora toda uma população de espécies. A espécie pode ser capturada por vários tipos de aparelhos de pesca. Geralmente o estabelecimento da relação entre a dimensão do aparelho e a presa é de caráter biométrico, no qual o indivíduo será afetado pelas características seletivas de cada um dos aparelhos, de acordo com sua forma de atuação. A captura seletiva gera danos na estrutura de talhas e por tanto na estrutura da idade, afetando potencialmente à estrutura genética provocando uma redução da diversidade genética. Existe uma correlação positiva entre heterozigosidade e taxa de crescimento ou tamanho da espécie, o que indica que em populações virgens as espécies mais velhas são os mais geneticamente diversos. A diversidade genética é de fundamental importância pois uma perda na constituição genética pode conduzir à

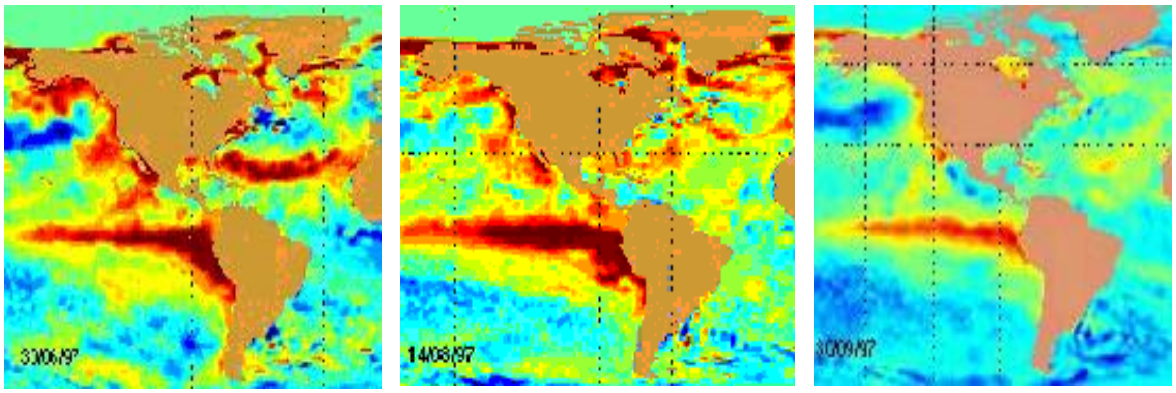


Figura ¨6.- Frota pesqueira do Pacífico Sudeste

NAVIOSCOLOMBIACHILEEQUADORPERÚTOTALTraineiras17636010670513 47Palangreiras24189880220Arrasto pelagico59216118114507Arrasto costero35624047328Total 2946005629462402

perda de propriedades homeostaticas que capacitaram as espécies mas velhas a tolerar flutuações do meio ambiente.

Um exemplo marcante deste tipo de impacto experimentou uma das pescarias mais importantes do mundo. A pesca indiscriminada da anchoveta Perúana (*Engraulis ringer*), na década do 70 quase coloca em colapsou a pescaria peruana, o Perú foi o maior extrator de produtos pesqueiros com quase 13 000 000 milhões de toneladas, as quais foram utilizadas principalmente para elaboração de farinha de peixe (*fish meal*). No ano de 1973 a pesca se viu afetada pela super-exploração. A pescaria não colapso porque a diferença de outras espécies a anchoveta tem uma alta capacidade de regeneração.

A captura não subsidiária de espécies não objetivos se denomina (*bycatch*), tem uma relação direta com o tipo de equipamento de pesca entre menor a seletividade maior a (*bycatch*), as redes de arrasto e de deriva são as que geram maior volume de (*bycatch*). Se estima, que os descartes operacionais das pescarias comerciais flutua em 27 milhões de toneladas ano (20% da pesca mundial).

Enquanto, os efeitos da pesca anteriormente descritos afetam uma ou algumas espécies, os impactos físicos associados aos petrechos tem uma ação global no ecossistema e, em alguns casos provoca a desertificação do substrato sujeito à atividade do equipamento. A destruição de ambientes necessários para alevinagens, refúgio e fonte de alimento, nas fases iniciais do crescimento é a primaria causa do processo de extinção de espécies. Um exemplo disso, e a proliferação de fazendas aqüícolas no litoral equatoriano

4.2 IMPACTOS INDIRETOS

- Interações biológicas (competência e depredação);
- Efeitos provocados no eco-sistema provocado por descartes derivados da pesca;
- Impactos da pesca fantasma.

Os impactos da pesca nos indivíduos pode se transmitir através do comportamento da cadeia trófica por meio das relações competição e depredação e que mantém as espécies em equilíbrio. A pesca pode modificar o numero de presas disponíveis para os depredadores ou o número de depredadores que se alimentam das presas. Assim estado no qual espécies exploradas potencialmente, sejam tão poucos que não posam mais se reproduzir ou que, os depredadores os eliminem em forma desproporcionada, é um fenômeno denominado depauperação e hoje é um problema muito sério para a dinâmica de populações. O boom da sardinha peruana na década de 80 teve influencia na quantidade de alimento disponível uma vez que sua competidora a anchoveta foi dizimada na década de 70.

Efeitos dos descartes de espécies não exploradas, bem como dos desfechos orgânicos derivados das atividades pesqueiras podem ocasionar mudanças na estrutura e diversidade de espécies das comunidades marinhas e favorecendo a proliferação de espécies detrivoras ou carronheiras.

A água de descarga e água de cola proveniente das fabricas processadoras de farinha e óleo de peixe, tem causado a proliferação de algas, bem como a eutrificação de bacias e praias. Esse problema já tem ocasionado problemas ao turismo em cidades litorâneas como “Chimbote” no Perú, “San Antonio” no Chile e “Guayaquil” no Equador. A euritificação também tem aumentado os custos portuários, principalmente na operação de dragagem.

A pesca fantasma é provocada pelo abandono de aparelhos e equipamentos de pesca decorrentes de acidentes. A mortalidade associada a pesca fantasma é

difícil de quantificar, porém se conhece que as principais vitimas são mamíferos aquáticos e aves.

5. IMPLEMENTAÇÃO DE NORMAS E REGULAÇÃO DAS ATIVIDADES PESQUEIRAS NO PACIFICO SUDESTE

A principal atividade do setor de pesca na América Latina é constituída pela indústria redutora, pela extração de moluscos e crustáceos, e o cultivo de salmões, atividades que, por sua natureza de interação com o meio ambiente, causam transtornos, principalmente a atividade extrativa, devido à pressão exercida sobre os recursos que, ao amparo da lei, têm permitido estabelecer-se dento de limites que se consideram sustentáveis no tempo, mas requerem constantes avaliações. mediante a implementação de adequadas tecnologias procurando preservar o meio ambiente, e permitir que a indústria pesqueira se sustente de modo competitivo no mercado internacional, entendendo o meio ambiente como um aliado em sua projeção a longo prazo, como industria.

Porém a sociedade moderna tem se preocupado cada vez mais com as dimensões dos recursos naturais disponíveis no mundo. Isto é uma reação óbvia e compreensível devido ao rápido crescimento populacional e à quantidade finita de alguns destes recursos mundiais. Esta preocupação torna-se mais evidente devido à atual conjuntura da sociedade moderna, tendo todas as sociedades e suas populações em contínuo crescimento. Esta exploração, condicionada pela falta de um planejamento adequado, resultou numa ação predadora do homem sobre os ecossistemas aquáticos, representando assim uma séria ameaça ao desenvolvimento sustentável [2].

Nos últimos 20 anos, a captura de produtos pesqueiros tem-se incrementado de modo impressionante, e o esforço para obter cada tonelada de pescado tem aumentado intensamente, de forma que muitas espécies estão sobre-exploradas. Hoje, a sobrepesca é um fenômeno endêmico de todos os oceanos do planeta, Segundo estatísticas da FAO, aproximadamente 70% das populações naturais tem sido vitima da sobre pesca [6] Frente a esta situação, tornou-se necessário regular as capturas e reduzir algumas operações pesqueiras, visando, desta forma, que os recursos pesqueiros continuem proporcionando rendimentos adequados para ser utilizados da melhor maneira possível.

Nesta perspectiva, a comunidade internacional concentrou esforços em pactuar normas de conservação e exploração racional das regiões costeiras, mares e oceanos. Uma importante tentativa global voltada à preservação dos ecossistemas marinhos foi efetivada pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito ao Mar - CNUDM, pela Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUNAD e pelo Comitê Internacional para a Conservação do Atum no Atlântico - ICCAT. Em nível latino-americano, temos a Organização Latino-Americana de Desenvolvimento Pesqueiro - OLDEPESCA, a Comissão Permanente do Pacífico Sul - CPPS, dentre outras. Todas as convenções, conferências e instituições acima mencionadas aplicam diretrizes que, embora com o mesmo objetivo, variam de acordo com a função principal da instituição. Geralmente as diretrizes e medidas são baseadas nos seguintes pontos: pesquisas oceanográficas e sua influência sobre as pescarias, limite de tamanho de captura da espécie, determinação de zonas e períodos de captura, controle dos aparelhos de pesca e determinação de limites e esforço de captura total.

A implementação de leis de proteção ao ambiente marinho no Pacífico Sudeste são relativamente novas, (1990), a partir desta data a legislação considera o mar

como um meio ambiente sujeito a degeneração, e que faz parte de um sistema aquático integrado. O Pacifico Sudeste possui uma enorme diversidade biológica que tem vindo se deteriorando em função de obsoletas normas ambientais ou descaso político das autoridades competentes que ainda hoje implementam decisões favorecendo interesses econômicos e não sociais.

Equador foi o primeiro país em implementar uma lei de pesca e desenvolvimento pesqueiro através do decreto supremo nº 178.RO/497 o 19 de fevereiro de 1974; A implementação desta lei na política pesqueira do Equador fundamenta-se na necessidade de proteger o delicado eco-sistema de Galapagos.

Colômbia implementa o contexto jurídico relacionado a seu mar territorial através da lei nº 10 do 25 de julho de 1978. Posteriormente, decreta o estatuto geral da pesca, ley nº 13 do 15 de janeiro de 1990.

No ano de 1991° Chile decreta a Lei geral de pesca e aqüicultura (decreto Supremo nº 430, do Ministério Economia, Fomento e Reconstrução. Em relação a outras leis pesqueiras a lei geral de pesca e aqüicultura do Chile é a mais moderna, tendo servido de modelo para a geração de outras leis de pescarias) [5].

O Perú foi o último pais em desenvolver uma lei de proteção ao meio ambiente marinho no ano de 1992. No ano de 2001 formaliza o regulamento da lei geral de pesca e aqüicultura , no ano de 2002 pelo D.S 008-2002-PE estabelece na sua política de desenvolvimento o regulamento de inspeções e do procedimento sancionador das infrações das atividades pesqueiras.

6. IMPACTO AMBIENTAL DA PESCA EFEITOS NA INDÚSTRIANAVAL DA COSTA LESTE DO PACIFICO SUL

A engenharia naval e oceânica se define como o conjunto de técnicas e tecnologias que permitem a utilização e explotaçaõ integral de mares e oceanos assim como sua conservação e manutenção de seus ecossistemas. Nesse contexto a engenharia Naval não só limita-se a estudo implementação de projetos de navios, complexos industriais e turísticos marinhos , equipamentos de explotação mineira e petroleira, mas sim estudo das variáveis que intervem no seu comportamento, hoje a engenharia naval contempla também o estudo de pesca e aqüicultura marinha, estudo de ventos, ondas gradientes térmicos, engenharia de costas assim como legislação ambiental. Atividades muito complexas desde o ponto de vista tecnológico e com máximas exigências de segurança e qualidade meio ambiental.

O êxito de uma pescaria comercial oceânica sustenta seu desenvolvimento operacional e comercial, igualmente a qualquer outra atividade exploradora na sua capacidade de extração e manutenção da qualidade de matéria prima obtida. A unidade que torna real a capacidade de extração de uma pescaria oceânica é o navio com todo seus sistema de equipamentos e técnicas de captura. A eficácia de um navio de pesca esta na coordenação das atividades de captura, e na capacidade e autonomia do navio.

Desta forma, a disponibilidade da matéria prima tem uma relação direta com a eficiência da operação, com maior disponibilidade de recurso, mais rápida será a operação de captura, isto também leva menores gastos na logística pesqueira e gastos de combustível.

A disponibilidade de recursos tem sido ao longo dos anos utilizado para calculo das taxas de captura permissíveis,

o problema é que mesmo com todo o desenvolvimento cientifico em relação a estúdio de populações resulta difícil predizer o volume de estoque que pode ser obtido, ainda mais o estoque real pois os modelos matemáticos trabalham com estimativas e informação. A disponibilidade de um recurso aquático é ainda menos previsível pois ante a imensidade dos oceanos, comportamento das correntes e influencias meio ambientais; o volume de recurso em determinado local pode variar segundo os fatores anteriormente definidos. Um exemplo disso é o desaparecimento da anchoveta peruana no Pacifico Sudeste no ano de 1973, 1983, 1998.

Precisamente devido à deficiência de estimar valores aproximados de estoques de recursos, é que se geram os problemas da sobre exploração. A conceituada revista "*Nature*" revelou que a indústria pesqueira tem aniquilado, 90% das espécies altamente migratórias, caso atum, o bonito e o bacalhau. A captura mundial nos oceanos alcançou seu pico em 1989, a partir desta data mostra um declino constate, a revista "*Science*" informou que 13 das 17 regiões de pesca estão sobre explorados. A pesca extrativa no Pacifico Sudeste teve seu máximo rendimento em 1972 (21milhoes de toneladas) a partir desta década a maior captura se estabilizou em 14 milhões de toneladas. A pescaria peruana foi a que mostrou maior declínio 40%, em relação ao pico máximo obtido (1972).

Embora o volume de captura no Pacifico Sudeste tenha mostrado um forte diminuição os efeitos não chegaram aos níveis experimentados pela pescaria de *Newfoundland* e *St.John's*, (Terra Nova) onde os efeitos da sobre –exploração motivo a proibição de atividades pesqueiras desde 1980 [1]. Os estudos apontaram à frota industrial como a responsável do desaparecimento do bacalhau do Norte. Atualmente o governo canadense gasta 400 milhões de dólares anuais em benéficos pagos a pescadores. A sobrepesca atinge principalmente a pescadores artesanais (28 000 pessoas estão desde 1980 em situação permanente de incapacidade econômica).

A sobre pesca tem implicações em cadeia, pois a falta de recurso gera dois tendências com o intuito de suprir a demanda pesqueira que agravam ainda mais o impacto na vida aquática a primeira (1) os pescadores adotam novas tecnologias com a finalidade de explorar novas áreas de pesca a segunda (2) e muito mais acentuada em paises em desenvolvimento a captura de espécies novas e de níveis inferiores da cadeia alimentar. As capturas de espécies de níveis inferiores reduzem a capacidade de recuperação das espécies exploradas, pois, a pesca se constitui como concorrente por alimento das espécies de níveis superiores diminuendo ainda mais suas possibilidades de recuperação [12]. Segundo *Daniel Pauly* esta tendência conduzirá a um colapso generalizado e os oceanos se converteram num deposito de plâncton.

Na ultima década, os níveis de captura oceânica tem mostrado um severo declive. Durante a década de 1960 até a década de 80, as capturas aumentaram significativamente (6% ano); na década de 90 a curva de produção se estabilizou em 100 milhões de toneladas, e tem mostrado uma redução na captura total de mais de 23% atualmente a captura flutua entre 70 e 80 milhões de toneladas ano [13].

Alem dos inquantificaveis custos ambientais,a sobre-pesca implica outros custos de grande importância. Em 1992 a FAO estimou a 70 000 milhões de dólares as vendas por atacado (pescador-distribuidor), embora que, o custo operativo da frota pesqueira mundial seja de 85 000 milhões de dólares. Isto significa que a frota pesqueira mundial opera com um déficit de 15 000 milhões de dólares. O déficit operativo é atribuído ao crescimento notável da frota pesqueira mundial entre os anos de 1979 e1989 que

as estimativas apontam 322% enquanto que a produção pesqueira cresceu em 60% para o mesmo período. Este excesso levou a uma concorrência nas frotas na qual tentam pescar todo o possível no período de pesca. Isto conduz a uma oferta excessiva no mercado, conseqüentemente uma queda nos preços dos produtos, provocando problemas na captura ao longo prazo, como é evidenciado agora 20 anos mais tarde.

A pescaria comercial do Pacífico Sudeste, sento as bases para o desenvolvimento da engenharia naval principalmente no Perú e no Chile. Na década de 50 o potencial naval em ambos os paises era praticamente nulo e incipiente. Na década do 60 até os 70 foram os anos de gloria da indústria naval no caso do Perú, assim também foi para a indústria naval chilena a partir de mediados da década de 70 até inícios da década de 90.

Dentro das atividades relacionadas à pesca, uma das áreas mais susceptíveis a mudanças nas políticas pesqueiras é sem duvida á a indústria de naval, uma má política pesqueira pode levar a desaparecimento da biomassa (como o caso de Terranova), conseqüentemente diminuição na elaboração de projetos de navios,estruturas navais e portos. Da mesma forma, o retardo tecnológico da indústria conduz a uma redução nos investimentos em tecnologia naval, por exemplo, a ausência de sistemas de refrigeração nas frotas (caso de 90% da frota industrial peruana) e ainda mais, a contaminação provocada pelos resíduos orgânicos provenientes das fabricas pesqueiras provocam mudanças nas características do relevo afetando o turismo, isso impede o investimento em projetos de embarcações de recreio, lanchas de passeio, motonaves etc.

Na década de 60 até o Perú possuía aproximadamente 24 estaleiros dedicados a manutenção da frota pesqueira e construção de novas unidades. Desse total de estaleiros 40% se localizaram ao Norte do país, 50% no Porto do Callao e 10% no Sul. Nessa época o Perú tinha mais de 1000 embarcações [7]. No ano de 1972 a pesca irracional da anchoveta teve impactos muito graves sobre a indústria naval na década de 80 o Perú contava com 6 estaleiros, atualmente o Perú tem 5 estaleiros dois deles além de reparações fazem projetos de navios, os outros três somente realizam reparações navais menores. O estaleiro mais representativo do Perú é o SIMA.

A indústria naval no Equador tem se mantido estável desde a década de 80,os estaleiros tem feito investimentos na melhoria de sua tecnológica destacando entre eles parcerias com países desenvolvidos como Espanha e Canadá. Dentre os estaleiros mais representativos do Equador temos o ESTINAVE.

A indústria naval do Chile, é a que mais tem evoluido na costa do Pacífico Sudeste, e este desenvolvimento tem sido estimulado pelo crescimento tecnológico da indústria pesqueira. A construção de navios rasteiros tem sido a maior produção dos estaleiros chilenos, o avanço tecnológico tem permitido aos estaleiros exportar navios de pesca principalmente para o Perú. Do mesmo modo que os outros paises do Pacífico Sudeste a maior parte dos serviços executados são direcionados a reparos de navios.. Atualmente Chile conta com 17 estaleiros sendo os mais representativos a Marco Chilena e ASMAR.

6. CONCLUSÕES

Os vastos recursos dos oceanos, que produzem benefícios anuais de mais de sete bilhões de dólares, são ameaçados pela contaminação, a exploração indiscriminada e a destruição do ambiente marinho. Segundo o informe da FAO , as áreas costeiras – os ambientes marítimos mais produtivos – são as mais afetadas.

A pesca tem desempenhado um papel muito importante no desenvolvimento dos países com litoral e tem causado impacto no desenvolvimento da fauna marinha. Uma forma desse impacto se dá com o crescimento descontrolado das pescarias, uso de tecnologias na extração do recurso e leis mal direcionadas à conservação do recursos utilizados, as quais têm ocasionado o desaparecimento de muitas espécies por excesso de exploração e contaminação dos recursos hídricos (rios, lagos, estuários e mares).

Desta forma, o excesso de pesca não só reduz a existência de espécies, sejam ou não objeto de pesca, também causa um forte e impacto no eco-sistema marinho. A má administração das pescarias somada ao excesso de esforço de pesca tem efeitos na econômica pesqueira e industrias envolvidas em seu desenvolvimento, a indústria perde milhões de dólares de ingressos potenciais. O setor da pesca, não é a única que experimenta custos econômicos relacionados com a pesca excessiva, ela também tem custos significativos no âmbito social. O desemprego é uma realidade no setor de pesca, nos últimos 20 anos, mais de 50% dos pescadores da pescaria industrial do Pacífico Sudeste perderam seus empregos devido à pesca excessiva. Porem, esse custo social tem efeitos em outras áreas como comercio, transporte, indústria naval, entre outras.

Nesse sentido, efeitos de uma má administração pesqueira já foram experimentados pelos paises da costa do Pacífico Sudeste, as variações da produção pesqueiras têm influencia direta no comportamento econômico e tecnológico da indústria naval.

Nos períodos de crises das pescarias do Pacífico Sudeste, a indústria naval tem-se aventurado no desenvolvimento de projetos em outras, hoje é comum verificar estruturas realizadas pelos profissionais de estaleiros na área da construção civil e indústria mineira.

Hoje em dia, é de vital importância que o conhecimento do mar e dos recursos pesqueiros seja direcionado e orientado para a prevenção e conservação tanto do meio marinho como também da biomassa dos recursos pesqueiros. Deter a pesca excessiva e permitir que as pescarias sobre-exploradas se recuperem permitiria aumentar a produtividade e maximizaria os ingressos em longo prazo.

Nesse sentido, a indústria naval direcionada a pesca deve considerar a utilização de tecnologia ecologicamente correta, possibilitar operações antes vedadas, preservar o meio ambiente e gerar emprego de melhor qualidade, em fim faça com que o homem possa viver em harmonia com o meio ambiente. A legislação ambiental ainda é incipiente nesta parte do continente, apesar do grande patrimônio ecológico presente.

5. REFERENCES

[1] ANON., Cod vanish; Grand Banks' Defender Faces Jail. Earth Is.J., Spring, 21; 1994.

[2] AKIMICHI, T. AND K. RUDDLE," The historical development of territorial rights and fishery regulations in Okinawan inshore waters". In Maritime institutions in the western Pacific, edited by K. Ruddle and T. Akimichi. Senri Ethnol. Stud. Natl. Mus. Ethnol., pg.: 37–88, Osaka 1984

[3] BRAGA, BENEDITO et all. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo, Prentice hall, 2001.

[4] Centro de Información y Documentación Empresarial sobre Iberoamérica (CIDEIBER) "Actividades de sector primario - Sector pesquero disponible em "http://www.cideiber.com/infopaises/Peru/Peru-04-04.html. Accesado 10 de outubro de 2003.

[5] COMISION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE- CONAMA. Orientaciones para la evaluacion de impacto ambiental en proyectos de cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiologicos. Janeiro de 1999, Chile.

[6] FAO World Review Of Fisheries And Aquaculture: In the State of World Fisheries and Aquaculture, 2004. Roma-Itália:FAO-ONU, 2004. 166 p.

[7] FERRE, M; NATIVIDAD, G "El futuro del pesquero peruano" In Revista da Escuela de direccion de la Universidad de Piura", pp-22-33 ,Junho, Piura 2002

[8] IFFO : Internacional Fishmeal and Fish Oil Organisation "LA HARINA Y ACEITE DE PESCADO EN ALIMENTOS PARA ANIMALES ACUATICOS" Artigo tecnico 40 2001, disponível também em www.iffo.org.uk/pdflib/FM-Aq-sp.pdf. Acessado 14 de maio 2003.

[9] MUNALLA, U. A. "Protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible de las pesquerias". Revista de la Comisión Permanente del Pacifico Sur, Lima-Perú, nº 24, 1997, pp. 83-95.

[10] OANNES: "Peru mantiene liderazgo en produccion harina de pescado" in Rpp noticias, também disponivel em www.rcp.net.pe/pipermail/oannes/20031028/011432.htm. Acessado dia 21 de setembro de 2004.

[11] SOMMER, O "Depredation and globalization of fishing industry" – ÖKOTECCUM, Kiel-Alemania, 2001 . também disponível em http://www.ecoportal.net Acessado dia 03 de abril de 2005.

[12] SMITH, A.R.; VALDEMARSEN, J.W." Sustainable Fishing Technologies and Practices". St. John's, Newfoundland, Canada, 1-6 March 1998.

[13] Suero, J: "El Desarrollo sostenible en las ciudades costeras del Peru" Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria e Ciencias del Ambiente. Lima peru 2002; disponível também, em www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/labor/suerio.pdf. Acesso 26 de novembro de 2004.

[14] TACHIBANA, T et all, Simulador para modelagem matemática de espalhamento de óleo derramado no meio ambiente marinho; III Conferencia Brasilerira de Computação – CBOMP, Univali, Itajaí Brasil. 2003

6. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem aos Colegas do Departamento de Engenharia Naval pelo incentivo em desenvolver o presente tema, assim como as diversas autoridades dos paises do Pacífico Sudeste que forneceram informações úteis para o desenvolvimento do trabalho

Os autores agradecem ao pessoal técnico e acadêmico do Instituto Pan-americano de Engenharia Naval e Oceânica (IPIN) pela oportunidade de mostrar nosso trabalho.

XIX Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval,
Transporte Marítimo e Engenharia Portuária
24-28 de outubro de 2005 – Guayaquil, Equador

Implementação do projeto GIEN "Gerenciamento Integrado de Engenharia Naval"

Goulart, MP
Engenheira Naval
E&P-PETROBRAS

Souza, MLM
Técnico de Estabilidade
E&P- PETROBRAS

Resumo:

A partir do desenvolvimento do Campo de Marlim na Bacia de Campos na década de 90, houve um grande aumento na instalação de unidades flutuantes de produção pela Petrobras. Devido à complexidade dos projetos e ao número variado de empresas e órgãos internos da Petrobras envolvidos neles, foram observados alguns problemas no gerenciamento das informações relativas à área de Engenharia Naval. Além disso, com a ampliação da frota, começou a se perceber uma dificuldade no acompanhamento das alterações ocorridas nas UEPs (Unidades Estacionária de Produção). Com esse cenário em mente, foi decidida a criação de um projeto de gerenciamento dos dados relativos aos aspectos de Engenharia Naval dos projetos dos sistemas offshore. Este gerenciamento além de atender aos problemas relatados anteriormente, ainda auxiliaria no atendimento à ocorrência de emergências.

A implementação do projeto GIEN (Gerenciamento Integrado de Engenharia Naval) teve como base a revisão documental das UEPs, a criação de uma ferramenta de acompanhamento das modificações realizadas a bordo, a concentração das informações em uma única homepage, o atendimento à emergência prestado por empresa de SALVAGE e o suporte de Engenharia pelas áreas técnicas das Sociedades Classificadoras, inclusive em situações de emergência.

Esse trabalho apresenta de forma resumida como está sendo realizada a implementação do projeto GIEN na Petrobras. Os recursos envolvidos e uma análise dos ganhos obtidos nesta implementação também será abordada.

1 HISTÓRICO:

A partir de 1990, a frota de Unidades de Produção da PETROBRAS começou a crescer rapidamente. Como pode ser visto na figura 1, o número de Unidades no ano 2000 era o dobro do número em 1990.

Além disto, observou-se o envelhecimento das Unidades já existentes.

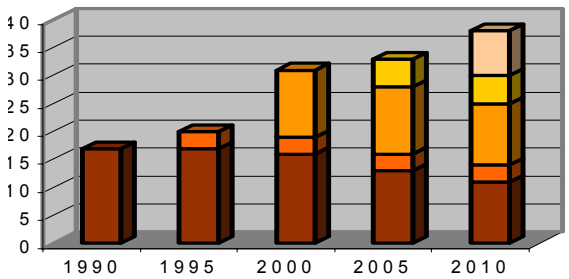


Figura 1 - Unidades de Produção operadas pela PETROBRAS

As contínuas obras nas embarcações para atender legislação, *up-grades* de planta de produção, pequenas modificações para melhorar performance, somada as informações dos novos projetos ficaram difíceis de serem controladas com a estrutura existente anteriormente.

Junte se a isto, alguns acidentes que ocorreram na época e a grande necessidade de suporte de engenharia naval para tomada de decisão em situações de emergência e pode-se explicar qual a motivação de se criar o GIEN – Gerenciamento Integrado de Engenharia Naval.

No caso dos acidentes ocorridos, as análises de engenharia mostraram-se muito importante na tomada de decisões. Porém, estas análises demandaram muito tempo, o que não seria necessário caso houvesse uma estrutura preparada para dar este suporte.

Como exemplo de alguns destes acidentes, pode-se citar casos de abalroamento, ocorridos na Bacia de Campos, de rebocadores em colunas de plataformas como mostradas na figura 2.

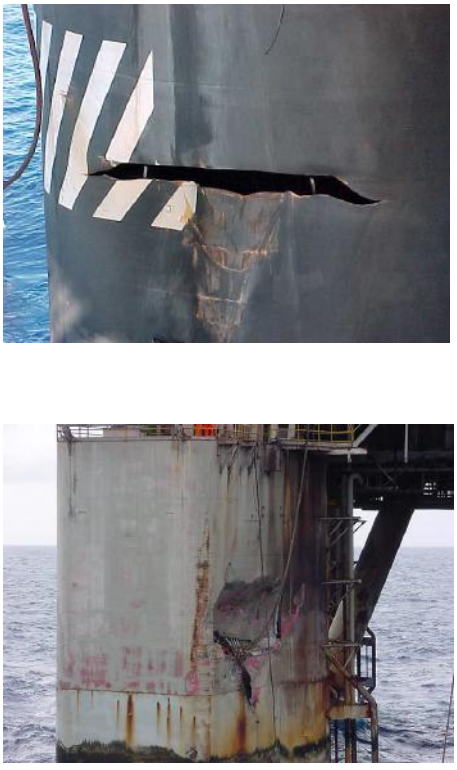


Figura 2 - Colunas de Plataforma Semi Submersível atingida por rebocador.

O projeto GIEN visa ter todas as ferramentas de engenharia e os dados necessários para uma análise prontos para serem utilizados. O Objetivo do projeto abrange a manutenção de classe, o gerenciamento das modificações e o atendimento/suporte de engenharia em situações de emergência.

Neste trabalho serão apresentadas as funções do GIEN, como ele se organiza e as principais atividades desenvolvidas.

2 ESTRUTURA DO PROJETO:

O projeto é formado basicamente pelos braços técnicos (BT) e por engenheiros da PETROBRAS que estão diretamente ligados aos departamentos operacionais ou a sede da companhia.

Os Braços técnicos (BTs) são empresas/grupos de engenharia que pertencem as Sociedades Classificadoras – ABS, BV e DNV. Nestas empresas/grupos existe uma equipe de engenheiros e técnicos alocados no projeto com dedicação exclusiva ou parcial.

A vantagem de se ter esta estrutura ligada as Sociedades Classificadoras é que se pode contar com a experiência que estas empresas tem na atividade, a facilidade de diálogo com as mesmas e o respaldo delas na busca de soluções de engenharia.

Internamente, na PETROBRAS, existe uma equipe dedicada ao atendimento e suporte à operação.

Mão de Obra e Infra – Estrutura

Cada BT disponibiliza:
2 engenheiros em regime de plantão 24h x 365 d.
Escritórios:

- Fax e linhas telefônicas
- *Notebook* com programas de análise numérica instalados e seus respectivos modelos arquivados.
- Copia em papel da documentação Prioritária.
- *Back-up* diário dos modelos e verificação das condições de carregamento informadas pela Petrobras.

O grupo da PETROBRAS também trabalha em sistema de plantão, sendo que 24 horas por dia, durante todo o ano, sempre haverá um técnico à disposição para acionar toda a estrutura do projeto.

3 PRINCIPAIS ATIVIDADES:

Entre as atividades do projeto pode-se destacar como principais a:

- Atualização e manutenção da documentação técnica:
  a. Revisão/emissão de desenhos *"as built"*.
  b. Revisão do Manual de Operação.
  c. Atualização do Manual SOPEP (Marpol)
  d. Controle da documentação ativa.
  e. Emissão do *Kit Salvage* (ver item 4.1)

- Análise de Engenharia para avaliação da integridade global da Unidade.

Com o objetivo de disponibilizar as ferramentas necessárias para uma rápida análise, foram elaborados modelos numéricos de cada Unidade. As informações foram armazenadas na *homepage* do projeto e divididas em módulos que serão explicados a seguir.

- Serviços de engenharia para projeto/execução de modificações.

Serviço baseado em aplicativo informatizado (Lótus Notes) no qual a PETROBRAS, antes de iniciar qualquer projeto de alteração a bordo, emite uma consulta ao Braço Técnico questionando quanto ao impacto à classificação e os requisitos de regra a serem seguidos. Desta forma, com a resposta emitida pelo BT é possível realizar as obras dentro dos padrões da Sociedade Classificadora. Este sistema além de

evitar que sejam feitas alterações que não atendem os requisitos, fornece maior controle sobre as modificações nas Unidades.

- *"Check list"* e planos de inspeção:

Elaboração de *"Check list"* e planos de inspeção para vistorias periódicas anuais, intermediárias e renovação de classe.

- Elaboração de cursos:

Elaboração de cursos abordando os requisitos de classe e estatutários. Ênfase nas disciplinas de elétrica, estrutura e tubulação.

- Atendimento à situação de emergência:
  a. Modelos numéricos permanentemente atualizados que permitem avaliação da situação das Unidades em caso de emergência.
  b. Engenheiros e infra-estrutura de plantão, como explicado no item 2.
  c. Condições de carregamento diária das Unidades disponíveis na página de internet e também arquivadas.
  d. Documentação prioritária de engenharia disponível.
  e. Centro de Salvamento Marítimo de prontidão.
  f. Kit Salvage (4.1).

4 MÓDULOS DO GIEN

A estrutura do GIEN, explicada anteriormente, foi dividida em módulos que podem ser acessados através de uma *homepage* da rede de comunicação interna da Petrobras.

Todos os módulos contém informação sobre os responsáveis técnicos na Petrobras e nos Braços Técnicos. A seguir será apresentado um resumo dos principais produtos de cada módulo.

4.1 Módulo de Emergência:

O objetivo deste módulo é conter informações que foram julgadas essenciais para o atendimento a uma situação emergência. Para isto ele contém os seguintes itens:

Kit Salvage:

Grupo de desenhos da unidade atualizados com dados obtidos a bordo, com a finalidade de fornecer de forma rápida informações necessárias nas operações de contingência de uma emergência.

SOPEP

Este Plano é desenvolvido de acordo com os requisitos do regulamento 26 do Anexo I da Convenção Internacional para a Prevenção de Poluição por Navios, 1973, conforme modificado pelo Protocolo de 1978. O Plano contém todas as informações e instruções operacionais requeridas pelo documento *"Guidelines for the development of shipboard oil pollution emergency plans"* da IMO.

O objetivo deste Plano é estabelecer os procedimentos para uma ação rápida e eficiente a fim de controlar o derrame de óleo no mar e/ou minimizar o seu impacto ao meio ambiente.

Manual de Emergência

O objetivo deste documento é apresentar o Serviço de Atendimento a Emergências.

Estão apresentados os procedimentos de contato e o fluxograma de atendimento de emergência, a equipe de plantão e suas atividades, formulários e croquis para comunicação via FAX, os documentos de referência, estudo de casos de estabilidade em avaria, estudo de casos de dano estrutural e um exemplo do atendimento.

A partir dos dados fornecidos e das informações disponíveis, baseado em sua experiência e utilizando modelos numéricos quando aplicáveis, a equipe de plantão fornecerá um parecer técnico com ação corretiva.

Modelo SSTAB

O SSTAB é um simulador de estabilidade estática que utiliza modelo geométrico para determinar a estabilidade de sistemas flutuantes, podendo ser Unidades Semi-Submersível ou F(P)Sos. Foi desenvolvido em uma parceria entre a Petrobras e uma universidade brasileira (PUC)

O modelo geométrico é feito no programa gerador de malha, chamado MG. Este programa exporta para programas de análise hidrodinâmicas e até mesmo estrutural.

O programa avalia os critérios de estabilidade definidos pela IMO (International Maritime Organization), DNV (Det Norske Veritas), ABS(American Bureau of Shipping) e NMD 1992.

O bom resultado das análises feitas, que já foram comparadas com vários outros softwares conhecidos, inclusive de Sociedades Classificadoras, tem encorajado uma campanha para instalação deste programa à bordo de todas as Unidades da Petrobras. Este seria, portanto, o programa oficial para cálculo da condição de carregamento, estabilidade, momento fletor e esforço cortante.

Outro sinal de sucesso do programa é que ele foi adotado pelos Braços Técnicos como o software padrão de análise de estabilidade.

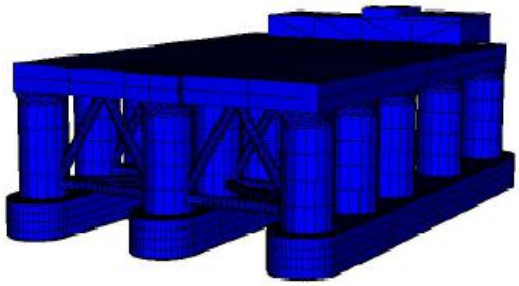


Figura 1 – Vista Isometrica do Casco da Plataforma P-40 no Mesh Generator

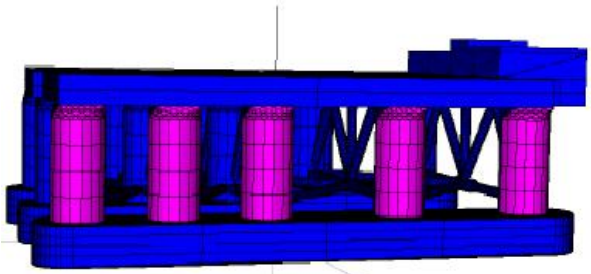


Figura 2 – Vista de Perfil do Casco da Plataforma P-40 no Mesh Generator

Figura 1 - Exemplo de modelo SSTAB de uma plataforma Semi-Submersível.

Boletim de Estabilidade:

Planilha com dados do carregamento diário de todos os tanques e cargas a bordo. Esta planilha tem a função de, em caso de emergência, alimentar a condição de carregamento dos modelos numéricos que serão utilizados para simular a situação real da plataforma.

Cada unidade possui o seu padrão de boletim, o que obriga os

técnicos do suporte a conhecer cada uma delas. Algumas unidades utilizam o programa SSTAB e salvam na página o arquivo de carregamento, o que agiliza o processo. No futuro pretende-se que todas as Unidades utilizem este mecanismo, eliminando a desvantagem de se ter boletins em padrões diferentes.

4.2 Módulo de Estrutura

À este item pertence o modelo estrutural da Unidade, uma análise de vida útil à fadiga e a especificação dos aços empregados na construção.

Modelo Estrutural

Os modelos estruturais são baseados nos dados mais reais. Para isto, foi feito um amplo trabalho de atualização dos desenhos técnicos.

Este modelo permite uma avaliação da integridade da estrutura primária da Unidade.

Os modelos estruturais foram desenvolvidos utilizando os programas de elementos finitos adotados pelas Sociedades Classificadoras.

Através deste modelo é possível verificar as tensões no casco, fazer análise de flambagem associadas à viga navio (FPSO) e elementos primários (Semis e Jack up) e verificar a fadiga de conexões primárias.

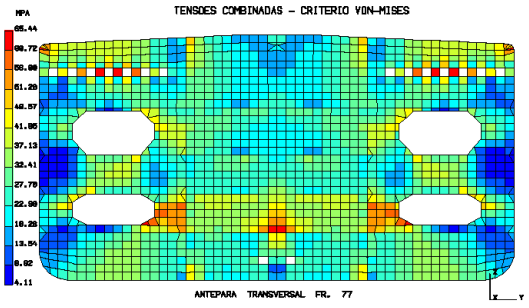


Figura 2 - Exemplo de modelo estrutural de unidade tipo FPSO.

Análise de vida útil à fadiga

O objetivo deste relatório é indicar as regiões críticas da estrutura em termos de sua resistência à fadiga, a fim de priorizar as juntas a serem inspecionadas durante as vistorias de classificação.

Especificação dos aços empregados na construção

Contém uma lista de todos os tipos de aço empregados na construção.

4.3 Módulo de Estabilidade

No início, este módulo utilizava os programas de cálculo de estabilidade adotados pelas Sociedades Classificadoras. À medida que o programa SSTAB tornou-se um programa completo e confiável deixou-se de ter dois modelos com a mesma finalidade. Atualmente o modelo feito no programa da PETROBRAS atende aos dois módulos, Emergência e Estabilidade.

Neste módulo são apresentados a Tabela de Sondagem/Ulagem, Plano de Capacidade e Borda Livre da Embarcação e as Características Hidrostáticas dos tanques (volume, momentos de inércia transversal e longitudinal, coordenadas dos centróides dos tanques e áreas).

4.4 Módulo de Ancoragem

Pertencem a este módulo o modelo completo do sistema de ancoragem e das linhas de *risers* e também a roseta de *offsets* estáticos para a condição extrema de projeto.

Alguns modelos numéricos já foram utilizados nos casos de rompimento de linhas. Estes trabalhos mostraram que, com a implantação do projeto GIEN, pode-se ter mais agilidade nas operações de trocas de linhas rompidas.

Durante o projeto das Unidades foram feito inúmeros teste em tanque de prova e túnel de vento. Dentro do projeto GIEN está sendo feito um trabalho de recuperação destes dados para se obter coeficientes mais confiáveis nos modelos de ancoragem.

4.5 Módulo de Movimento

O modelo de movimentos gera dados para os modelos estruturais e de ancoragem.

Assim como no modelo de ancoragem, é muito importante recuperar, ou mesmos fazer novos testes experimentais, para que os coeficientes numéricos sejam os mais confiáveis possíveis.

Como produto deste módulo tem-se:

- Curvas de RAO para os seis graus de liberdade.
- Curvas STR (Short Term Response).
- Curva de RAO combinado para dois pontos pré-estabelecido.

Além dos dados mencionados acima, tenta-se concentrar nesta página todas as informações relacionadas a atividade de engenharia naval dentro da PETROBRAS.

5 CENTRO DE SALVAMENTO MARÍTIMO – SALVAGE

Completando a estrutura de integração das disciplinas de Engenharia Naval, integrou-se ao GIEN a atividade de Salvamento Marítimo.

O SALVAGE é o serviço destinado ao socorro à embarcação em situação de emergência naval, compondo-se dos seguintes recursos:

- *Salvage Máster* de plantão 24h por dia;
- Galpão contendo diversos equipamentos destinados as operações de salvamento;

Figura 3 - Equipamentos do Centro de Salvamento

- Kit de Controle de Avaria, a bordo de todas as unidades;

Figura 4 - kit de controle de Avaria a bordo das Unidades

- Acesso às informações das unidades, atreves do portal do GIEN.

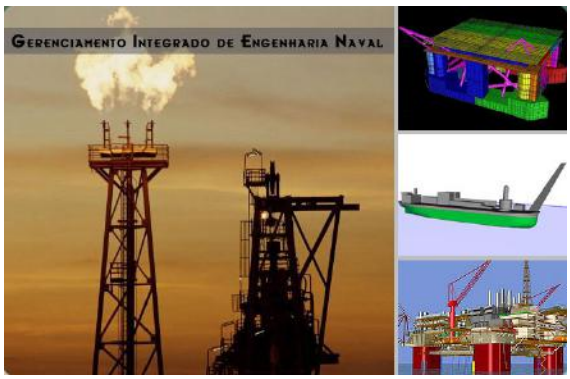


Figura 5 - Página de internet do GIEN

6 CONCLUSÕES

O projeto GIEN durante os próximos anos estará em processo de evolução. Não se pode considerá-lo concluído, pois a cada dia surgem novas necessidades e cada vez mais se percebe que as ferramentas desenvolvidas podem abranger utilidades que não haviam sido pensadas no início.

Além disto, a Petrobras encontra-se em processo de expansão da frota de suas unidades flutuantes o que significa que o trabalho de aquisição de dados e modelação numérica deverá estar sempre recomeçando para as novas plataformas.

Nestes anos do projeto, sua importância e eficiência foi comprovada, foram:

- 7.364 desenhos controlados, sendo 3.049 na condição as-built;
- 25 Kit´s Salvage disponíveis;
- 27 Manuais de Emergência disponíveis;
- 27 Modelos de Estabilidade e Atendimento a Emergenciais disponíveis e calibrados;
- 22 Modelos de Movimentos disponíveis e calibrados;
- 22 Modelos de Estrutura disponíveis e calibrados;
- 13 Modelos de ancoragem disponíveis e calibrados;
- 592 processos de alteração de projetos acompanhados pelas Sociedades Classificadoras;
- 155 analises de engenharia prestadas pelos Braços Técnicos;
- Centro de Salvamento Marítimo de prontidão 24h/d;
- Serviço de ERS disponível 24h/d nos Braços Técnicos;
- Portal GIEN, 24h/dia no ar, consolidando todas as informações navais afetas as UEP´s.
- Simulados que mostraram significante redução no tempo de resposta a uma situação de emergência.
- Facilidade na busca de informações navais.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a PETROBRAS e aos Braços Técnicos pelo suporte dado a este presente projeto.

8 REFERÊNCIAS:

[1] Petrobras/E&P - Premissas para elaboração e validação dos modelos numéricos do GIEN

[2] Petrobras/Cenpes- Manual do SSTAB.
BT – BV - Relatórios de Modelação Estrutural.

[3] BT-ABS Relatório de Modelação SSTAB – ABS.

IMPLEMENTACIÓN DE UN DOCTORADO CONJUNTO EN INGENIERÍA NAVAL PARA PAÍSES IBEROAMERICANOS

M. Salas*, R. Luco* y J. Nuñez**
msalas@uach.cl jfnunez@etsin.upm.es

***Instituto de Ciencias Navales y Marítimas, Universidad Austral de Chile**
**** Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Universidad Politécnica de Madrid**

Resumen

La formación de ingenieros navales altamente calificados, a nivel de doctorado, es necesaria para el desarrollo de Ibero América, sin embargo, la mayoría de nuestros países, con la excepción de Brasil, no ha tenido éxito en implementar políticas de educación que permitan un aumento significativo de doctores en Ciencia y Tecnología, es más, no existen programas de Doctorado en el área de Ingeniería Naval en el mundo académico hispanohablante del continente americano.

En un esquema de recursos ilimitados, sería conveniente enviar ingenieros capacitados a doctorarse en las más prestigiosas universidades del mundo. Naturalmente esto tiene un costo elevadísimo, por ejemplo un programa de doctorado en Inglaterra puede costar alrededor de 60 mil euros, sólo en costos de matrícula, durante la duración típica de un doctorado. Evidentemente esta alternativa es inalcanzable para la mayoría de los candidatos a doctor y las becas existentes son pocas, pobres y muchas veces de corta duración.

La creación de programas autónomos de doctorado en Universidades Sudamericanas es probablemente un objetivo deseable pero muy difícil de implementar. La puesta en práctica de un programa conjunto de doctorado a nivel iberoamericano, parece una alternativa viable y con una estructura de costos que toma en cuenta la realidad económica de nuestros países. El Programa de Doctorado Conjunto Técnicas Avanzadas en Ingeniería Naval y Oceánica se encuentra vigente con el apoyo de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Austral de Chile. Académicos de ambas universidades imparten docencia de alto nivel a candidatos a doctor de países sudamericanos. El presente trabajo describe la implementación de dicho programa y su funcionamiento.

Sobre los autores

Marcos Salas Inzunza

Es Ingeniero en Construcción Naval y Licenciado en Ciencias de la Ingeniería por la Universidad Austral de Chile. Trabajó como Ingeniero de Proyectos en diseño de embarcaciones de trabajo en PRFV y yates en materiales compuestos. Desde 1989 a 1992 fue investigador en la Universidad Federal de Río de Janeiro, donde, obtuvo su Master en Ingeniería Oceánica por su trabajo en estabilidad dinámica de pesqueros. Entre 1995 y 1999 fue investigador y profesor asistente en la Universidad de Southampton, Inglaterra, por su trabajo en Hidroelasticidad obtuvo su doctorado (Ph. D. in Ship Science). El Dr. Salas es miembro de la Royal Institution of Naval Architects, y actualmente es Director de la Carrera de Ingeniería Naval de la Universidad Austral de Chile, además es Coordinador del Programa de Doctorado Conjunto Técnicas Avanzadas en Ingeniería Naval y Oceánica por parte de la Universidad Austral de Chile, sus áreas de trabajo son hidrodinámica, elementos finitos, vibraciones y dinámica de estructuras navales.

Richard Luco Salman

Es Ingeniero en Construcción Naval y Licenciado en Ciencias de la Ingeniería por la Universidad Austral de Chile. Trabajó como Ingeniero de Proyectos en Astilleros y Servicios Navales, ASENAV. Entre 1994 y 1997 fue investigador en la Universidad Politécnica de Madrid, donde obtuvo el grado de Doctor Ingeniero Naval. El Dr. Luco es actualmente profesor adscrito al Instituto de Ciencias Navales y Marítimas de la Universidad Austral de Chile y es además profesor del Programa de Doctorado Conjunto Técnicas Avanzadas en Ingeniería Naval y Oceánica de la de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Austral de Chile, las áreas en las que trabaja son embarcaciones de competición de materiales compuestos, embarcaciones rápidas y de alto rendimiento, simulación de Flujos por Métodos Computacionales.

José Fernando Núñez Basáñez

Es Ingeniero Naval, Especialidad en Máquinas Marinas y Doctor Ingeniero Naval por la Universidad Politécnica de Madrid, recientemente ha sido nombrado Coordinador del Programa de Doctorado Conjunto Técnicas Avanzadas en Ingeniería Naval y Oceánica por parte de la Universidad Politécnica de Madrid. El Doctor Nuñez ha realizado servicios de consultoría en múltiples países, ha sido Oficial Científico en el Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo del Ministerio de Defensa y en la Dirección General de Pesca Marítima del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Durante su larga trayectoria profesional ha realizado números proyectos relacionados con la Ingeniería Pesquera y de los Cultivos Marinos. Ha publicado más de 40 artículos científicos y libros de su especialidad. Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid, en el período 1997-2001; actualmente es Catedrático de Universidad adscrito al Departamento de Sistemas Oceánicos y Navales (E.T.S. de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid) y responsable del área de Ingeniería de los Recursos Oceánicos. Es, además, Ingeniero Consultor Independiente.

1.- CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA DE DOCTORADO

El Programa de Doctorado Conjunto Técnicas Avanzadas en Ingeniería Naval y Oceánica de la de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Austral de Chile, requiere satisfacer la Normativa de España en general y de la UPM en particular para estudios de Tercer Ciclo (Doctorado), que exige a los aspirantes a cursar un Programa de Doctorado – sean nacionales o extranjeros – estar en posesión del Título de Licenciado, Arquitecto o Ingeniero, emitido por una Universidad o Centro de Enseñanza Superior. Podrán acceder aspirantes cuyo curriculum universitario se relaciones científicamente con el área del doctorado pretendido.

El Programa de Doctorado tiene dos etapas: una de formación científica y especialización en un campo de conocimiento técnico, a través de asignaturas, seminarios y trabajos de investigación tutelados, y otra de consolidación científico-investigadora a través de una Tesis Doctoral.

La primera etapa culminará con el ***Reconocimiento de Suficiencia Investigadora***. A tal fin, el doctorando deberá obtener un mínimo de de 32 créditos en dos períodos: uno de docencia en el Instituto de Ciencias Navales y Marítimas de la Universidad Austral de Chile (Campus de Valdivia), en la que deberá completar un mínimo de 20 créditos lectivos que, una vez superados, dará paso a otro de investigación, completando un mínimo de 12 créditos en uno o varios trabajos de investigación. Esta etapa tendrá una duración de al menos dos años y a su término, previa exposición ante un tribunal, se obtendrá un Certificado de Estudios Avanzados que acreditará la Suficiencia Investigadora.

Una vez obtenida esta condición, quien aspire al título de Doctor, realizará una ***Tesis Doctoral***. Esta consistirá en un trabajo original de investigación sobre una materia relacionada con el campo científico-técnico del Programa. Este trabajo durará aproximadamente otros dos años.

Durante el período de realización del Programa, el aspirante deberá permanecer como mínimo durante 6 meses, en el caso que nos ocupa de Doctorados Conjuntos, en la Universidad Politécnica de Madrid.

El título obtenido, una vez superadas todas las exigencias, será el de **Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid.**

A continuación, se presenta una somera descripción del diseño particularizado para este Doctorado Conjunto, analizando los siguientes hitos: :

- Créditos Lectivos
- Créditos de Investigación
- Suficiencia Investigadora
- Tesis Doctoral
- Defensa de Tesis Doctoral

1.1.- Créditos Lectivos

El programa requiere completar satisfactoriamente 20 créditos lectivos, estructurados en 4 asignaturas de 5 créditos cada una. Las asignaturas a cursar son elegidas de la lista de asignaturas disponibles que se muestra en Tabla 1. En cada período, el bloque de asignaturas a dictar se determinará en función de las preferencias de la mayoría de los alumnos inscritos en el Programa. Las asignaturas se dictan en dos partes bien definidas: clases presenciales y trabajos a distancia. Cada asignatura requiere asistir a 30 horas cronológicas de clases a desarrollar durante una semana intensiva, con 6 horas de clase diarias de lunes a viernes. Para facilitar la participación de Ingenieros de todos los países iberoamericanos, y especialmente de aquellos que por razones laborales no pueden ausentarse de sus funciones por tiempos prolongados, Los 2 cursos se disponen en semanas sucesivas. Posteriormente se deben realizar trabajos tutelados individuales, a través de Internet, con la guía del profesor a cargo de cada asignatura. Normalmente la parte de trabajos tutelados requiere al menos 4 meses para cada

par de asignaturas cursadas. En resumen, para completar los 20 créditos de la parte lectiva se requieren 4 semanas intensivas de clases presenciales en Valdivia, Chile (en dos periodos de 2 semanas cada uno) y 8 meses de trabajos guiados por Internet (en dos periodos de 4 meses cada uno). En la práctica la etapa lectiva está diseñada para completarse en un año académico.

Tabla 1: Asignaturas del Programa de Doctorado

Nombre del Curso o Seminario	**Profesor y Universidad**	**Créditos**
Análisis y diseño de estructuras navales y oceánicas	Ignacio Díez de Ulzurrun (UPM-ETSIN)	5
Técnicas avanzadas en Hidrodinámica.	Luis Pérez Rojas (UPM-ETSIN)	5
Gestión térmica a bordo: intercambiadores y enfriamiento centralizado.	Justino de Paz Balmaceda (UPM-ETSIN)	5
Ingeniería de las artes de pesca.	Jose F. Núñez Basáñez (UPM-ETSIN)	5
Ingeniería de los cultivos marinos.	Jose F. Núñez Basáñez (UPM-ETSIN)	5
Tecnologías CAD/CAM en Diseño y Construcción Naval	Richard Luco Salman (ICNyM-UACH)	5
Vibraciones de Estructuras Navales y Oceánicas	Marcos Salas Inzunza (ICNyM-UACH)	5
Materiales Compuestos Aplicados a Estructuras Navales	Richard Luco Salman (ICNyM-UACH)	5
Ingeniería económica y explotación de industrias marítimas	Gerardo Polo Sánchez (UPM-ETSIN)	5

En el futuro, y si el Programa continúa normalmente, la tabla de asignaturas se verá incrementada con materias relacionadas con el Medio Ambiente y la Seguridad Marina.

1.2.- Créditos de Investigación

(El Programa de Doctorado requiere completar 12 créditos de Investigación, para esto es requisito una estadía mínima de 6 meses en la Universidad Politécnica de Madrid). En esta etapa de permanencia obligada en la UPM, los aspirantes realizarán trabajos tutelados de investigación en materias de (tópicos de) su interés aunque es conveniente que aquellas puedan servir de plataforma para desarrollar la Tesis Doctoral. La Tabla 2 muestra algunos de los tópicos ofrecidos para completar los créditos de investigación.

Normalmente los créditos de Investigación no requieren asistencia a clases lectivas, más bien se orientan a desarrollar en el estudiante la capacidad de investigación independiente necesaria para el posterior desarrollo de la Tesis Doctoral. Estos trabajos deberán ser dirigidos, preferentemente, por un Profesor del Programa.

Tabla 2: Trabajos Tutelados

Nombre del trabajo	**Profesor/es y Universidad**	**Créditos**
Trabajos Experimentales y Numéricos en Hidrodinámica	Luis Pérez Rojas (UPM-ETSIN)	6/12
Trabajos Experimentales y Numéricos en Estructuras Navales	Ignacio Diez de Ulzurrun (UPM-ETSIN)	6/12
Trabajos Experimentales y Numéricos en el Sector Pesquero y Acuícola	José Fernando Núñez Basáñez (UPM-ETSIN)	6/12
Trabajos Experimentales y Numéricos en los circuitos térmicos a bordo de buques.	Justino de Paz Balmaceda (UPM-ETSIN)	6/12

1.3.- Suficiencia Investigadora

Una vez finalizados los créditos de Investigación el estudiante está capacitado para obtener la suficiencia investigadora que le habilita para desarrollar su tesis doctoral. La suficiencia Investigadora requiere tener aprobados un total de 32 créditos (20 lectivos y 12 de Investigación), además es requisito presentar un proyecto de tesis doctoral y defenderlo ante una comisión de Profesores del Departamento de la Universidad Politécnica de Madrid responsable del Programa.

Reconocida la Suficiencia Investigador del aspirante, se le extenderá la certificación correspondiente. El Certificado de Suficiencia Investigadora no se emitirá antes de transcurridos dos años del inicio de los estudios de Doctorado.

1.4.- Desarrollo de la Tesis Doctoral

La Tesis Doctoral deberá consistir en un trabjo original de investigación relacionado con los campos científico, técnico, humanístico o artístico del Programa correspondiente. Su duración depende de la dedicación de cada doctorando, normalmente esta etapa tiene una duración de dos años, pudiendo ser menor para quienes tengan experiencia en investigación y desarrollen una línea propia de investigación. Con objeto de garantizar la calidad de las Tesis Doctorales, el Doctorando presentará un informa anual a la Comisión de Doctorado del órgano responsable con la conformidad del Director o Directores de la Tesis.

Aun cuando se cuenta con la orientación del Director de Tesis, que deberá ser un Doctor de experiencia investigadora acreditada, hay que tener presente que la realización de la Tesis Doctoral es, fundamentalmente, un trabajo personal del Doctorando que deberá ser lo más riguroso posible, habida cuenta de las exigencias de calidad de la Universidad que expide el título.

1.5.- Defensa de la Tesis Doctoral

Autorizada la defensa de la Tesis Doctoral, la Comisión de Postgrado de Doctorado de la UPM nombrará un tribunal de cinco miembros entre diez Doctores especialistas en la materia a que se refiere la Tesis o en otra que guarde afinidad con la misma.

La defensa de la Tesis tendrá lugar en sesión pública y consistirá en la exposición por el doctorando de la labor realizada, la metodología, el contenido y las conclusiones, con una especial mención a sus aportaciones originales. Los miembros del Tribunal formularán al doctorando cuanta cuestiones estimen oportunas y también los Doctore presentes en el acto público podrán formular cuestiones en el momento y forma que señale el Presidente del Tribunal.

1.6.- Grado otorgado.

Finalizada la defensa de la tesis, el tribunal emitirá la calificación global que finalmente concede a la Tesis : *no apto, aprobado, notable, sobresaliente o sobresaliente "cum laude"*.

Una vez aprobada la Tesis Doctoral, el Título de **Doctor en Ingeniería Naval por la Universidad Politécnica de Madrid,** será expedido por el Rector de la UPM en nombre del Rey de España.

2.- EXPERIENCIA DEL PRIMER CURSO

El ingreso de los primeros alumnos al programa de Doctorado contó con un total de 11 inscritos: 6 Ingenieros de Chile, 3 Peruanos, 1 Uruguayo y 1 Colombiano. Todos completaron exitosamente la fase de cursos presenciales desarrollados en Valdivia, Chile.

Principalmente por razones de tipo laboral, no todos pudieron contar con el tiempo necesario para completar la exigente fase de trabajos guiados por internet. A la fecha continúan en el programa un total de 5 Ingenieros con distintos grados de avance.

- 2 Ingenieros completaron los créditos lectivos y están en la fase de créditos de Investigación
- 1 Ingeniero completó los créditos lectivos
- 2 Ingenieros han completado los créditos presenciales y están en la fase de trabajos tutelados

Considerando que todos los estudiantes tienen obligaciones laborales de tiempo completo, los resultados obtenidos son positivos. Recientemente la Universidad Politécnica de Madrid ha implementado un programa de ayudas económicas específicamente orientado a estudiantes Iberoamericanos que cursen Programas de Doctorado Conjunto. Para ser beneficiado con estas ayudas se requiere completar un mínimo de 32 créditos, esto es 20 créditos lectivos y 12 créditos de investigación, condición que los actuales estudiantes del Programa de Doctorado Conjunto Técnicas Avanzadas en Ingeniería Naval y Oceánica se espera cumplirán próximamente. La disponibilidad de estas ayudas probablemente incidirá en que, en el futuro, un mayor número de estudiantes cumpla con los créditos necesarios del programa.

3.- CONCLUSIONES

- El Programa de Doctorado Conjunto **Técnicas Avanzadas en Ingeniería Naval y Oceánica** de la de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Austral de Chile, es una buena solución para los Ingenieros Iberoamericanos de realizar el Doctorado al más alto nivel académico.
- La estructura modular, la impartición de clases presenciales en forma intensiva y acotada en el tiempo a una semana por curso y, finalmente, la opción la completar trabajos vía internet, hacen este programa accesible aún para aquellos Ingenieros que tiene un trabajo a tiempo completo.

- Naturalmente, cursar un Programa de Doctorado en paralelo a las obligaciones laborales exige un enorme sacrificio personal de los estudiantes. Potenciales doctorandos deben evaluar en forma realista su disponibilidad de tiempo. La experiencia muestra que los estudiantes que abandonan no lo hacen por la dificultad de los trabajos, sino más bien por falta de tiempo para afrontar esta etapa con éxito. Ningún estudiante hasta ahora ha sido reprobado por obtener calificaciones deficientes en sus trabajos e informes, quienes no aprobaron simplemente no pudieron completar los trabajos en los plazos establecidos.

- Es prematuro pronosticar qué porcentaje de los estudiantes inscritos se doctorará. En un continente escaso de doctores, todos y cada uno de los doctores que puedan formarse son altamente necesarios.

- En cumplimiento de los objetivos del Plan de Apoyo y Mejora de los Medios y Recursos Humanos de las Universidades Iberoamericanas, la Universidad Politécnica de Madrid tiene más de de 30 Programas de Doctorado Conjunto, en todas las especialidades, con Universidades e Instituciones de la mayoría de los países del Subcontinente. Es especialmente satisfactorio que el único Programa de Doctorado en Ingeniería Naval y Oceánica que se imparte en la Región sea una realidad, hoy en día, gracias a la colaboración de la UPM.

"DISEñO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA PARA LA REGENERACIÓN URBANA DEL MALECÓN DE LA LIBERTAD, PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR".

AUTOR:

Enrique Sánchez Cuadros[1]

RESUMEN

Se presenta el diseño de las obras de protección costera realizado para el desarrollo del nuevo Malecón del Puerto La Libertad, localizado en la costa de Ecuador. El diseño ha sido concebido para estabilizar el sector costero central de la ciudad, el cual sufre un fuerte proceso erosivo desde hace varias décadas. El control de la erosión de la playa es lo que permitirá que se pueda desarrollar el proyecto de regeneración urbana del Malecón .

La solución planteada consiste en la construcción de cinco escolleras costa – afuera totalizando 453 metros de longitud, y en la reconstrucción de 820 metros lineales del muro de contención del Malecón. El costo de las obras de protección costera aquí descritas fue estimado en alrededor de tres millones de dólares.

Se describe también el proceso constructivo que se siguió en la ejecución de las dos primeras escolleras, y en el 25 por ciento inicial del muro de contención de enrocado, así como los resultados preliminares obtenidos en la recuperación de la playa de La Libertad.

1.- INTRODUCCIÓN

La Libertad es una ciudad localizada en la costa de Ecuador (Fig. 1), que tiene instalaciones portuarias para petróleo, y que ha experimentado un rápido desarrollo comercial, especialmente en los últimos veinte años. En el pasado, La Libertad también fue un balneario, pero perdió esta condición cuando desapareció la playa que existía junto al Malecón.

Concordante con el progreso económico que experimentó la población, el Malecón de La Libertad fue desarrollado en forma paulatina a partir de los años 60, para lo cual se ocupó el frente costero natural de la ciudad, que existía junto a la playa. Esta ocupación se la realizó en forma desordenada, mediante rellenos de cascajo, que en varias partes fueron colocados en sitios donde llegaba el mar. Para la protección del malecón, se construyeron una serie de muros de contención, tanto de hormigón como de enrocado, muchos de los cuales fueron reconstruidos luego de que el embate del mar los destruyó.

En la actualidad, el Malecón de La Libertad se encuentra en gran parte destruido, ya que no ha contado con defensas marinas que cumplan con las normas técnicas que aseguren la generación de un proyecto de recuperación y mejoramiento del mismo. El Municipio de la ciudad por lo tanto, emprendió el proceso de restauración.

1 Profesor de la Facultad de Ingeniería Marítima. ESPOL. Guayaquil, Ecuador

Fig. 1 Ubicación de La Libertad en la costa de Ecuador

El Municipio del Cantón La Libertad, definió como meta en el desarrollo, la regeneración urbana del sector costero de la parte central de la ciudad. Como un eje principal del desarrollo urbano se estableció la necesidad de reconstruir el nuevo Malecón, lo cual fue definido en el Plan Estratégico de Desarrollo del Cantón que fue elaborado por la ESPOL.

De esta forma, en el año 2000, la M. I. Municipalidad de La Libertad firmó un convenio con la ESPOL, para que realice los estudios para el diseño definitivo para la restauración del Malecón de la ciudad.

En la presente ponencia, se presenta el diseño de las obras de protección costera requeridas para la restauración del Malecón de La Libertad, de tal forma que este pueda ser desarrollado de forma segura, reduciendo la energía de las olas incidentes, y sin el peligro de sufrir los embates del mar.

Las soluciones que se plantean en este trabajo también permitirán, como un beneficio adicional, no solamente detener la erosión de la playa del sector, sino que también que el proyecto fue concebido para recuperar parte de la arena de la playa que se perdió debido al proceso erosivo.

Este autor tuvo a su cargo el diseño de las obras de protección costera, como parte de los Estudios para la Restauración del Malecón de La Libertad que elaboró la ESPOL para la M.I. Municipalidad del cantón (Sánchez, 2001). Los Estudios fueron entregados en mayo del año 2001.

Se incluye una síntesis sobre el proceso de construcción seguido para las dos primeras escolleras y para el tramo inicial de 250 metros lineales del muro de contención del nuevo Malecón, que son

trabajos en que el autor participó, como Consultor independiente, en la supervisión de las obras y en la asesoría al Municipio de La Libertad.

2. CONDICIONES DEL AREA DE ESTUDIO

El cantón La Libertad se encuentra ubicado en la Península de Santa Elena, en la provincia del Guayas, a 120 kilómetros de la ciudad de Guayaquil, que es el principal puerto de Ecuador. Su costa está relativamente protegida del oleaje y del viento, por la pre4sencia de la Puntilla o Península de Santa Elena. De los 4.5 kilómetros de costa que tiene el cantón, aproximadamente 0.9 Km corresponde al Malecón de la ciudad. La costa en mención tiene una orientación aproximada oeste-este. La playa de La Libertad se inicia en el oeste en Punta Suche, y termina en el este, en Punta Chuyuipe (Fig. 2).

Debido a la erosión que ha experimentado la playa de La Libertad, el espesor del estrato arenoso que se asienta sobre la plataforma rocosa de abrasión que existe en el sector oeste, junto al sitio denominado La Caleta, es mínimo. Este espesor se incrementa hacia el este.

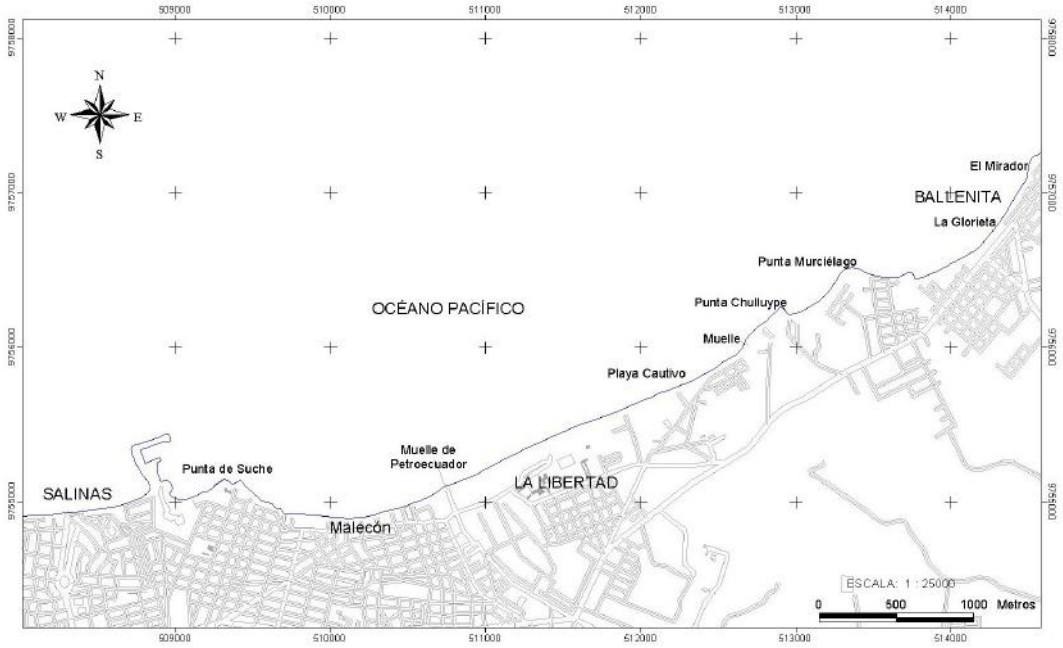


Figura 2: Perfil costanero del cantón La Libertad

La ESPOL realizó mediciones de olas corrientes mareas, sedimentos, vientos, batimetría y topografía, como parte de los Estudios Oceanográficos que ejecutó para el presente Proyecto. Además se ejecutaron estudios y mediciones de parámetros ambientales de calidad de agua, biológicos y geológicos en el área de estudio.

Los resultados obtenidos de estas mediciones fueron complementados con los encontrados en estudios previos llevados a cabo por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

El estudio de las corrientes marinas (M.P. Cornejo 2001), y de su incidencia sobre el problema erosivo de La Libertad permitió establecer lo siguiente:

1. La presencia de las corrientes litorales, que se dirigen predominantemente hacia punta Chuyuipe (noreste), se debe a la incidencia oblicua que tienen las olas sobre la costa, las cuales inciden predominantemente desde el noroeste. Estos flujos en la zona litoral constituyen el principal agente que mueve la arena de la playa..

2. Durante determinadas condiciones de viento y de marea, se producen corrientes costa-afuera, alejándose de la costa con dirección norte, las cuales transportan parte de la arena de la playa que ha sido puesta en suspensión por la acción de las olas rompientes, y de las corrientes de resaca.

3. En términos generales, las corrientes marinas no son la causa principal del problema erosivo, pero participan en el proceso de transporte de la arena que ha producido el desequilibrio de la playa de La Libertad desde hace varias décadas. La figura 3 muestra un patrón típico de las corrientes costeras en la zona.

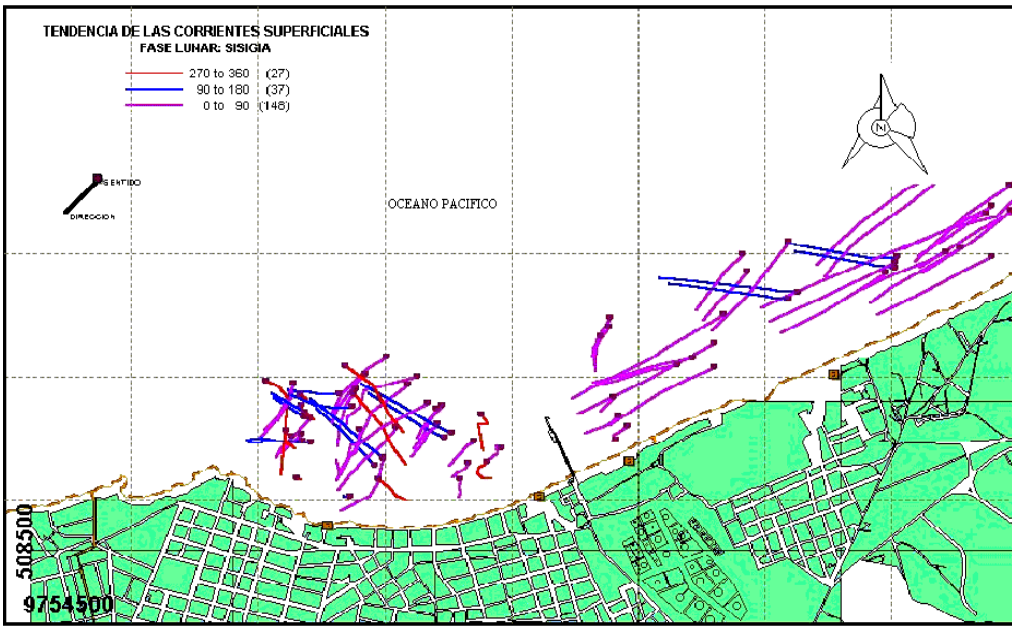


Fig. 3 Corrientes costeras en marea de sicigia frente a La Libertad

El análisis de la variación del nivel del mar determinó que la costa de La Libertad, y en general todo el litoral continental del Ecuador, está expuesta a variaciones no estacionales del nivel medio del mar, siendo la principal, la que produce el Fenómeno El Niño, que es de origen océano-atmosférico. Este evento genera ascensos en el nivel medio del mar de casi 50 centímetros sobre su promedio histórico, como ocurrió durante El Niño de los años 1982-1983.

Los parámetros de olas para diseño fueron establecidos a partir de los datos que registró INOCAR en el área cercana de Monteverde, los cuales fueron evaluados para las diferentes zonas donde se realizó el diseño. En la Fig. 4 se presenta la curva de excedencia de las alturas significativas de olas para el área de estudio. El estudio permitió establecer una ola en el sitio con, período de retorno e 50 años, de 3.1 metros, con período medio de 16 segundos.

El transporte litoral en la playa junto al Malecón fue evaluado utilizando el método del CERC, que está publicado en el Shore Protection Manual en 1984. Se determinó que en el área de estudio se tiene un transporte litoral que fue estimado en 50.000 m ^{3} /año. La dirección predominante de este transporte es hacia el este, es decir, hacia Punta Chulluype.

El estudio geológico estableció que los acantilados en la costa son inestables, y que experimentan erosión por el oleaje. En el estudio geotécnico ejecutado para el diseño, se efectuaron perforaciones a lo largo del Malecón y de la playa. Se establecieron las características geotécnicas del sitio, encontrando que existe un lecho rocoso que se inclina hacia la playa. El espesor del estrato arenoso existente sobre el basamento rocoso o gravoso en la playa es variable; así, en el sector oeste prácticamente no existía arena, mientras que en la parte este del Malecón el espesor arenoso podía exceder los 2 metros.

Las pruebas de laboratorio determinaron que tanto las rocas como los afloramientos tienen una resistencia a la comprensión simple mayor que 70 Ton/m^2, que es adecuada para soportar una escollera o un viaducto de hormigón sobre el Malecón.

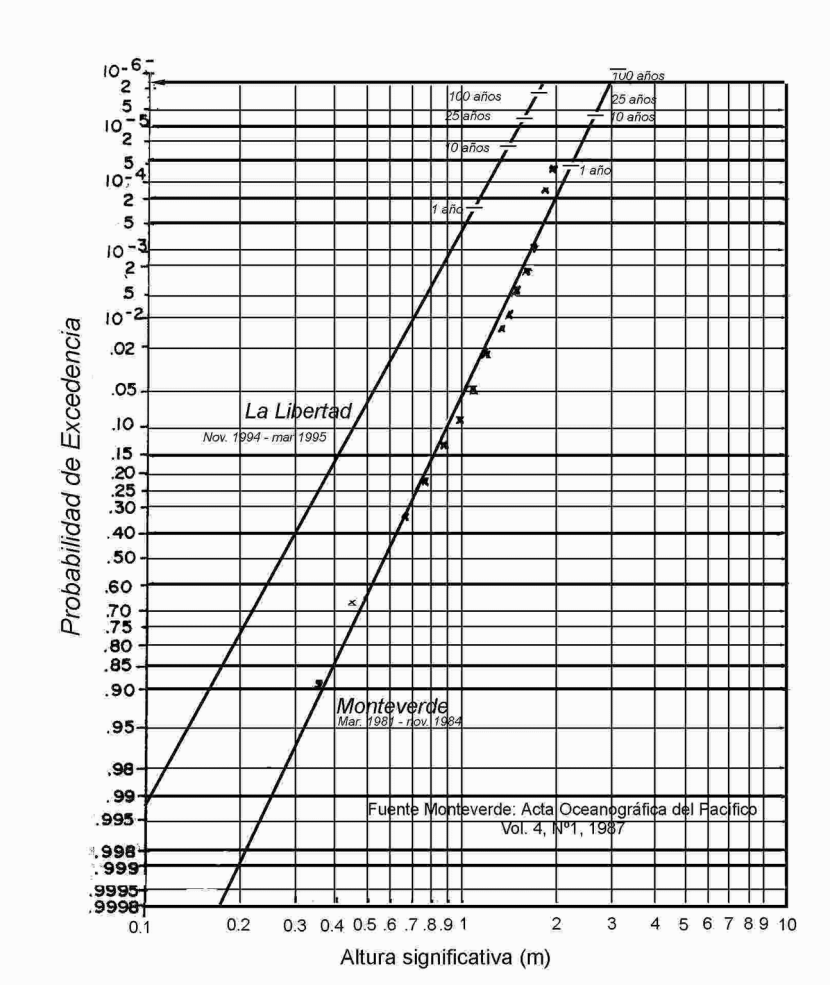


Fig. 5 Probabilidad de excedencia de las alturas significativas de Olas para La Libertad (Fuente: Allauca 1987)

El transporte litoral en la playa junto al Malecón fue evaluado utilizando el método del CERC, que publicó el Shore Protection Manual en 1984. Se determinó que en el área de estudio se tiene un transporte litoral que fue estimado en 50.000 m^3 /año. La dirección predominante de este transporte es hacia el este, es decir, hacia Punta Chulluype.

El estudio geológico (Chávez 2001), estableció que los acantilados en la costa son inestables, y que experimentan erosión por el oleaje. En el estudio geotécnico ejecutado para el diseño, se efectuaron perforaciones a lo largo del Malecón y de la playa. Se establecieron las características geotécnicas del sitio, encontrando que existe un lecho rocoso que se inclina hacia la playa. El espesor del estrato arenoso existente sobre el basamento rocoso o gravoso en la playa es variable; así, en el sector oeste prácticamente no existía arena, mientras que en la parte este del Malecón el espesor arenoso podía exceder los 2 metros.

Las pruebas de laboratorio determinaron que tanto las rocas como los afloramientos tienen una resistencia a la comprensión simple mayor que 70 Ton/m^2, que es adecuada para soportar una escollera o un viaducto de hormigón sobre el Malecón.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA EROSIVO

La erosión de la costa de La Libertad se inició entre finales de la década de los 60 y principios de los 70. Las causas de la erosión tienen relación con la colocación de rellenos junto al mar, la construcción de muros en la zona activa de la playa, y la extracción de arena de la misma. La construcción del muelle de la compañía PETROECUADOR también modificó la morfología costera, y podría ser otra de las causas del fenómeno erosivo.

Vera (2000) en su tesis de Grado de la ESPOL, analizó el cambio que ha tenido la costa de La Libertad, entre los años 1980 y 1995, y determinó que en la zona del Malecón ha existido un retroceso promedio de la línea de costa, de dos metros por año. Se estima que la mayor parte de este retroceso ocurrió durante los fenómenos El Niño de los años 1982-3 y 1987-88, que fueron de alta intensidad.

Los estudios que efectuó ESPOL establecieron que la mayor parte de la playa que existía junto al Malecón, había desaparecido. La erosión produjo la perdida de la arena, y el nivel de esta, descendió entre 2 y 4 metros, hasta llegar a la condición en que las olas rompen sobre el malecón.

3. ALTERNATIVA DE DISEÑO

Para la definición de las alternativas de protección costera del malecón de La Libertad se siguieron las siguientes consideraciones de tipo funcional:

1. Se prefirieron estructuras flexibles, como los enrocados, a las estructuras rígidas, tipo muros de contención de hormigón.
2. Se consideraron más convenientes las obras que producen menores impactos ambientales negativos, tanto en la calidad del agua de la bahía, como en efectos de erosión más acelerados sobre la playa del sector este (La Carioca, Muelle, y Chuyuipe).

3. Las obras de defensa costera deberían ser desarrolladas por etapas, debido a las limitaciones económicas que tiene el Municipio de la ciudad.

4. El Malecón en el sector oeste es inundable por efecto de las marejadas. Sin embargo, el diseño arquitectónico propuesto en el presente proyecto, requería que las obras para la protección costera no debían tapar la vista al mar, lo cual imponía una restricción en la altura de las mismas.

Se prefirieron las estructuras de enrocado por ser en parte disipativas de energía de las olas incidentes sobre la costa, y también reflejan parcialmente dicha energía. Se seleccionó la ola de diseño con altura significativa en el sitio de medición de 3.0 m, correspondiente a un período de retorno de 50 años, a partir de la cual se calcularon las alturas de olas en la costa de estudio, tanto para las escolleras costa-afuera como para el muro del Malecón.

Se evaluaron las siguientes alternativas de diseño de las obras costeras:

- **Reconstrucción integral del muro marginal de enrocado**

  En esta alternativa se contempló el rediseño del muro de enrocado del Malecón para su reforzamiento estructural, el cual se encuentra destruido por la acción del mar. El anteproyecto estableció un muro de 900 metros de longitud, el cual tendría que tener una altura mayor que la existente. El volumen de enrocado estimado fue de 48.000 m3, repartido entre piedra para coraza (piedra más grande), capa intermedia y filtro. Con esta alternativa no era posible recuperar la playa.

- **Escolleras costa afuera y muro marginal de enrocado**

  Consiste en la construcción de cinco escolleras costa – afuera (offshore groins) , dispuestas paralelas al Malecón, y la reconstrucción del muro de contención de este. Se estimó en el diseño preliminar un total de 450 metros de longitud de escolleras y 900 metros de longitud para el muro.

  Esta alternativa permite proteger el oleaje al Malecón, a la vez que induce al arenamiento de la playa, proporcionando la recuperación de la misma.

- **Regeneración de la playa**

  Consiste en la colocación de 250.000 m3 de arena sobre la playa, frente al sector del Malecón, mediante el dragado de zonas cercanas a este. Como medida complementaria esta alternativa contempla la reconstrucción del muro del Malecón con piedras de pequeño y mediano peso. (rip-rap)

  Con esta alternativa se puede controlar la erosión, pero su costo de mantenimiento es alto, el cual no esta en capacidad de afrontar el Municipio de La Libertad.

Todas las alternativas mencionadas fueron evaluadas técnicamente y en sus costos. De igual forma se discutieron las mismas con los Consultores de las áreas de estructuras, urbanismo y medio ambiente, así como con las autoridades del Municipio del cantón. Finalmente se seleccionó la segunda alternativa, de las escolleras y el muro de enrocado de contención como la mas apropiada para desarrollar el diseño definitivo del proyecto, ya que asegura la defensa de la costa y permite la recuperación de parte de la arena de la playa. El Municipio de la ciudad planteó para una etapa posterior, la colocación de arena atrás de las estructuras, cuando tenga los fondos para estos trabajos.

4. DISEÑO DE LAS OBRAS COSTERAS

Las características estructurales de las escolleras y del muro de enrocado del Malecón fueron determinadas para cumplir con las normas establecidas por el CERC de Estados Unidos (US Army Coastal Engineering Research Center, 1984), así como las recomendaciones formuladas por Van der Meer (1993). Se utilizó como apoyo programas de cálculo para este tipo de estructuras.

Las siguientes son las principales características estructurales de las escolleras costa – afuera:

1. Piedra de coraza: 4.5 toneladas para el tronco, y 5 toneladas para la cabeza, en el talud exterior. En el talud interior se colocarán piedras de 1 tonelada de peso, ya que está previsto que el oleaje rebasará eventualmente a la escollera.
2. Peso promedio de la piedra de la capa intermedia: 400 Kg.
3. Piedra para el núcleo: Cascajo grueso, clasificado, de 2 a 30 Kg. de peso.
4. Longitud total de las cinco escolleras: 453 m
5. Separación entre escolleras: variable, entre 55 y 67 m
6. Longitud del acceso a las escolleras desde la cota: 80m
7. Talud exterior: 1:2, talud interior 1:15
8. Corona de las escolleras: cota + 4.3 m referida al nivel medio de bajamares de sicigia (M.L.W.S.)

En la figura 5 se presenta la implantación de las escolleras costa – afuera.

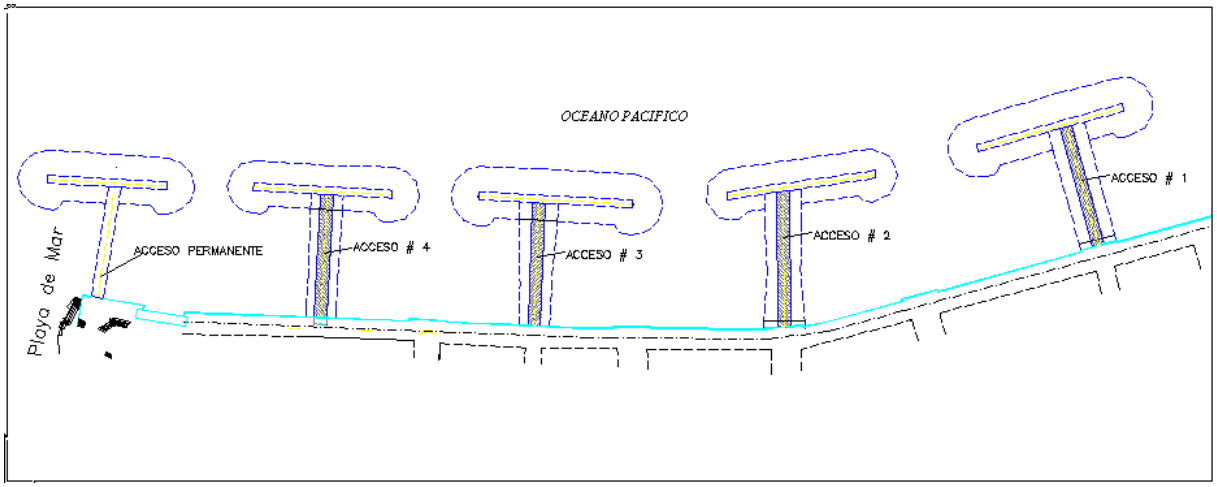


Figura 5: Implantación escolleras costa – afuera

El diseño también consideró que la construcción de las estructuras costa-afuera sería ejecutada con equipo convencional de obras en tierra, tales como bulldozers, excavadoras y volquetas, para lo cual se hacía necesario construir una vía perpendicular a la playa, a la que se la denominó accesos, conformando un espigón tipo T. Estos accesos a cada una de las 5 escolleras tendrían que ser posteriormente retirados, al final del proceso constructivo. Para analizar los posibles impactos de las obras marinas sobre el sector de costa a proteger y sobre las playas vecinas, en el Estudio e Impacto Ambiental (Chang, 2001), se corrió el programa GENESIS. Se recomendó que los accesos debían ser retirados para reducir el impacto sobre la erosión que ya existía en playas vecinas, particularmente en La Carioca, ubicada al este del proyecto. A pedido de las autoridades del Municipio se acordó,

previo análisis con el modelo matemático mencionado, dejar en forma permanente el acceso a la escollera 5, para permitir su aprovechamiento para fines turísticos.

El diseño incluyó todas las especificaciones técnicas requeridas para la construcción de las obras mencionadas. En la Fig. 6 se presenta una sección estructural de las escolleras costa-afuera, y en la Fig. 7 consta una sección típica del muro de contención. El material de la piedra de coraza para el muro de contención tiene un peso variable, entre 1.5 y 4.5 toneladas en función de la altura del oleaje que es reducido en su energía por la presencia de las escolleras costa-afuera.

El nuevo ancho del Malecón fue establecido en 12 metros, y fue concebido por los arquitectos urbanistas del Proyecto, como de circulación vehicular restringida. El costo de las obras de protección costeras aquí descritas fue estimado en alrededor de tres millones de dólares. El costo total de la regeneración urbana de todo el Malecón de La Libertad, incluyendo la reconstrucción de la vía, el mobiliario urbano y las obras de protección costera, fue estimado en alrededor de ocho millones de dólares.

5. CONSTRUCCIÓN DE LAS DOS PRIMERAS ESCOLLERAS

La ejecución del Proyecto de Restauración del Malecón se inició el día 26 de julio del año 2002, con la firma del contrato para la construcción de las escolleras # 4 y 5, que están ubicadas en el sector de la Caleta, en la parte este del Malecón. El valor del contrato fue de alrededor de 800.000 dólares, y el plazo de ejecución fue establecido en 120 días calendario.

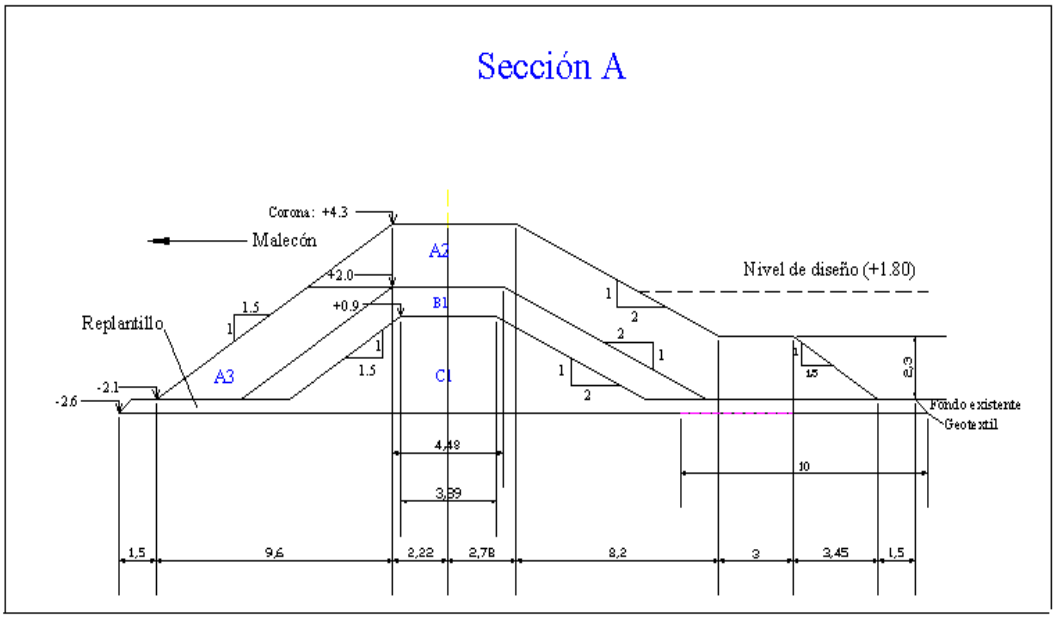


Fig. 6 Sección típica de las escolleras costa-afuera

El proceso constructivo consistió en desarrollar una cantera para la producción de los enrocados, localizada a 11 Km del sitio de la obra. Primeramente se construyeron los accesos a las 2 escolleras para posteriormente ejecutar la # 4, y luego la # 5. Hubo etapas de la obra en que se construyeron simultáneamente las dos estructuras. Debido a que se efectuaron modificaciones en el diseño, y que se tuvieron retrasos en el proceso, la construcción fue culminada en algo más de 6 meses.

Los resultados indican que las dos escolleras funcionan eficientemente en reducir la energía de las olas que inciden sobre el Malecón. La playa ha empezado a recuperarse en el sector de las escolleras, donde el nivel de la arena ha aumentado entre 0.5 y 2 metros.

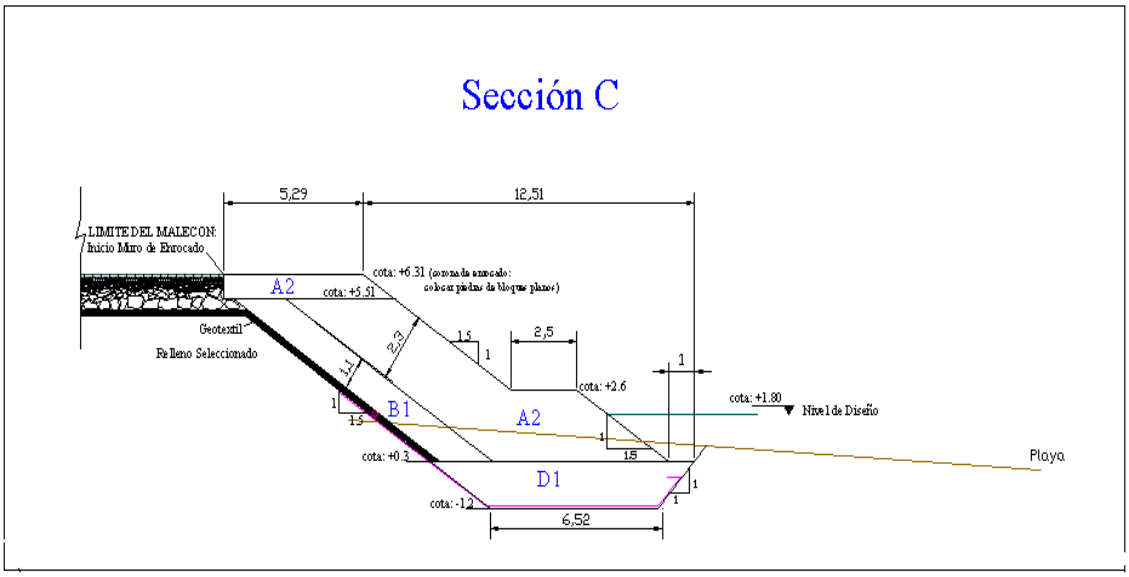


Fig. 7 Sección típica del muro de contención de enrocado para el Malecón

Desde el punto de vista social, la población de La Libertad ha vuelto a utilizar su playa y su Malecón, y se ha iniciado la reactivación del sector.

A mediados del año 2004 se ejecutó la reconstrucción de los primeros 200 metros del muro de contención, se trazó la nueva línea del borde del Malecón y se elevó su el nivel . La nueva estructura probó que puede controlar adecuadamente los oleajes de tormenta que provienen el hemisferio norte, entre los meses de diciembre y marzo, que son los de mayor intensidad en la zona y generan los máximos run-up, ya que se trata de mares de leva con períodos de mas de 18 segundos. En los próximos meses se completará la construcción de las obras marítimas, para continuar posteriormente con la restauración del resto del Malecón de la ciudad.

CONCLUSIONES:

La solución propuesta en el presente trabajo, para la defensa costera de La Libertad, consiste en la construcción de cinco escolleras costa – afuera, y en la reconstrucción integral del muro de contención de enrocado. Esta doble defensa asegura que se pueda desarrollar el nuevo Malecón de la ciudad, permitiendo la regeneración urbana del sector.

El sistema de escolleras costa-afuera puede ser construido por etapas, en función de la disponibilidad de fondos que posea el Municipio de la ciudad. Como un beneficio adicional del sistema propuesto, se tiene que se producirá el arenamiento de la costa lo cual dará como resultado la recuperación de parte de la playa que antiguamente existió en La Libertad. En el futuro, se podrá colocar mas arena en la playa por medios mecánicos.

A la fecha, se han construido las dos primeras escolleras del proyecto, y se ha reconstruido 25 por ciento de la longitud del muro de contención. Los resultados indican que la erosión de la costa ha sido controlada en el sector de estas estructuras, y que la energía del oleaje incidente sobre el Malecón ha sido reducida considerablemente. Igualmente se ha iniciado la recuperación de la playa debido al arenamiento que producen las dos escolleras mencionadas.

REFERENCIAS:

1. SÁNCHEZ E. , "DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA DEL MALECÓN DE LA LIBERTAD, PROVINCIA DEL GUAYAS" . Reporte Interno que forma parte del Informe Final para la Restauración del Malecón de La Libertad. ESPOL. 2001.

2. CORNEJO M.P. " ESTUDIO OCEANOGRÁFICO ". Reporte Interno que forma parte del Informe Final para la Restauración del Malecón de La Libertad, ESPOL 2001.

3. ALLUCA S y CARDIN V, Análisis de las olas en la costa central del Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacifico, Vol IV, INOCAR (1987) pp. 12 – 22.

4. CHAVEZ M.A. , " ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO ". Reporte Interno que forma parte del Informe Final para la Restauración del Malecón de La Libertad, ESPOL. 2001

5. L. VERA, "ANÁLISIS DE LOS PROCESOS COSTEROS EN LA LIBERTAD", Tesis de Grado de Oceanografía, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000.

6. U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, Shore Protection Manual, Vols. I y II, CERC (1984), pp 213 – 231.

7. VAN der MEER J.W. , "CONCEPTUAL DESIGN OF RUBBLE MOUND BREAKWATERS", Delft Hydraulics, H 1509, 1993..

8. CHANG J. , " ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL " . Reporte Interno que forma parte del Informe Final para la Restauración del Malecón de La Libertad, 2001.

Dispersão e Espalhamento do Óleo em Meio Aquático

Aleixo, Luiz Alexandre G. - e-mail: laleixo@usp.br
Tachibana, **Toshi-ichi -** e-mail: tatibana@usp.br
Aleixo, Luiz Alexandre B. - e-mail: luiz.barreto@poli.usp.br
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Av. Prof. Mello Moraes, 2231, Cep: 05508-900.
Cidade Universitária - São Paulo - S P. Brasil.

RESUMO

A poluição por óleo, advinda de derramamentos em ambientes aquáticos, pelos danos que causa, merece atenção especial. O conhecimento dos mecanismos de resposta a este tipo de poluição ambiental, a previsão do comportamento da mancha e a projeção do raio de espalhamento, os fenômenos que agem no espalhamento do óleo derramado, bem como os efeitos do mesmo, são elementos cruciais para formulação de planos de contingência. Muitos estudos têm sido realizados sobre formas de atuação na contenção de derramamentos**,** remoção do óleo e outros meios de recuperação do ambiente atingido, paralelamente às pesquisas tecidas a respeito de construção de ferramentas computacionais de monitoramento, simulação numérica e predição do comportamento da mancha de óleo. O presente trabalho visa à determinação numérica do raio de espalhamento do óleo derramado, com finalidade operacional, por meio de um programa desenvolvido especialmente para tal, bem como a determinação experimental do raio e a comparação dos resultados obtidos pelos dois métodos. Tem-se, por fim, a construção de uma ferramenta de previsibilidade do raio de espalhamento, considerando volume, vento, correnteza superficial, ondas, temperatura ambiente e peso específico do óleo. Para esse fim foram realizados e filmados 100 ensaios. As imagens capturadas nas filmagens, analisadas com o auxílio de programas específicos, geraram dados para a simulação numérica. O modelo numérico emprega a equação de difusão-advecção com resolução por elementos finitos. Os resultados obtidos permitiram elaborar uma ferramenta de previsibilidade do raio em função de todas as variáveis propostas, diferenciando o modelo dos até então disponíveis.

1- Introdução

O permanente avanço tecnológico traz consigo a dependência, cada vez maior, de fontes de energia, renováveis ou não, que permitem ao homem a manutenção e melhoria do atual padrão de vida.

Por constituírem-se em elementos indispensáveis ao funcionamento de indústrias, comércio, meios de transporte e para uma infinidade de atividades humanas, as fontes de energia atualmente disponíveis, bem como o uso racional e a busca de novas fontes, têm sido objeto de atenção por parte de governantes e pesquisadores.

Uma das fontes, ainda disponível, mas não renovável, é o petróleo que se destaca pela aplicabilidade, versatilidade e facilidade de utilização. O petróleo representa, segundo o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA DO BRASIL (2003) e segundo a BEYOND PETROLEUM – BP (2004), 42,7% de todo o consumo energético mundial.

Alterações nas quotas de produção ou nos preços de venda do petróleo geram impactos econômicos, sendo precursoras de crises econômicas, políticas e sociais como a crise da guerra do Golfo (1990 – 1991). A recíproca é verdadeira, a atual invasão no Iraque, passando o controle aos EUA, tem provocado manifestações da população que atacam oleodutos e refinarias e provocam alterações na produção de petróleo daquele país e no preço mundial do petróleo.

ZHU; STRUNIN (2002) afirmam que a dependência da sociedade por petróleo e seus derivados é cada vez maior. A demanda é tão grande que cria a necessidade de embarcações que transportem cada vez maior volume de óleo e dessa forma os acidentes envolvendo grandes quantidades de óleo são inevitáveis.

Os derramamentos de óleo acidentais ou intencionais afetam o homem de diversas maneiras. Em termos econômicos pelos custos relativos à limpeza dos locais atingidos e pelos efeitos da poluição que se manifestam em curto, médio e longo prazo. Isto causa a morte de peixes, aves e animais marinhos, destrói microorganismos e afeta o equilíbrio ecológico, prejudicando a atividade econômica dos pescadores e das indústrias pesqueiras. Além disso, os derramamentos também provocam contaminação inicialmente não letal, de animais, plantas, manguezais e áreas costeiras bem como afetam o turismo dos locais atingidos pelo óleo.

A compreensão dos mecanismos envolvidos no espalhamento do óleo derramado, da extensão do esparrame e das formas de contenção do mesmo, constitui um assunto de relevante interesse e aplicabilidade.

Neste trabalho, será desenvolvido um modelo numérico e experimental, com finalidade operacional, para estimar a extensão do esparrame do óleo, por meio de seu raio, permitindo atuar mais prontamente na contenção do espalhamento e minimizar os efeitos da poluição gerada. Também é objetivo deste, fornecer uma ferramenta de cálculo que seja de fácil e de rápida utilização.

Serão considerados os processos físico-químicos envolvidos no espalhamento do petróleo, os modelos de transporte e as equações do movimento de multicomponentes que serão resolvidas numericamente por elementos finitos, porém com finalidade prática, abordando os aspectos essenciais e indispensáveis à pronta atuação.

2- Modelo numérico

Ao longo dos dois últimos séculos, foram usados vários tipos de modelos para estudar fluxos. Em WANG; ANDERSON (1982) são desenvolvidos diversos modelos de fluxo em lençóis subterrâneos. SANTOS (1998) apresentou vasta revisão bibliográfica de trabalhos na área de modelagem do transporte de poluentes no meio poroso e propôs um modelo de simulação *composicional* para os casos de poluição em aqüíferos. FAY (1969); (1971) estudou o fluxo de petróleo em derramamentos, modelando o espalhamento que foi dividido em três regimes: gravitacional-inercial, gravitacional-viscoso e viscoso-tensão superficial.

Para resolução de um modelo, muitas vezes, são utilizadas técnicas numéricas. Desde os anos 1960, os modelos numéricos têm sido os preferidos, como afirma SANTOS (1998).

Dentre os métodos de resolução numérica de modelos matemáticos estão o *método de diferenças finitas* e o de *elementos finitos*. Ambos adotam os *pontos nodais* do sistema sobrepostos ao domínio do problema, obtidos na subdivisão do domínio. Sendo caracterizados, por exemplo, pela intersecção de retas horizontais e verticais, ou pelos vértices das figuras geométricas empregadas para subdivisão.

Com o objetivo de estabelecer as equações que regem o fluxo de óleo no meio aquático, serão investigados os procedimentos utilizados por Darcy, que pesquisou, experimentalmente, quais

fatores governam o fluxo de água por um filtro de areia, e por Fick, que estudou os processos de difusão.

Darcy estabeleceu que, para um determinado tipo de grãos de areia, a descarga específica num meio não isotrópico é:

$$q_x = - K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} - K_{xy} \frac{\partial h}{\partial y} - K_{xz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

$$q_y = - K_{yx} \frac{\partial h}{\partial x} - K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} - K_{yz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

$$q_z = - K_{zx} \frac{\partial h}{\partial x} - K_{zy} \frac{\partial h}{\partial y} - K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

(2.1)

Os valores de q_x , q_y e q_z representam as componentes do *vetor descarga específica* $\boldsymbol{q}$, sendo cada componente do vetor $\boldsymbol{q}$ linearmente proporcional a cada componente do vetor ***grad*** h. O sinal negativo decorre do fato da descarga ocorrer no sentido da diminuição da função h que nas experiências de Darcy representava a *altura da coluna de areia* e $\boldsymbol{K_{ij}}$ uma constante de proporcionalidade denominada *condutividade hidráulica* na qual os índices i e j representam as direções da descarga, neste caso $i\,j$:da direção i para a direção j.

Considerando a lei de Fick para difusão, CRANK (1975):

$$\frac{\partial C_\alpha}{\partial t} = \nabla . (D_{\alpha\beta} \nabla (C_\alpha))$$

(2.2)

Na equação 2.2 tem-se que a taxa de difusão de uma substância por unidade de volume de uma secção é proporcional ao gradiente da concentração normal à secção, sendo C_α a Concentração da substância α e $D_{\alpha\beta}$ o coeficiente de difusão mássica da substância α para a substância β.

No entanto, não basta relacionar *concentração* e *difusão,* para o estudo do espalhamento de óleo. Tal procedimento se justificaria caso o óleo fosse solúvel em água, o que só acontece com partes de alguns constituintes do óleo, ou se não houvesse movimentos relativos entre óleo e água.

Assim, o conceito de transferência de massa por advecção é introduzido fazendo-se analogia aos conceitos da transferência de calor por convecção. Na transferência de massa por advecção, o movimento global do fluido se combina à difusão para promover o transporte de

uma espécie para a qual existe um gradiente de concentração, conforme INCROPERA; DEWITT (1998). Desta forma serão incorporados à equação 2.2 os termos advectivos, conforme apresenta o autor citado, do que resulta:

$$\frac{\partial C_\alpha}{\partial t} + u\frac{\partial C_\alpha}{\partial x} + v\frac{\partial C_\alpha}{\partial y} + w\frac{\partial C_\alpha}{\partial z} = \\ = \left[\frac{\partial}{\partial x}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial y}\right) + \right. \\ \left. + \left(\frac{\partial}{\partial z}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial z}\right)\right)\right] \tag{2.3}$$

Na equação 2.3 os coeficientes *u,v* e *w* representam as componentes da *velocidade mássica média* nas direções *x, y* e *z* respectivamente, C_α é a concentração da substância α e $D_{\alpha\beta}$ é uma propriedade de misturas binárias conhecida como *coeficiente de difusão binária* entre as espécies α e β.

A equação de difusão e advecção é largamente utilizada para modelar o espalhamento de óleo, JOHANNESEN et al (2002), GIARRUSSO et al (2001), BOUFADEL (2000), NAKATA et al (1997), YOON et al (1997) e DANIEL; POITEVIN (1992) , por exemplo, são pesquisadores que adotam tal equação.

Ao avaliar a mistura fluida que escoa por um elemento de volume, fixo no espaço, leva-se em consideração que dentro da mistura podem ocorrer reações entre as várias espécies químicas. Então, usando o símbolo r_α para indicar à taxa a qual a espécie α está sendo criada pelas reações, obtêm-se:

$$\frac{\partial C_\alpha}{\partial t} + u\frac{\partial C_\alpha}{\partial x} + v\frac{\partial C_\alpha}{\partial y} + w\frac{\partial C_\alpha}{\partial z} = \\ = \left[\frac{\partial}{\partial x}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial y}\right) + \right. \\ \left. \left(\frac{\partial}{\partial z}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial z}\right)\right)\right] + r_\alpha \tag{2.4}$$

Com o intuito de estabelecer um mecanismo de predição do raio[1] de espalhamento do óleo no meio aquático, com fins operacionais, visando a contenção do espalhamento com o objetivo de minimizar os danos ecológicos, econômicos e sociais, buscou-se criar um

[1] O termo raio é empregado para representar a distância alcançada pela mancha de óleo a partir da posição em que o mesmo foi lançado. Representará também o raio da circunferência de óleo espalhado quando este for axi-simétrico.

modelo que descrevesse o espalhamento, enfatizando as técnicas de observação do fenômeno. E assim, representar seus efeitos nos aspectos essenciais, caracterizando um modelo empírico.

Para modelar o espalhamento de óleo tendo em vista a finalidade operacional, serão feitas algumas aproximações. Inicialmente, será considerada a equação de transporte de massa para misturas multicomponentes apresentada anteriormente. Da mesma forma como foram considerados nas equações anteriores, os coeficientes *u,v* e *w* representam as componentes da velocidade mássica média nas direções *x, y* e *z*, respectivamente. C_α é a concentração da espécie α em β, $D_{\alpha\beta}$ é uma propriedade de misturas binárias conhecida como coeficiente de difusão binária entre as espécies α e β, os termos:

$$u\frac{\partial C_\alpha}{\partial x} + v\frac{\partial C_\alpha}{\partial y} + w\frac{\partial C_\alpha}{\partial z} \tag{2.5}$$

representam a taxa de adição de massa da espécie α, por unidade de volume, por advecção, os termos:

$$\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial z}\right)\right] \tag{2.6}$$

representam a taxa de adição de massa da espécie α, por unidade de volume, por difusão, e o termo r_α representa a taxa de produção de massa da espécie α por unidade de volume.

3- Modelo Proposto

Será admitido que o lançamento de óleo é instantâneo, não havendo fontes ou sorvedouros, e que a mistura multicomponentes que caracteriza o petróleo será tratada, objetivando a determinação do raio de espalhamento, como um único componente que será designado por *óleo*. Não serão considerados os efeitos da degradação, evaporação, emulsificação, oxidação, floculação, sedimentação, biodegradação e das interações com as linhas da costa. Além disso, embora o problema se apresente num espaço tridimensional, será tratado aqui em apenas duas dimensões, já que 99% do óleo se espalham na superfície da água, conforme DOERFFER (1992) e SUGIOKA et al (1999). Cabe ressaltar que esta consideração é

orientada para o sentido prático do processo de contenção. Desta forma, a equação 2.4 reduz-se a:

$$\frac{\partial C_\alpha}{\partial t} + u\frac{\partial C_\alpha}{\partial x} + v\frac{\partial C_\alpha}{\partial y} = \left[\frac{\partial}{\partial x}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_{\alpha\beta}\frac{\partial C_\alpha}{\partial y}\right)\right] + r_\alpha \delta(x - x_0, y - y_0)$$

(3.1)

Na equação 3.1, os coeficientes *u* e *v* serão considerados como as resultantes dos efeitos de correnteza superficial, da ação dos ventos como apresentado em GIARRUSSO et al (2001) e incorporará a ação das ondas, conforme equações 3.3 e 3.4, C_α representará a concentração de óleo (α) na água (β) (em litros de óleo por unidade de área), $D_{\alpha\beta}$ o coeficiente de difusão binária entre as espécies *óleo* e *água* e r_α representará a taxa de produção de massa de óleo por unidade de área, o funcional delta de Kronecker[2], $\delta.(x - x_0 , y - y_0)$, definido como:

$$\delta(x - x_0, y - y_0) = \begin{cases} 1, & se\ (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = 0 \\ 0, & se\ (x - x_0).(y - y_0) \neq 0 \end{cases}$$

(3.2)

permitirá determinar a posição em que houve o vazamento de óleo na grade adotada e os coeficientes *u* e *v*, citados anteriormente, serão calculados da seguinte forma:

$$u = \varepsilon c_{u\,sup} + \phi v_{u\,ven} + \varphi v_{u\,ond}$$

(3.3)

$$v = \eta c_{v\,sup} + \mu v_{v\,ven} + \gamma v_{v\,ond}$$

(3.4)

Em 3.3 e 3.4 os coeficientes ε, ϕ, φ, η, μ e γ são determinados empiricamente.

3.1- Resolução Numérica do Modelo Apresentado

Para resolver numericamente, por elementos finitos, a equação 3.1, utiliza-se o método de Galerkin, com a função residual R, dada por:

[2] O funcional delta de Kronecker, empregado para definir a posição em que ocorre o vazamento de óleo, deve ser calculado antes de outros operadores como somatórios ou integrais.

$$R = \frac{\partial}{\partial x}\left[D_{\alpha\beta} \frac{\partial C_\alpha}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[D_{\alpha\beta} \frac{\partial C_\alpha}{\partial y} \right] -$$
$$- u \frac{\partial C_\alpha}{\partial x} - v \frac{\partial C_\alpha}{\partial y} - \frac{\partial C_\alpha}{\partial t} + r_\alpha \delta(x - x_0, y - y_0)$$

(3.5)

As matrizes encontradas para cada elemento da grade, devem ser resolvidas para todos os *elementos* considerados no domínio do problema. Neste caso, o *domínio* Ω é definido como a área do tanque de provas na qual será despejado o óleo e observada sua dispersão. A *condição inicial* adotada para resolução da equação 3.5 é: $r_\alpha\ \delta(x - x_0\ ,\ y - y_0) = Volume\ Fixo$ e as *condições de contorno* são: $C_{\alpha,n} = 0$, para todo *nó* n do contorno.

Uma vez definidos os *nós* constituintes da *grade,* adotada como tendo *56 x 56 nós*, e o domínio, para determinar a concentração em cada nó ao longo do tempo, utilizou-se um programa capaz de executar os seguintes passos:

- Leitura das dimensões da grade (comprimento do lado x e do lado y);
- Leitura do número de divisões em x ($Nós_x - 1$) e em y ($Nós_y - 1$);
- Determinação do número de nós, da indexação dos mesmos e das coordenadas de cada nó;
- Leitura da condição inicial da grade incluindo o nó da fonte de óleo e a concentração inicial (C_α) no mesmo;
- Leitura dos parâmetros iniciais;
    - Intervalo de tempo entre as iterações (Δt);
    - Velocidade advectiva nas direções *x* (*u*) e *y* (*v*)*;*
    - Coeficiente de difusão do óleo na água $D_{\alpha\beta}$;
    - Cálculo da concentração de óleo em cada nó da grade.

Do processamento, resultam grandes arquivos numéricos, na forma de conjuntos de matrizes. Em conseqüência da grade adotada (56 X 56 nós) e do tempo de simulação, a cada meio segundo, são gerados 3136 valores que deverão ser analisados num intervalo de pelo menos 500s. Desta forma, para permitir a interpretação da concentração do óleo, em cada nó da grade, foram desenvolvidos programas específicos para nós centrais e para os demais nós da malha, dado que o volume de resultados e que o tempo de processamento, mesmo fazendo uma coluna por vez, são muito grandes.

Consideradas as colunas de números: 28 (posicionada no centro da grade), 42 (entre o centro e o final) e 56 (última coluna da grade). A escolha da coluna 28 para iniciar a verificação é motivada pela adoção de um nó desta coluna como fonte de óleo no qual a concentração inicial foi considerada 100%. O porcentual denota a participação em volume de óleo derramado a que o nó está sujeito. No momento do lançamento do óleo (Tempo = 0s), apenas o nó da fonte apresenta concentração não nula.

Os nós de números 1 a 7, representados no Gráfico 3.1, apresentam, inicialmente, uma concentração crescente no tempo, o que também é observado nas demais colunas, porém com menor intensidade.

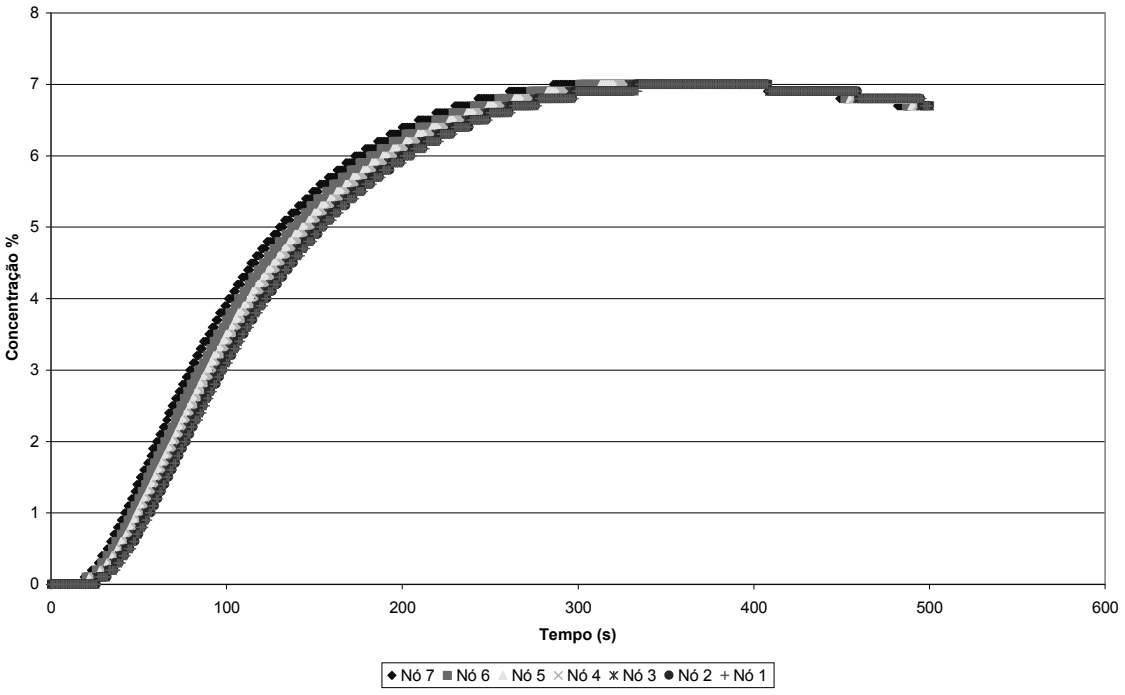


Gráfico 3.1, Comparação entre as concentrações dos nós 1 a 7 na coluna 28.

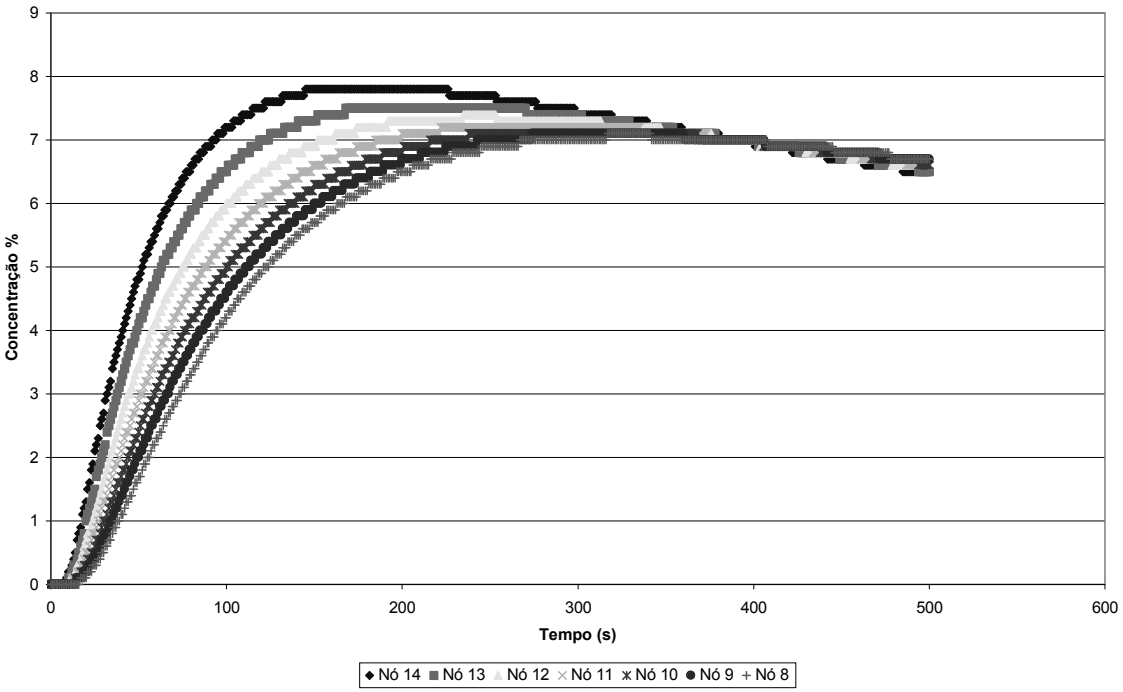


Gráfico 3.2, Comparação entre as concentrações dos nós 8 a 14 na coluna 28.

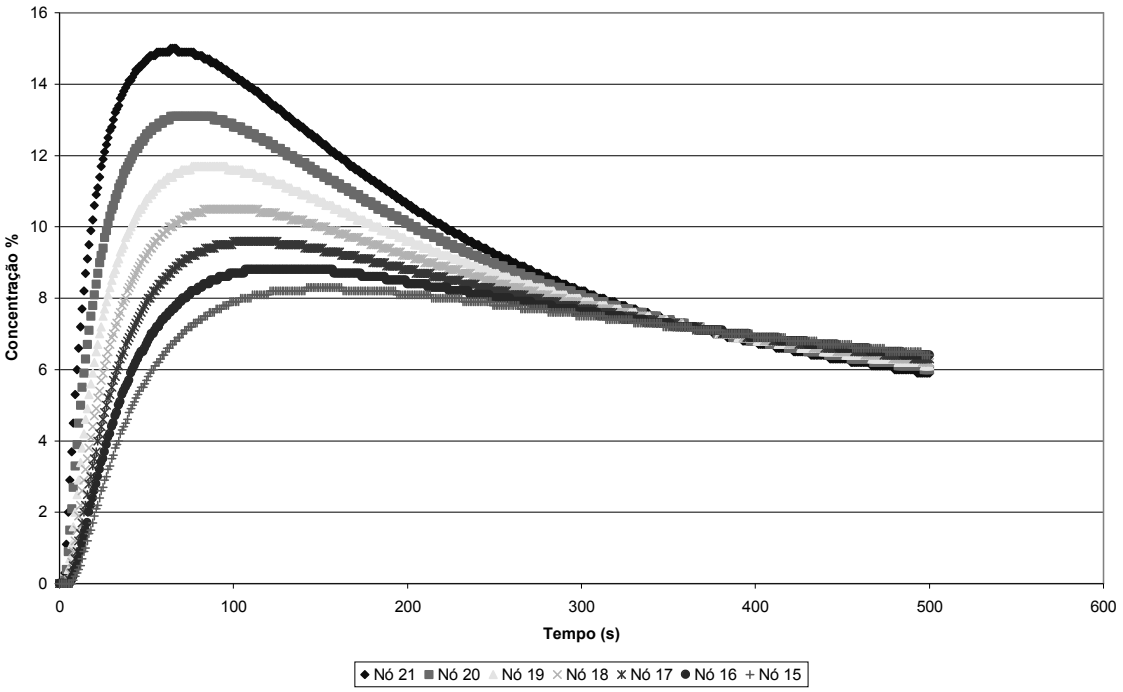


Gráfico 3.3, Comparação entre as concentrações dos nós 15 a 21 na coluna 28.

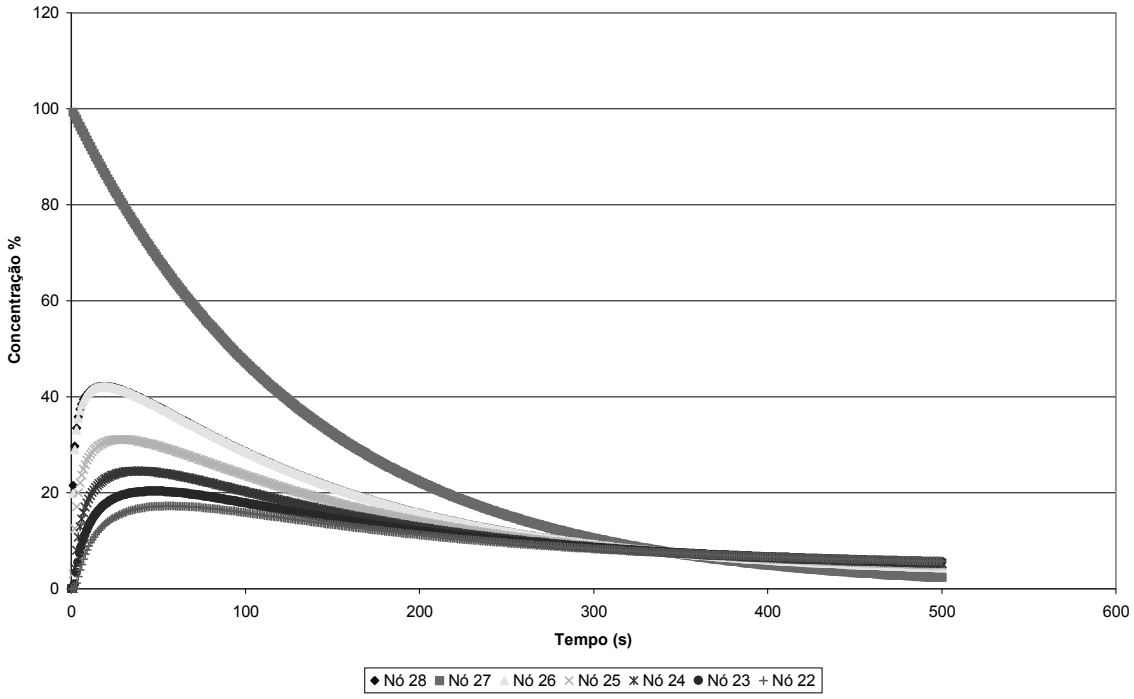


Gráfico 3.4, Comparação entre as concentrações dos nós 22 a 28 na coluna 28.

Os nós seguintes, de 8 a 14, apresentam concentrações crescentes, cada vez maiores na medida em que o nó se apresente mais próximo ao nó da fonte (nó 27). Após o crescimento até atingir o máximo, o que se manifesta em torno de: 300s para os nós de 1 a 7 e 50 a 56; 200 s para os nós 8 a 14 e 43 a 49; 100s para os nós 15 a 21 e 36 a 42 e entre 0s e 20s para os demais nós (22 a 35), a concentração decresce exponencialmente tendendo a valores ínfimos para valores do Tempo muito grandes.

O mesmo comportamento de crescimento e decrescimento exponencial, para a função da concentração dependente do tempo, é observado para as demais colunas da grade, porém com retardo no tempo. Este comportamento, típico da equação de difusão-advecção entre espécies, também se manifesta na equação do calor.

Na fonte, a evolução da concentração se manifesta de forma decrescente e de maneira acentuada, comportamento que também é encontrado nos demais nós a partir do momento em que atingem a concentração máxima, porém com menor intensidade,

A partir dos valores obtidos para a concentração em cada nó, ao longo do tempo, é possível determinar o raio da mancha em cada instante e a correspondente equação de projeção, conforme gráfico 3.5. Para esse fim, adota-se que o raio da mancha é igual à distância observada entre o nó (que atinge concentração não nula num dado instante) e a fonte. Tal procedimento, essencialmente geométrico, é possível pela adoção da grade com elementos posicionados de forma conhecida. Além disso, a concentração inicial em todos os elementos da grade, exceto na fonte, é igual a zero.

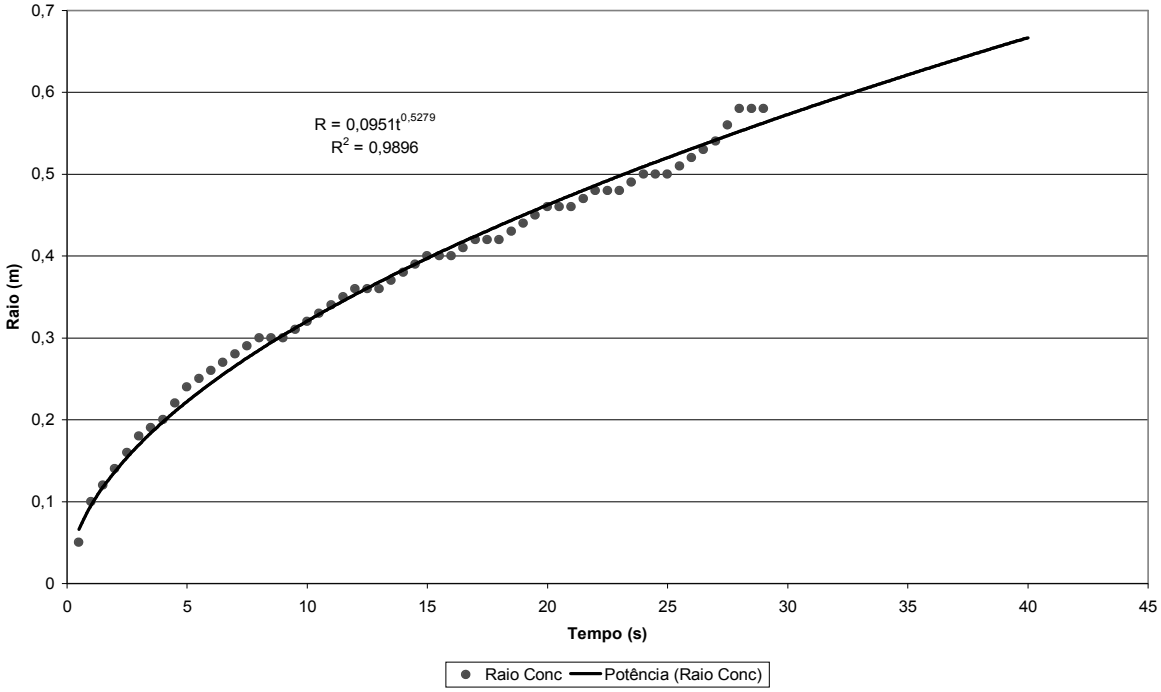


Gráfico 3.5- Evolução do raio de espalhamento obtido por intermédio da concentração.

3.2- Modelo Experimental

Para avaliar a resposta do espalhamento de óleo em meio aquático, definiu-se inicialmente o arranjo experimental e a instrumentação necessária. Os ensaios foram feitos num tanque provas e os instrumentos adotados seguiram os padrões apresentados em TACHIBANA; ALEIXO (2001).

Dentre as medidas aferidas estão: elevação e freqüência das ondas, a temperatura, a densidade e a viscosidade da água e do óleo, a correnteza de superfície, a velocidade e a direção do vento, além de medidas específicas do espalhamento, como: raio da mancha, direção de propagação e velocidade do espalhamento.
Para tal, foram necessários equipamentos, freqüentemente encontrados em laboratórios, como os seguintes: Viscosímetro; Densímetro; Termômetro; Higrômetro, Ondômetro Resistivo (Wave-Probe) e Condicionador de Sinais para Medidas de Onda, Potenciômetro Elétrico, Equipamento de Monitoração e Registro, Termopar, Anemômetro, Estação Meteorológica Eletrônica, Equipamentos de Registro de Imagens, Dispositivos para Lançamento do Óleo, Ventiladores e Dispositivo Gerador de Correnteza de Superfície.

A resolução numérica da equação 3.5 fez-se, conforme citado anteriormente, a partir de dados experimentais relativos às condições do escoamento, quais sejam: o coeficiente de difusão superficial nas direções x e y e a velocidade da correnteza de superfície nas direções citadas. Como o coeficiente de difusão mássica depende das características do óleo como: viscosidade, ponto de orvalho, densidade e temperatura do óleo e da água, estes dados foram coletados inicialmente e alimentaram o processo de simulação numérica como dados de entrada.

4- Discussão dos Resultados

Além das características anteriormente citadas, também foi avaliada a dependência do raio de espalhamento com o volume de óleo derramado. Nesse procedimento foi possível observar um comportamento característico da mancha de óleo: uma vez ocorrido o derramamento, há um rápido e uniforme espalhamento, formando um círculo na ausência de correnteza, vento e onda, que se expande até um máximo e em seguida se contrai, ligeiramente. Este efeito, devido à viscosidade, no segundo estágio do espalhamento definido por Fay, também é observado nos ensaios com vento, correnteza e onda, porém em menor magnitude, mas não é observado quando se avalia o raio a partir da simulação numérica. No gráfico 4.1, estão representados ensaios envolvendo correnteza de superfície, ventos e ondas nos quais o efeito elástico de expansão e contração da mancha é menor em comparação com o observado nos ensaios em águas calmas. Também neste caso, não

houve mudanças significativas em comparação com a simulação numérica do raio, apesar da restrição imposta pela grade empregada, pelos efeitos da correnteza de superfície, vento e onda bem como do tanque de provas empregado nos ensaios.

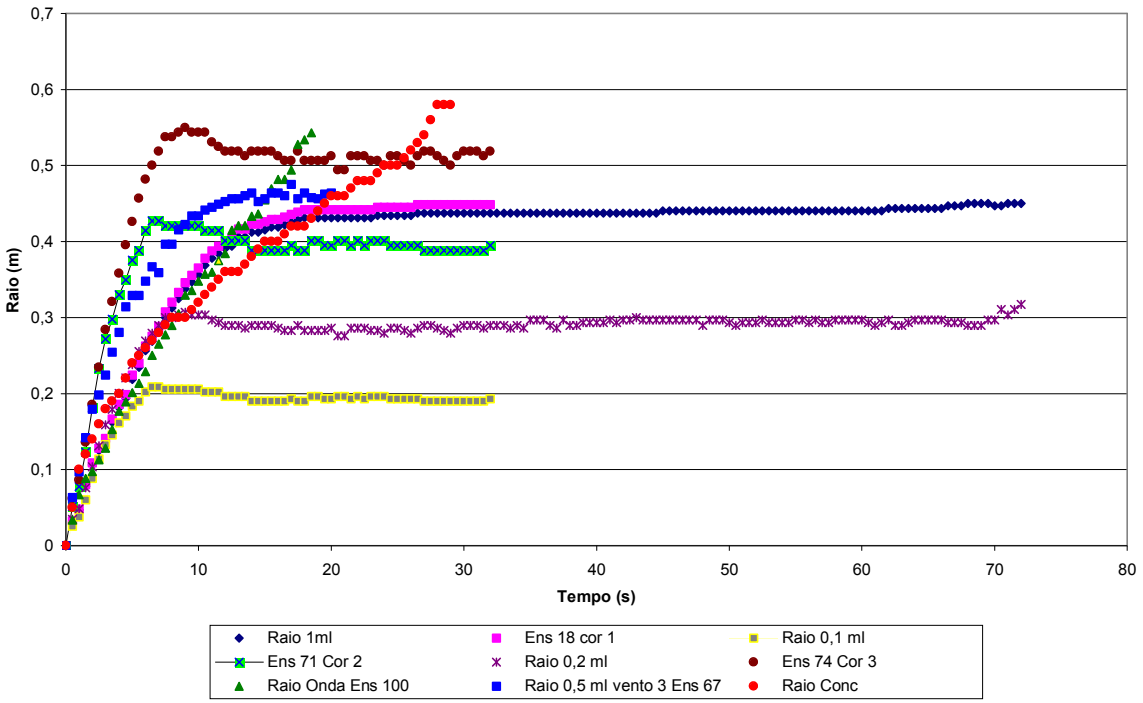


Gráfico 4.1, Comparação entre os raios.

O conjunto das funções de ajuste obtidas em cada ensaio permitiu a obtenção da função geral (Eq. 4.1) a qual apresenta boa correlação com as correspondentes simulações numéricas evidenciando similaridade entre os modelos desenvolvidos.

$$R = 0{,}0253 \ln t + \ln t . \ln V_o + 0{,}045 V_{ven} . t + \\ + V_{cor} . t + 0{,}000022 T_{amb} + (\delta_{água} - \delta_{óleo}) . \ln t \qquad (4.1)$$

Na equação 4.1, V_o = volume de óleo derramado (l); V_{ven} = Velocidade do vento (m/s); V_{cor} = Velocidade da correnteza de superfície + 0,3 Velocidade da onda (m/s); T_{amb} = Temperatura ambiente (ºC); $T_{água}$ = Temperatura da água (ºC); $\rho_{óleo}$ = Densidade do óleo (Kg/l); $\rho_{água}$ = Densidade da água (Kg/l) e t = tempo.

5- Referências

BEYOND PETROLEUM – BP(2004). http://www.bp.com/centres/energy.

BOUFADEL, M. C. Mechanistic Study of Nonlinear Solute Transport in a Groundwater-Surface Water System Under Steady State and Transient Hydraulic Conditions. **Water Resources Research**, v. 36, n. 9, p 2549-2565, 2000.

CRANK, J. **The Mathematics of diffusion**. 2nd ed, Oxford University Press, New York, 1975, 414p.

DANIEL, P.; POITEVIN, J. Numerical study of movements of an oil slick on the sea surface in the Persian Gulf from 25 January 1991 to 1 February 1991. In:THEMATIC CONFERENCE ON REMOTE SENSING FOR MARINE AND COASTAL ENVIRONMENTS**,** 1., Los Angeles, 1992. **Proceedings.** New Orleans, 1992. v. 1930, n. pt 1, p. 249-260.

DOERFFER, J. W. **Oil Spill Response in the Marine Environment,** Oxford, Ship Research Institute, Technical University of Gdansk, Poland, Pergamon Press, 1992. 391p.

FAY, J. A. **Oil on the Sea.** Plenum Press, New York-London, 1969. 114p.

FAY, J. A.., Physical Processes in the Spread of Oil on the Water Surface, Plenum, New York (1971)

GIARRUSSO, C.C.; PUGLIESE CARRATELLI, E.; SPULSI, G. On the Effects of Wave Drift on The Dispersion of Floating Pollutants. **Ocean Engineering,** v. 28, n. 10, p. 1339-1348, 2001.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 4ª ed. Rio de Janeiro, LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1998. 494 p

JOHANNESEN, J.; HAY, S. J.; MILNE, J. K.; JEBSEN, C.; GENNESDAL, S. C.; VAYSSAIRE, A. 3D Oil Migration Modelling of the Jurassic Petroleum System of the Statfjord Area, Norwegian North Sea. **Petroleum Geoscience.** v. 8, n. 1, p. 37-50, 2002.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2003) http://www.mme.gov.br/paginas Internas.asp?url=../ben/

NAKATA, K.; SUGIOKA, S.; HOSAKA, T. Hindcast of a Japan Sea Oil Spill. **Spill Science & Technology Bulletin,** v. 4, n.4, p. 219-229, 1997.

SANTOS, A. H. P. - **Simulação Composicional Para Transporte de Hidrocarbonetos em Aqüíferos**. Campinas. 1998. 119 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

SUGIOKA, S.; KOJIMA,T. NAKATA,K. HORIGUCHI,F. A Numerical Simulation of an Oil Spill in Tokyo Bay. **Spill Science & Technology Bulletin,** v. 5, n.1, p.51-61, 1999.

TACHIBANA,T; ALEIXO, L. A. G. Instrumentação para ensaio em escala reduzida, no modelo de simulação dinâmica para análise do derramamento de óleo no mar. **Revista Integração**, n. 26 p. 185-187, 2001.

WANG, F. H.; ANDERSON, M. P. **Introduction to Groundwater Modeling**. San Francisco, W. H. Freeman and Company, 1982. 236p.

YOON, B.S.; RHO, J.H.; SONG, J.U. Prediction technology of near shore oil spreading**.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING, 16., Yokohama, 1997. **Proceedings**. Yokohama, 1997. Part 1-B – OMAE, v. 1, p. 81-88.

ZHU, S. P.; STRUNIN, D. A Numerical Model for the Confinement of Oil Spill With Floating Booms. **Spill Science & Technology Bulletin,** v. 7, n. 5-6, p. 249-255, 2002.

DISTRIBUCIÓN DE LAS CORRIENTES ALREDEDOR DE LAS ISLAS GALÁPAGOS

Por: Oce. Miriam Lucero M.

RESUMEN

De la información de corrientes, obtenidas en forma directa con un correntómetro ADCP WHS300, durante el Crucero Oceanográfico realizado desde el 31 de Julio al 16 de Agosto del 2000, se determinó el patrón de circulación alrededor de las Islas Galápagos, el mismo que no sigue estrictamente la distribución encontrada en forma global por otros autores. La circulación en el área de estudio está principalmente gobernada por la presencia de los fuertes afloramientos producidos al oeste de las islas, por la topografía submarina del Archipiélago y por la presencia de las derivas superficiales hacia el oeste, producto de la convergencia de las Corrientes Sur Ecuatorial y Corriente de Humboldt. Los mayores flujos fueron observados en los niveles superficiales en la región norte del ecuador con magnitudes alrededor de 1 m/s.

ABSTRACT

Based on current information, obtained in direct form with an ADCP currentmeter WHS300, during the Oceanographic Cruise carried out since July 31 to Augost 16 of 2000, the patron of circulation around the Galápagos Islands was determined. The circulation do not follow as the distribution determined, in global form, for other authors. The circulation in our study area is mainly governed by the presence of strong upwelling produced at the west of the islands, the submarine topography of the Archipelago and the presence of the superficial drifts toward the west, product of the convergence of the South Ecuatorial Current and Humboldt Current . The major flows were observed at the superficial levels at the north region of the equator with magnitudes around of 1 m/ s.

INTRODUCCIÓN

Las Islas Galápagos constituyen un archipiélago de origen volcánico, que ha sido por largo tiempo el objeto de interés científico mundial en vista de su ecosistema único e instructivo. Se extiende desde el paralelo 1°40'N en la Isla Darwin, hasta 1°30'S en la Isla Española; y desde el meridiano 89°W en la Isla San Cristóbal, hasta el meridiano 92°W en la Isla Darwin (Fig.1).

Las Islas Galápagos es el punto de convergencia de varias corrientes del Pacífico que poseen diferentes características, las cuales ejercen una influencia determinante en la fauna, flora y en el clima del archipiélago. El sistema de circulación de las aguas alrededor de las Galápagos, regula la composición y estructura de las comunidades bióticas en el Archipiélago, este sistema estudiado e ilustrado por diversos autores se encuentra

conformado por la Contracorriente Ecuatorial que fluye hacia el este, que a medida que se acerca a Centroamérica se bifurca en dos ramales uno hacia el norte y otro hacia el sur alrededor del Domo de Costa Rica (Endfield, 1975). Parte de este sistema lo constituye también la Corriente Sur Ecuatorial, que fluye hacia el oeste, y la Corriente de Humboldt que fluye de sur a norte bordeando Sudamérica, y que al llegar al norte del ecuador se une al sistema de la Corriente Sur Ecuatorial (Wyrtky, 1967). Durante la época de los fuertes alisios del sureste, este sistema de corrientes es fuerte y parte de sus aguas fluyen hacia las Galápagos; otro de los flujos del sistema de circulación alrededor de las Galápagos, y quizás el más importante, lo constituye la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell, que fluye con dirección hacia el este produciendo afloramientos locales enriqueciendo de nutrientes las capas superficiales. Esta corriente subsuperficial ha sido evidenciada entre los 2°N y 2°S a profundidades comprendidas entre los 30 y 300 metros con velocidades mayores a 1 m/s (Lukas, 1985).

Acorde a las observaciones realizadas por Houvenagel (1973), el lento ascenso de la Subcorriente Ecuatorial cuando se aproxima a las Galápagos y la bifurcación de esta producida por la topografía de las Islas, parecen ser las más importantes características oceanográficas de las Galápagos, concluye que el complejo patrón de circulación, es debido a la presencia de la deriva hacia el oeste producto de la Corriente Sur Ecuatorial (Houvenaghel , 1981).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del presente trabajo se utilizó información de corrientes obtenidas durante el Crucero CO-II-99 en 16 estaciones oceanográficas distribuidas alrededor de todo el archipiélago (Fig.1).

La información de velocidad y dirección de las corrientes fueron obtenidas en forma directa utilizando un correntómetro perfilador acústico doppler (ADCP) Work Horse Sentinel (WHS300), en los niveles comprendidos desde la superficie y los 100 metros de profundidad aproximadamente. En cada una de las estaciones se obtuvo información de corrientes en forma continua durante un intervalo de 45 minutos, la misma que fue procesada inicialmente utilizando un software proporcionado por el fabricante del equipo, a fin de promediar y obtener un perfil para cada estación y posteriormente obtener datos en niveles comprendidos entre los 0 metros, 50 metros, 70 metros y 100 metros para cada una de las estaciones. Paralelamente se obtuvieron datos de deriva del buque, los mismos que fueron considerados en el procesamiento y análisis final de los datos de corrientes.

Otra información que fue necesaria considerar para revalidar el patrón superficial de las corrientes fueron los datos de temperatura y salinidad, los mismos que fueron obtenidos por un CTD SEABIRD.

RESULTADOS

Se seleccionaron 4 niveles para determinar el patrón de circulación en la región Insular, los cuales están representados en las figuras 3 y 4. En los niveles superficiales (Fig.3a) existen dos flujos claramente diferenciables: uno al norte del ecuador (1°N) con dirección hacia el oeste con magnitudes que oscilan entre los 0.45 y 1.05 m/s, lo cual está correlacionado con el ingreso de aguas cálidas (23°C) provenientes de la región noreste de las Islas (Figura 2),. El otro flujo con dirección hacia el sur sur-oeste es observado en los 1.5°S, el cual está relacionado con el ingreso de aguas frías (21°C) provenientes del este, debido a la confluencia de la Corriente de Humboldt y a la presencia de los afloramientos ecuatoriales presente al oeste de las Galápagos, los flujos presentes en esta región poseen magnitudes comprendidas entre los 0.30 y 0.84 m/s.

En el nivel de los 50 metros (Figura 3b), la distribución de las corrientes es un poco similar a lo observado en los niveles superficiales en cuanto a dirección aunque en magnitud se presentan un poco más débiles. En este nivel se nota la presencia de flujos hacia el este, sobre todo al este de la Isla Isabela, con magnitudes comprendidas entre los 0.64 y 0.94 m/s.

En los niveles comprendidos entre los 70 y 100 metros (figura 4) no se observa un patrón muy bien definido, los flujos observados en los niveles anteriores, al norte y sur del ecuador no mantienen el mismo patrón de circulación. En estos niveles, se observan flujos hacia el este un poco mas fuertes a los observados en los niveles anteriores, los mismos que cubren una mayor área de la Región Insular, sobre todo al sur del ecuador, donde estos flujos son observados hasta los 89°W , al este de la Isla San Cristóbal. Estos flujos predominantes hacia el este son producto de la presencia de la Subcorriente Ecuatorial, los mayores flujos de esta subcorriente son observados al este de la Isla Isabela donde alcanza magnitudes de hasta 0.94 m/s, la misma que se va debilitando conforme avanza hacia el este. La distribución observada en estos niveles tiene similitud al patrón de circulación observada por Houvenaghel, (1978).

Al oeste de Isabela se observa un flujo hacia el oeste, el mismo que se mantiene en todos los niveles de profundidad, con magnitudes que van de 0.22 a 0.94 m/s. En esta área no se observan flujos hacia el este, lo cual se debe probablemente, a que a el núcleo de la Subcorriente Ecuatorial durante esta época de mediciones podría encontrarse debajo de los 100 metros de profundidad, mediciones de corrientes reportadas por Knaus (1960), indican que el núcleo de la Sucorriente Ecuatorial al oeste de las Galápagos (92°W)se encuentra debajo de los 100 metros de profundidad.

CONCLUSIONES

La distribución de las corrientes tanto en los niveles superficiales como subsuperficiales en el área de estudio es bastante compleja, no se tiene el típico patrón de circulación observado en forma general por muchos autores, esto es debido a la presencia de diferentes factores que ejercen influencia en la circulación de nuestra área de estudio, entre los cuales podemos indicar los siguientes:

- La convergencia de varias corrientes del Pacífico

- Los afloramientos Ecuatoriales producidos al oeste de las islas
- La deriva hacia el oeste producto de los fuertes alisios del sureste
- La Confluencia de la Corriente de Humboldt y la Corriente Sur Ecuatorial
- El ascenso de la Subcorriente Ecuatorial y su bifurcación al este de la Islas
- La Topografía Submarina del Archipiélago

En forma general el patrón de circulación en los niveles superficiales presenta dos flujos bien definidos uno al norte del ecuador con dirección hacia el oeste caracterizada por tener aguas cálidas (23°C) con magnitudes promedios de 0.8 m/s. El otro flujo presente en la región sur del ecuador con dirección hacia el oeste caracterizada por poseer aguas frias (21°C) y magnitudes promedios de 0.8 m/s.

En los niveles subsuperficiales es clara la presencia de la Subcorriente Ecuatorial sobre todo al sur del ecuador con magnitudes que van de 0.20 a 0.94 m/s.

Alrededor de la Isla Isabela, se observa un patrón predominante en todo los niveles de profundidad el mismo que está mas directamente relacionada con la topografía submarina del área.

BIBLIOGRAFÍA

Enfield D., 1975. Oceanografia de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Físicos. Instituto Oceanográfico de la Armada.

Houvenaghel G. 1981 Oceanograhic Setting of the Galápagos Islands. Key Environments, pag.44-54.

Houvenaghel G. 1978. Oceanographic Conditions in the Galápagos Arhipiélago and Their Relationships with Life on the Islands. Upwelling Ecosystems, pag.181-202.

INOCAR, 1999. Informe Cientifico del Crucero Oceanográfico CO-II-99.

Knauss,J.A., 1960. Measurements of the Cromwell Current. Deep-Sea., 6, 265-286.

Lukas,R., 1985, The termination of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific. Join Institute for Marine and Atmospheric Research, University of Hawaii, Honolulu HI 96822 U.S.A.

Wyrtki K., 1967. Circulation and water masses in the eastern Equatorial Pacific Ocean International Journal Oceanology and Limnology I(2) 117-147.

DIVERSIDAD DEL PLANCTON EN EL ESTUARIO INTERIOR DE PUERTO BOLIVAR, ECUADOR DURANTE JULIO DE 2002

María Elena Tapia & Christian Naranjo P.
Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador (INOCAR)
Estudios Ambientales Sección: Ecosistemas Marinos
mtapia@inocar.mil.ec - cnaranjo@inocar.mil.ec
2005

INTRODUCCIÓN

La zona costera de El Oro es parte natural del Golfo de Guayaquil y los vínculos económicos del área tiende a diversificarse en tres direcciones: Guayaquil, Norte del Perú y la zona sur del país. Esta diversificación productiva y sus usos dominantes hasta hoy en día en la zona costera son: la agricultura, acuicultura y turismo, (Ochoa. E., S. Olsen & L. Arriaga, 2000).

Las especies presentes en las aguas estuarinas y de mar abierto de la Provincia de El Oro son básicamente los mismos que han sido señalados para el Golfo de Guayaquil y el estuario del río Guayas. En el archipiélago de Jambelí se desarrolla la recolección de conchas, almejas, ostiones, mejillones y cangrejos fundamentalmente (PMRC,1987)

La zona costera de El Oro es parte natural del Golfo de Guayaquil y los vínculos económicos del área tiende a diversificarse en tres direcciones: Guayaquil, Norte del Perú y la zona sur del país. Esta diversificación productiva y sus usos dominantes hasta hoy en día en la zona costera son: la agricultura, acuicultura y turismo, (Ochoa. E., S. Olsen & L. Arriaga, Op cit.).

El presente trabajo tiene el propósito de establecer la diversidad del plancton y la productividad primaria y secundaria de la cadena alimentaria en las zonas estuarinas del Provincia de El Oro, Ecuador, durante julio de 2002.

MATERIALES Y METODOS.

Con la finalidad de establecer la biomasa fitoplanctónica se colectó muestras de agua superficial y de fondo cuya profundidad varió entre 2 a 12 m, para los análisis del volumen obtenido fue de 1000 ml para efectuar los análisis de Clorofila *a* y 250 ml para contaje celular.

Para los cálculos de clorofila *a* se emplearon las ecuaciones detalladas en el manual de SCOR UNESCO Working Group 17 (1966). Para determinar el número cél/l se empleó el método de Uthermohl en los niveles anteriormente señalados y se fijaron las muestras con solución de lugol.

Para los análisis cualitativos de la comunidad fitoplanctónica, zooplanctónica se efectuaron arrastres superficiales utilizando redes cónicas simple (WP-2), con un diámetro de 0.3 m y una apertura de malla de 50 u, 335u y 600u respectivamente. Los arrastres se realizaron durante 5 minutos a una velocidad de dos nudos. Las muestras fueron fijadas con formol al 4% previamente neutralizado con bórax. Para determinar el volumen de agua filtrada se utilizaron flujómetros previamente calibrados.

La formula empleada para calcular él Indice Diversidad de Shannon & Weiner es el siguiente: - **Sumatoria P_i ln $[P_i]$.**

AREA DE ESTUDIO

Está dividida en 3 áreas.

- ✓ Estero Santa Rosa
- ✓ Estero Jambelí
- ✓ Desembocadura del Río Jubones.

RESULTADOS

En la desembocadura del Río Jubones correspondiente a la estación 18 en Flujo se encontró un repunte clorofílico con 4.01 mg/m3, a escala superficial. En Reflujo se encontró un segundo repunte con 4.29 mg/m3. Las menores concentraciones (1.99- 2.57 mg/m3) se registraron en las estaciones 20-23 durante la fase de Flujo.

En contajes celulares las especies de mayor dominancia en el área en estudio fueron *Skeletonema costatum* y *Pseudonitzschia delicatissima*. En muestras de red (50u), se registró las especies estuarinas y bénticas: *Skeletonema costatum, Cyclotella menenghiniana*. Se resalta que la mayor diversidad fitopanctónica se encontró en el área del río Jubones y en el estero Santa Rosa durante la fase de flujo.

En la comunidad del zooplancton se registró una alta diversidad de grupos reportándose un total de 32 y 28 taxa zooplanctónica durante flujo y reflujo respectivamente, que en términos de diversidad máxima se registró un de valor 2. 19 bits encontrado en el área del Estero de Jambelí

Se resalta que la máxima biomasa del zooplancton se observó durante reflujo en la estación 14 y la menor biomasa se encontró durante flujo en la estación 5 ubicados en el Estero Santa Rosa.

Con relación al ictioplancton se encontró una escasa presencia de Huevos y Larvas de peces en toda en área de estudio, determinándose el máximo valor de diversidad de 0.8 bits observado en el área de Punta Jambelí, reportaándose en el grupo de huevos de peces las familias Clupeidae, Sciaenidae, Engraulidae y en Larvas de peces la dominancia de la familia Engraulidae.

CONCLUSIONES

- La diversidad de Shannon & Wiener expresada en bits se observa una variabilidad en la riqueza especifica determinándose para el fitoplancton y zooplancton la mayor diversidad en el río Jubones y Estero Jambelí respectivamente durante la fase de flujo.

- Se resalta que la mayor diversidad de familias expresada en bits en el grupo de huevos de peces se localizó en el Estero Piló y Punta Jambelí durante la fase de reflujo y flujo respectivamente.

- Se establece durante reflujo la mayor biomasa del zooplancton registrado en la estación 14 ubicada en el Estero Santa Rosa y en la estación 16 localizada en Punta Jambelí, reportándose una relativa diversidad de grupos zooplanctónicos.

- La menor biomasa de zooplancton se localizó en la estación 5 localizado en el Estero Santa Rosa y en la estación 25 ubicado en la desembocadura del Río Jubones durante la fase de flujo, determinándose una baja diversidad de grupos zooplanctónicos.

- Se considera que durante flujo la mayor biomasa de zooplancton se encontró en el estero de Jambelí, reportándose en la estación 10 B la mayor diversidad de taxa de zooplancton en comparación a las otras áreas en estudio.

REFERENCIAS

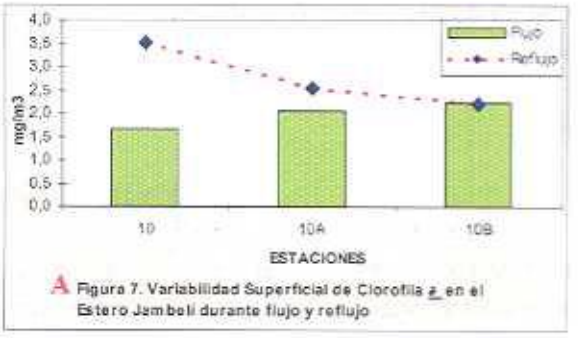
Alhstrom & Moser. 1980. Identifications of pelagic marine fish eggs. Calcofi. Rep Vol. XXI. 1-30p.

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y método de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata. Argentina. 3-859 p.

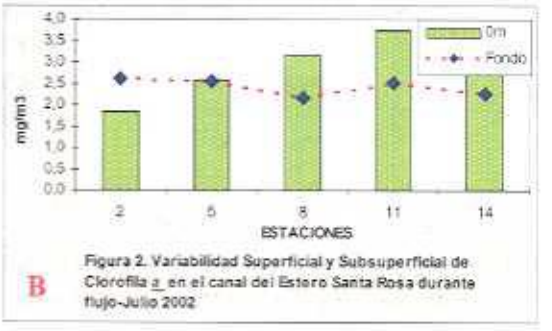
SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic pigments in the sea-water. Monographs on oceanographic methology, 1, Unesco, pp. 9-18.

Ochoa, E. S. Olsen & L. Arriaga. 2000. Macrozonificación de la zona costera continental: Propuesta para el ordenamiento y desarrollo de la costa Ecuatoriana. Programa de Manejo de Recursos Costeros y Centro de Recursos Costeros de la
Universidad de Rhode Island, Diciembre de 2000. 110p.

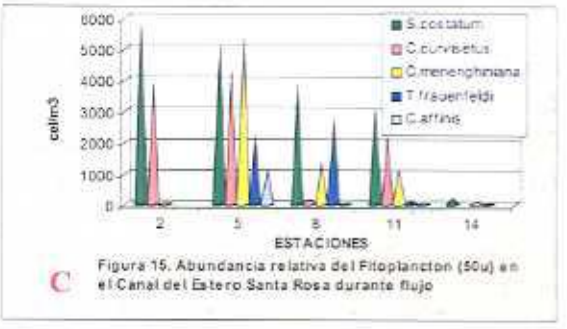
PMRC. 1987.Perfil de los recursos costeros. Proyecto de Manejo de recursos Costeros. Fundación Pedro Vicente Maldonado, Ecuador: 1-258p.



A Figura 7. Variabilidad Superficial de Clorofila a en el Estero Jambeli durante flujo y reflujo



B Figura 2. Variabilidad Superficial y Subsuperficial de Clorofila a en el canal del Estero Santa Rosa durante flujo-Julio 2002



C Figura 15. Abundancia relativa del Fitoplancton (50u) en el Canal del Estero Santa Rosa durante flujo

D Figura 10. Distribución Superficial de la Biomasa Celular en el perfil Este del Estero santa Rosa durante flujo y reflujo

Figuras. (A-B-C-D) Distribución de la productividad primaria y composición de las principales especies defitoplancton

EFEITO DE FUNDO SOBRE A RESISTÊNCIA DE ONDA

Carlos Levi [a], César A. Salhua [b]

[a] Laboratório de Tecnologia Oceânica – LabOceano – COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro – Brasil
email: levi@peno.coppe.ufrj.br / Telf.: (55) 21 – 386 76768 Ramal 209

[b] Aluno de Doutorado / COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro – Brasil
email: cesarsalhua@peno.coppe.ufrj.br / Telf.: (55) 21 – 256 28715

RESUMO

Neste trabalho emprega-se o Método dos Painéis na determinação da Resistência de Onda do navio. A solução adota uma distribuição de singularidades de Rankine sobre a superfície molhada do navio e em parte da superfície livre.

Para a inclusão de eventuais efeitos de fundo emprega-se o Método da Imagem. A validação do método será demonstrada obtendo-se resultados da Resistência de Onda para um casco tipo Wigley, inicialmente em condições de águas profundas, e depois incorporando-se efeitos de fundo.

1. INTRODUÇÃO

A determinação da Resistência de Onda é um problema de grande interesse para o projeto do navio. Essa componente da Resistência Total ao avanço do navio apresenta grande sensibilidade à variação da geometria do casco e está diretamente associada à variação da distribuição de pressões sobre o casco do navio provocado pelas ondas geradas pelo seu avanço. No fenômeno físico envolvido na geração destas ondas, os efeitos viscosos podem ser negligenciados para permitir que sua análise se beneficie do emprego da Teoria Potencial.

A metodologia adotada consiste na aplicação da Terceira Identidade de Green, que representa o escoamento em torno do casco do navio através de uma distribuição de singularidades sobre as superfícies que definem as fronteiras do fluido.

Tradicionalmente, esse problema vem sendo tratado com o uso do potencial da fonte de Kelvin, derivado analiticamente, em 1887, por Lord Kelvin, que representa o escoamento de uma fonte se deslocando em presença de uma superfície livre linearizada. A aplicação desta singularidade na determinação da Resistência de Onda de um navio requer apenas a discretização da superfície do casco.

Neste trabalho, emprega-se a fonte de Rankine, que ao mesmo tempo que tem uma avaliação matemática mais simples, requer a discretização da superfície do casco do navio e também da superfície livre.

Por outro lado, o método baseado na fonte de Rankine apresenta menor dificuldade de implementação computacional e permite expandir a solução para incluir efeitos não lineares.

O emprego da fonte de Rankine começou a popularizar-se com os trabalhos de Gadd (1976) e Dawson (1977). Estes trabalhos empregavam diferenças finitas na solução das equações da superfície livre, o que acarretava um forte amortecimento numérico na definição das ondas geradas pelo navio. Trabalhos posteriores introduziram aperfeiçoamentos na solução numérica, como por exemplo, o uso da distribuição spline "bi-quadrática" (Sclavounos & Nakos, (1988)) para descrever à variação da intensidade das fontes sobre os painéis utilizados na representação do escoamento.

Neste trabalho será descrita a implementação do Método do Painel para a determinação da Resistência de Onda e deformação da superfície livre provocada pelo avanço de um casco tipo Wigley se deslocando, de início, em condições de águas profundas; e em seguida com efeitos de fundo. A formulação do problema e suas correspondentes equações serão vistas na Seção 2 deste trabalho. Na Seção 3, apresenta-se a implementação numérica do método de solução; enquanto que nas Seções 4 e 5, serão apresentados os resultados numéricos e as conclusões do trabalho, respectivamente.

2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Define-se o sistema de coordenadas (x,y,z) fixo no plano médio do navio (Fig. 1.0), que se desloca com velocidade de avanço constante U, na direção positiva do eixo x. Isso equivale a assumir-se o navio parado em presença de um escoamento uniforme com velocidade U na direção negativa do eixo x.

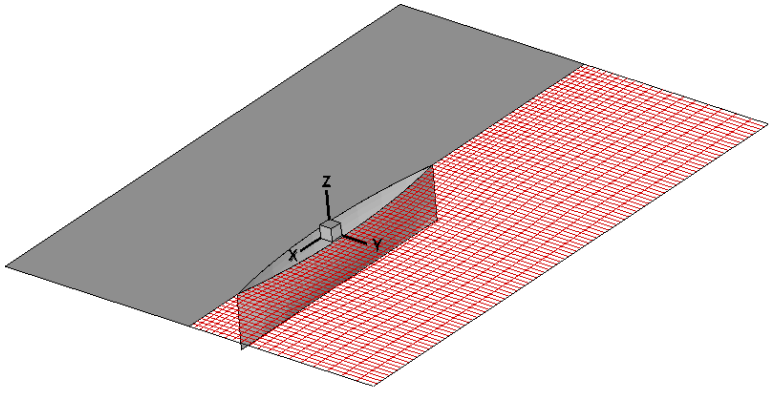


Fig. 1.0 Sistema de referência fixo no navio

O fluido é considerado invíscido; o escoamento é assumido incompressível e irrotacional. Nesse caso, o escoamento em torno do navio pode ser representado por um potencial de velocidades (Φ) e a equação da continuidade toma a forma de uma equação de Laplace:

$$\nabla^2 \Phi_{(x,y,z)} = 0 \qquad \text{,em todo o domínio fluido} \qquad \text{Eq. (2.1)}$$

O potencial de velocidades do escoamento em torno do casco será definido por uma parcela associada ao escoamento incidente (-Ux) e outra que incorpora a perturbação do escoamento devida às pressões do casco, incluindo os efeitos de perturbação da superfície livre, potencial de perturbação permanente (ϕ_S):

$$\Phi_{(x,y,z)} = -\ Ux + \phi_S \qquad \text{Eq. (2.2)}$$

Dessa forma, a equação da continuidade, Eq.(2.1) fica definida apenas em função do potencial permanente:

$$\nabla^2 \phi_S = 0 \qquad \text{,em todo o domínio fluido} \qquad \text{Eq. (2.3)}$$

A solução da equação governante Eq.(2.3) requer condições de contorno para se obter uma solução unívoca do potencial de velocidades permanente (ϕ_S):

2.1 Condição de contorno do corpo (S_B) (condição da impenetrabilidade)

$$\frac{\partial \phi_S}{\partial n} = U.n_x \qquad \text{, na superfície submersa do casco } (S_B) \qquad \text{Eq. (2.4)}$$

2.2 Condições de contorno na superfície livre (S_L)

a. condição cinemática

$$-\left(\vec{U} - \nabla\phi_S\right).\nabla\zeta = \frac{\partial \phi_S}{\partial z} \quad , \quad \text{em} \quad z = \zeta_{(x,y)} \qquad \text{Eq. (2.5)}$$

b. condição dinâmica

$$-\vec{U}.\nabla\phi_S + \frac{|\nabla\phi_S|^2}{2} + g\zeta = 0 \quad \text{em } z = \zeta_{(x,y)} \qquad \text{Eq.(2.6)}$$

2.3 Condição de radiação no infinito: matematicamente, esta condição pode ser expressa por (Newman[8]) :

$$\nabla\phi_S \rightarrow 0 \quad \text{no infinito} \qquad \text{Eq.(2.7)}$$

2.4 Condição de contorno no fundo (rígido)

$$\frac{\partial\phi_S}{\partial n} = 0 \quad , \quad \text{em } z = -h \qquad \text{Eq.(2.8)}$$

3. METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÃO

Para a representação do escoamento aplica-se a 3ª Identidade de Green, que satisfaz a equação da continuidade de forma implícita (Newman[8]):

$$\int_{St} \oint_{S(Q)} \frac{\partial}{\partial n} G_{(P,Q)}\, ds - \int_{St} \oint_{(P,Q)} \frac{\partial}{\partial n} \phi_{S(Q)}\, ds + 2\pi\phi_{S(P)} = 0 \qquad \text{Eq.(3.1)}$$

onde :

$St = S_B + S_L$

S_B : Superfície molhada do casco.

S_L : Outras fronteiras da região fluida (ex.: superfície livre, fundo, etc.)

A função de Green será definida pelo potencial de velocidades da fonte de Rankine,

$$G_{(P,Q)} = \frac{1}{R_{(P,Q)}} \qquad \text{Eq.(3.2)}$$

onde :

$$R_{(P,Q)} = \sqrt{(x_P - x_Q)^2 + (y_P - y_Q)^2 + (z_P - z_Q)^2}$$

(x_P, y_P, z_P) : coordenadas do ponto campo pertencentes à superfície St.

(x_Q, y_Q, z_Q) : coordenadas do ponto fonte.

A solução dessa equação será desenvolvida a partir da discretização da superfície S_t em painéis quadrangulares (ver Fig. 1.1)

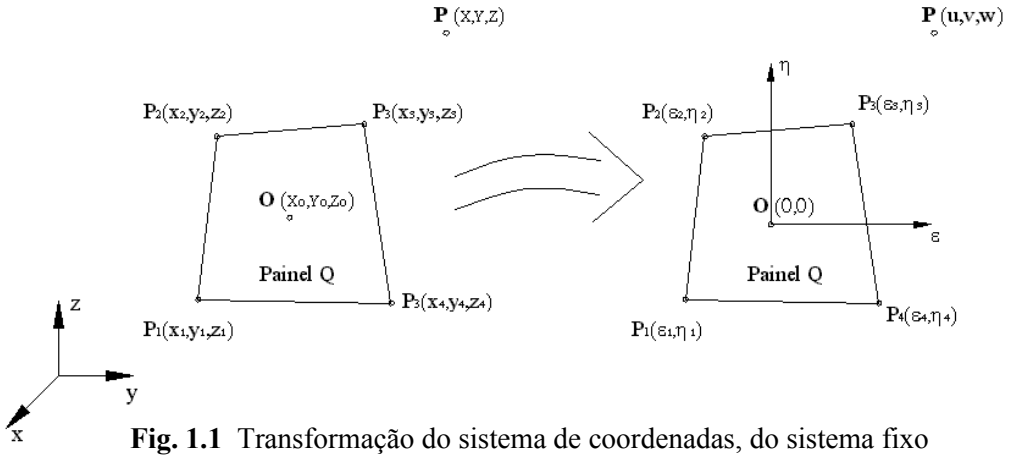


Fig. 1.1 Transformação do sistema de coordenadas, do sistema fixo no navio (x,y,z) para o sistema local (ε,η,ζ)

Para a representação da distribuição do potencial de velocidades (ϕ_S) emprega-se uma função "B-spline" bi-quadrática no interior de cada painel definido sobre a superfície do corpo e superfície livre. Para isso adota-se um sistema de referência local (ε,τ) que une os centróides de painéis adjacentes (Ver Fig.1.2).

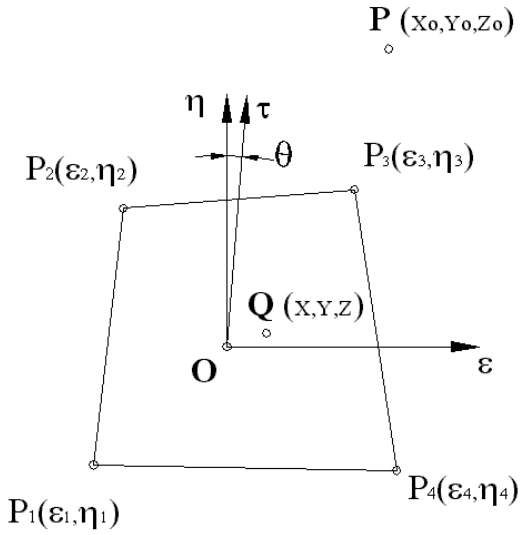


Fig. 1.2 Sistema de eixos não ortogonal (ε,τ,ζ)

Para melhorar a qualidade dos resultados, a distribuição "B-spline" bi-quadrática engloba um domínio local definido pelo painel a ser avaliado e os oito vizinhos (ver Fig. 1.3). Os painéis vizinhos encontram-se classificados e ordenados através dos índices posicionadores m e n, como mostrados na figura Fig.1.3:

Fig. 1.3 Identificação dos vizinhos em torno ao painel Q à través dos índices m e n

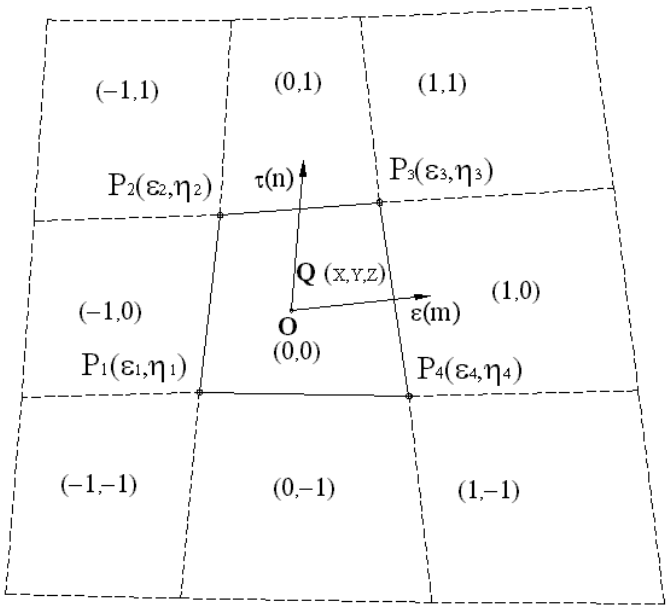


Fig. 1.3 Identificação dos vizinhos em torno ao painel Q através dos índices m e n

A distribuição "B-spline" bi-quadrática é definida pela equação Eq.(3.3):

$$\phi_S(\varepsilon,\tau)=\sum_{m=1}^{1}\sum_{n=1}^{1} b_m^{(2)}(\varepsilon)\,b_n^{(2)}(\tau)\; a(\varepsilon+m,\tau+n) \qquad \text{Eq.(3.3)}$$

Onde:

(ε,τ) : Coordenadas do sistema não-ortogonal ε,τ

a : Coeficiente da "spline" no painel Q

b(ε) e b(τ) : Funções de interpolação, polinômios quadráticos por partes nas direções ε e τ, respectivamente.

As funções de interpolação são definidas pelas expressões:

$$b_m^{(2)}(\varepsilon)=\begin{cases}\frac{1}{2h^2}\left(\varepsilon+\frac{3h}{2}\right)^2 & \\ \frac{1}{h^2}\left(-\varepsilon^2+\frac{3h^2}{4}\right) & \\ \frac{1}{2h^2}\left(-\varepsilon+\frac{3h}{2}\right)^2 & \end{cases}$$

Eq.(3.4)

Onde:

h_ε ou h_τ : distância entre centróides dos lados do painel Q nas direções ε e τ, respectivamente.

3.1 Linearização das condições de contorno da superfície livre

As condições de contorno da superfície livre (Eq.(2.5) e Eq.(2.6)), na sua forma exata, envolvem termos não lineares e são aplicadas na superfície livre deformada. Uma vez que a forma da superfície livre é desconhecida a priori, o esquema de solução deve ser necessariamente iterativo. A presente solução emprega o princípio da linearização das condições de contorno da superfície livre resolvendo o problema na forma conhecida por Neumann-Kelvin. Esta metodologia permite obter soluções de boa qualidade à custa de esforço computacional, tempo de processamento e dificuldade de implementação considerados adequados.

As expressões linearizadas para as condições de contorno da superfície livre são apresentadas a seguir:

a. condição de contorno cinemática:

$$\frac{\partial \phi_S}{\partial z} = - U \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad , \text{ em } z = 0 \qquad \text{Eq.(3.5)}$$

b. condição de contorno dinâmica:

$$\zeta = \frac{U}{g} \frac{\partial \phi_S}{\partial x} \quad , \text{ em } z = 0 \qquad \text{Eq.(3.6)}$$

Substituindo-se a equação, Eq.(3.6), na equação Eq.(3.5), tem-se a condição combinada da superfície livre:

$$\frac{\partial \phi_S}{\partial z} = - \frac{U^2}{g} \frac{\partial^2 \phi_S}{\partial x^2} \quad , \text{ em } z = 0 \qquad \text{Eq.(3.7)}$$

3.2 Condição de contorno de radiação

Esta condição pode ser representada considerando a elevação da superfície livre e sua derivada no sentido do avanço do navio como nulas. Portanto, levando-se em conta a equação Eq.(3.6), pode-se escrever:

$$\frac{\partial \phi_S}{\partial x} = 0 \qquad \text{, à vante da superfície livre} \qquad \text{Eq.(3.8)}$$

e

$$\frac{\partial^2 \phi_S}{\partial x^2} = 0 \quad \text{, também à vante da superfície livre} \qquad \text{Eq.(3.9)}$$

3.3 Condição de contorno no fundo

Para representar a influência do fundo plano do canal, emprega-se o Método da Imagem. Dessa forma, a imagem da distribuição de singularidades anula a velocidade induzida na direção do eixo z pelo navio sobre o fundo, como mostrado na figura 1.4.

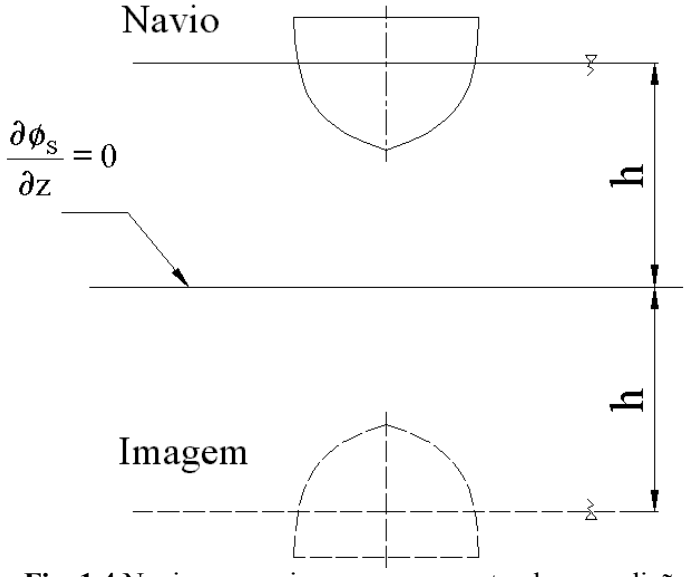


Fig. 1.4 Navio e a sua imagem representando a condição de contorno de fundo

3.4 Discretização do problema

No caso da distribuição da intensidade de cada fonte de Rankine ser assumida constante no interior de cada painel, a forma discretizada da equação da Terceira Identidade de Green, Eq.(3.1), é expressada por:

$$2\pi\phi_{S\,(P)\,P=Q} + \sum_{\substack{Q=1\\Q\neq P}}^{NSt}\left[\phi_{S(Q)}\left(\int_{SQ}\frac{\partial}{\partial n}G_{(P,Q)}\,dS\right)\right] = \sum_{Q=1}^{NSt}\left[\left(\frac{\partial}{\partial n}\phi_{S(Q)}\right)\left(\int_{SQ}\mathcal{G}_{(P,Q)}\,dS\right)\right] \qquad \text{Eq.(3.10)}$$

$/\,P = 1 \ldots NSt$

Onde:

NSt : Número total de painéis do domínio fluido (Corpo + Sup. Livre)

P, Q : Indicador do número do painel campo e fonte respectivamente.

Para a aplicação da distribuição "B-spline" bi-quadrática do potencial de velocidades, Eq. (3.3), realiza-se uma transformação de coordenadas, passando-se do sistema de referência físico ao sistema de referência computacional, no qual, painéis quadrangulares arbitrários tornam-se painéis retangulares de dimensões h_ε e h_τ igual a 2. (ver Fig. 1.5)

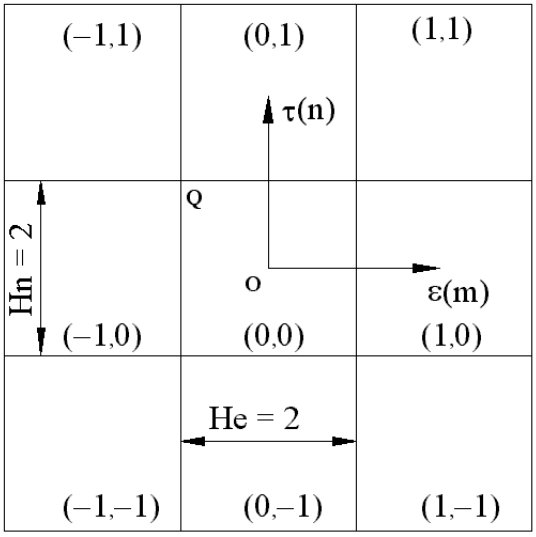
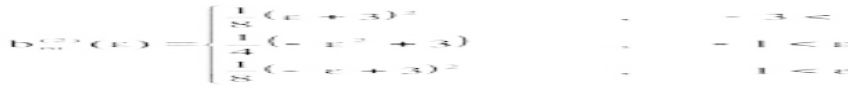


Fig. 1.5 Painel Q e seus vizinhos no sistema computacional

Assim, as funções de interpolação quadráticas (Eq.(3.4)) ficam definidas por:



Eq.(3.11)

As equações da condição de contorno de radiação, Eq.(3.8) e Eq.(3.9), serão aplicadas à vante da superfície livre, na segunda fileira (NRad) como mostrado a seguir:

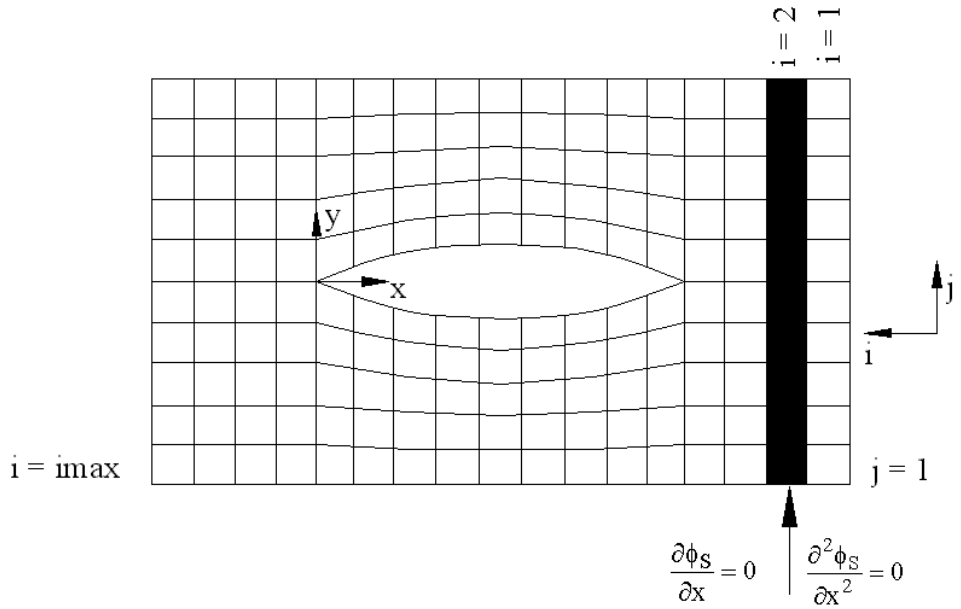
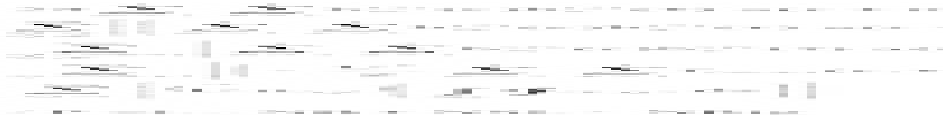


Fig. 1.4 Aplicação das equações da condição de contorno de radiação

Na primeira coluna (i = 1) e na última coluna (i = imax) não serão aplicadas as condições de contorno da superfície livre, sendo estes painéis nomeados como NRig.

Com estas considerações, substitui-se todas as condições de contorno descritas anteriormente juntamente com a distribuição "B-spline" bi-quadrática definida pela equação Eq.(3.10).

Considerando a distribuição "B-spline" bi-quadrática, a forma discretizada da 3ª Identidade de Green é dada por:



Eq.(3.13)

$$\sum_{m=1}^{1}\sum_{n=1}^{1} g_{(m,n)}(\varepsilon,\tau)\ a(\varepsilon+m,\tau+n) = 0 \qquad / \quad P = \text{NRad} \qquad \text{Eq.(3.14)}$$

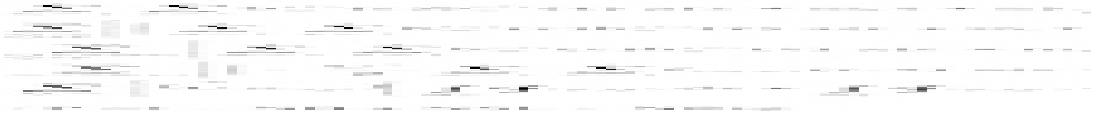
$$\sum_{m=1}^{1}\sum_{n=1}^{1} f_{(m,n)}(\varepsilon,\tau)\ a(\varepsilon+m,\tau+n) = 0 \qquad / \quad P = \text{NRad}$$

Onde:

$$g_{(m,n)}(\varepsilon,\tau) = \frac{\partial b_m^{(2)}(\varepsilon)}{\partial \varepsilon} b_n^{(2)}(\tau)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + b_m^{(2)}(\varepsilon)\frac{\partial b_n^{(2)}(\tau)}{\partial \tau}\frac{\partial \tau}{\partial x}$$

$$f_{(m,n)}(\varepsilon,\tau) = \frac{\partial^2 b_m^{(2)}(\varepsilon)}{\partial \varepsilon^2} b_n^{(2)}(\tau)\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right)^2 + b_m^{(2)}(\varepsilon)\frac{\partial^2 b_n^{(2)}(\tau)}{\partial \tau^2}\left(\frac{\partial \tau}{\partial x}\right)^2 + 2\frac{\partial b_m^{(2)}(\varepsilon)}{\partial \varepsilon}\frac{\partial b_n^{(2)}(\tau)}{\partial \tau}\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial \tau}{\partial x}\right.$$

No caso da aplicação do Método da Imagem, (ver Fig. 1.4), considera-se os painéis fontes colocados a uma distância z = -h. Esses painéis serão nomeados pelo índice Q' e sua influência será avaliada nos painéis-campo originais, como definida pelas equações Eq. (3.13) e Eq.(3.14) a seguir:



Eq.(3.13)

$$\sum_{m=1}^{1}\sum_{n=1}^{1} g_{(m,n)}(\varepsilon,\tau)\ a(\varepsilon+m,\tau+n) = 0 \qquad / \quad P = \text{NRad} \qquad \text{Eq.(3.14)}$$

$$\sum_{m=1}^{1}\sum_{n=1}^{1} f_{(m,n)}(\varepsilon,\tau)\ a(\varepsilon+m,\tau+n) = 0 \qquad / \quad P = \text{NRad}$$

4. RESULTADOS NUMÉRICOS

Neste trabalho utiliza-se a integração das pressões na parte submersa para avaliar o Coeficiente de Resistência de Onda (Cw). Para os exemplos que serão apresentados, aproveitou-se a simetria do escoamento para diminuir o número de incógnitas.

As dimensões da malha da superfície livre utilizada será a empregada por Sclavounos & Nakos [14], e é mostrada na seguinte figura:

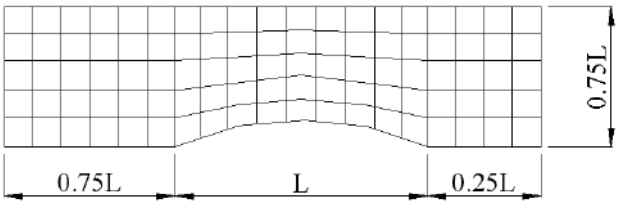
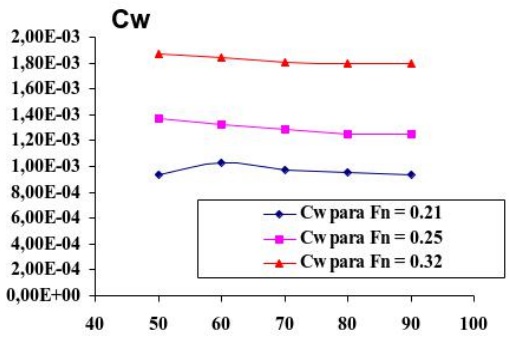


Fig. 1.5 Dimensões da malha da superfície livre

4.1 Coeficiente de Resistência de Onda (Cw) para águas profundas

Resultados obtidos para o casco Wigley serão comparados com resultados de ensaios experimentais da ITTC de 1984; com os resultados obtidos por Chen & Noblesse[1]; assim como com resultados obtidos por Santana[13] que utilizou a Fonte de Kelvin como função de Green. As dimensões do modelo testado são L=1.0m, B=0.0625m e T=0.1m.

De início, foram realizados testes de convergência para se verificar a influência das dimensões dos painéis sobre os resultados. Salienta-se que os resultados mostrados, foram obtidos empregando as dimensões da superfície livre mostrada anteriormente, mas as dimensões e o número de painéis da superfície livre e do corpo foram variadas em relação ao número de painéis colocados longitudinalmente no casco. A figura Fig.1.9 mostra o valor dos Coeficientes de Resistência de Onda (Cw) para diversos números de painéis, considerando-se três valores de velocidades diferentes.



	Numero de Painéis		
Fileira ao longo do casco	**Corpo**	**Sup. Livre**	**Total**
50	343	1782	2125
60	413	2142	2555
70	483	2520	3003
80	553	2880	3433
90	623	3258	3881

Fig. 1.9 Curva de Cw do Presente para vários números de painéis

Da figura Fig.1.9, observa-se boa convergência com o aumento do número de painéis para os três valores do número de Froude. Os resultados mostrados nas figuras Fig.1.6 até Fig.1.8 foram obtidos empregando 3881 painéis na metade do corpo e superfície livre.

a) Comparação entre os resultados da ITTC 1984 e o Presente Método

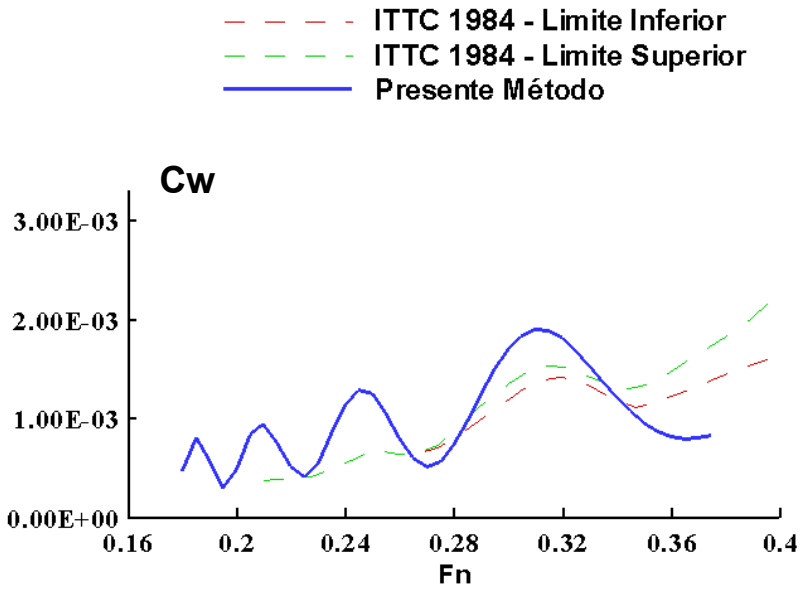


Fig. 1.6 Curva de resultados experimentais da ITTC 1984 vs. Presente Método

Da figura Fig.1.6, observa-se boa aderência qualitativa entre os resultados numéricos obtidos com o presente método e os resultados experimentais, os dois representam bem as cristas e cavados da curva de Cw vs. Froude até o Fn igual a 0.34. Após este numero de Froude os resultados numéricos apresentam um desfasamento em relação ao resultado experimental. Observa-se também uma aderência quantitativa satisfatória para essa faixa de número de Froude.

a) Comparação entre os resultados de Chen & Noblesse [1]]

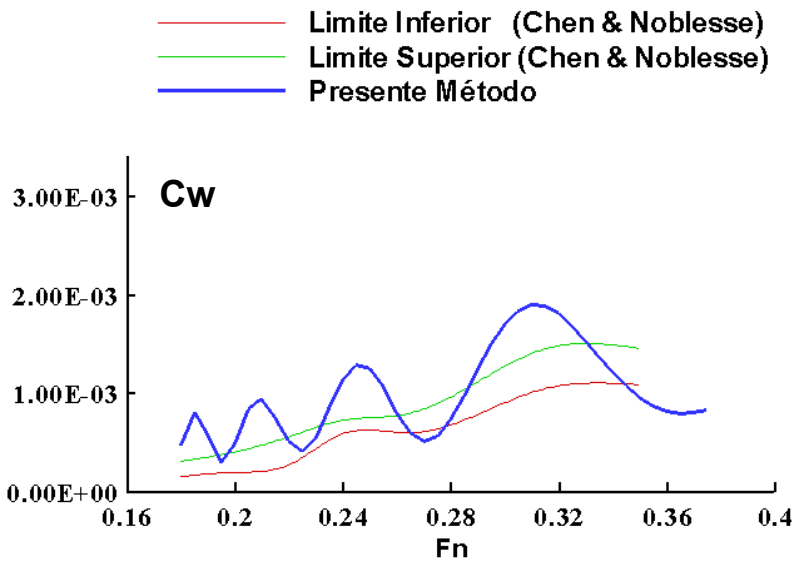


Fig. 1.7 Curva de resultados fornecidos por Chen & Noblesse vs. Presente Método

Os resultados do presente método e os resultados experimentais fornecidos por Chen & Noblesse[1] apresentam boa aderência qualitativa para a faixa de números de Froude de 0.22 até 0.36. Para a faixa de números de Froude de 0.18 até 0.22, os resultados numéricos apresentam cristas e cavados pronunciados. Observa-se aderência quantitativa para toda a faixa de números de Froude considerada.

b) Comparação entre os resultados utilizando a fonte de Kelvin (Santana[13])

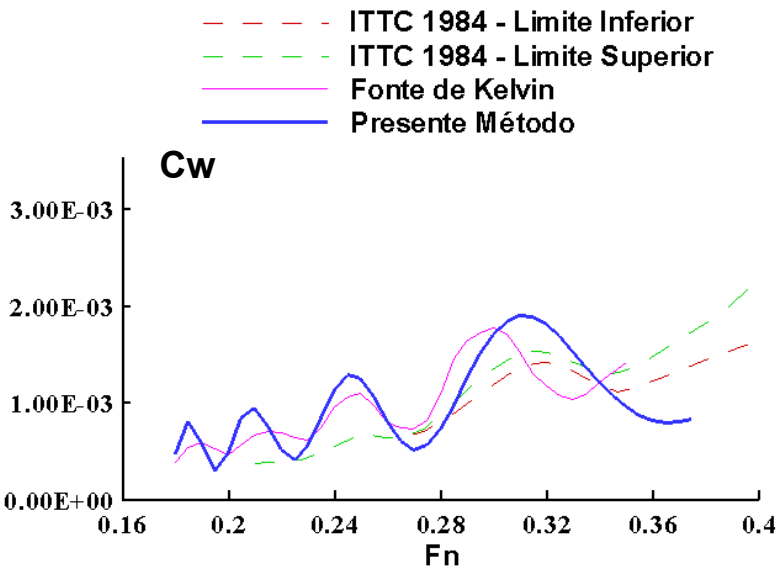


Fig. 1.8 Curva de resultados empregando a Fonte de Kelvin vs. Presente Método

Observa-se boa aderência qualitativa entre as duas soluções numéricas, com algumas regiões de desfasamento. O resultado do presente método apresenta melhor comportamento qualitativo que os obtidos com a Fonte de Kelvin se comparados aos resultados experimentais da ITTC 1984 .

4.2 Coeficiente de Resistência de Onda (Cw) com efeito de fundo

O mesmo casco Wigley descrito anteriormente foi utilizado considerando-se diferentes profundidades (identificadas pela grandeza adimensional h/T). Os resultados obtidos para Cw estão apresentados nas figuras Fig.1.10 e Fig.1.11 para dois valores distintos da relação h/T e comparados com resultados também numéricos fornecidos por Saha et al. [11].

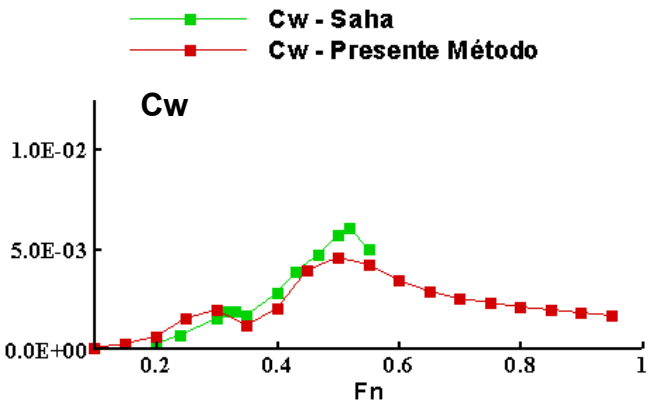


Fig. 1.10 Curva de Cw para h/T = 5

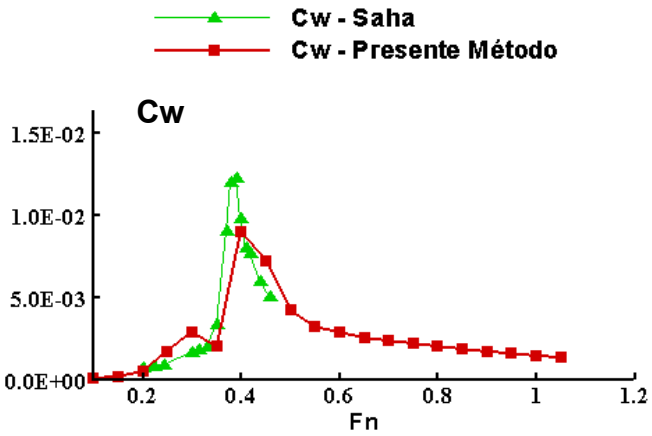


Fig. 1.11 Curva de Cw para h/T=2.5

A comparação dos resultados permite observar uma boa aderência quantitativa e qualitativa dos resultados do presente método com os resultados obtidos por Saha et al. [11].

4.3 Elevação da superfície livre

A figura Fig.1.12 apresenta uma interessante comparação entre as curvas de níveis correspondentes as elevações da superfície livre para o caso de águas profundas e com efeito de fundo (h/T=2.5). O mapa cromático permite uma clara identificação da concentração de valores de elevação mais elevadas no caso correspondente à condição de águas rasas.

Também, nos resultados apresentados na figura Fig.1.13, os perfis de elevação da superfície livre junto ao casco tipo Wigley indicam elevações superiores no caso do perfil afetado pelo efeito de fundo.

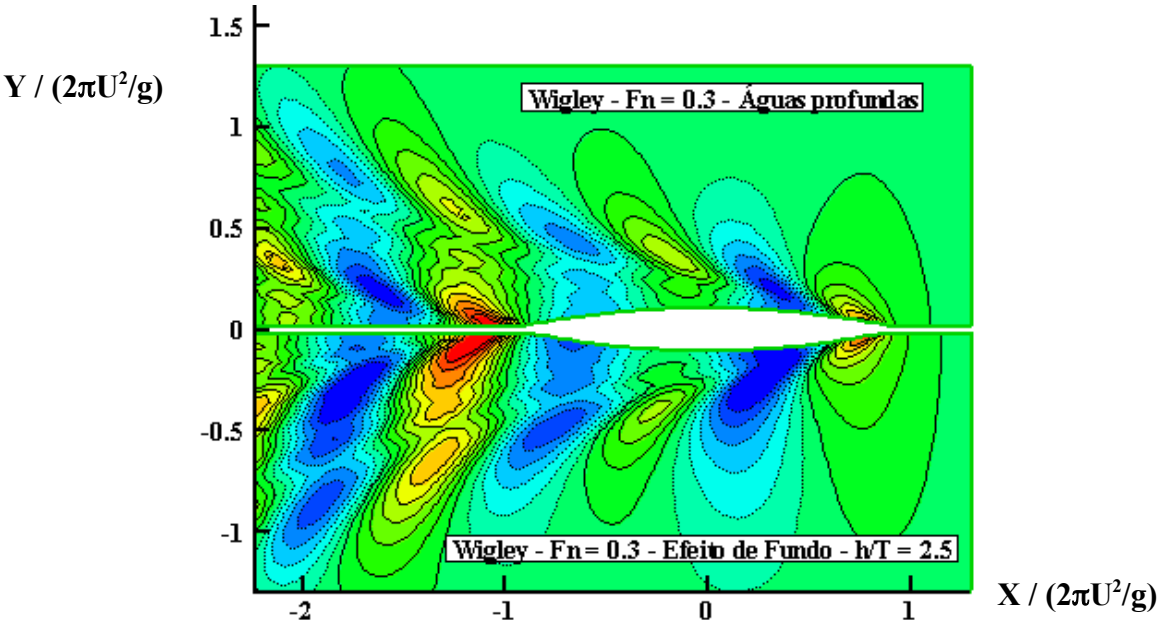


Fig. 1.12 Deformações da superfície livre

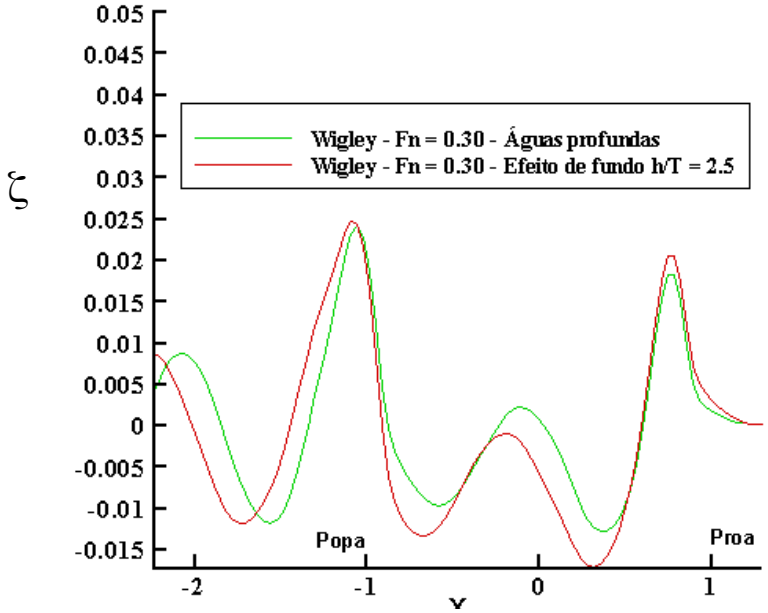


Fig. 1.13 Perfis das deformações da superfície livre

O efeito de fundo na Resistência de Onda experimentada pelo casco tipo Wigley pode ser melhor caracterizado pelos resultados apresentados na figura Fig.1.14. Nessa figura, curvas de Cw x $U/\sqrt{gh}$ são definidas para diferentes valores da relação h/T.

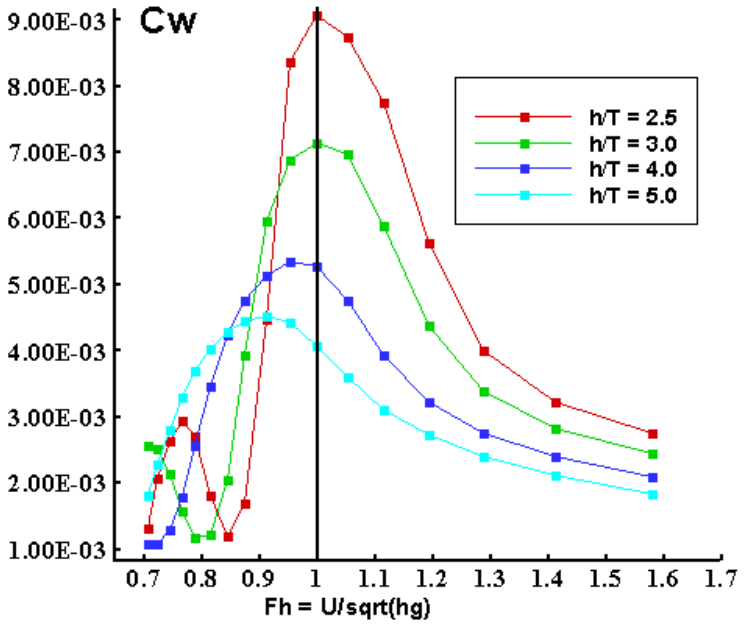


Fig. 1.14 Curvas de Cw para diferentes valores de h/T

O comportamento das curvas de Cw mostradas na figura Fig.1.14 indica coerência com as características físicas esperadas para o fenômeno da Resistência de Onda, mostrando nitidamente a tendência crescente do efeito de fundo com a diminuição da relação h/T. As curvas também apresentam valores máximos para $U/\sqrt{gh}$ =1 e o comportamento declinante de Cw para valores de $U/\sqrt{gh}$ >1.

5.0 CONCLUSÕES

O Método dos Painéis utilizando a fonte de Rankine e o processo da linearização da superfície livre de Neumann-Kelvin empregados neste trabalho para a determinação do Coeficiente de Resistência de Onda (Cw) de navios demonstrou produzir uma ferramenta eficiente e confiável para fins de aplicação em projeto. A representação do potencial de velocidades (ϕ_S) através de uma distribuição B-spline "bi-quadrática" mostrou-se adequada para fornecer resultados de boa qualidade para a determinação da Resistência de Onda de navios.

Os resultados obtidos para os casos de águas profundas e também com efeitos de fundo conseguiram representar bem as características físicas do problema da Resistência de Onda.

Os resultados podem ser obtidos com um tempo computacional razoável. Por exemplo: teste com 3881 painéis, realizado em um computador pessoal com processador AMD Athlon™ XP 2000 de 1.66GHz e 224MB de RAM, requereu um tempo de processamento de cerca de 30 minutos para cada número de Froude.

A partir dos testes realizados e dos bons resultados obtidos pode-se concluir que o método de análise aqui descrito oferece uma alternativa prática e eficiente para a avaliação da Resistência de Onda de navios, cobrindo faixas de números de Froude amplas e incluindo efeitos de fundo.

REFERENCIAS

[1] **CHEN, C. Y. & NOBLESSE F.,** "Comparison Between Theoritical Predictions of Wave Resistance and Experimental Data for the Wigley Hull", *Journal of Ship Research* Vol. 27 no. 4, pp. 215 – 226, 1983.

[2] **DAWSON, C. W.,** "A Practical Method for Solving Ship-Wave Problem", *2nd International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics*, pp. 30 – 38, 1977.

[3] **DOMICIANO, V., DE CONTI, M. B.,** "Cálculo da Resistência de Ondas através de um Método de Elementos de Contorno", *19° Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore"*, T-129, pp. 1-15, 2002.

[4] **FLOWTECH.,** *ShipFlow Theoretical Manual version 1.3*, FLOWTECH International AB, 1993.

[5] **HESS, J. L. & SMITH, A.M.O.,** "Calculation of Nonlifting Potential Flow About Arbitrary Three-Dimensional Bodies", *Journal of Ship Research* Vol.8 no. 2.

[6] **MORAES DE, H. B. & VASCONCELLOS, J. M.,** "Analise da Resistência de Onda em Catamarãs de Alta Velocidade", *19º Congresso Nacional de Transportes Maritimos, Construção Naval e Offshore, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval*, T-147, Out.2002.

[7] **INGLIS, R. B.,** A Three Dimensional Analysis of Motion of Rigid Ship in Waves. Tese de Ph.D., Department of Mechanical Engineering / University of London, London, England, 1980.

[8] **NAKOS, D. E. & SCLAVOUNOS, P. D.,** "Ship Motions by a Three Dimensional Rankine Panel Method", *Proceedings of the 18th Symposium on Naval Hydrodynamics*, Ann Arbor, Michigan, pp.21-40, 1990.

[9] **NEWMAN, J. N.,** *Marine Hydrodynamics*, 1 ed. Cambridge, MIT Press,1974.

[10] **NOBLESSE, F.,** "The Fundamental Solution of the Theory of Steady Motion of a Ship", *Journal of Ship Research,* Vol. 21 no. 2, Jun 1977.

[11] **SAHA, G. K., SUZUKI, K., KAI H.,** "Hydrodynamic Optimization of Ship Hull forms in Shallow Water", *Journal of Marine Science and Tecnology*, 2004.

[12] **SALHUA, C. A.,** Fontes de Rankine Aplicadas a Escoamentos com Superfície Livre. Tese de M.Sc., COPPE-PENO/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.

[13] **SANTANA, J. F.,** Determinação Numérica da Resistência de Onda de Navios de Formas Arbitrárias. Tese de M.Sc., COPPE-PENO/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 1992.

[14] **SCLAVOUNOS, P. D. & NAKOS, D.E.,** "Stability Analysis of Panel Methods for Free Surface Flows with Forward Speed", *Proceedings of the 17th Symposium on Naval Hydrodynamics*, The Hague, 1988.

[15] **SCLAVOUNOS, P. D.,** *Computation of Wave Ship Interactions*, In: Bhattacharyya, R., (ed), Advances in Marine Hydrodynamics, 1 ed, chapter 4, New York, USA, , John Wiley & Sons INC, 1983.

EFECTOS DE LOS TRATADOS DE LIBRE COMERCIO EN EL SISTEMA NAVIERO Y PORTUARIO DE CHILE

A. Santander*; R. Marí y M. Salas***
astridsantander@uach.cl

***Instituto de Ciencias Navales y Marítimas**
Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile
Casilla 567, Valdivia, Chile.
**** Facultad de Ciencia e Ingeniería Náuticas**
Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Resumen

Un país con un mercado interno reducido como el chileno requiere de una participación activa en el comercio internacional para mantener de forma sostenida sus tasas de crecimiento, niveles de empleo, innovación tecnológica y eficacia en la asignación de los recursos.

Chile pretende lograr una incorporación mundial múltiple y flexible. Una participación que le permita involucrarse activamente en los procesos de integración regional y bilateral, además de entregar seguridad legal y económica a los exportadores e importadores chilenos.

La formación de bloques comerciales globales ha influido en un rápido cambio en los volúmenes y rutas de intercambio comercial. Incluso países pequeños y alejados de las grandes rutas comerciales han podido beneficiarse de esta tendencia en la globalización comercial. Chile es un país que hace solo una década exhibía un modesto intercambio comercial ha visto un incremento notable de su comercio exterior gracias a una política unilateral de reducción de aranceles y, recientemente, a la entrada en vigor de tratados le libre comercio con grandes países o asociaciones de países. Sobre el 95 % de este intercambio se hace vía marítima.

Se estima que mediante la política de acuerdos económicos, Chile tendrá cubierto un porcentaje cercano al 90% del total del comercio exterior para antes del 2010. Considerando los acuerdos de libre comercio vigentes, el mercado potencial para las exportaciones chilenas

llega a más mil millones de potenciales compradores de los productos chilenos (Unión Europea, EE.UU, México, Corea del Sur, Canadá y otros).

Naturalmente un aumento tan acelerado del comercio exterior ha generado enormes presiones sobre el sistema Naviero-Portuario chileno. La adaptación ha sido flexible y en diferentes etapas, lográndose grandes progresos en términos de eficiencia gracias a nuevos diseños de operación de la infraestructura portuaria y a una agresiva expansión de las compañías navieras chilenas.

1. Globalización

El motor del actual proceso de globalización es la "globalización económica", que consiste básicamente en desmantelar las limitaciones nacionales al comercio, promoviendo la libre circulación de bienes y capitales.
La "globalización económica", es posible gracias al apoyo de agencias internacionales como la Organización Mundial de Comercio (OMC).
El fenómeno más reciente y quizás más importante del proceso de globalización, es el surgimiento de acuerdos comerciales, como instrumentos claves del desarrollo de los países.
La globalización incluye una gran diversidad de temas asociados, entre los que destacan: la cooperación en diversas materias (Ej.: aduanas) y el fomento de una actuación comercial de absoluta transparencia (Ej.: dumping y subsidios).

1.1 Tratados de Libre Comercio

Los Tratados de Libre Comercio (TLCs), involucra muchos aspectos, estos van desde factores estrictamente económicos y financieros hasta factores geográficos, demográficos y culturales, en los cuales se ve involucrada a diario nuestra sociedad [ref.:1].
La estrategia económica de Chile se ha centrado en mejorar su comercio exterior, con el fin de hacerlo más competitivo y de ese modo ampliar el mercado consumidor, incentivar la inversión extranjera y la creación de empleos para los chilenos.

Las medidas tendientes la obtención de los objetivos planteados son:

- **Reducción de Aranceles:** Una de las medidas para ampliar el intercambio comercial es la reducción de los aranceles cuyo objetivo principal es facilitar el ingreso al mercado nacional de productos extranjeros.

- **Creación de Bloques Económicos**: La globalización está llevando a los países a buscar la asociación en bloques comerciales, como una forma de ser más competitivos. Estos pueden caracterizarse por una mayor o menor apertura económica.

Los objetivos principales de los Tratados de Libre comercio (TLCs) son:

- Eliminar obstáculos al comercio y facilitar la circulación de bienes y servicios.
- Promover condiciones de competencia leal. Proteger y hacer valer, adecuada y efectivamente, los derechos de propiedad intelectual.
- Crear procedimientos eficaces para la aplicación y cumplimiento del tratado, para su administración conjunta y solución de controversias.
- Establecer lineamientos para una ulterior cooperación, encaminada a ampliar y mejorar los beneficios.
- Reducir la vulnerabilidad de las exportaciones ante medidas unilaterales y discrecionales.
- Fortalecer la industria nacional mediante un sector exportador sólido y competitivo.
- Contribuir a la creación de empleos.

Existen dos tipos de **Acuerdos Comerciales**:

- **Los De Cooperación Internacional**

  Es un sistema mediante el cual se asocian varios estados con el fin de alcanzar determinados objetivos comunes que responden a sus intereses solidarios, sin que la acción emprendida, ni las medidas adoptadas para alcanzarlos, afecten esencialmente a sus jurisdicciones o a sus prerrogativas de estado soberano.
- **Los De Integración Internacional**

  Es un sistema en cual se unen varios estados, aceptando no hacer valer unilateralmente sus jurisdicciones y delegando su ejercicio en una autoridad supranacional, en la que se opera la fusión de sus intereses, y a cuyas decisiones aceptan someterse mediante el control y los procedimientos adecuados, para todo aquello que se refiera al sector de actividad encomendado a la alta autoridad.

Existen tres tipos de acuerdos, según la clasificación hecha por la OMC, la cual considera el número de países involucrados o afectados, estos son:

- **Acuerdo Bilateral**

  Es un acuerdo celebrado entre dos países con propósitos definidos, estos pueden ser:

  - Intercambiar preferentemente productos.
  - Concederse ventajas recíprocas.
  - Limitar las mismas posibilidades a terceros países, que no participan del Acuerdo, etc.

- **Acuerdo Multilateral**

  Se denomina así, al acuerdo celebrado entre más de dos países. Ejemplos de este tipo de acuerdo son: APEC, OCDE y OMC.

La finalidad de los TLCs, radica en la necesidad de buscar fundamentalmente los siguientes tres grandes puntos, estos son:

- Un nuevo escenario para la economía mundial donde los países se agrupan en bloques.
- La necesidad de exportar productos con mayor valor agregado.
- La necesidad de contar con acceso expedito a mercados más seguros y estables.

1.2. Chile y los Acuerdos Económicos Internacionales

La "política comercial", es una pieza clave del modelo chileno de desarrollo. Chile ha tejido una amplia red de acuerdos con países de todo el mundo, que le han dado acceso a un megamercado de 1.250 millones de personas y que refuerzan la posibilidad de convertir a Chile en plataforma de inversiones.

Una de las reformas económicas chilenas más importantes del Siglo XX, ha sido la "apertura comercial" de Chile. La que fue iniciada en 1973, y que en menos de un decenio, derribó todas las barreras proteccionistas.

Los primeros esfuerzos realizados en la década de los sesenta, destinados a expandir el mercado Chileno, consistían en liberalizaciones restringidas, cuyos objetivos eran aprovechar las economías de escala y las complementariedades de los sectores productivos que surgieran de esta estrategia. En 1960, Chile firmó la creación del Acuerdo Latinoamericano de Libre Comercio, ALALC[1]. Y luego en 1969, formó parte del Pacto Andino o Acuerdo de Cartagena[1], acuerdo que intentó profundizar los esfuerzos de integración llevados a cabo en el marco del primero. Este Pacto incluía un objetivo, el cual consistía en el reparto regional equilibrado de programas industriales que redistribuyera equitativamente sus eventuales beneficios entre los socios.

Los resultados de estos dos esfuerzos no fueron significativos y los programas industriales prácticamente inexistentes.

A partir de 1973, la estrategia de desarrollo "hacia adentro" (sinónimo de sustitución de importaciones), que buscaba utilizar a la industrialización como motor de desarrollo, fue

[1] **ALALC**, conformado inicialmente por: Brasil, Colombia, Chile, Argentina Ecuador, México, Paraguay, Perú y Uruguay; más tarde se adhirieron Bolivia y Venezuela.

[1] **Pacto Andino**, conformado por: Colombia, Bolivia, Ecuador, Perú y Chile.

reemplazada por una estrategia “hacia fuera”, que privilegiaba las exportaciones como fuente principal del desarrollo [ref.:2]

Uno de los principales pilares de la nueva estrategia de desarrollo fue:

- Estimulación de nuevas exportaciones.
- Someter a todos los sectores a la competencia externa y a través de ella, controlar los monopolios internos.
- Estimular la absorción de nuevas tecnologías.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Abrir nuevos mercados y modernizar los sectores productivos.

Esta liberalización comercial ha sido acompañada de otras reformas desde sus inicios hasta el día de hoy, las cuales se han reforzado mutuamente. Entre éstas destacan las siguientes:

- La liberalización de todos los precios (en los setenta).
- La reestructuración del Sector Público junto con una profunda reforma fiscal.
- El fortalecimiento de los derechos de propiedad.
- La flexibilización y modernización de los mercados de trabajo y capital.
- Una política cambiaria más flexible y realista.
- La apertura de la cuenta de capital, así como la facilitación de la inversión extranjera.

Sin ellas, la liberalización comercial no habría tenido el éxito obtenido.

Con el regreso a la democracia en Chile, existían ciertas dudas sobre la continuidad de la estrategia de desarrollo “hacia fuera”. Sin embargo, las nuevas autoridades decidieron seguir adelante con la misma estrategia de desarrollo, basada en el mercado como mecanismo principal de asignación de recursos, con el estado reducido a su rol regulador, estabilizador, redistribuidor y una amplia apertura al exterior para aprovechar más plenamente las ventajas comparativas de los mercados externos. Las nuevas autoridades redujeron la tasa arancelaria uniforme en forma paulatina a partir desde 1998, para llegar a 6% en enero 2003.

A partir de 1992, se originó un cambio importante en la "política de liberalización comercial". Provocada por la inclinación del gobierno hacia una "estrategia de liberalización bilateral", por la vía de los "acuerdos comerciales preferenciales", como una medida de profundización de la "apertura comercial". Dicha profundización se transformó en los acuerdos denominados Sur-Sur entre 1993 y 2001, y otros Norte-Sur con Unión Europea y Estados Unidos.

Las razones que explican este cambio son varias, entre éstas destacan:

- La ampliación de mercados para nuestras exportaciones.
- La protección de prácticas desleales.
- La probable mayor estabilidad en las reglas de juego del intercambio.
- El avance en todas las dimensiones del comercio.
- Promoción de la exportación de bienes manufacturados.

1.3. Acuerdos Económicos Internacionales

Durante las últimas décadas, Chile ha logrado un sólido crecimiento económico. Uno de los principales motores para lograrlo ha sido el dinamismo de su sector exportador y la activa política de integración comercial y promoción de las exportaciones.

Desde el retorno de la democracia, Chile ha concretado una amplia red de acuerdos con países de todo el mundo. En conjunto, estos acuerdos, buscan disminuir la vulnerabilidad externa de la economía, sobre todo en tiempos de turbulencias financieras; consolidar y ampliar el acceso de los productos chilenos a los principales mercados internacionales, diversificar las exportaciones y contar con reglas del juego claras.

Esta gigantesca red incluye:

- Tratados de Libre Comercio (TLCs).
- Acuerdos de Complementación Económica (ACE).
- Acuerdos referidos a la Promoción y Protección de Inversiones (APPI).
- Acuerdos que evitan la doble tributación, de seguridad social, y de cielos abiertos.

El objetivo de la política de comercio exterior chilena, es alcanzar mayores niveles de liberalización de los intercambios comerciales, diversificar los mercados, aumentar la

competitividad de la industria y avanzar en la exportación de productos con mayor valor agregado, además de crear un marco exigente de normas y disciplinas comerciales. Asimismo, pretende atraer y dinamizar inversiones, llevar el desarrollo a las regiones y generar más y mejores empleos, nuevas oportunidades, y una mayor prosperidad y bienestar para todos los chilenos.

En este contexto, podemos decir que los tres tratados comerciales más importantes logrados por Chile son los suscritos con: la Unión Europea, Corea del Sur y Estados Unidos, los que constituyen un gran éxito de esta política comercial.

1.4. Acuerdos Regionales

Actualmente, Chile es miembro activo de dos acuerdos regionales, estos son: ALADI y APEC. Pero también será miembro del ALCA, cuando éste entre en vigor.

1.5. Acuerdos de Complementación Económica:

Chile posee acuerdos de complementación económica con: Bolivia (1993), Venezuela (1993), Colombia (1994), Ecuador (1995) y Perú (1998);

Algunos objetivos de estos acuerdos son:

- El establecimiento de un espacio económico ampliado entre los dos países, que permita la libre circulación de bienes, servicios y factores productivos.
- El establecimiento de las bases para una creciente integración de las economías de los países signatarios.
- La facilitación, ampliación y diversificación de los intercambios comerciales de bienes y servicios.
- El fomento y estímulo a las actividades productivas en sus territorios.
- El estímulo de las inversiones encaminadas a un aprovechamiento de los mercados.
- La facilitación de las inversiones de cada país en el territorio del otro.
- La creación de condiciones para un avance bilateral armónico y equilibrado.
- El establecimiento de un marco jurídico e institucional para el desarrollo de una cooperación económica en áreas de mutuo interés.
- El establecimiento de mecanismos que fomenten la participación de los agentes económicos.

- La liberación total de gravámenes y eliminación de las restricciones de las importaciones originarias de los mismos.
- Propiciar una acción coordinada de los Foros Económicos Internacionales así como en relación a los países industrializados.
- La coordinación y complementación de las actividades económicas, en especial, en las áreas industrial y servicios.
- La facilitación del funcionamiento de empresas binacionales y multinacionales de carácter regional.
- La intensificación de las relaciones económicas y comerciales.
- La promoción de la complementación y cooperación económica.

- El 21 de agosto de 1998, Chile y Cuba concluyeron las negociaciones comerciales para un Acuerdo de Alcance Parcial, lo que implica la liberalización de una lista acotada de productos, además de algunas disciplinas comerciales complementarias a esta apertura.

- El Mercado Común del Sur (MERCOSUR), surgió el 26 de marzo de 1991, cuando Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay firmaron el Tratado de Asunción. Nació con el objetivo de crear una zona de libre comercio entre estos países. Chile en 1996, suscribió con este bloque un Acuerdo de Complementación Económica (ACE).

  La zona de libre comercio establecida en este acuerdo, contempla la adopción de un Programa de Liberación Comercial, es decir, de desgravación arancelaria que favorece al universo de los productos originarios en los territorios de los signatarios. Estas desgravaciones son anuales, progresivas y automáticas. Se aplican a partir de los gravámenes vigentes para terceros países. La desgravación para más del 90% de los productos culminó en 1° de enero del año 2004, mientras que para los productos más sensibles, la liberación total no deberá exceder del año 2014.

Los principales objetivos de este acuerdo, son los siguientes:

- La conformación de un espacio económico ampliado que tienda a facilitar la libre circulación de bienes y servicios y la plena utilización de los factores productivos.
- La formación de una zona de libre comercio entre las partes en un plazo de diez años.
- La promoción del desarrollo y utilización de la infraestructura física, con especial énfasis en el establecimiento de interconexiones bioceánicas.
- Promoción de inversiones recíprocas.
- El estímulo a la complementación y cooperación económica, energética, científica y tecnológica.

1.6. Tratados de Libre Comercio

El primer Tratado de Libre Comercio de Chile fue con Canadá, un país miembro del G8 (Grupo de los Ocho). Suscrito el 5 de diciembre de 1996, y entró en vigencia el 5 de julio de 1997, en conformidad con lo dispuesto en el Artículo XXIV[2] del GATT 1994 y en el Artículo V[3] del AGCS de la OMC. Además, se firmaron los Acuerdos de Cooperación Ambiental y Laboral.

- Tratado de libre comercio con México**,** firmado en Santiago, el 17 de abril de 1998.
- El 18 de octubre de 1999, en la ciudad de Guatemala, los Presidentes de Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala, Nicaragua y Chile se reunieron con el objeto de suscribir el Tratado de Libre Comercio entre Chile y Centroamérica.
- Con la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC), más conocida como EFTA, constituida por los países de Islandia, Liechtenstein, Noruega y Suiza, el 26 de junio de 2003, Chile firmó en Kristiansand (Noruega), un tratado de Libre Comercio con esta asociación.

[2] **Artículo XXIV**, referido a la conformación de un tratado de libre comercio.
[3] **Artículo V**, referido a la Integración Económica.

- En abril del 2002 se logró el TLC con la Unión Europea. Con el cual se abren nuevas y mayores oportunidades. El acuerdo es considerado el más avanzado que han llevado adelante europeos y chilenos. Éste es de carácter integral y se estructura sobre la base de tres pilares, estos son: Político, Cooperación, Económico y Comercial.

  En el ámbito Comercial, el acuerdo es comprehensivo, multisectorial y flexible. El principal beneficio para Chile es que asegura y mejora el acceso de sus exportaciones a los estados miembros de la Unión Europea. Abarca todas las áreas de la relación comercial y va mucho más allá de los compromisos de Chile con la OMC. Favorece los flujos de inversiones mediante la progresiva y recíproca eliminación de las barreras al comercio y el establecimiento de reglas claras, estables y transparentes para exportadores, importadores e inversionistas. Abre nuevos mercados, aumenta las opciones de los consumidores y establece un marco para el crecimiento sustentable.
- El acuerdo con Corea del Sur (Seúl 15 de febrero de 2003), es el primero entre un país asiático y uno de América del Sur. Siendo considerado un acuerdo de última generación. Contiene importantes ventajas arancelarias, reglas que dan estabilidad a las decisiones bilaterales de comercio e inversión, y un adecuado sistema de solución de controversias. Todo ello, transforma a este tratado, en un instrumento preciso para consolidar favorables expectativas de inversión, exportaciones y crecimiento del intercambio comercial.

Con este acuerdo, Chile refuerza su posición como pionero en la apertura y profundización de vínculos transpacíficos, estará en mejores condiciones de ser un puente efectivo entre Asia y América y seguirá aumentando sus posibilidades de ampliar los mercados para sus exportaciones. Siendo éste el único Tratado de Libre Comercio negociado por Corea del Sur, los exportadores chilenos disfrutarán de rebajas arancelarias disponibles sólo para ellos. Esto es válido para productos pesqueros, mineros, forestales, agrícolas, industriales y agroindustriales.

Con él, Chile podrá acceder a un mercado de 47 millones de potenciales compradores. Además, en la medida en que el acuerdo incremente el flujo de comercio entre Chile y Corea del Sur, se reducirán los costos de transporte marítimo y se generarán condiciones más

favorables para elevar las exportaciones a otras economías asiáticas. Tarea en la cual el gobierno está empeñado, manteniendo relaciones con China en busca de una nueva asociación.

- El Tratado de Libre Comercio con EE.UU. (junio del 2003), es un acuerdo equilibrado e integral de última generación. Además de todos los aspectos de la relación económica bilateral y del comercio de bienes, incluye aspectos relacionados con servicios, inversiones y servicios financieros. Estados Unidos es el primer socio comercial y principal inversionista extranjero en Chile. Representa cerca del 22% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial.

El acuerdo mejora las condiciones de ingreso al mercado de EE.UU. para la totalidad de los productos chilenos. En un máximo de diez y doce años, ingresarán a ese país sin arancel, dentro de ese plazo también irán creciendo las cuotas sin arancel que se negociaron, hasta cubrir el 100%.

2. Efecto de la apertura económica en la actividad Portuaria de Chile.

Cerca del 95% del intercambio de mercancías de Chile con el exterior se realiza a través de terminales marítimos, en un país cuyo comercio exterior en el año 2004 sobrepasó los US. $ 50 mil millones (exportaciones, 32.000; importaciones, 23.000) [ref.:3], en gran parte gracias a los tratados de libre comercio con Estados Unidos, la Unión Europea, países asiáticos de la APEC.

Es importante mencionar la evolución portuaria de Chile, un país que con más de 4 mil kilómetros de costa sobre el Pacífico, dispone en la actualidad de 36 puertos, 26 en manos de inversionistas privados y 10 en manos estatales, algunos de ellos especializados y otros multipropósito.

Desde 1960 la Empresa Portuaria de Chile, EMPORCHI, ente autónomo del Estado de Chile, dependiente de la Subsecretaría de Transporte del Ministerio de Economía era responsable de administrar, explotar y conservar el sistema de puertos fiscales de uso público (los diez principales puertos comerciales Chilenos: Arica, Iquique, Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, San Antonio, Talcahuano, Valdivia, Puerto Montt y Punta Arenas. Posteriormente, agregó los puertos de Caldera y Chacabuco).

Paralelo al desarrollo del sistema de puertos comerciales de uso público, de propiedad fiscal y administrada por EMPORCHI, en Chile se comenzaron a construir terminales especializados de propiedad privada, destinados a servir principalmente como puertos de embarque para las diversas actividades productivas de acelerado crecimiento. Estas consistían generalmente en muelles de penetración provistos de elementos mecanizados específicos para el embarque y desembarque de productos a granel. La incursión del sector privado en la oferta de servicios portuarios para uso público, donde se destacó el desarrollo del Puerto Lirquén S.A. (VIII Región), era consecuencia directa de la incapacidad fiscal de satisfacer las necesidades que en este ámbito creaba el auge económico de Chile.

Durante mucho tiempo Chile no dio la debida importancia a la actividad portuaria. La cual originó circunstancias negativas no previstas. La demanda de servicios portuarios no presentó variaciones perceptibles entre 1930 y 1970. En ese período el movimiento en los puertos operado por la EMPORCHI (desde 1960) se mantuvo en aproximadamente cinco millones de toneladas.

Ese estancamiento de la actividad portuaria hizo innecesario ampliar o renovar la infraestructura de los puertos. En la práctica, desde su construcción en 1910, éstos no se modernizaron, sino que además algunos de ellos fueron seriamente afectados por fenómenos sísmicos. Tales fueron los casos de Puerto Montt en 1960, reconstruido a fines de esa década San Antonio en 1985, parcialmente reconstruido en 1995; Valparaíso, también en 1985 y, por último, Antofagasta en 1995.

A lo anterior, se sumó un intenso progreso en las modalidades del transporte marítimo, lo que hizo aún más inadecuadas las instalaciones portuarias. En esta situación, y como efecto del crecimiento resultante de la implantación de una política económica moderna, la demanda portuaria se multiplicó, encontrando a los puertos sin medios para dar una respuesta satisfactoria.

Históricamente, los servicios portuarios en Chile eran provistos por el Estado, a través de un sistema caracterizado por la división de las tareas del manejo de carga entre dos sectores. Mientras las operaciones de transferencia y porteo eran desarrolladas por la Empresa Portuaria de Chile, EMPORCHI, las labores de estiba y desestiba estaban en manos de trabajadores marítimo - portuarios especializados, organizados en sindicatos de estibadores.

De acuerdo con este ordenamiento, EMPORCHI era por definición un monopolio público. Paralelamente, en el sector de los estibadores existían fuertes restricciones para el crecimiento del número de trabajadores, debido a que cada estibador debía contar con una licencia especial, denominada matrícula, para tener derecho a prestar sus servicios. Esta práctica transformó a los estibadores en propietarios del trabajo y monopolistas de los servicios que proveían.

2.1. Ingreso de Empresas Privadas a los Puertos Estatales en Chile.

A fines de los años setenta, el esquema de operación portuaria hizo crisis. Su ordenamiento laboral, las tarifas que se cobraban, y la escasa coordinación en los servicios, habían llevado a una situación de insuficiencia. A ello se sumaba la presión del importante aumento de la demanda. La liberalización de la economía había provocado una expansión del intercambio comercial chileno, el cual se realiza, mayoritariamente, por vía marítima.

Para satisfacer estos nuevos requerimientos, el Estado se vio enfrentado a la necesidad de mejorar la coordinación de las actividades portuarias. En 1981, la Ley Nº 18.042, modificatoria de la Ley de la Empresa Portuaria de Chile, reestructuró el sistema portuario estatal, terminando con la operación exclusiva de la EMPORCHI al interior de los puertos.

Casi simultáneamente, la ley Nº 18.032 abolió el sistema de licencia para la estiba, permitiendo a cualquier trabajador realizar esas operaciones para las compañías navieras. El Estado entregó indemnizaciones para compensar a 2.700 trabajadores que perdieron este privilegio.

El gobierno de la época instauró así un sistema de libre acceso a múltiples operadores privados, introduciendo competencia al interior de los puertos estatales. Más tarde, en 1990, por medio de la ley Nº 18.966, radicó definitivamente en el sector privado la prestación de los servicios de estiba, desestiba, transferencia y porteo, dejando en manos de la EMPORCHI la tarea de administrar la infraestructura y el almacenaje en los recintos portuarios. De ese modo, se separó la propiedad y desarrollo de la infraestructura, a cargo de una empresa pública, y la prestación de los servicios portuarios, a cargo de múltiples empresas privadas, en un sistema denominado multioperador.

Se mantuvo una administración imparcial del puerto frente a los agentes portuarios, para evitar discriminaciones en el acceso a los frentes de atraque y en sus condiciones de uso.

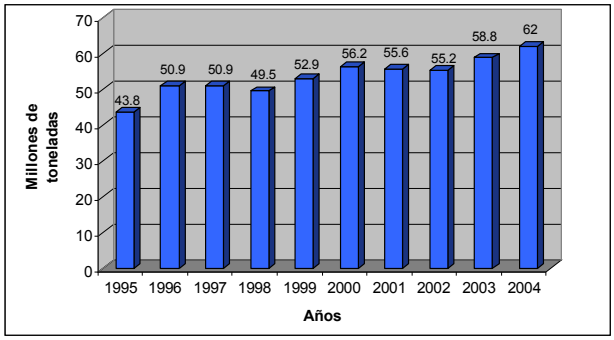
2.2. Aumento de Productividad Portuaria y Reducción de Costos.

Este esquema constituyó una verdadera privatización de la producción de los servicios de transferencia de carga. A estas transformaciones se sumaron otras, destinadas a generar eficiencias económicas y de operación. Así, por ejemplo, se modificó el sistema de tarifas, se aumentó el horario de trabajo pasando de dos a tres turnos (24 horas), se simplificaron los procedimientos aduaneros y se liberalizó el sistema de reserva de carga en las naves.

Estas reformas, en conjunto, permitieron aumentar la productividad y el rendimiento de la operación portuaria (ver gráfico 1) y disminuir sus costos, sin necesidad de invertir en infraestructura. Sin embargo la continuidad de un proceso de crecimiento basado en la apertura al comercio exterior planteó el desafío de seguir aumentando la capacidad.

La globalización de la economía mundial y la creciente competencia en el mercado internacional, habían elevado los estándares de productividad requeridos en toda la cadena del transporte marítimo, incluidos los puertos.

Gráfico 1. Intercambio Comercial de Chile por Vía Marítima



Fuente: Asociación Nacional de Armadores A.G.

La operación del transporte marítimo depende en gran parte de los servicios portuarios de transferencia de carga. La eficiencia de una flota de naves, y su capacidad para producir fletes a bajo costo, está sujeta a la disponibilidad y eficiencia de los servicios portuarios de manera de transferir carga, desde y hacia las naves, a la mayor velocidad posible, sin congestión. Ello permite cortos períodos de estadía en puerto, lo que incrementa su rotación y su uso efectivo como medio de transporte.

La posibilidad de usar naves modernas, de mayor tamaño, está limitada en la práctica por la disponibilidad y capacidad de transferencia de los terminales. Si los servicios portuarios son

lentos e ineficientes, los armadores asignan a ellos naves pequeñas, cuyo costo de capital sea bajo. Esto suele ocurrir en la mayoría de los países en desarrollo.

Por el contrario, los puertos líderes a nivel mundial privilegian una operación eficiente, utilizando frentes de atraque intensivamente equipados con grúas de alto rendimiento y asegurando tiempos de servicio y espera breves para las naves.

El aumento de los rendimientos de transferencia en los puertos modernos se relaciona con la unitización de la carga, gracias al uso de los contenedores. Este medio de alta eficiencia está siendo utilizado intensivamente en el transporte de carga general, lo que acompañado de un cambio en las operaciones de transferencia de carga y de las tecnologías utilizadas tanto en el transporte marítimo como en las actividades portuarias. Permitió grandes aumentos de la velocidad de transferencia en el puerto, a través del uso de equipos especializados y técnicas especiales de acopio.

2.3. Naves de Mayor Capacidad.

Los incrementos en la capacidad de transferencia de los terminales, fueron acompañados también de un crecimiento constante en el tamaño de las naves, lo que permitió reducir los costos de la operación de transporte y en consecuencia, los fletes. En 1980, las naves de última generación eran capaces de transportar 3000 TEUS. Posteriormente se pasó a naves de 4000 TEUS, en la actualidad se están usando naves con capacidades superiores a los 8000 TEUS.

Los puertos de bajo rendimiento reciben naves de baja capacidad, lo que redunda en costos elevados de transporte para las mercaderías de exportación e importación [ref.:4]. De esta forma, la búsqueda de eficiencia en los terminales portuarios es el desafío que enfrentan los países en desarrollo.

2.4. Nueva Política Portuaria.

El aumento de la demanda portuaria, que trajo consigo la apertura de la economía chilena hacia el exterior, hizo imprescindible el estudio de nuevas maneras de mejorar e incrementar la capacidad portuaria de Chile.

La tarea de mejorar la infraestructura de los servicios de transporte de Chile se convirtió en un objetivo primordial para el gobierno, especialmente en materia portuaria.

La incorporación de inversión privada en el sector portuario fue muy importante, debido a que los recursos fiscales eran limitados.

Existía la imperiosa necesidad de mejorar la infraestructura portuaria y la conveniencia de incorporar al sector privado en esta labor, el informe propuso una política portuaria a largo plazo, que promoviera la participación de los privados y que contara con instrumentos flexibles que permitiera la adaptación ante la evolución no prevista de demandas. Sobre esta base, se planteó también el estudio de una **Ley General de Puertos** y de una **Ley de Modernización de la Empresa Portuaria de Chile.**

2.5. La Globalización de la Economía y las Políticas Portuarias.

Desde la llegada de la economía globalizada en los años ochenta, muchos de los países en desarrollo han introducido políticas económicas orientadas a fomentar los intercambios comerciales. Estas políticas comprenden la apertura del mercado interno a la competencia internacional y la adopción de una serie de medidas de apoyo a la competitividad de las exportaciones. Lo que se traduce en una mayor exigencia del desempeño portuario, debido a que la mayor parte del intercambio comercial exportación importación es realizado vía marítima

La experiencia portuaria chilena demuestra que los grandes obstáculos para la modernización no fueron la falta de tecnología de avanzada o de capitales de inversión, sino una administración portuaria inadecuada y un exceso de trabajadores portuarios.

Los puertos han dejado de ser solamente instalaciones de transferencia de cargas de un medio de transporte a otro. Hoy día son lugares donde se proporciona una amplia gama de servicios relacionados con las cargas y con mercados cada vez más distantes. Asimismo, se han convertido en verdaderos motores de desarrollo de las economías de Chile.

Indudablemente, la fuerza laboral portuaria desempeña un papel muy importante en estas actividades, fundamentalmente porque el interés comercial del puerto para los clientes, en términos de costos [ref. 2], productividad y rentabilidad, depende de la forma en que la mano de obra opere las instalaciones.

3. Modernización Portuaria Chilena.

La demanda por servicios que lograran hacer más eficiente el uso de los espacios y el equipamiento portuario, hicieron necesario crear las condiciones para atraer la inversión de capitales privados.

Al inicio de la década de los noventa, existía consenso internacional respecto de la importancia de descentralizar los puertos y la urgencia con la que se debía realizar esta medida [ref.:5].

En la década pasada Chile experimentó un notable desarrollo en todos los planos. Uno de los grandes motores del crecimiento económico ha sido y es el sector exportador. El explosivo aumento de las exportaciones en los últimos años ha significado una gran demanda sobre la infraestructura vial, portuaria y aeroportuaria. En este contexto, se enfatizó en el desarrollo portuario. Es evidente que para un país con 4.200 kilómetros de costa, situado en una de las zonas económicas más dinámicas del planeta, como es la Cuenca del Pacífico, y con grandes distancias que lo separan de los mercados mundiales, la calidad y eficiencia de los servicios portuarios son un tema clave para su desarrollo, más aun considerando el hecho de que el 95% de su comercio exterior chileno se realiza a través del mar.

3.1. Proceso de Modernización.

La actividad portuaria de Chile desde 1999 viene mostrando un ritmo de crecimiento, constante como consecuencia del fuerte desarrollo económico experimentado por el país en la última década (ver gráfico 2, que muestra el crecimiento de la carga en contenedores desde el año 2000). Así, la apertura al comercio exterior significó un importante aumento de la carga transferida por vía marítima. Ello determinó que el sector portuario crezca a tasas incluso superiores a las del crecimiento de la economía.

Grafico 4 Crecimiento de la Carga en Contenedores en Chile

Fuente: elaboración propia datos CEPAL perfil de transporte marítimo.
* Datos sobre 2005 son estimaciones esperados fuente CEPAL.

El principal objetivo de la modernización Portuaria fue aumentar la eficiencia de los puertos estatales, para atender en forma oportuna y mejorada la demanda de servicios portuarios, evitando que estos se transformaran en un cuello de botella para el creciente comercio exterior de ese periodo.

Mediante el mecanismo de licitación a la inversión privada de los frentes de atraque de los principales puertos, se buscó hacer más eficiente la operación de éstos, modernizar los frentes licitados a través de inversiones en tecnología, con el propósito de reducir las tarifas portuarias, disminución de tiempos de espera de las naves y lograr fletes más convenientes debido a la recepción de naves de mayor tamaño.

3.2. Aumento de Eficiencia y Reducción de Costos.

Mejorar los rendimientos dependería de la incorporación de inversiones especialmente en equipos de transferencia y de movimiento de carga en las áreas de acopio, considerando la tendencia creciente del uso de contenedores. Emergió así el mecanismo clave de la reforma: dar en concesión a privados la operación de los frentes de atraque estatales.

En primer término, la mayor eficiencia productiva de los puertos y la competencia entre operadores privados, permitiría reducir las tarifas portuarias en los terminales de mayor tamaño y movimiento y, por ende, los costos de los usuarios.

La intención fue, impactar el costo total de la cadena de transporte marítimo- portuario, ítem que representaba aproximadamente el 10% de valor total del comercio exterior chileno. Esto beneficiaría directamente a exportadores, importadores y consumidores finales,

constituyéndose como una ventaja estratégica para el comercio internacional y la economía chilena en su conjunto.

Con la modernización se retrasaría también la necesidad de construir sitios adicionales, evitando o postergando la necesidad de este tipo de inversiones que habrían elevado el costo de uso de los puertos. A esto se suma que, en el mediano y largo plazo, estos puertos modernizados podrían atraer naves de mayor capacidad, como consecuencia de menores tiempos de espera. Por sus economías de escala, estas naves ofrecerían fletes marítimos más bajos, con el consecuente incremento de competitividad de las exportaciones.

Las concesiones portuarias surgieron como un innovador mecanismo de participación privada en los puertos estatales, que crearía incentivos de largo plazo para que los privados realicen las inversiones requeridas en el momento oportuno. El marco legal existente era insuficiente para introducir estos cambios. Se hizo necesario, entonces, poner en marcha un esquema completamente nuevo, que contemplara tanto la acción del Estado como la de los privados, con la perspectiva común de impulsar un desarrollo competitivo y sustentable del sector portuario estatal en el largo plazo.

3.3. Reforma Legislativa.

El 6 de Septiembre de 1995 fue enviado al Congreso el proyecto de ley de modernización del sector portuario estatal. Su compleja elaboración, por parte del equipo integrado por expertos del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y de la Empresa Portuaria de Chile, había tomado cerca de un año.

La reforma se orientó sobre la base de una completa política de desarrollo portuario, el proyecto de ley buscó potenciar la competencia entre puertos y reforzar la competencia al interior de los puertos estatales; preservar y fortalecer la eficiencia y la competitividad de las operaciones portuarias; velar por el buen uso de los recursos físicos costeros y procurar un desarrollo armónico de los puertos en relación con el medio ambiente, las áreas urbanas adyacentes y las vías de acceso a ellos.

3.4. Presente y Futuro del Sector Portuario.

Una vez cumplida la fase de licitaciones de los principales terminales portuarios de Chile, pasaron a cobrar relevancia preocupaciones tan diversas como el rol fiscalizador y el rol

empresarial de las empresas portuarias estatales, el desarrollo de nuevos puertos, la indemnización de los servicios públicos que resultan gravitantes para el comercio internacional, la relación ciudad - puerto, el desarrollo de infraestructura de acceso a los puertos y la modernización de los servicios.

3.5. Rol del Estado en el Desarrollo Portuario.

Para las empresas portuarias estatales y para el Estado en general, los desafíos futuros consisten en velar por el desarrollo de largo plazo de la capacidad portuaria en terminales privados y estatales, en un ambiente de cada vez mayor competencia entre ellos, y la progresiva modernización del trabajo portuario, liberando las trabas que puedan persistir en esta actividad.

Con respecto a las concesiones, las empresas portuarias tienen la responsabilidad de fiscalizar los contratos y resguardar la competencia. A futuro, el modelo de concesión se basaría en un concepto de competencia que se desarrollaría en el largo plazo en la medida que la carga aumente y se liciten nuevos frentes en los mismos puertos o se desarrollen nuevos puertos. En el ínter tanto, la aplicación correcta de los contratos permitiría legitimar las bondades del modelo chileno.

La empresa portuaria sería un socio comercial del concesionario, ya que participa del negocio a través del canon variable. Los intereses de ambas partes están alineados en la búsqueda de una mayor participación de mercado.

3.6. Concesionarios.

Los concesionarios de los frentes licitados enfrentarían el desafío de llevar a cabo las inversiones necesarias para cumplir con los nuevos estándares de calidad de servicio, atendiendo cada vez mayores volúmenes de carga, así como de implementar una gestión de avanzada que les permitiese obtener la rentabilidad que exigen tales inversiones.

Los concesionarios tendrían la responsabilidad integral del Terminal, incluyendo la inversión en equipamiento y en infraestructura, así como su mantenimiento, y la explotación comercial del negocio.

Conclusiones

Con los TLC se refuerza la estabilidad de la política económica y de las instituciones, se rebaja el costo del crédito y se consolida la estabilidad del mercado de capitales. También se incrementará la productividad de las empresas chilenas al facilitarse la adquisición de tecnologías más modernas y a menores precios, lo que redundará en mejores oportunidades para aumentar el valor agregado de la oferta exportable chilena, y reforzar en ella la presencia de manufacturas y de servicios calificados.

Los puertos chilenos han registrado un aumento en las transferencias de carga, a la vez que los frentes concesionados han incrementado su participación en el negocio, producto de sus inversiones en tecnología y economías de escala desarrolladas. Estos hechos significan un importante impulso para el comercio exterior de Chile, que cuenta con tarifas razonables, competitivas y con un aumento de las velocidades de transferencia de la carga y disminución de las horas de espera por falta de sitio.

Tanto el sector privado como el público, ha invertido en mejorar la logística del transporte en las áreas portuarias, lo que contribuye a la disminución de los costos y los tiempos de la cadena de transporte en su conjunto.

REFERENCIAS

[1]: Patricio Hernández. "La Influencia de los Tratados de Libre Comercio (Tlcs) en el Sector Portuario Chileno (Aplicado al Puerto de San Antonio)". Escuela de Ingeniería Naval. Universidad Austral de Chile, 2004

[2]: Ricardo French-Davis. "Impacto de las exportaciones sobre el crecimiento de Chile". Revista de la CEPAL N 76. Abril 2002

[3] Nicolás Eyzaguirre G. "Exposición Sobre el Estado de la Hacienda Pública 2004". (Ministro de Hacienda, Gobierno de Chile), Octubre, 2004

[4] Ximena Clark, David Dollar and Alejandro Micco . "Port Efficiency, Maritime Transport Costs and Bilateral Trade". (World Bank), Febrero, 2004

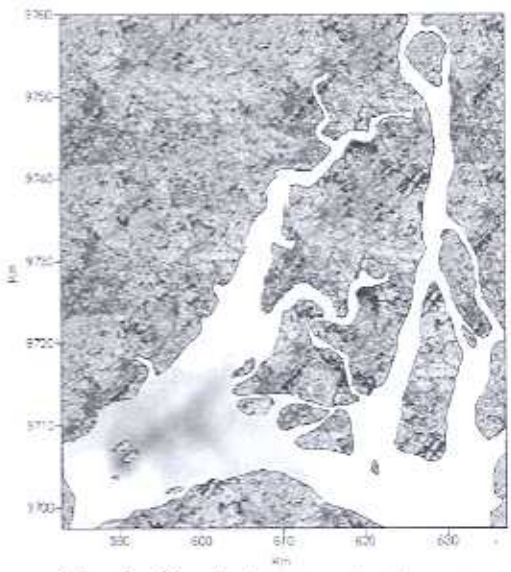
[5] Iris Carrillo R. "Modernización Portuaria en Chile". Escuela de Ingeniería Naval. Universidad Austral de Chile, 2003.

EL USO DE MODELOS NUMERICOS EN CIENCIAS OCEANOGRÁFICAS Y ATMOSFÉRICAS

Por:
Katiusca Briones Estébanez
Juan José Nieto

El deseo innato del hombre de comprender su entorno, ha originado desde hace muchos años, la aplicación de conocimientos matemáticos en la generación de ecuaciones que representen el comportamiento del amplio espectro de sistemas encontrados en la naturaleza, desde los más simples hasta los verdaderamente complejos, capaces de ser representados únicamente por complicados sistemas de ecuaciones obtenidas en base a teorías innovadoras y en ciertos casos revolucionarias.

Este afán por describir matemáticamente al mundo, inicialmente se encontraba limitado debido a la complejidad y cantidad de operaciones necesarias para resolver un sistema simple de ecuaciones. No es sino hasta la década de los 70 cuando con la ayuda de las primeras computadoras de segunda generación, estos cálculos se vuelven factibles. Sin embargo, a medida que se realiza una representación matemática más exacta o se analizan sistemas más complejos, el número de variables, de ecuaciones y de sistemas se torna mayormente complejo, es así que los primeros modelos numéricos de la naturaleza, estaban más bien orientados a la representación puntual de un evento, dejando de lado la representación espacial y por consiguiente limitando su capacidad de predicción debido a que no consideraban la interacción con el entorno. Durante los ochenta, con el desarrollo de los procesadores, el aumento de la capacidad de almacenamiento y con la generalización del uso de computadoras, los científicos inician el modelado y simulación de los fenómenos de la naturaleza con mayor fiabilidad y con carácter espacial.



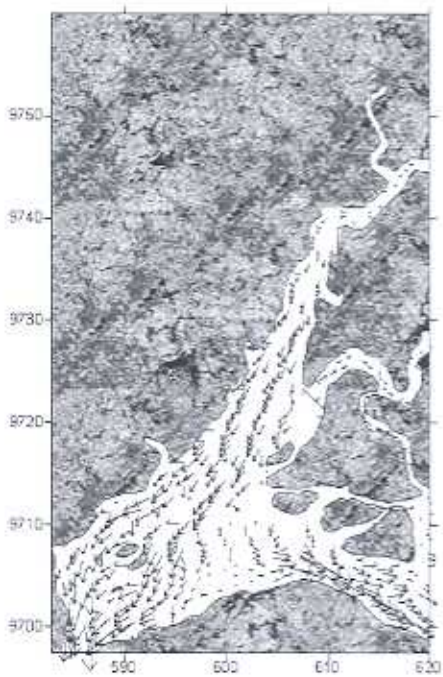
Simulación de transporte de una sustancia contaminante – Golfo de Guayaquil

Centrándonos en el campo de los sistemas físicos (sistemas que podemos encontrar en la naturaleza), es a partir de esta década de los 80, que se desarrollan modelos matemáticos con cobertura local o regional para simular diferentes sistemas naturales, entre otros, los sistemas oceanográficos y climáticos.. Sin embargo, en sus inicios existieron limitaciones que obedecían a la logística y al alto costo que demanda realizar mediciones continuas y simultáneas para obtener el denso número de variables de entrada para ejecutar los modelos; lo que fue superado con la puesta en operación de satélites de observación del océano y la

atmósfera. Basándose en este aspecto, la comunidad científica empezó a comprender la interacción de ambos, se inicia entonces el desarrollo de modelos globales de predicción climática.

Debido a la dificultad intrínseca de modelar con alta precisión matemática los sistemas físicos, cada vez se mejoran las técnicas del modelado, superando de esta manera los desaciertos incurridos debido a la inestabilidad de un sistema real, tal es el caso del pronóstico global del evento El Niño. Las limitaciones de estos modelos climáticos globales están ligadas principalmente a la variabilidad asociada al cambio global y a la resolución de las series de tiempo de observación que no abarcan con extensión temporal lo suficiente para que los modelos puedan inferir qué puede ocurrir basándose en esta información histórica. esta razón

Simulación de corrientes superficiales de marea – Canal de Acceso al Puerto Maritimo de Guayaquil



Avanzando en esta dirección, el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, ha llevado a cabo el proyecto de la simulación numérica en el mar Ecuatoriano, obteniendo como primer producto el Modelo Hidrodinámico Tridimensional MH3D, cuya área de cobertura es el Golfo de Guayaquil. Este modelo local simula las condiciones hidro-termodinámicas y de transporte de sustancias contaminantes en el área de cobertura. Mediante esta simulación es posible observar gráficamente la distribución de temperatura y salinidad del mar, de corrientes marinas y la distribución y trayectoria que tomaría una sustancia contaminante depositada en el mismo. Un segundo esfuerzo estuvo orientado a la adición a este modelo un módulo de transporte de sedimentos, creándose el modelo MH3D+T especialmente diseñado para el área de Puerto Bolivar en vista de las operaciones de dragado que se efectuarían en el área.

Podemos inferir entonces, que la utilidad de los modelos numéricos son aplicables directamente a la sociedad, al apoyar la comprensión mejore su entorno y a predecir el futuro comportamiento del mismo ante diferentes escenarios. Todo esto es posible gracias al el espíritu de los primeros científicos de convertir a la naturaleza en ecuaciones, lo que ha tornado a los modelos numéricos en una herramienta de uso operacional que apunta a reducir en gran medida los costos de predicción climática y orientado esfuerzos más bien a determinar la influencia del clima sobre las actividades humanas, apoyando de esta manera el concepto que mueve actualmente a la comunidad científica, la ciencia aplicada a la dimensión humana.

I. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ADMINISTRACIÓN DE CADENA DE ABASTECIMIENTO:

A. DEFINICION DE UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Antes de entrar de lleno a la definición de Cadena de Abastecimiento, es importante conocer la importancia de su estudio.

El ambiente de negocios actual, dominado por la integración de mercados, productos con cortos ciclos de vida y consumidores con expectativas de calidad cada vez mayores, exige nuevos retos a los productores, distribuidores y vendedores.

Esto se complica aún más si consideramos las tendencias y tecnologías de información y transporte que dominan el ambiente logístico (comunicación móvil, internet, entregas nocturnas, etc.).

Estos retos desafían a un mercado cada vez más competitivo que busca fuentes de valor agregado para sus productos. De ahí nace la necesidad de poner los ojos en estrategias que ayuden a diferenciar nuestras capacidades.

Un productor no será recompensado por el esfuerzo de su trabajo hasta que su producto no sea comercializado a un cliente y recibido por un consumidor. Sin embargo, entre el proveedor y el cliente existe una distancia que se ha transformado en camino gracias a la labor de empresas logísticas, distribuidores, empresas de transporte, representantes, etc.; en otras palabras, el nexo entre el proveedor y el cliente está conformado por una red de entes intermedios que forman una serie de actividades interconectadas que en suma, logran el movimiento y la venta de un producto desde su origen a su destino. Esta red es lo que llamamos Cadena de Abastecimiento.

Cada una de los eslabones es necesario para que el producto llegue a destino. Si una de estas partes falla, el producto no se venderá, y por ende, el negocio fracasará.

Por otra parte, si en vez de concentramos en las posibles fallas del sistema de aprovisionamiento, lo hacemos en la mejora de su eficiencia, el producto podría llegar al mercado detallista antes que sus potenciales competidores, lo que significa que estaría comercializándose antes, logrando una ventaja competitiva de relevancia.

Reconocida la importancia de la cadena de abastecimiento, podemos entregar una definición del concepto de administración de ella:

> ***"Administración de la Cadena de Abastecimiento es un conjunto de acciones utilizadas para eficientemente integrar productores, distribuidores, almacenes y tiendas, con el propósito de lograr que la mercancía sea producida y entregada en las cantidades requeridas, en las locaciones solicitadas y al momento justo, minimizando los costos totales del sistema a la vez que se cumplan los niveles de acopio establecidos"***

Esta definición conlleva numerosas observaciones:

Primero, Cadena de Abastecimiento toma en consideración cada uno de los eslabones que tienen un impacto en el costo y calidad final del producto.

Segundo, la administración de la cadena de abastecimiento debe enfocarse en lograr la eficiencia del sistema y lograr que sea costo-efectivo.

Finalmente, como la administración de la Cadena de Abastecimiento integra las actividades de diferentes eslabones, tiene ingerencia en las actividades de diferentes firmas a niveles estratégicos y tácticos.

B. DESAFÍOS EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

El término "Cadena de Abastecimiento" se refiere a una serie de actividades y grupos que toman parte en el movimiento y transformación de materias primas en productos terminados en poder los consumidores. Claramente, el término cadena es sólo la simplificación de una compleja red de proveedores, fabricantes, transportistas, empresas de servicio logístico y distribuidores que hacen posible hacer posible el movimiento antes descrito.

La administración de esta compleja red se puede resumir en dos retos:

1. ***"Optimización Global":*** Lograr el mejoramiento y la optimización de todos los actores de la cadena de abastecimiento y no sólo de subsistemas.
2. ***"Administrar la Variabilidad"***: Una cadena de abastecimiento se ve enfrentada a una variabilidad inherente. El desafío consiste en minimizar los niveles de incertidumbre para controlar la variabilidad en las operaciones y la administración de la red.

A continuación se presentarán los conceptos fundamentales asociados a estos desafíos.

C. OPTIMIZACION GLOBAL

Encontrar una solución que optimice la cadena como un todo se dificulta en gran medida por la visión sesgada de administradores que imponen fronteras infranqueables a sus organizaciones, sin darse cuenta que efectos negativos en los demás grupos que componen la cadena, invariablemente lo afectan a él mismo. Los factores principales asociados a este problema son:

1. ***La Cadena de Abastecimiento es por sí una red compleja*** que abarca la distribución y comercialización en diferentes puntos geográficos.
2. ***Los diferentes eslabones de la Cadena de Abastecimiento tienen objetivos distintos y a veces conflictivos.*** Por ejemplo, los productores de materias primas desearían que los productores de materias elaboradas adquirieran en forma constante grandes volúmenes. Sin embrago, los fabricantes solo desean comprar materias primas de acuerdo a los niveles de producción, lo que está determinado por la demanda esperada.
3. ***La Cadena de Abastecimiento es un sistema dinámico.*** No solo la demanda y las capacidades de los productores cambian en el tiempo; también lo hacen el poder adquisitivo de los mercados, el poder del comercio detallista, las condiciones de transporte, la tecnología, etc.
4. ***El sistema varía en el tiempo.*** Existen numerosos factores que podrían afectar la demanda. Por ejemplo tendencias, modas, período del año a producir, promociones especiales, estrategias de precios, etc.

D. ADMINISTRACIÓN DE LA VARIABILIDAD:

En líneas generales, se pueden identificar dos fuentes de variabilidad: Interna y Externa. La variabilidad interna proviene de factores que afectan las operaciones logísticas al interior de la empresa, como ubicación de inventarios, errores en los procesos de administración de bodegas y errores en la estimación de esfuerzo para realizar las actividades. Las fuentes de variabilidad externa provienen en mayor medida de la conjunción de factores de predicción de producción con el nivel de servicio requerido en materiales para cumplir con los procesos productivos.

Los desafíos más importantes son:

1. ***El gran desafío: calce perfecto entre oferta y demanda.*** Una mala estimación de la demanda o un exceso de oferta significa un riesgo enorme y el gran reto de cualquier negocio. Por ejemplo, en 1997, Boeing declaró una caída de 2.6 billones de dólares producto de escasez de materias primas e ineficiencias productivas. En 1995, IBM producto de una mala estimación de la demanda de su nuevo PC "Aptiva", dejó de percibir varios millones de dólares.
2. ***Predecir la demanda no es la solución del problema***, pues es imposible predecir exactamente la demanda, incluso con las técnicas predictivas más avanzadas.
3. ***La demanda no es la única fuente de incertidumbre***; también son fuentes de incertidumbre los plazos de entrega, los procesos productivos, los tiempos de transporte y la disponibilidad de productos a ser distribuidos desde los eslabones primarios de la cadena.

E. TENDENCIAS EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

La administración de la variabilidad y el logro de la optimización global en las cadenas de abastecimiento se han visto notablemente afectados por las siguientes tendencias actuales:

1. ***Globalización:*** Se requieren mayores y más complejas líneas de abastecimiento, sistemas de inventario y redes de distribución.
2. ***Outsourcing:*** Involucra mayor cantidad de actores en la administración de la cadena de abastecimiento.
3. ***Proliferación de SKU (Stock Keeping Units):*** La demanda tiene mayores posibilidades de elección, resultando en mayores coeficientes de variación; Por ejemplo, un Mercedes Clase E tiene millones de posibles configuraciones.
4. ***Ciclos de vida de los productos más cortos:*** Resulta en falta de información histórica, reduciendo la habilidad predictiva de la organización.
5. ***Cambios tecnológicos cada vez más rápidos:*** Implicando productos con ciclos de vida más cortos y evolución tecnológica intensa para adaptarse al medio.
6. ***Competencia intensa:*** La competencia entre las organizaciones con productos afines es cada vez más intensa.
7. ***Nuevas regulaciones de seguridad:*** Acciones ingresadas posterior a los ataques terroristas del 11 de Septiembre del 2001, han incrementado el costo y la variabilidad de las operaciones logísticas.

F. MODELO ELEMENTAL DE UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Las Cadenas de Abastecimiento difieren entre organizaciones de acuerdo a su objetivo y tamaño. Además, existen diferencias en las cadenas que mueven los diferentes productos en una misma organización, pudiendo existir diferentes redes dentro de una misma empresa.

Sin embargo, existe una operación común a todas las redes: hay un ente que envía un producto y otro que lo recibe. Esto es lo que se conoce como "Par Envío / Recepción". Es necesario mencionar que entre el "enviador" y el "receptor" existen numerosas fases, las que, para efecto de estudio, han sido simplificadas de acuerdo al modelo descrito en la Figura Nº 1:

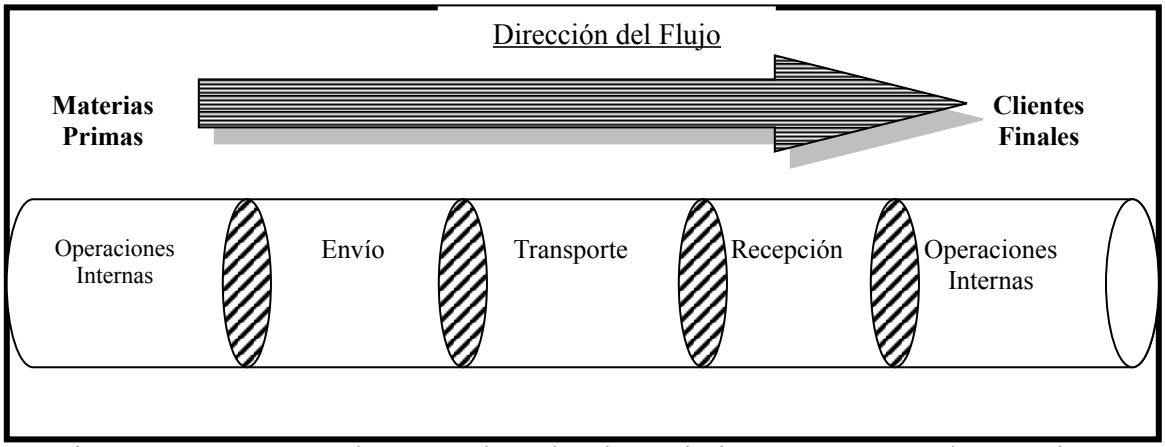


Figura Nº 1: Esquema de una Cadena de Abastecimiento, par "Envío / Recepción"

Las actividades más importantes asociadas a los procesos mencionados en la Figura Nº 1 son:

1. ***Proceso de Envío:*** Consolidación de la carga, contratos adecuados, optimización de las rutas, tener la carga en la puerta lista para su embarque.
2. ***Proceso de Transporte:*** Todas las actividades que deben desarrollar las empresas logísticas y que inciden en el transporte de bienes.
3. ***Proceso de Recepción:*** Verificación, reconocimiento y retiro de la carga, actividades al interior de las instalaciones del receptor final.
4. ***Procesos Internos:*** Procesos de transformación de materias primas (fabricación), almacenaje, movimientos internos, actividades para poner a la venta un producto.

II. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA:

A. DEFINICION Y TIPOS DE SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA:

Los Sistemas de Identificación Automática (cuya sigla en inglés es AIT) son aquellos que permiten efectuar un reconocimiento de SKU o cargas en general con una

participación humana mínima, acelerando y optimizando los procesos logísticos. Los sistemas más conocidos y utilizados son:

1. ***Códigos de Barra:*** Es un grupo de líneas impresas a un tag, una caja o una etiqueta, que representan diferentes caracteres, los que a su vez corresponden a un determinado ítem que se encuentra almacenado en una base de datos. La lectura de estos caracteres se efectúa por medio de un lector, el que puede ser manual o fijo. Este sistema de identificación es altamente utilizado en todos los procesos de la cadena de abastecimiento.
2. ***Tarjetas de Memoria Óptica (OMC):*** La tecnología utilizada en OMC está basada en el principio de reflectividad, donde los datos son almacenados en una tarjeta electrónica por medio de láser de alta intensidad y recuperada por medio de un haz de luz. Ésta es la misma tecnología utilizada por CD, DVD y CD-ROM. Es particularmente práctica cuando se requiere el almacenamiento y lectura de gran cantidad de información. Las ventajas de este tipo de AIT son su bajo costo, su capacidad para almacenar gran cantidad de datos, su capacidad de reutilización y su estabilidad ante cambios ambientales.
3. ***Sistemas de Traqueo Satelital:*** Un típico sistema de traqueo satelital se encuentra compuesto por una unidad transceptora, un satélite, una estación terrestre, una estación de control y un sistema de Información Automática. El transceptor, que se encuentra adosado al vehículo en movimiento, transfiere datos a una estación terrestre por medio de un satélite posicionador. La estación intercambia información con la red de distribución de datos, haciéndola visible a las partes interesadas en términos de ubicación de la carga. Tiene un alto costo, por lo que se utiliza generalmente en el traqueo de cargas de alto valor o en vehículos de transporte.
4. ***Sistema de Identificación por Radio Frecuencia:*** Considerando el objetivo del presente trabajo, este sistema será analizado en mayor detalle en los puntos siguientes.

B. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID):

En términos sencillos, un sistema RFID consiste en una antena, un transceptor (con decoder) y un transponder (Tag de radio-frecuencia), el que se encuentra programado con información única. La antena está diseñada para emitir señales de radio que activan al Tag y tienen la capacidad de leer los datos contenidos en él; dependiendo del tipo de sistema y capacidades del tag, también puede escribir datos. Las antenas forman un canal electromagnético entre el tag y el transceptor. Este canal puede estar constantemente presente, o puede ser activado al momento que la antena comience a emitir a una determinada frecuencia.

El transceptor está diseñado para leer y escribir datos en el tag. El decoder es utilizado para permitir la comunicación entre el transceptor y los tags. Generalmente, los transceptores vienen en conjunto con la antena en sistemas manuales o fijos. Este conjunto lector emiten ondas de radio que pueden comunicarse con tags que se encuentren desde unos pocos centímetros a 40 metros o más. Cuando un tag de RFID pasa por un área activa electromagnéticamente, la señal de activación del grupo lector es detectada y el tag

se comunica con el transceptor. Los datos decodificados son obtenidos por el lector y re-transmitidos a un servidor RFID que alimenta una red de distribución de datos, haciendo visible esta información a todos los entes interesados.

Los tags de RFID tienen una gran variedad de formas y tamaños. El tipo de tag a utilizar, dependerá de la aplicación logística deseada. Por ejemplo, existen tags pequeños que se utilizan en el traqueo de animales, en forma de tarjeta para control de acceso, tags plásticos antirrobo o tags de mayor tamaño para traqueo de carga en forma multimodal. La cantidad de información que puede entregar un tag está determinada por su capacidad de almacenamiento. Actualmente los tags almacenan hasta 1 MB.

Aunque el beneficio del uso de esta tecnología es altamente reconocida, aún persisten dos problemas que se deben solucionar: el primero, considerado de baja importancia, es la potencial ocurrencia de interferencias entre las frecuencias de diferentes lectores ubicados en sectores cercanos; el segundo, de mayor relevancia, es la baja estandarización de frecuencias a nivel mundial para el uso masivo de esta tecnología. Actualmente existen tres rangos de frecuencia que se utilizan comúnmente para identificación: baja, media y alta. La Tabla 1 presenta un resumen de estas tres frecuencias y su aplicación general:

Banda de Frecuencia	Características	Aplicaciones Típicas
Baja 100-500 kHz	Alcance: Corto a medio. Bajo costo Baja velocidad de lectura	Control de acceso Identificación de animales Control de inventarios
Media 10-15 MHz	Alcance: Corto a medio. Bajo costo Velocidad de lectura media	Control de acceso Tarjetas inteligentes
Alta 850-950 MHz 2.4-5.8 GHz	Alcance: Largo. Velocidad de lectura alta Se requiere línea de mira Alto costo	Monitoreo de trenes o camiones Sistemas de peaje.

Tabla 1. Rangos de Frecuencia Comúnmente Utilizados

Existen dos tipos de tags: Activos y pasivos.

Los tags activos tienen una fuente de poder interna entregada por una batería, tienen memoria propia y generalmente tienen la capacidad de leer y escribir datos. Estos tags son especialmente útiles en contenedores que cambian carga en diferentes puertos. Permiten llevar un archivo histórico de los lugares en que se efectuó la carga y la descarga, detallando además los cambios efectuados. Tienen largo alcance, lo cual es útil para ubicar rápidamente diferentes cargas en patios de contenedores. Estos tags tienen un tamaño mayor, su costo es más alto (USD 99 por cada tag) y su período de vida útil esta dado por la batería (dependiendo de las condiciones de operación puede ser de 10 años).

Los tags pasivos obtienen su fuente de poder a través de la inducción producida por la señal enviada por la antena. Por no tener fuente de poder interna, estos tags tienen un costo mucho menor (desde USD 0,90 por tag). Además, su límite de vida útil es mucho mayor.

Estos tags pueden ser programados con un grupo de datos únicos (usualmente 32 a 128 bits), el que no puede ser cambiado mientras la carga esté en movimiento.

En la Figura Nº 2 se expone un esquema de sistema de identificación automática utilizando RFID.

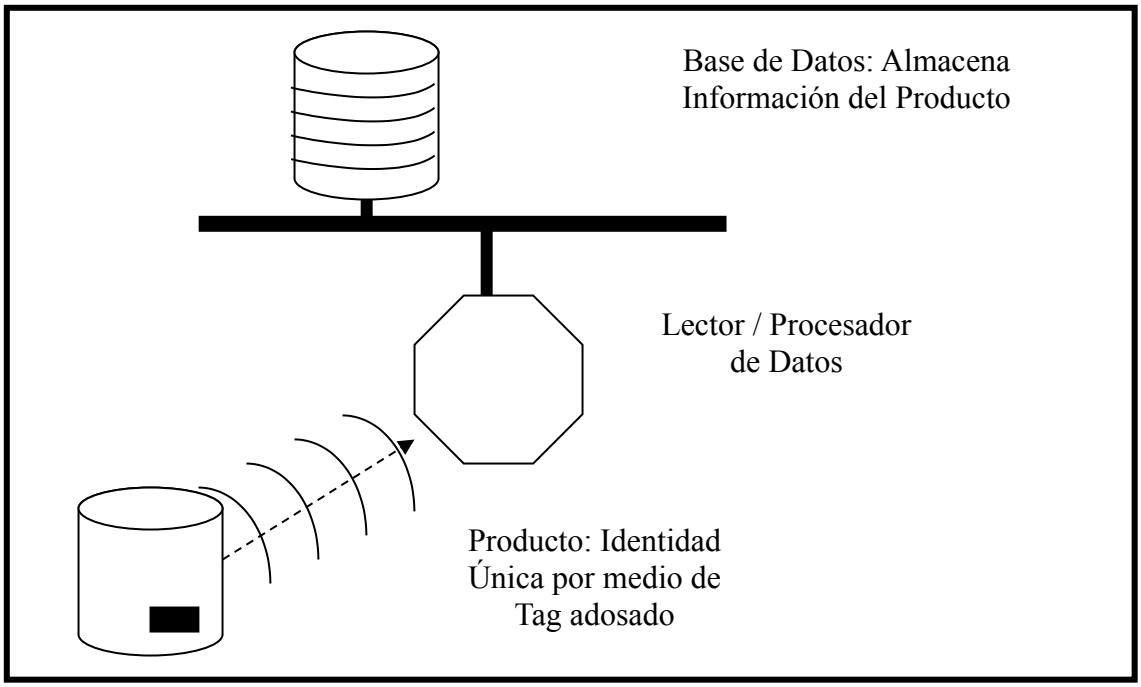


Figura Nº 2: Esquema Básico de Sistema de Identificación.

C. SISTEMA DE RFID A TRAVÉS DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Para permitir que la carga sea visible durante su trayecto en la Cadena de Abastecimiento, se requiere que en varios puntos de la misma existan lectores asociados a Base de Datos conectadas a una red de distribución de datos común.

De esta manera, los lectores son capaces de identificar la carga cuando pasa por un portal en un determinado punto de la Cadena, enviando esta información a los diferentes entes interesados.

En la Figura Nº 3 se expone un esquema de la manera en que un sistema de RFID puede inter-conectar los diferentes eslabones de una Cadena de Abastecimiento.

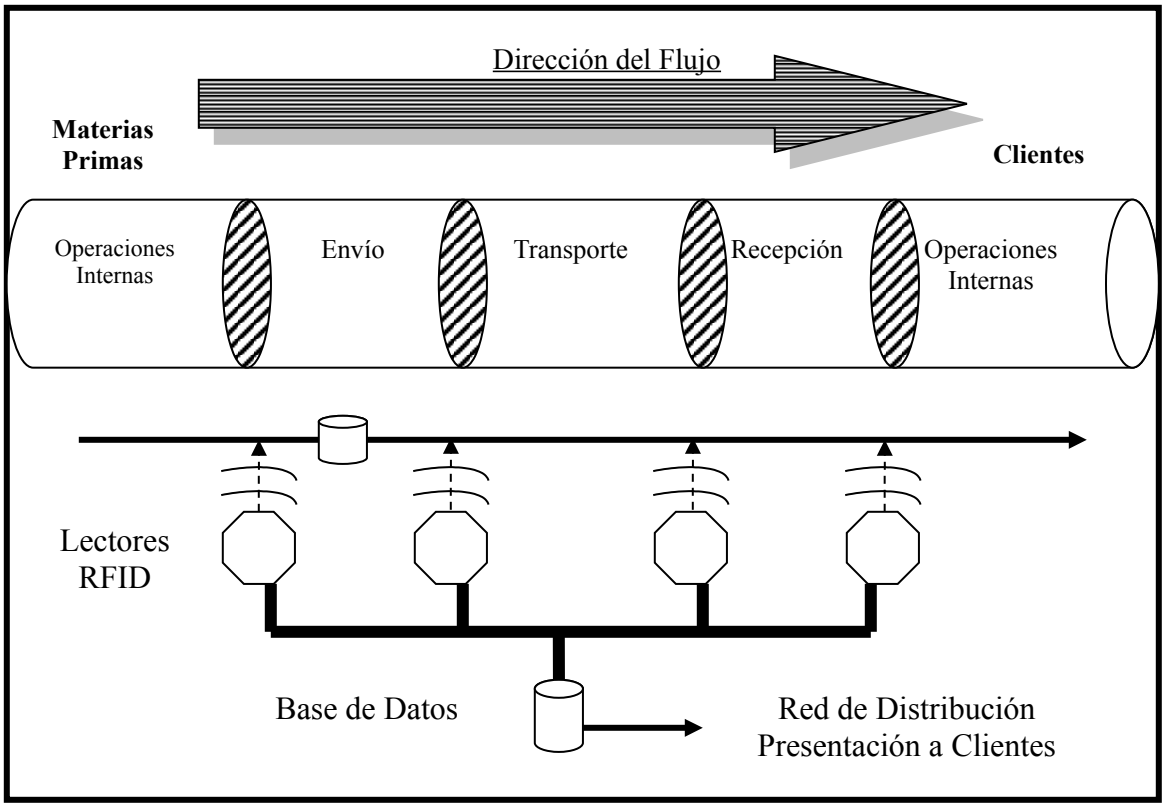


Figura Nº 3: Red de Distribución de Datos RFID

D. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍA RFID CON OTRAS AIT:

Las aplicaciones de tecnología de RF se pueden identificar en virtualmente cada sector industrial. Cualquier actividad que comprenda el proceso de recolección de datos se puede beneficiar por esta tecnología. Se debe considerar que actualmente el costo de implementación de estos sistemas es alto, existiendo otros mecanismos de identificación automática que efectúan similares actividades a menores costos. Sin embargo, RFID tiene ventajas competitivas únicas que lo transforman en un excelente complemento de otros sistemas de identificación automática, o que pueden significar el reemplazo de algunos.

El sistema de RFID descrito puede ser considerado como una extensión lógica de la identificación por códigos de barras. Por este motivo, se utilizarán los códigos de barra como base de comparación.

1. El sistema de código de barras requiere de intervención humana para que pueda ser leído, mientras que RFID no. Esto significa menor costo en mano de obra y potencialmente, mayor certeza en las lecturas.
2. En RFID (a diferencia de código de barras), la información se puede obtener en forma continua, permitiendo una actualización de inventario más rápida y constante.
3. El sistema de Código de Barras requiere que el lector se encuentre en la línea de mira del tag. RFID puede ser leído en cualquier orientación, mientras el rango de distancia de lectura lo permita.

4. RFID puede efectuar una gran cantidad de lecturas en forma simultánea, acelerando el proceso.
5. El cargamento dentro de un contenedor puede ser leído sin necesidad de abrirlo o desconsolidarlo.
6. Los códigos de barra no funcionan bien cuando hay humedad, suciedad o cuando la etiqueta se encuentra dañada, aunque sea en forma mínima.
7. RFID puede entregar información con respecto a la ubicación de los productos. Esto acelera el proceso de búsqueda de ítemes dentro de un almacén, que es una de las actividades que consume mayor cantidad de tiempo.

E. OPORTUNIDADES DE OPTIMIZACIÓN EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

En la siguiente sección se hará un análisis detallado de cómo los Sistemas de Identificación Automática pueden optimizar los procesos propios de una cadena de abastecimiento. Para tal efecto se utilizará el modelo de Envío / Recepción que fue expuesto en la Figura Nº 1. A continuación se mencionarán las principales fuentes de variabilidad interna, que representan oportunidades de optimización que se pueden beneficiar del uso de AIT:

1. ***Proceso de Envío:*** Ordenes tardías, envíos de urgencia, falta de capacidad de transporte, falta de visibilidad del inventario, elementos mal ubicados en el almacén, errores en la selección de elementos para el envío.
2. ***Proceso de Transporte:*** retrasos, errores en el ruteo de paquetes en terminales, reasignación de rutas para medios de transporte, operaciones dinámicas de transporte por camiones, errores en la carga y en la descarga, pérdidas durante el tránsito.
3. ***Proceso de Recepción****:* Escasez de materiales para procesos internos, materiales que no corresponden, entregas en lugares que no corresponden, retiro de lugares equivocados, errores en los datos de recepción.
4. ***Procesos Internos:*** Errores en la determinación del estado de los productos durante el procesamiento, problemas de calidad, escasez de inventario en materias primas, errores en los inventarios, ubicación desconocida de productos en los almacenes.

III. MEJORANDO EL PROCESO ACTUAL DE CADENA DE ABASTECIMIENTO:

En este punto se discutirán los beneficios que uso de tecnología RFID puede entregar a los procesos de la Cadena de Abastecimiento. El uso de RFID no viene a cambiar el proceso en sí; lo que se busca es hacer el mismo "juego", pero optimizado. El análisis se efectuará utilizando el modelo expuesto en la Figura Nº 1, considerando las actividades principales de cada eslabón.

A. PROCESO DE ENVIO:

Este proceso involucra numerosas actividades que van desde que un producto se encuentra en condiciones de ser enviado, hasta que se encuentra a bordo del medio de

transporte elegido. Cada actividad significa decisiones como: medio de transporte a utilizar, la forma más económica en que se consolidará la carga y el momento en que se intercambiará información con la empresa logística encargada del transporte.

1. ***Consolidación de la Carga***: La consolidación de la carga y la elección de la forma de envío se efectúa generalmente observando la carga que se encuentra disponible en un momento dado. Sin embargo, si se toma en cuenta la carga que se encuentra en proceso de producción y en condiciones de ser remitida, o la carga que viene desde otro destino, se puede efectuar una consolidación más optimizada y permite hacer itinerarios que incrementen la relación costo-beneficio de la operación. Se puede, además, identificar fácilmente carga que se encuentra en espera de envío para que sea considerada en un itinerario en proceso. Esto se puede efectuar atendiendo a la capacidad de la tecnología RFID de leer a través de las paredes de los contenedores, no existiendo necesidad de abrirlos.
2. ***Carga del Medio de Transporte:*** A la salida del proceso de producción, una carga puede ser eficientemente direccionada al contenedor o camión que corresponda, sin necesidad de intervención humana ni requiriendo que un pallet ya armado sea desconsolidado. Esto aumenta la rapidez de esta actividad, y si el tag tiene la información correcta, se disminuye drásticamente la probabilidad de envíos erróneos.

B. PROCESO DE TRANSPORTE:

La carga que debe ser transportada desde un punto a otro, pasa generalmente por numerosas escalas y cambios de medio de transporte. De esta manera existe el riesgo de que una carga bien direccionada a la salida del origen sea erróneamente ruteada durante el trayecto. El uso de tecnología RFID puede ayudar a hacer este proceso en forma más eficiente y segura, incrementando la visibilidad de la carga en transporte por medio del traqueo de medio utilizado, contenedores e ítemes.

1. ***Traqueo del Medio de Transporte***: RFID solo permite conocer el momento en que un medio abandona el lugar de origen, las escalas que efectúa en lugares con lectores disponibles y el momento en que llega al lugar de destino. Para tener visibilidad absoluta durante la ruta, se debe utilizar un posicionador satelital (GPS), él que no solo entrega información acerca de la ubicación de una determinada carga, si no que además parámetros operacionales que son de suma utilidad en la industria del transporte por camiones. Otros beneficios que se pueden obtener del traqueo constante del medio de transporte son:
   - *Despacho automático:* Ya que se conoce con relativa exactitud la posición de la flota, se pueden asignar con anticipación los diferentes medios a los requerimientos de transporte.
   - *Operaciones locales y cambio de trailers:* Como se conoce la ubicación de otros camiones en la flota, sus destinos y la capacidad de carga, se puede efectuar cambio de carga desde trailers en espera de remolque, con el propósito de no enviar dos camiones a un mismo destino.
   - *Ahorro en combustible:* Producto de la eliminación de envíos simultáneos al mismo lugar y de la capacidad de buscar lugares en la ruta donde el combustible sea más económico. En EE.UU. los costos de

combustible representan hasta un 25% de los costos operacionales de empresas de camiones; utilizando sistemas de posicionamiento satelital se han logrado reducción de costos de combustibles de 6%, lo que significa entre un 1 a un 2% de reducción total.

2. ***Traqueo de Elementos de Transportes:*** Compañías de operación logística buscan mantener la máxima cantidad de elementos de transporte (contendores, trailers, pallets, frigoríficos, etc.) en movimiento. Para tal efecto requieren que estos sean devueltos tan pronto como hayan sido utilizados, dándole más movimiento. El conocimiento del momento en que estos elementos arriban a puerto de destino, entrega una información muy valiosa al respecto, permitiendo programar operaciones futuras.
   Además, el traqueo de elementos de transporte optimiza las operaciones al interior de puertos donde una gran cantidad de contenedores se mueven diariamente.
3. ***Traqueo de Cargas Generales e Individuales***: Conocer en forma adelantada el detalle de un determinado envío permite programar actividades de producción, eliminar el riesgo de escasez de materias primas, optimizar los programas de actividades y disminuir la probabilidad de envíos mal diseccionados.

C. PROCESO DE RECEPCIÓN:

Este proceso incluye actividades de verificación de la carga recibida para su posterior retiro.

1. ***Verificación***: Con el uso de RFID el proceso de verificación puede ser automatizado, requiriendo menos personal y reduciendo drásticamente el tiempo necesario. Además, al existir permanente visibilidad de la carga desde que abandona una planta hasta que arriba el punto de destino final, se reduce la tensión entre proveedores y clientes producto de cantidades y especificaciones erróneas en los despachos.
2. ***Almacenamiento***: Una carga recibida se puede identificar automáticamente al ingreso, asignándole un lugar de almacenamiento en espera de su uso final (producción, venta, re-direccionamiento, etc.). De esta manera el proceso se actualiza en forma automática, entregando visibilidad en tiempo real al proveedor y al cliente, además de disminuir la probabilidad de errores.

D. PROCESOS LOGÍSTICOS INTERNOS:

RFID permite, en mayor medida, entregar beneficios a los procesos logísticos internos de plantas productivas, almacenaje y tiendas de ventas. Atendiendo al objetivo del presente estudio, se analizará sólo los procesos de bodegaje, cuya relevancia es importante dentro del transporte marítimo. Los beneficios en esta actividad son:

1. ***Eficiencia***: Traqueo de inventario en bodega en forma automática, en tiempo real y con visibilidad para todos los entes involucrados.
2. ***Alcance***: No solo se puede visualizar el inventario inmovilizado, si no que además el que se encuentra en movimiento hacia el lugar requerido, agregando fecha y hora de salida, cantidades, destino final y características.

3. ***Productividad*:** La actividad que más consume tiempo en almacenes es la búsqueda y retiro de elementos desde los estantes. RFID permite ubicar rápidamente un determinado ítem y además entrega proposición de itinerario de retiro optimizado a los operarios.
4. ***Exactitud:*** Conocimiento cierto de la ubicación y destino del inventario en almacén. Esto toma especial importancia en procesos de recepción y salida permanente como "cross-docking".

IV. TRANSPORTE MARITIMO Y LAS POSIBILIDADES DE OPTIMIZACIÓN:

En este punto se expondrá el transporte marítimo como una parte singular de la Cadena de Abastecimiento, y se presentarán los potenciales beneficios que el uso de tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) puede aportar a sus procesos.
Transporte marítimo es un tema que abarca un amplio rango de procesos e intereses. El ambiente que rodea esta actividad involucra terminales, tripulaciones, agentes, infraestructuras, proveedores, agencias navieras, clientes, agencias de seguridad, agencias de aduanas, seguros, almacenes, asociaciones industriales, etc. Sin embargo, y en beneficio del objetivo del presente trabajo, el estudio se centrará en los procesos y actividades que se desarrollan en los terminales marítimos de contenedores, pues en estos es donde el uso de tecnología RFID puede agregar valor en mayor medida.

A. TRANSPORTE MARÍTIMO DENTRO DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Utilizando el modelo Envío / Recepción expuesto en la Figura Nº 1, se puede visualizar fácilmente que el transporte es solo uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento, y dentro de este contexto, el transporte marítimo es sólo uno de los numerosos medios que se pueden utilizar para movilizar carga desde un punto a otro.

No obstante lo sencillo que pudiese parecer, este proceso encierra una enorme complejidad, aún sin considerar el resto de las operaciones y eslabones de una Cadena de Abastecimiento.

Para que la carga se movilice desde la planta al terminal portuario se debe utilizar otro medio (ya sea ferroviario, camión o aéreo). Los contenedores que arriban al sector portuario, deben permanecer en espera de nave para ser cargados, implicando almacenaje, cuidado, administración de carga y los costos que estas actividades involucran. Luego, cuando el buque ha arribado, se debe decidir sobre el orden de carga de contenedores en espera, lo que es de suma importancia por la estabilidad de la nave y por las operaciones que serán efectuadas en puertos próximos (descargas en forma ordenada). Por último, y no por eso menos importante, se deben realizar todas las operaciones de seguridad requeridas, las que tienen un alto costo.

El arribo de la carga al puerto de destino exige otra serie de actividades como: decisión de orden de descarga, almacenaje en caso de retraso de transporte terrestre para retirar del terminal, conexión con medio multimodal, y, más medidas de seguridad.

La correcta ejecución de todas estas tareas significará que la carga se mueva de acuerdo al itinerario establecido, cumpliéndose el plazo y la calidad esperada de recepción

en el destino final. En cambio, si los procesos no se pueden llevar a cabo en buena forma, la cadena se podría romper, significando pérdidas para todos los eslabones involucrados.

B. TENDENCIAS DEL TRANSPORTE MARÍTIMO:

El transporte marítimo y la operación de terminales de contenedores se encuentran dominados por las siguientes tendencias:

1. ***Integración de Líneas:*** Las fusiones y alianzas persiguen reducir los costos operativos, lograr mayor dominio de los mercados y reducir los niveles de riesgo.
2. ***Concentración de Servicios Portuarios:*** La integración de líneas, el aumento del volumen de carga y las economías de escala han llevado a aumentar tamaño (y por ende el calado) de los buques de transporte, los que requieren de puertos más grandes y profundos. Estos puertos se pueden conectar como eje de transporte en lugares geográficos determinados, desde donde se puede cambiar la carga a buques menores para alcanzar destinos locales (por ejemplo Hong Kong en Asia).
3. ***Concentración en Otros Sectores de la Industria Naviera:*** Por ejemplo construcción naval, servicios de tripulación, arriendo de contenedores, agentes de carga, registros de naves.
4. ***Innovación tecnológica:*** Los servicios portuarios pueden ser beneficiados por la automatización de los procesos físicos (carga y descarga) como de los procesos de intercambio de información.
5. ***Contenedorización:*** El ingreso de los contenedores significó la estandarización del modo de transporte de carga y redujo sustancialmente el tiempo de proceso en puertos. Los beneficios ingresados permiten estimar un aumento notable en el movimiento de contenedores a nivel mundial en el futuro. En la Figura Nº 4 se expone la estimación de evolución de transporte de contenedores expresados en millones de TEU (Twenty Equivalent Unit).

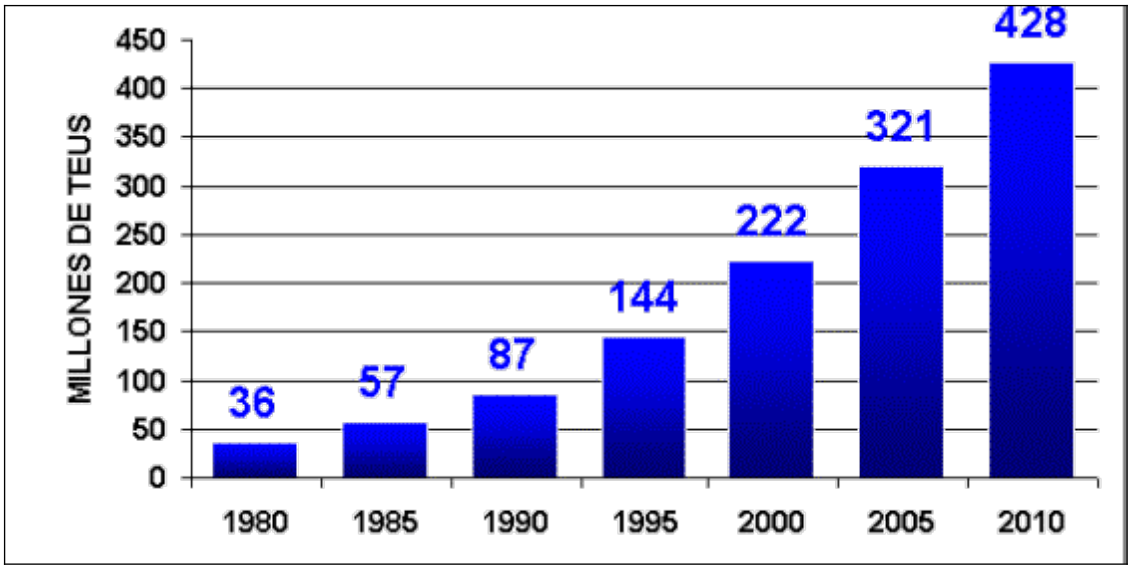


Figura Nº 4: Estimación de Aumento de Transporte de Contenedores (Fuente: Ocean Shipping Consultants)

6. ***Grandes Buques Porta-Contenedores:*** Economías de Escala y la proliferación de transporte en contendores ha implicado la fabricación de buques con la capacidad de transportar entre un 40 y un 50% más de carga (buques post-panamax). Los buques además han aumentado en velocidad, pudiendo los últimos porta-contenedores viajar hasta a 26 nudos.
7. ***Mayores restricciones de Seguridad:*** Los atentados del 11 de Septiembre del 2001 introdujeron nuevas regulaciones de seguridad en el transporte marítimo, lo que ha elevado los tiempos de proceso y los costos operativos. La incorporación del código ISPS (International Ship and Port facility Security) es resultante de estos esfuerzos por mejorar la seguridad.
8. ***Expansión de los Sistemas de Transporte Multimodal:*** Estos sistemas favorecen los procesos de concentración de carga en puertos centrales, reduciendo la cantidad de recalada de naves.

Estas tendencias implican la necesidad de contar con terminales portuarios más eficientes y que cumplan con las expectativas de calidad de los diferentes entes componentes de la cadena de abastecimiento.

C. PROCESOS EN TERMINALES MARÍTIMOS DE CONTENDORES:

Tres son los procesos o funciones básicas que tienen lugar en un Terminal de Contenedores:

1. La carga/descarga de buques
2. El almacenamiento de contenedores
3. La recepción/entrega terrestre

La Figura Nº 5 muestra un esquema de los procesos básicos en la operación de terminales marítimos:

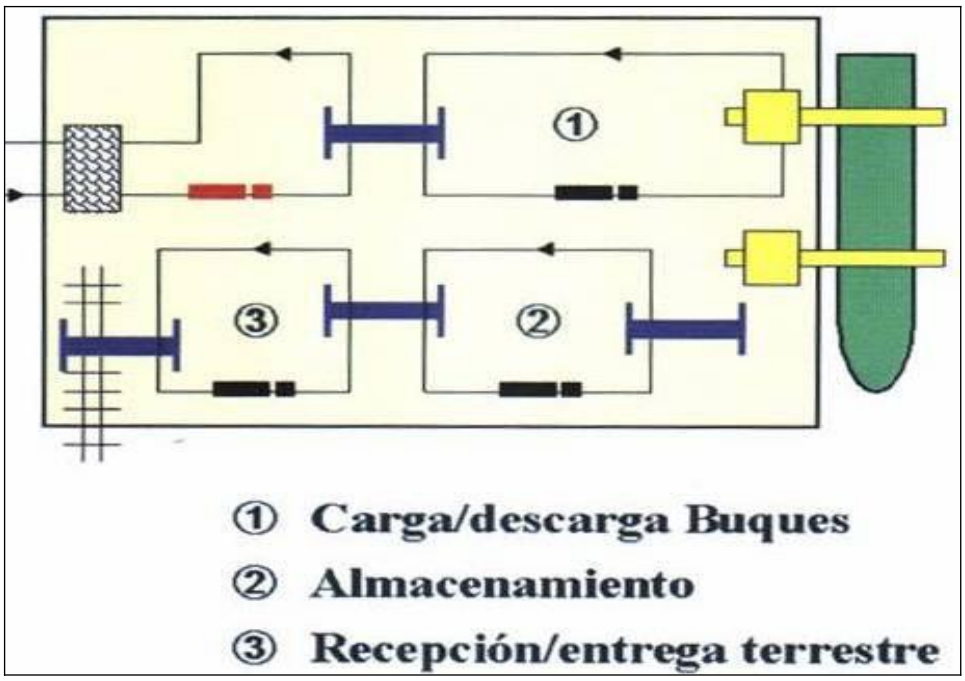


Figura Nº 5

Para el cumplimiento de estos procesos generales, un Terminal Marítimo de Contenedores administra dos flujos paralelos e inseparables, que en conjunto conforman un sistema logístico:

1. El flujo de la información, las comunicaciones y su gestión. Dentro del contexto del flujo de información se pueden identificar los sistemas operativos del terminal portuario, los de comunicación externa y los de comunicación interna.
2. El flujo físico o la manipulación, lo que comprende todas las actividades de movimiento de carga hacia el terminal y al interior del mismo.

La tendencia actual en lo que respecta a movimiento de carga y de información indica que ambos flujos deben ser automatizados para responder a los requerimientos cada vez más exigentes de velocidad y eficiencia, y que son además congruentes con las tendencias en transporte marítimo mencionadas en el punto A.-

Los temas expuestos hasta ahora, es decir, las tendencias en transporte marítimo, los procesos de terminales portuarios de contenedores y los flujos en estos, conformarán el marco teórico que será utilizado para identificar los beneficios de la utilización de tecnología RFID en el transporte marítimo. Este marco considerará además las actividades inmediatamente anteriores y posteriores a los procesos portuarios, es decir el transporte de contendores hacia y desde el terminal y el almacenamiento de los mismos en espera de carga o descarga en nave. El proceso general a considerar en el estudio se expone en la Figura Nº 6.

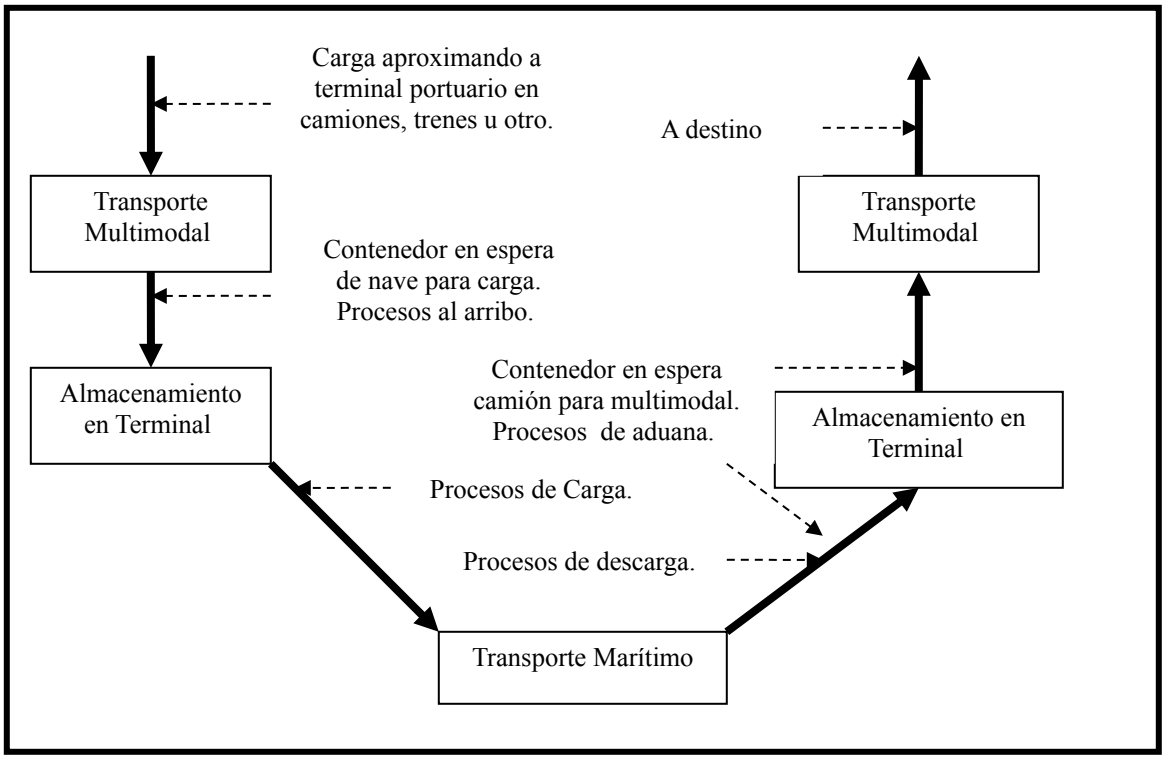


Figura Nº 6: Diagrama de Procesos Marco Utilizados en el Estudio

D. BENEFICIOS DE TECNOLOGÍA RFID EN TRANSPORTE MARÍTIMO:

Los beneficios del uso de tecnología RFID en la administración de terminales marítimos y de las actividades inmediatamente anteriores y posteriores, se presentan en cada uno de los tres procesos mencionados, y su ámbito de acción se enmarca en la optimización del flujo de información entre los diferentes entes involucrados. A continuación se presenta un análisis de los beneficios identificados, relacionándolos a cada proceso:

1. ***Proceso de carga y descarga de buques***:
   - Los contendores que se aproximan a un terminal marítimo pueden ser identificados con anterioridad a su arribo, lo que permite efectuar una consolidación a gran escala de la carga que debe ser puesta en una nave, incluso antes que el buque haya atracado al sitio asignado. La tecnología de identificación automática permite tener visibilidad sobre la carga total que debe ser embarcada en un determinado buque, y no solo de la que se tiene a mano. Esto permite administrar en mejor forma el embarque o desembarque, optimizando el tiempo utilizado en estas actividades, lo que se traduce en reducción de costos por asignación de sitio de atraque y uso de servicios portuarios.
   - La identificación de los contendores y la información global e integrada que entregan los tags, permite conocer, entre otras cosas, el buque en que un contendor debe ser embarcado, el peso del contendor y su puerto de

destino. Utilizando softwares especiales, estos datos pueden ser utilizados para asignar el orden en que un contenedor debe ser embarcado, asegurando una correcta estiba del buque, reduciendo el riesgo de un embarque erróneo y optimizando las futuras operaciones de desembarque, al posicionar el contendor en el lugar que no interfiera con actividades intermedias.

- Las empresas logísticas que arriendan contenedores, tienen visibilidad absoluta sobre sus activos, al conocer el momento en que son embarcados y desembarcados. De esta manera pueden optimizar operaciones futuras, al conocer el momento y lugar en que sus activos serán liberados para un nuevo arriendo.
- El proceso de carga puede ser flexibilizado, al conocerse con anterioridad, envíos de última hora que pueden ser considerados en el embarque, incluso si el medio que lo transporta al terminal portuario (camión, tren, etc.), aún se encuentra en la ruta. Este beneficio se logra sólo si el convoy cuenta con un posicionador satelital global.
- Al conocerse el momento en que un buque estará en condiciones de cargar o descargar, el orden de embarque de los contendores y la posición de convoyes aproximando, permite administrar el momento de arribo de la carga al terminal; por ejemplo, si un buque se atrasara, se puede comunicar al camión que trae la carga que demore su arribo, con lo que se reduce el tiempo del contenedor en espacio de almacenamiento. El punto a considerar es la relación en costo de mayor tiempo de uso de camiones con el arriendo de patio de contendores.
- Las medidas de seguridad tomadas posterior a los ataques terroristas del 11 de Septiembre del 2001, obligan al buque a tener conocimiento de su carga. El uso de RFID permite tener una visibilidad absoluta de lo que se encuentra al interior de un contenedor. La lectura se puede efectuar incluso en el sitio de carga, utilizando un lector manual. Si la información recopilada es congruente con la obtenida al consolidar la carga en el contendor, y si los sellos no han sido violados, se tiene certeza sobre la carga que será embarcada.
- La comparación de información obtenida en diferentes terminales de lectura, minimiza el riesgo de pérdida por robos durante la carga o descarga de contendores.
- En algunos países se esta exigiendo la declaración de la carga antes de que el buque arribe al puerto. Por ejemplo, en Estados Unidos se instauró el "24-hour rule" como parte del “Maritime Transportation Security Act of 2002”. Esta regla exige que los embarcadores envíen al puerto los datos de carga y pasajeros, 24 horas antes del arribo de la nave. Esta información puede ser automatizada por medio de un Sistema de Identificación que envíe señales de radio-frecuencia con información del buque, su carga y pasajeros, su velocidad y tiempo estimado de arribo.

2. ***Proceso de almacenamiento de contenedores:***

- La información de destino final de la carga y el buque en que un contendor será embarcado, permite organizar en forma automática la

asignación de lugar de almacenamiento en patio de contendores. Esto se traduce en menores costos administrativos, reducción de tiempo utilizado y menores costos por optimización de utilización de la maquinaria.

- RFID permite a todos los entes involucrados en la administración de la carga en transporte, conocer el lugar de almacenamiento, la hora de llegada del contendor y su momento de salida, lo que se traduce en mayor transparencia en los cobros. Cabe mencionar que la entrega de esta información puede ser utilizada además para automatizar el proceso de cobro por uso de patio de contenedores.
- Existe cierta carga que requiere un trato especial (por ejemplo, contendores frigoríficos transportando perecibles). Tags especializados entregan información de condiciones ambientales al interior del contenedor. Esto permite tomar medidas para prevenir daños a la carga por efecto de falla de las condiciones de almacenamiento, reduciendo drásticamente la probabilidad de pérdida de la misma, lo que significaría un alto costo para el cliente y el proveedor.
- Las empresas logísticas que arriendan contenedores, conocen el sitio en que se encuentran sus activos y tienen el control del momento y lugar en que serán liberados y puestos a disposición para nuevas operaciones.
- La visibilidad global que entrega la tecnología RFID permite conocer en detalle la carga que salió desde el origen y la que arribó al destino (ya sea final o intermedio). De esta manera, tanto proveedores, como empresas logísticas, administradores de sitios de almacenamiento y clientes finales, tienen conocimiento de la carga, lo que disminuye la probabilidad de pérdidas por robos durante el almacenamiento de contendores, y de tensiones entre los diferentes eslabones de la cadena.
- Las medidas de seguridad por carga considerada peligrosa y el control estatal de prevención anti-terrorista, han aumentado el costo de almacenamiento. El hecho de conocer la carga en el origen y en el destino, sumado a la integridad del sello, es en sí una medida que asegura que la carga almacenada no presenta ningún peligro ni riesgo.
- Un sistema RFID permite ubicar, dentro del límite de alcance del lector, un contenedor o una carga determinada al interior del mismo. Esto reduce drásticamente los tiempos y recursos que se deben destinar a esta actividad, reduciendo de esta manera el costo total de almacenamiento.
- Si se desea efectuar el proceso de internación o salida por aduana durante la espera en almacenamiento, el flujo automático de información por sistema RFID agrega gran valor, permitiendo la exportación de datos de carga al interior de un contenedor, los que administrados convenientemente entregarían la capacidad de llenado eficiente y eficaz de los formatos requeridos en cada puerto. Por ejemplo, en Estados Unidos se está llevando a cabo un programa que permita el llenado automático de documentos de aduana como el “315 message” o de los datos contenidos en el “Customs' Automated Management System (CMTS 309)” por medio de señales de Radio Frecuencia.

3. ***Proceso de recepción y entrega terrestre:***

- Como se ha mencionado en puntos anteriores, el transporte marítimo debe estar integrado a un sistema multimodal que permita el traslado de la carga desde el terminal portuario hacia el destino final. Una parte importante de esta actividad es la verificación de la carga recibida, lo que tiene el propósito de asegurar el correcto movimiento de los activos a través de la cadena de abastecimiento. La tecnología RFID entrega un gran valor a este proceso, permitiendo leer en forma rápida la totalidad de la carga al interior de un contenedor cuando este es traspasado de un medio de transporte al otro. Esta información es de suma importancia para cada uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento.
- Los procesos de entrega y recepción de carga se efectúan en lugares con capacidad de lectura de carga por RFID. Esto, sumado al traqueo permanente de los medios de transporte utilizados, entrega visibilidad a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, reduciendo la tensión entre sus eslabones y minimizando el riesgo de pérdida de activos durante su traslado.
- Los procesos de recepción y entrega están comúnmente asociados a los procesos de salida de la carga de las fronteras de un país. Esto requiere la realización de actividades de aduana, las cuales pueden ser optimizadas, reduciendo el tiempo y los recursos utilizados en ellas.
- La salida de una carga del país, también exige medidas que aseguren al puerto de destino que la carga no contiene mercancía peligrosa o internación de elementos que pueden ser utilizados para actividades terroristas. Por ejemplo, Estados Unidos está llevando a cabo el programa CSI ("Container Security Initiative"), destinado a verificar la carga a la salida del puerto de origen, para lo cual cuenta con oficinas en 20 de los mayores puertos a nivel mundial. El uso de tecnología RFID entrega la información necesaria acerca de la carga, reduciendo el tiempo utilizado actualmente en efectuar esta actividad, optimizando la relación eficiencia del transporte / medidas de seguridad adoptadas.
- Los contendores que transporten carga que requiera condiciones ambientales especiales pueden ser verificados al momento de la entrega a sistema multimodal, disminuyendo la probabilidad de pérdida por degradación de las condiciones.
- El uso de RFID permite a las empresas logísticas dedicadas al transporte multimodal conocer el momento actualizado del traspaso de contenedores desde un buque a otro medio. Esto permite reducir los costos por arriendo de sitios de espera, incrementar la relación movimiento / espera de la flota de camiones, diseñar mejores rutas y reducir el consumo de combustible.
- La información de destino que entregan los tags permiten direccionar correctamente la carga, lo que minimiza la probabilidad de entregas erróneas, reduciendo el costo que significa el reproceso.

E. DESAFÍOS FUTUROS:

Si bien el uso de tecnología RFID permite optimizar los procesos de transporte marítimo, en términos de reducción de costos y eficiencia, existen aún dos desafíos que deben ser abordados adecuadamente:

1. La estandarización del sistema de comunicaciones que permita la lectura de los contendores en cualquier lugar del mundo en forma similar. El transporte marítimo es eminentemente una actividad de intercambio internacional, por lo que este obstáculo debe ser debidamente abordado.
2. En atención a que el uso de tecnología RFID permite optimizar globalmente la cadena de abastecimiento, se debe tomar la decisión acerca del mecanismo de cómo debe ser prorrateada su implementación entre los diferentes eslabones.

V. CONCLUSIONES:

En el presente trabajo se ha expuesto las posibilidades que entrega el uso de tecnología de radio frecuencia en la optimización global de la cadena de abastecimiento, haciendo luego énfasis en un eslabón determinado y acotado como lo es el transporte marítimo.
Como se ha expuesto, el uso de tecnología RFID, no solo permite una optimización global, si no que además reduce los grados de incertidumbre, al hacer visible la información del movimiento de carga a través de los eslabones que componen la red.
De esta manera, el uso de tecnología de radio frecuencia ataca los dos grandes desafíos que impone la administración adecuada de una cadena de abastecimiento.
Haciendo un resumen de los principales beneficios que se han expuesto en el trabajo, las ventajas que entrega el uso de la tecnología en mención son:

A. Automatización de los procesos de flujo de información.
B. Gran confiabilidad en la recopilación de información.
C. Aumento en la acuciosidad de la información recopilada.
D. Capacidad para tomar decisiones basadas en información actualizada en tiempo real.
E. Gran visibilidad de los activos durante su traslado entre los diferentes eslabones de la cadena de abastecimiento.
F. Amplia variedad de posibles soluciones a problemas crecientes como seguridad anti-terrorista, y la capacidad de optimizar los procesos en un escenario de constantes restricciones.

Estos beneficios solo se lograrán con la correcta implementación de un sistema a nivel mundial, lo que requiere de estándares de comunicación adecuados y de la inversión prorrateada de los diferentes actores de la cadena de abastecimiento.

BIBLIOGRAFÍA:

1. "Designing & Managing the Supply Chain", Segunda Edición. Simchi-Levi, Kaminsky & Simchi-Levi.
2. "The Impact of Automatic Identification on Supply Chain Operations". McFarlane & Sheffi.
3. "Security Requirements Strengthened for Vessels, Marine Facilities and Ports", http://www.cnw.ca/fr/releases/archive/May2004/21/c6633.html.
4. "The Progress of Port Security", Barry Parker (01/0/2004), http://www.iwsinc.com/News/A_STD.cfm.
5. "Seaports Can Meet Security and Business Requirements with Advanced Communications Networks", http://www.cisco.com/en/US/strategy/transportation/security_business_requirements.html
6. "The State of Maritime Security", The Testimony of Mr. Christopher Koch, President and CEO, World Shipping Council (24/03/2004)
7. "Extracto de entrevista de Peter Winer a Keith Dierkx, CEO de Embarcadero Systems", 14/10/2004. http://64.233.161.104/search?q=cache:H0RL6rOmbAAJ:www.softmatch.com/Peter%2520Winer%2520interviews%2520Keith%2520Dierkx.pdf+rfid+and+maritime+transportation&hl=es
8. "Automatización de Terminales Marítimas de Contenedores: El Proyecto Terminal 2010", Juan Imeldo Gómez Gómez & Francisco Arvelo Valencia.
9. "DoD Supply Chain Implications of Radio Frequency Identification (RFID) Use Within Air Mobility Command (AMC)", Naval Postgraduate School, December 2003. Lt. George Clark & Lt. Marcelo Hozven.

XIX COPINAVAL

Embarcación Alta Velocidad Multipropósito.

Se establece un criterio para el diseño básico de una embarcación siguiendo los pasos del trabajo realizado por D. E. Calkins, en el SNAME Transactions, Vol. 91, 1983, pp 49-87. ¨An Interactive Computer-Aided Design Syntjesis Program for Recrational Powerboats¨

La embarcación propuesta es de gran tamaño como para satisfacer variados requerimientos: Transporte de conteiners (TEU); Transporte de 300 personas para trayectos costeros; De salvamento y rescate; Defensa costera para la evitar la pesca foránea; Uso para la Armada como porta-helicopteros; equipo rodante, etc. El desarrollo de la misma, prioriza planta propulsora de bajo peso compatible con la turbina aero derivada.

Básicamente el trabajo se divide en tres secciones: 1ª, determinación de la eslora mojada; determinación del peso del casco, planta propulsora, combustible y personas; determinación de la fuerza sustentante a la velocidad de servicio en equilibrio con los pesos. 2ª, equilibrio de las fuerzas y momentos actuantes: de fricción, de pesos, de sustentación, de propulsión, e hidráulica a la velocidad requerida y asiento de planeo. Algoritmo para el equilibrio de las fuerzas actuantes. Calculo de ehp [sf]. 3ª, Determinación del uso del Flap, para disminuir la resistencia hidráulica, por ende la potencia. Cálculo de ehp [cf].

Apéndices, Esquemas, Gráficos, Figuras y plano de la embarcación al final.

Autor del Presente Trabajo:

Efraín D. C. Ledesma

Ingeniero Naval y Mecánico de la Universidad de Buenos Aires, Profesor Adj. de Turbomáquinas.

Estudio Técnico: Consultora L & L Ingenieros

Av. Del Libertador 844, 8vo piso, depto E, [1001] Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

email: ingpayledesma@uolsinectis.com.ar te: 054 11 4812 3317

Objetivo:

Diseño embarcación con capacidad de transporte y rápida: +50knots.

Se trata entonces de un diseño de empuje hidrodinámico (ó en modo planeo) Ver figura 1: Rt/Δ función (Nº de Froude Volumétrico)

Primera Parte.

De la serie de la tabla "Geometric Particulars of Models used in Reg

gression Analysis" NPL, de Norsdtrom, DeGroot, SSPA, serie/64, s/63 y s/62; Tabla 4, vol 13, nº 4, pp381-400 oct. 1976 in Marine Technology: 'Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water' por Daniel Savitsky y Ward Brown se elige esta ultima, s/62, por ser el inicio de las series de cascos prismáticos. Esto nos es útil pues es una referencia para los datos de carena de la embarcación. La velocidad es siempre un elemento requerido por el Cliente. (Ver figura 2: Table 4--'Geometric particulars of models used in regression analysis')

Se usan unidades inglesas.

Factores a considerar antes de iniciar los cálculos; Todos los paréntesis con números indican la ecuación original dada en el trabajo de Calkins.

1. Determinar el coeficiente de velocidad, nº adimensional, que relaciona la energía de elevación necesaria mínima del centro de gravedad para el planeo con el parámetro manga, a una determinada velocidad. (Ver apéndice). Demostraciones empíricas para planeo estable indican Cv igual o mayor a dos. En estas condiciones el centro de gravedad de la embarcación se eleva y deja de existir empuje hidrostática (igual a desplazamiento), para convertirse en empuje hidrodinámico.

Cv = Coef. de velocidad [2]

Cv = v / (32,2 x BΦ)□□

Se adopta Cv = 2,35 para una manga en sección maestra B= 40ft, v = 50knots = 84,34 fps, y Bt = 38 ft

2. Angulo de astilla muerta. β, pudiendo variar de 10º a 30º según estado de mar. (valores estadísticos)

Se adopta β = 20º

3. Angulo de asiento longitudinal de planeo τ. para sin flap ronda entre 4º y 6º

Valores recomendados en el trabajo de A. Murray 'The Hydrodynamics of Planning Hulls'

Adoptamos τ = 5,5º de asiento longitudinal en planeo.

4. Determinación de pesos: Ver estimación de pesos en el Apéndice. Se establece la posición del centro de gravedad según series 62 recomendada, o sea 0,06 de LPP a popa de la sección media. Una primera corrida con dicho valor no satisfizo, con lo que una segunda corida determina LCG = 55,33´ desde AP (ubicación del transom)

Para nuestro caso; Wcasco[3] = 5.345E5 lb -Peso casco vacío-

Se 擦 estima la potencia efectiva según figura 1, ehp[4] = 23221 hp, en la curva de 'Slenderness ratio' (L/V^{1}), SR = 4,067 y Fn∀ (Nº de Froude volumétrico) = 2,835 obtenemos Rt/ Δ = 0.115, Rt = 1.51E5 lb, para Δ= 1.328 E6 lb (s/ec. De Hobbs); con un rendimiento propulsivo de 0,591 obtenemos shp = 39.2 E3 hp.

Con estos datos estimamos el peso de la planta propulsora equipada con turbina de gas aero derivada con reducción, factor 4 lb/shp; luego Wpp = 1.571E5 lb; peso del combustible Ng [7] = 4.38E5 lb (= 0.19Kg comb/h x shp x1/0,454 Kg/lb x 26.7 h, ó un radio de acción de 668 millas marinas), Wcarga = Δ – (Wcasco + Wpp + Ng) = 1.98E5 lb; Δ = CΔh x B³ x w = 1.33E6 lb, siendo el coeficiente de carga CΔh [6] = 0.324, w = 64 lb/ft³ el peso especifico del agua salada. Δ es el desplazamiento de la embarcación a velocidad cero.

- Cálculo de la longitud media mojada λ

Tenemos tres ecuaciones y cuatro incógnitas: λ, Tk, Lk, Lc

$\lambda = (Lk + Lc) / 2 \times B = Tk / (B \cdot \operatorname{sen} \tau) - \operatorname{tg} \beta / (2\pi \cdot \operatorname{tg} \tau)$ para $Cv > 2$ [16]

$Tk = Lk / \operatorname{sen} \tau$ [28]

$Lk = \lambda \cdot B + (B \cdot \operatorname{tg} \beta / (2\pi \cdot \operatorname{tg} \tau)$ [27]

Con lo que nos valemos de la ecuación de Savitsky para resolver el problema:

$\lambda = 0{,}16 \cdot (\operatorname{tg} \beta / \operatorname{tg} \tau) + 3.Cv^{2} \cdot \operatorname{sen} \tau$

$\lambda = 2{,}19$

donde Lk es la longitud mojada al centro del plano de crujía y Lc al borde, "chine line" ó cantonera a la velocidad (v), B manga en sección media, β es el ángulo de astilla muerta al centro, en sección media y tambien en popa, consideramos casco prismático luego: $\beta t = \beta_{x} = \beta$

En este punto es donde en el trabajo de Calkins -SNAME Transactions, Vol. 91, 1983, pp 49-87. - introduce la ec. [3] del trabajo Savitsky y Brown: (vol 13, nº 4, pp381-400 oct. 1976 in Marine Technology: 'Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water'); Obtenido Lambda se obtienen:

$Lk = \lambda \cdot B + (B \cdot \operatorname{tg} \beta / (2\pi \cdot \operatorname{tg} \tau) = 111.7$ ft

$Lc = \lambda \cdot B - (B \cdot \operatorname{tg} \beta / (2\pi \cdot \operatorname{tg} \tau) = 63.64$ ft

El asiento en popa será: $Tk = Lk \times \operatorname{sen} \tau = 10{,}71$ ft

Cálculo de coeficientes: Å, K y k1 para resolver el área del "SPRAY"

- $K = 1{,}5708 - 0{,}1515 \cdot \operatorname{tg}\beta \cdot \operatorname{sen}^{2}\beta - 0{,}2809 \cdot \operatorname{tg}^{2}\beta \cdot \cos\beta = 1.529$ (coeficiente de Astilla Muerta)
- $k1 = \operatorname{tg}\tau \cdot K / \operatorname{tg}\beta = 0.404$ (coeficiente de Asiento)
- $Å = [\operatorname{sen}^{2}\tau \cdot (1-2K) + \{K^{2} \cdot \operatorname{tg}^{2}\tau / (\operatorname{sen}^{2}\beta - \operatorname{sen}^{2}\tau)^{1/2}\}] / [\cos\tau + K \bullet \operatorname{tg}\tau \bullet \operatorname{sen}\tau] = 0.044$ (coeficiente del Área de Sustentación)

- $\phi = \text{arctg}\ \{[Å + k1] / [1-Å \cdot k1]\} = 24{,}569$ (coeficiente del Flujo)

Se establece el Área Mojada del plano de sustentación:

$Sp = \lambda \cdot B^2 / \cos\beta = 3734\ ft^2$

El "spray", área secundaria:

$Ss = \{tg\beta / (\pi \cdot tg\tau) - (tg\phi \cdot \cos\beta)/2\} \cdot B^2/(2\cos\beta) = 1023\ ft^2$ dicha área no interviene en la sustentación pero sí en la resistencia al avance.

- Cálculo de la velocidad [Vm] que origina *el campo de sustentación* para una dada velocidad v:

$Vm = v\ \{[1-(\kappa-0{,}0065.\beta.\kappa^{0{,}6}) / (\lambda.\cos\tau)]^{0{,}5}\} = 82{,}774$ ft/s

Donde, $\kappa = 0{,}012.[\lambda^{0{,}5}].[\tau^{1{,}1}] = 0{,}116$

- Cálculo del coeficiente de sustentación y por ende del empuje "Lift"ó Sustentación hidrodinámica:

$Clo = \{[(\lambda^{5}/2) \cdot 0{,}0055 / Cv^2] + [0{,}012 \cdot \lambda^{½}]\} \cdot \tau^{1{,}1} = 0{,}16$ [18]

Donde Clo es el coeficiente de sustentación para $\beta = 0°$, y para $\beta = 20º$, será:

$C\beta = Clo - 0{,}0065 \cdot \beta \cdot Clo^{0{,}6} = 0{,}12$ [18]

Determinación de la sustentación, (ó lift) *debiendo* este, igualar al desplazamiento, o peso total de la embarcación.

$\Lambda = C\beta \cdot v^2 \cdot B^2 \cdot \gamma/2 = 1.34E6$ lb [18], siendo la densidad $\gamma = w/32{,}2 = 64/32.2 = 1{,}988$ lb .s^2/ft^4. ft^2, v = 84,335 fps, B = 40 ft, $C\beta = 0{,}12$ donde w = 64 y 62 para agua salada y dulce respectivamente (lb/cuft) y la aceleración de la gravedad: 32,2 ft/s^2

Y el desplazamiento: $\Delta = 1.33E6$ lb [18]; que para continuar los cálculos se considera lo suficientemente exacto. La sustentacion y los pesos totales igual al desplazamiento son:

Entonces: $\underline{\Delta \sim \Lambda}$

Segunda Parte

Se calculan las fuerzas actuantes, brazos y momentos.

- Fuerza de Presión

Dp: Es la componente de los pesos que debido al movimiento del plano en el sentido de la velocidad, se opone a esta.

$Dp = \Delta \cdot tg\tau = 127900$ lb [19]

- Fuerzas de Fricción

Dtp: fuerza resistente correspondiente a la fricción del flap cuando este actua.

$Dtp = [\tau + \delta] \cdot \Lambda t \cdot 0{,}0052 = 0$(lb) (Drag transom pressure); $\delta = 0^{o}$, $\Lambda t = 0$ lb, siendo δ el ángulo deflector del flap y Λt la fuerza ascencional del flap, en la tercera parte se dará parte a la acción del mismo.

Df: fuerza resistente correspondiente a la fricción del area del casco, Sp

$Df = \gamma/2 \cdot [Vm^{2}.Sp.(Cf1+\Delta cf)] = 5{,}974$ E4 lb (drag frictional), siendo Δcf el coeficiente de rugosidad superficial del plano=0.0004 in. ó consultar con tablas hidráulicas en función de la altura de las imperfecciones. Cf1 es el coeficiente de fricción del casco en función del Reynolds.

Dsp: Es la resistencia que corresponde al "spray"

$Dsp = \gamma/2 \cdot [v^{2}.Ss.(Cf1+\Delta cf)] = 1.707$ E4 lb (drag surface plane)

Dsk: Es la resistencia de la/s pata/s de gallo

$Dsk = Cf2 \cdot SSk \cdot Vm^{2} \cdot \gamma / \cos\tau$ (lb) (drag skeg), siendo SSk la proyección del lateral en (ft2). Cf2 es el coeficiente de fricción del elemento en función del Reynolds.

Dr: Es la resistencia del timón o los timones

$Dr = Cf3 \cdot [1+2t/c +60 (t/c)^{4}] \cdot \gamma \cdot Sr \cdot v^{2}$ (lb) (ruder drag), siendo t/c (ancho/cuerda) la relación en perfiles alares y Sr el área lateral del timón en (ft^{2}).

- Cálculo de los Números de Reynolds para obtener los coeficientes de fricción actuantes por fricción:

Re,casco = λ .B .Vm / ν = 5,7 E8 donde ν = 1,2817 E-5 es la viscosidad cinemática del agua para 15º

Re,apéndice = i . Vm / ν donde el primer factor i, es el ancho del perfil característico de la pata de gallo de la línea de ejes.

Re,timón = i . v / ν donde el primer factor i, es la semisuma de los anchos superior e inferior del timón. Nota: A los efectos de simplificar, se toma Dr + Dsk = 10% Df = 5.97 E3 lb

- Cálculo de los coeficientes de fricción

Utilizando las fórmulas de ITTC o por gráfico de Schoengerr:

1° Cf = 0,075 / (log Re – 2) □

2° 0,242 / Cf 0,5 = log(Re•Cf) siendo Cf el coeficiente de fricción respectivo a los apéndices y timón, Cf2 y Cf3 en consecuencia tendremos recomendado el uso, para calcular por Schoengerr Cf1 = 1,96 E-3

- Cálculo de los brazos de balance

La nomenclatura usada es el resultado de tener en cuenta el detalle; l = "lift" y d = "drag"

Comenzamos por el principal lcp, distancia del centro de presión de Λ, al centro de gravedad de la embarcación; Λactúa perpendicular a la línea de horizonte.

Para obtener el centro de gravedad es necesario tener una distribución de pesos preliminar, determinar sus coordenadas (vertical [VCG] y horizontal [LCG]) y a partir de la conocida fórmula: [VCG] = (Wgi • Ygi) / (Wgi) y [LCG] = (Wgi • Xgi) / (Wgi), respectivamente, debiéndose elegir y mantener el centro de gravedad como referencia para el cálculo. Realizando calculos previos de ajuste, se determina LCG = 55.33 ft. y VCG = 15 ft se tomo estimativamente.

lcp[24] = LCG - λ . B {0,75 - 1/ [(5,21 . Cv□ / λ□) + 2,39]} =0.0364 ft (a popa del

centro de gravedad.

df: brazo de la fuerza friccional del casco, Df:

df = VCG – tgβ . B/4 = 11,36 ft

dsp: distancia de las superficie del `spray´ de la Dsp:

dsp = VCG - tgβ . B/3 =10,14 ft

lt: brazo de la fuerza ascencional del flap Λt:

lt = {LCG + CT . cosδ} cosτ - (0,6 . BT) = 33,81 ft para BT = 40,44 ft que es la longitud del flap y CT = 3 ft, la cuerda del mismo; BT = Bt/cosβ en este caso delta δ es cero.

dtp: brazo de la fuerza de fricción del flap:

dtp = VCG . cos τ + LCG . sen τ - tgβ . cos τ .BT/4 = 16.57 ft

dsk: brazo de Dsk, del skeg, medido en obra o en plano, se estima en 14,5 ft

dr: idem respecto a Dr, timón, medido en obra o en plano se estima en 15,5 ft

se tomará el conjunto a 15 ft de AP, ó dr,sk = 40.33 ft de LCG.

- Calculo del empuje de la hélice

La proyección de todas las fuerzas en el horizonte suma cero, es decir: ΣFx = 0, Como la unica fuerza que se opone al movimiento es el empuje de la hélice que trasmite por el eje un valor T tal que:

T • cos(τ + ε) = (Df + Dsp) • cos τ + Dp + Dtp + Dsk • cos τ + Dr

T = [(5,974 E4 + 1.707 E4) • cos5,5º + 1,279E5 +5,974 E3]/ cos 18.5º = 2.218E5 lb

Donde ε es el ángulo de la línea de eje con la quilla; Dsk y Dr se supone un 10% de Df siendo T el empuje colineal con la linea de ejes, ε = 13º

- Momentos Actuantes

Para el cálculo de la distancia (Ltt) de aplicación del empuje (T) debido al propulsor, lo resolvemos como incógnita:

Sentido de los momentos: (+) con las agujas del reloj. Para la correcta aplicación se recomienda esquematizar en un plano las fuerzas en sus puntos de aplicación y el sentido de las mismas, para así, ubicar los signos de los momentos.

Tomando momentos c/respecto a CG), deberá ser $\Sigma My = 0$ Sentido de los momentos: (+) con las agujas del reloj. Para la correcta aplicación se recomienda esquematizar en un plano las fuerzas en sus puntos de aplicación y el sentido de las mismas, para así, ubicar los signos de los momentos.

$T \bullet Ltt = \Lambda \bullet lcp/\cos\tau + Df \bullet df + Dsp \bullet dsp + \Lambda t \bullet lt + Dtp \bullet dtp + (Dsk + Dr) \bullet dr,sk$ [26] (lb•ft)

Con las consideraciones de flap no aplicado: $\Lambda t \bullet lt + Dtp \bullet dtp = 0$ lb.ft

$T \bullet Ltt = \Lambda \bullet lcp/\cos\tau + Df \bullet df + Dsp \bullet dsp + (Dsk + Dr) \bullet dr,sk$, en esta ecuación debemos observar lo siguiente:

Siendo Ltt la distancia del eje propulsor al centro de gravedad, podremos jugar con ese valor de acuerdo a la instalacion a proyectar. Y tambien disponemos con lcp, que depende de la posición del centro de gravedad. Es común que la posición inicial del centro de gravedad sea tal, que fija el lcp, y de la ecuación anterior sea incompatible la determinación de Ltt. Para el caso, debemos entonces fijar Ltt y predeterminar lcp. Si hubiésemos aplicado el flap, en este paso, nos encontramos con LCG fijo, y el problema podría no tener solución. (dada la incompatibilidad física de satisfacer Ltt), haciendo:

$Df \bullet df + Dsp \bullet dsp + (Dsk + Dr) \bullet dr,sk = Mdrags = 1.093E6$ lb ft

$N \cdot lcp = 4.899E4$ lb ft; siendo $N = \Lambda/\cos\tau = 1.346E6$ y lcp = 0.0364 ft

$T\ Ltt = N\ lcp + Mdrags,$

Ltt = - 5,15 ft

El signo negativo corresponde a que el empuje produce un par contrario al sentido horario. Significa que la línea de ejes esta a 5,15 ft por debajo del centro de gravedad.

- Cálculo de la fuerza de remolque, Rt

Df, Dsp, actúan bajo el campo de Vm, por ello se ven afectadas por cos t para dar lugar a la dirección de Rt sobre el eje x u horizonte, notar que no es la proyección sino la componente.

$Rt = [(Df + Dsp) / \cos \tau] + Dp + Dsk + Dr$ [29]

Rt = (5,974E4 + 1.707E4)/ cos5,5º + 1,279E5 + 0 + 5.974E4 = 2.11E5 lb para sistemas con eje y timón.

Observar que Rt es independiente a la posición de T, empuje del propulsor. –

Como resultado, la Potencia Efectiva de Remolque:

ehp = Rt . v / 550

ehp = 2.11E5 lb. 84,335 fps / 550 = 32350 hp

Siendo Rt la fuerza de remolque en (lb) y v la velocidad en pies por segundo (fps = ft/s).

Debe verificarse que la sumatoria de las componentes verticales de las fuerzas actuantes de cero:

$\Sigma Fz = \Delta - N \cos \tau - T \operatorname{sen} (\varepsilon + \tau) + (Df + Dsp) \sin \tau - \Lambda t$

Dado que el empuje en el eje portahelice tiene una componente vertical, siendo esta del orden de: Tz = T sen (ε + τ) = 2.218 E5 sen 18,5º = 7. 038 E4 lb en contra de los pesos. En principio este beneficio podría asegurar un transporte de carga equivalente.

Tercera Parte

Aplicación del flap popel

$\Lambda t = 0{,}046.CT.BT1. \delta . \cos \beta . \gamma . v^2$ para CT = 3ft, BT1 = 40.44 ft, aplicando δ = 7,5 º para γ = 1,988 lb s^2/ft^4 ft^2, v = 84,335 fps, se obtiene:

Λt = 2.959E5 lb, la variación de desplazamiento (peso) resultante, s/desarrollo de Savitsky: (vol 13, nº 4, pp381-400 oct. 1976 in Marine Technology: 'Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water')

$\Delta e = \Delta - \Lambda t$ = 1328 E3 – 295.9 E3 = 1033 E3 lb

Por otro lado; Aplicando momentos con respecto a AP:

LCGe = LCG Δ -0,6 BT1 $\Delta t)/\Delta e$ = 64,23ft

$C_{l\beta} = 2\ \Delta e / \gamma . v^2 . B^4 = 0.091$

Clo = 0.130 s/Gráfico de Murray.

LCGe/ B = p/b = 1,606, donde p es el nuevo centro de presión, B = b (manga) donde en la figura nº 3 del mencionado trabajo se obtiene:

$C_{lo}/ t^{1.1} = 0.031$; λ = 2,65(ambos valores función de p/b y Cv), despejando $t^{1.1}$ = Clo/ 0.031, obtenemos τ = 3.681º siendo este el nuevo ángulo de trim en planeo estable con el flap.

Debemos verificar que la eslora mojada Lk es menor que la eslora prevista de 150 ft,

$\underline{Lk} = \lambda.B + (B.tg\ \beta / (2\pi.tg\ \tau) =$ <u>142 ft < 150 ft</u>

$Lc = \lambda .B - (B.tg\ \beta / (2\pi.tg\ \tau)$ = 70 ft

La resistencia de fricción contemplando el flap s/ Savitsky igual a la resistencia al avance:

Rt (cf) con flap =Drag = 87470 lb + 10%Df = 91440 lb > Rt sf (sin flap)

Como resultado, la Potencia Efectiva de Remolque:

ehp = Rt . v / 550

<u>ehp</u> = 91440 lb. 84,335 fps / 550 = <u>14020 hp</u>

Conclusiones:

Hemos visto se como ha reducido la potencia en un 130%. y otro tanto con el consumo

de combustible.

El limite de la a aplicación de la flap es la eslora mojada

La línea de ejes con ángulo de salida respecto del casco ofrece mayor capacidad de carga de la embarcación.

Título: Empleo de la propulsión de chorro de agua en embarcaciones para el saneamiento marítimo-portuario

XIX

COPINAVAL 05

Congreso Panamericano de Ingeniería Naval,

Transporte marítimo e Ingeniería Portuaria

Guayaquil - Ecuador

Autor: **Ing. Roberto Gálvez Flores**
Posición: **Especialista**
Organización: **Empresa de Proyectos Navales**
Teléfono: **862-1205**
Fax: **866-5699**
Dirección: **Oficios # 452 esq. A Acosta Municipio Habana Vieja**
Ciudad de La Habana, Cuba
Dirección electrónica: **galvez.ceprona@argus.cu**
Dirección geográfica: **Edificio CEPRONA apto. 11 Zona 11 Alamar Municipio**
Habana del Este, Ciudad de La Habana, Cuba
Teléfono particular: **93-3077**

Resumen

El propulsor de chorro de agua se diferencia de todos los demás propulsores en que este se ubica completamente dentro del casco de la embarcación.

Esto ha predeterminado la particularidad específica del trabajo y las ventajas de este tipo de propulsor, las más importantes de las cuales son prácticamente la completa protección del propulsor, la posibilidad de lograr el menor calado de la embarcación, buena maniobrabilidad de la embarcación en marcha avante, marcha atrás y hacia ambas bandas sin la reversibilidad del motor propulsor, la inclusión dentro de la embarcación de sistemas navales especiales etc.

La metodología de cálculo de los propulsores de chorro de agua en lo fundamental se desarrolló en Rusia y se apoya en investigaciones y trabajos prácticos de las embarcaciones de chorro de agua.

Una atención considerablemente menor se le ha dado a los problemas prácticos de cálculo y proyección especialmente en el uso de propulsores de chorro de agua en embarcaciones pequeñas.

Esto es lo que ha llevado al Autor a escribir sobre el tema como sostén del estudio, diseño, construcción y generalización de una embarcación recolectora de hidrocarburos y sólidos flotantes denominada “MEDUSA”, experiencia única en América, cuyos resultados obtenidos en el transcurso de más de cuatro años de intenso trabajo, ha demostrado lo acertado de la solución técnica.

Introducción

El desarrollo de embarcaciones del tipo recolectores de hidrocarburos y sólidos flotantes no ha sido significativo a nivel mundial; pocos países han desarrollado diferentes variantes de embarcaciones, una más eficientes, otras tratando de ser más universales, todas para enfrentar un mismo objetivo, la eficiente respuesta de contención, hacinamiento y recogida de cualquier tipo de derrame accidental de hidrocarburo que se pueda producir en el mar en condiciones favorables para ello y la recogida de sólidos flotantes.

En varios años de estudio de esta problemática el modelo diseñado finalmente respondió a una embarcación que cumpliera con dos exigencias principales y dos secundarias, fundamentalmente para trabajar en los límites de las bahías y zonas costeras con condiciones de marea con una altura no mayor de 0,5 metros, que son:

- recogida de hasta 30 m^3 de hidrocarburos y su almacenaje;
- recogida de hasta 4 m^3 de sólidos flotantes y su almacenaje;
- achique de mezclas oleosas a embarcaciones menores a 150 T.R.B;
- recogida de desechos sólidos desde otros buques.

Este recogedor polivalente, sin lugar a dudas, es una contribución más al saneamiento, conservación y mantenimiento de los niveles de limpieza de las aguas marinas y en consecuencia del medio ambiente marino.

En la actualidad, el desarrollo de la propulsión a chorro de agua, se ha visto limitado a embarcaciones pequeñas y rápidas, a embarcaciones que navegan en ríos y lagos con limitaciones de calado y más actualmente en embarcaciones de trabajo, fundamentalmente destinadas a la lucha por la limpieza contra los derrames de hidrocarburos y los sólidos flotantes.

La construcción de este tipo de embarcación no ha sido significativo a nivel mundial y han sido desarrolladas en muy pocos países del mundo, como Rusia, Polonia, Grecia y Cuba.

Las mismas ofrecen unas perspectivas de desarrollo distintas y por consiguiente de una importancia sin igual en la conservación del medio ambiente marino.

Estas embarcaciones recolectoras de hidrocarburos y sólidos flotantes, llamadas en Cuba también limpiabahías, son medios flotantes que además de utilizar con la mayor eficiencia las posibilidades de la propulsión a chorro de agua, también se apoyan en ella para el

funcionamiento de sistemas especiales vitales para la recolección de hidrocarburos y sólidos flotante, que en el desarrollo de la ponencia se explicarán detalladamente.

Veintiún años después de un largo y difícil camino Cuba ya tiene su embarcación limpia bahías. En el año 2000 nacía el Medusa. Concluían dos décadas de estudio, propuestas, aprobación, proyecto y construcción.

Esta es la primera embarcación, completamente cubana, que es movida por acción de la propulsión de chorro de agua y devino un hecho trascendental para la historia de la construcción naval en la Isla.

Las diferentes variantes desarrolladas, pueden considerarse eficientes y universales. El MEDUSA ha demostrado un gran desempeño en sus funciones principales y secundarias.

Estos barcos son una necesidad para el país. Nuestra Isla, rodeada de mar, está potencialmente afectada por las posibilidades de cualquier tipo de derrames, debido al intenso tráfico de grandes embarcaciones petroleras, que navegan desde y hacia el norte y bordean las líneas internacionales, muy cercanas a sus costas.

El MEDUSA es pequeño por sus dimensiones generales, pero con una alta complejidad técnica, lo que le permite recoger las fracciones de productos oleosos y los desperdicios sólidos en la superficie de las aguas de las bahías, puertos, lagos, presas, aguas costeras, con un oleaje no mayor de 0,5 metros de altura con gran eficiencia.

La embarcación fue proyectada y construida según las exigencias de la Sociedad Clasificadora, el Registro Cubano de Buques.

Las nuevas proyecciones incluían las pruebas de rigor a la nave, de una serie inicial de tres, que se denominaron Medusa I, II y III. El primer prototipo se destinó a la bahía de La Habana, donde está demostrando su eficacia, calidad y utilidad.

La Empresa de Proyectos Navales (CEPRONA), fue la Proyectista y los Astilleros del Oriente (ASTOR) fueron los Constructores del Medusa los cuales asimilaron esta tecnología, considerada de punta, con gran maestría.

Actualmente dos embarcaciones están destinadas a la bahía de La Habana y un trabaja en la bahía de Santiago.

Medusa, según se ha podido comprobar, encierra en sí misma un alto efecto social por ser un equipo destinado a contribuir a la lucha por un medio ambiente marino sustentable, además de su efecto económico tangible.

El Medusa fue Premio Nacional Relevante en del XIII Forum de Ciencia y Técnica.

Entre las ventajas económicas de esta embarcación sobresalen: la reducción de la dependencia de importación, fundamentalmente de países desarrollados, cuyos precios de venta son inalcanzables; el pago por mano de obra y seguridad social es en moneda nacional y también que el país posee toda la documentación necesaria para construir estos equipos.

También destacan el desarrollo de sus potencialidades técnicas y humanas, las mejores condiciones de vida de la tripulación, sus cualidades de maniobra, y que con ella se podrán combatir con relativa rapidez y eficacia posibles derrames de petróleo en las cercanías de nuestras costas entre otras virtudes.

Medusa comienza a ser la reina de nuestros mares. Ella también es parte de la conciencia y acción concreta del Estado cubano por preservar el medio ambiente. Por todos estos esfuerzos, encabezados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, junto a otros organismos y entidades nacionales, ya volvemos a ver en bahías como la habanera a aves marinas, peces y aguas más limpias, para alegría de toda la población.

Desarrollo del trabajo

Pequeña por sus dimensiones generales, pero con una alta complejidad técnica, MEDUSA es la primera embarcación limpiabahía construida en Cuba destinada para recoger las fracciones de productos oleosos y los desperdicios sólidos flotantes en la superficie de las aguas de las bahías, puertos, lagos, presas, aguas costeras, etc., con un oleaje no mayor de 0,5 m de altura.

La finalidad principal de esta embarcación es sanear las aguas y recuperar las fracciones de productos oleosos como materia prima, cuya entrega se realiza en la refinería de petróleo y la recolección de los sólidos flotantes, los cuales se entregan en un incinerador, dispuesto para tales efectos, para su cremación.

El MEDUSA posee todos los sistemas navales que le garantizan una segura navegación, pero además se incluyen los sistemas especiales para este tipo de embarcación que son el:

- sistema de propulsión a chorro de agua;
- sistema de gobierno con pala del timón y compuertas reactivas;
- sistema de entrada selectiva por nivel de agua del hidrocarburo y sólidos flotantes hacia la cántara;
- sistema de recolección hacia los tanques de decantación del hidrocarburo;
- sistema de recolección de los sólidos flotantes hacia el contenedor;

Todos los equipos y mecanismos tienen como base del accionamiento la hidráulica, ya sea por medio de un actuador rotacional o por medio de actuadores lineales, la fuente energética es tomada de la parte delantera del motor principal por una bomba hidráulica de engranajes y la distribución y control del líquido operante se lleva a cabo desde diferentes puntos, de acuerdo con la posición del accionamiento.

Además, la embarcación posee todos los demás sistemas necesarios para su trabajo y supervivencia.

El sistema eléctrico será a 24 V por medio de un banco de baterías, situado en el cuarto de máquinas, de corriente directa y servirá para el alumbrado general y el arranque del motor principal.

Otro grupo de baterías irá situado debajo de la escalera de acceso al puente por el costado de babor y servirá para el alumbrado en condiciones de emergencia y la alimentación al equipo de comunicaciones; además se dispone de un generador accionado por la toma de fuerza del motor principal para la alimentación de los reflectores en las faenas nocturnas.

Además, el sistema de compuertas reactivas y la pala del timón del sistema de gobierno accionadas hidráulicamente, interactúan como un todo con la propulsión a chorro de agua y dotan a esta embarcación de un sistema de alta complejidad para poder alcanzar los parámetros principales de trabajo en la recolección de hidrocarburo y sólidos flotantes, lográndose una maniobrabilidad tal que la embarcación puede operar en zonas restringidas con alta eficiencia.

Las formas del casco son simplificadas, con fácil tecnología de construcción.

La embarcación tiene una sola cubierta sin arrufo en la proa y una cántara abierta con entrada del agua de mar por la proa.

La forma de las compuertas delanteras, adaptadas a la forma de la proa del casco con su sistema de cierre, permite mejorar las características de navegación libre de la embarcación y además no solamente trabajar en zonas cerradas como las bahías, sino también alejarse de las costas en la cota que permite la Sociedad Clasificadora.

El fondo de la popa posee una forma que permite una buena entrada y salida de las aguas adyacentes y una correcta ubicación de los equipos especiales de maniobra.

La región de navegación III limita el trabajo de esta embarcación a las bahías y zonas costeras.

La embarcación tiene una autonomía aproximada de 2,5 días de trabajo continuo del motor propulsor a revoluciones óptimas.

La embarcación fue proyectada sobre la base de las exigencias de la Sociedad Clasificadora con limitaciones y aligeramientos para la zona de navegación prevista.

La misma se construyó bajo la supervisión del Registro Cubano de Buques para recibir la clase:

CM III - "Limpiabahía".

La tripulación estará compuesta de dos o cuatro personas, en dependencia del régimen establecido de trabajo para este tipo de embarcación.

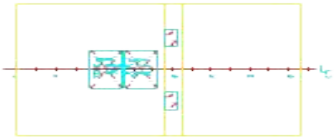
Para la explotación de la embarcación se prevé:

- un patrón-timonel
- un auxiliar entrenado en el servicio de los equipos de la embarcación
- un maquinista.

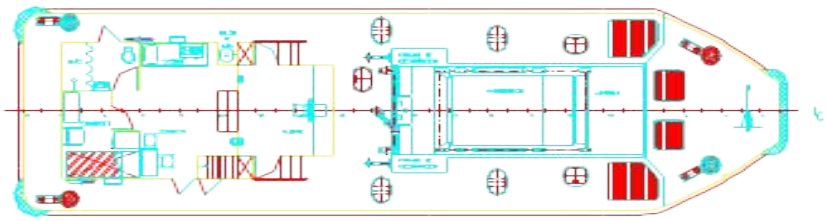
Se prevén condiciones de estancia permanente para dos personas a bordo.

VISTA DE PERFIL

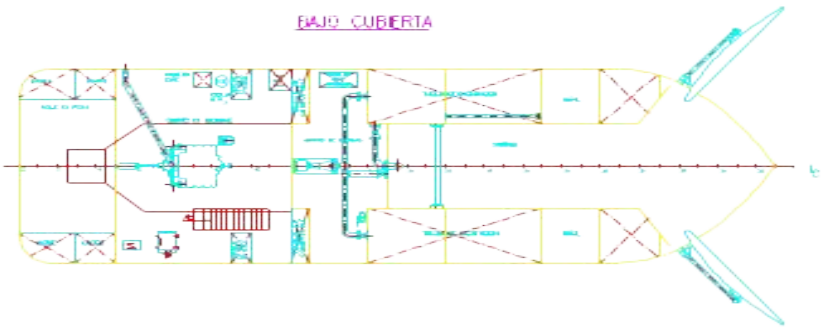
CUBIERTA DE LA CASETA



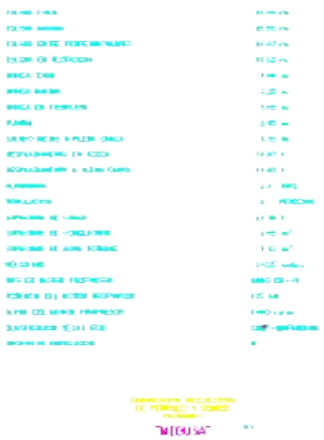
CUBIERTA PRINCIPAL



BAJO CUBIERTA



CARACTERISTICAS PRINCIPALES



"MEDUSA"

Las dimensiones principales de la embarcación son:

- eslora total 19,50 m
- manga total 5.00 m
- puntal 2,40 m
- calado medio a plena carga 1,44 m
- desplazamiento a plena carga 90,00 t
- clara constructiva 0,50 m

El casco está dividido con los mamparos transversales y longitudinales en los siguientes compartimientos:

• cuad.	• 0 : 5 central	• pique de popa
	• lateral	• tanques de lastre
• cuad.	• 5 : 15	• sala de máquinas
• cuad.	• 14 : 15 lateral	• tanques de combustible
• cuad.	• 14 : 19	• sala de bombas
• cuad.	• 19 : 33 central	• cántara
• cuad.	• 18 : 27 lateral	• tanques de decantación de los productos oleosos
• cuad.	• 27 : 30 lateral	• pañoles
• cuad.	• 30 : 33 lateral	• compartimientos de los flotadores
• cuad.	• 27 : 39 fondo	• compartimiento vacío
• cuad.	• 2 : 34	• canal central del fondo
• cuad.	• 2 : 15 central	• caseta

Las capacidades de agua potable, combustible y aceite hidráulico satisfacen las necesidades de la embarcación.

La velocidad libre del MEDUSA es de 5 ± 0,5 nudos y la de trabajo de 0 – 2 nudos.

La estabilidad y el francobordo responden a las exigencias de la Sociedad Clasificadora para este tipo de embarcación y región de navegación.

A pesar de la complejidad de la estructura del fondo por la existencia del canal a todo lo largo de la embarcación, la misma fue dotada de suficientes registros para un mejor mantenimiento.

Los medios contraincendio y de salvamento se garantizan plenamente a bordo de la embarcación.

Para el fondeo se previó la utilización de un ancla tipo Danforth de 35 kg, la cual será operada manualmente en los momentos que se requiera, tomando en cuenta la poca frecuencia de su utilización, debido a las características de trabajo y navegación de esta embarcación.

El limpiabahía MEDUSA encierra en sí mismo un alto efecto social por ser un equipo destinado a contribuir a la lucha por un medio ambiente marino sustentable, mediante el saneamiento y mantenimiento de los niveles de limpieza de las bahías y zonas costeras, además del efecto económico tangible.

El cálculo del propulsor de chorro de agua, tiene como objetivo la determinación de los parámetros óptimos del mismo y de la geometría del canal hidráulico.

El procedimiento de cálculo se realiza para tres casos a tener en cuenta:

1. velocidad libre de navegación de la embarcación y entrada popel de agua hacia el propulsor;
2. velocidad de trabajo de la embarcación y entrada proel de agua hacia el propulsor.

El cálculo se realiza por el método de aproximaciones siguiente, hasta obtener los resultados satisfactorios con respecto a los valores esperados.

Al final se calculan la eficiencia del flujo, los indicadores de las revoluciones de la hélice, los coeficientes de la columna levantada por el propulsor y la intensidad del paso del flujo.

Los valores obtenidos permiten seleccionar el propulsor de chorro de agua para el cumplimiento de las condiciones de proyecto iniciales.

El sistema especial de propulsión por reacción a chorro de agua y canales sirve para forzar el movimiento de las aguas superficiales hacia la cántara con una velocidad de la embarcación desde cero hasta la máxima prevista de trabajo, el cual es una novedad para la construcción naval cubana, al desarrollarse esta técnica con buenos resultados, teniendo en cuenta que el funcionamiento de este tipo de embarcación depende totalmente de este tipo de propulsión.

El sistema global de propulsión de chorro de agua en este tipo de embarcación se compone de:

- rejilla de entrada delantera del canal;
- compuerta central;
- canal, dividido en tres secciones;
- rejilla de entrada del fondo;

- difusor;
- tubo de la hélice;
- hélice con su línea de ejes y motor;
- pala del timón;
- compuertas reactivas;
- registros de limpieza del canal.

Para poder explicar el funcionamiento de la propulsión de chorro de agua, es necesario primeramente conocer la distribución general de la embarcación denominada MEDUSA.

A partir de este conocimiento, se podrá entender más minuciosamente el funcionamiento de este tipo de propulsión, sus ventajas, según la destinación de la embarcación y su incidencia en el funcionamiento de los sistemas especiales, que determinan al final la eficiencia del trabajo en general en la recolección de hidrocarburos y sólidos flotantes según las premisas iniciales.

Nos detendremos entonces en la explicación del empleo de la propulsión de chorro de agua en esta embarcación.

1. Velocidad libre de navegación de la embarcación y entrada popel de agua hacia el propulsor.

A partir de la capacidad de succión de la hélice, desde el fondo de la embarcación, a través de la rejilla y el difusor se succiona el agua por el canal de la hélice originando el empuje necesario para el avance de la embarcación.

2. Velocidad de trabajo de la embarcación y entrada proel de agua hacia el propulsor.

En este caso nos detendremos más ya que la eficiencia de la propia embarcación depende totalmente de las posibilidades de succión de la hélice.

La embarcación en la faena, desarrolla una velocidad máxima de 2 nudos y una mínima de 0 nudos, lo que en la práctica en otro tipo de nave haría que se bajaran las revoluciones del motor propulsor para así bajar las de la hélice.

En nuestro caso la hélice se mantiene a las máximas revoluciones del motor propulsor, donde se alcanza su mayor empuje, lo que hace posible que tenga una capacidad de succión tal que arrastre inclusive desde fuera de las compuertas delanteras el flujo de agua a través del canal, trayendo consigo hacia la cántara navegable los residuos flotantes de hidrocarburo y sólidos.

La velocidad de trabajo de la embarcación desde 2 a 0 nudos se alcanza gracias al sistema de compuertas reactivas, que girándolas adecuadamente logran una contra reacción del flujo de la hélice, lográndose la disminución de la velocidad hasta valores adecuados para la recolección.
De esta forma, se garantiza el funcionamiento adecuado de los sistemas especiales más importante de la embarcación, ya que a partir de este momento es que comienzan su función los sistemas de recolección de hidrocarburo hacia los tanques de decantación y el sistema de recogida de los sólidos flotante a través de la pala de recogida hacia el contenedor.
De aquí, la importancia de un adecuado cálculo para obtener las caracteristicas de empuje eficiente de la hélice.

Conclusiones

El desarrollo de la construcción naval en general y de embarcaciones especializadas en particular en los países del Caribe y América latina, a partir del conocimiento técnico y tecnológico ya existente, aportaría grandes ventajas económicas y sociales, al reducirse la dependencia de importación, fundamentalmente desde países desarrollados, cuyos precios inaccesibles nos privan de un desarrollo sustentable, al ser los mismos prohibitivos en muchos casos para nuestras economías, además de crearse nuevas fuentes de empleo y nuevas potencialidades constructivas en nuestros países.

Las embarcaciones destinadas al saneamiento marítmo-portuario son una necesidad real en la lucha por la conservación de un medio ambiente sustentable.

Bibliografía

1. G. J. Waganow "Tiro de las embarcaciones" Riecznoj Transport" Moscu 1962
2. Centkowski J. "Propulsores navales de chorro de agua" 1969
3. Papir A. N. "Propulsores navales de chorro de agua en embarcaciones pequeñas" Leningrado 1970
4. Troskolansky A.T. "Hidromecánica" Varsovia 1969
5. Idielchik I. E. "Prontuario de resistencia hidraulica" Moscú 1975
6. Registro Cubano de Buques 1988

**XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL,
TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA
GUAYAQUIL, ECUADOR
OCTUBRE 2005**

ESTIMACION PROBABILISTICA DEL FRANCOBORDO DE UNA EMBARCACION MENOR OCEANICA

Por José R. Marín, Ph.D., jrmarin@goliat.espol.edu.ec
Profesor, Facultad de Ingenierìa Marìtima y Ciencias del Mar,
Escuela Superior Politècnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

Se ha calculado el Francobordo en Proa requerido para evitar que el agua sumerja la cubierta de un embarcación menor, L_{pp}= 28.8 metros y 300 toneladas de desplazamiento, que navega en aguas abiertas. Partiendo de las formas y las condiciones de diseño, se calcularon las amplitudes y fases considerando el problema linearizado en el Plano Vertical cuando recibe las olas desde diferentes ángulos entre Costado y Proa, empleando el programa SCORES. Combinando dichas respuestas, y considerando la elevación del perfil sinusoidal de cada ola individual se calculó la amplitud del movimiento relativo entre un punto ubicado en la Perpendicular de Proa y la superficie de la ola. Utilizando la formulación de ITTC se desarrolló el espectro del Estado de Mar a nivel 5 ($H_{1/3}$ = 2.68 metros), considerado como exigente para las Galápagos, y se determinó el Espectro del Movimiento Relativo Proa-Superficie de la Ola. Se consideró que la dirección principal de las olas es de Proa, difundiéndose en forma de coseno cuadrado en las direcciones hacia los costados. Con los momentos de la función Espectro de Respuesta se pudo definir las funciones de densidad probabilística del movimiento relativo Proa/Ola. Finalmente se calculó el francobordo requerido, considerando un número aceptable de veces por hora, 30, en que la cubierta se sumerje en la superficie del mar. Se ha estimado que para un Francobordo de 3.0 metros (10% de L_{pp}), se tendría menos de una inmersión de cubierta por hora, lo que es aceptable considerando las simplificaciones incurridas en el cálculo.

1. INTRODUCCION

El arrufo de la cubierta y el francobordo se establecen para evitar que al oscilar un buque en olas, la superficie del mar sumerja la proa del buque, incrementando el peso cargado y poniendo en riesgo la embarcación. Existen publicados algunos gráficos que presentan dicho parámetro en forma adimensional como función de la eslora y el Porcentaje de Inmersión de Cubierta ("Deck wetness"); sin embargo dicha información es útil únicamente para embarcaciones con esloras superiores a 70 metros, y sometidas a condiciones típicas del Mar del Norte. En [7] se publican valores de altura de Proa pero para embarcaciones menores pesqueras. En este trabajo se estimará el francobordo requerido para una embarcación menor que va a operar en las Islas Galápagos, para un número razonable de veces por hora de inmersión de la cubierta.

Se podría estimar la posibilidad de inmersión de cubierta a través del cálculo de la respuesta a un tren de olas regulares, y luego determinando la diferencia del movimiento de la proa con el desplazamiento de la superficie del mar. Si la amplitud de dicho parámetro es mayor que el francobordo, se tendría la cubierta sumergida. Pero, para obtener resultados confiables habría que asumir amplitud y longitud de ola, y considerarlos como estables, situación poco probable de enfrentarse en la realidad. De manera que lo que se debe hacer es analizar el fenómeno aleatoriamente, [1], [4], empezando por establecer un estado de Mar, calcular la respuesta a trenes de olas regulares, para luego establecer el espectro de la función respuesta. Finalmente, a través de los momentos del área bajo esta última función, se establece una función de distribución probabilística para la variable analizada, y calcular la probabilidad de que dicha variable exceda el francobordo de la embarcación.

El proceso descrito anteriormente se ha aplicado para estimar el francobordo recomendable para una embarcación menor, de 28.8 metros de eslora entre perpendiculares que va a operar en las Islas Galápagos. Había ciertas dudas sobre el nivel mínimo que debía tener dicho parámetro, y se trata de responder a dicha incógnita en forma técnica.

2. RESPUESTA DEL BUQUE A UN TREN DE OLAS REGULARES

Un buque considerado como cuerpo rígido tiene seis grados de libertad. Considerando un sistema de referencia con el origen en Sección Media, y a la altura del Plano de Flotación, con el eje x en dirección hacia Proa, y en dirección hacia Estribor, y z verticalmente hacia abajo, los movimientos son: Traslación en x, Largada, en y, Ladeo, en z, Levantamiento, y, Rotación en x, Rolido, en y, Cabeceo, y, en z, Guiñada. Estos movimientos comunmente se estudian en dos planos: Vertical, que considera Levantamiento y Cabeceo acoplados, y, Lateral, que combina Ladeo, Rolido y Guiñada. El movimiento de Largada en el análisis de Dinámica del Buque es normalmente considerado como desacoplado.

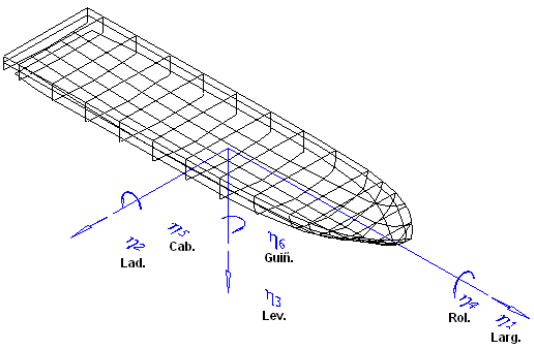


Figura 1.- Movimientos y Convención de Signos

Las olas se pueden aproximar al buque desde cualquier ángulo β respecto de la dirección de su movimiento, y con diferentes frecuencias. En la siguiente figura se grafica el movimiento relativo de las olas respecto del buque que avanza con velocidad V:

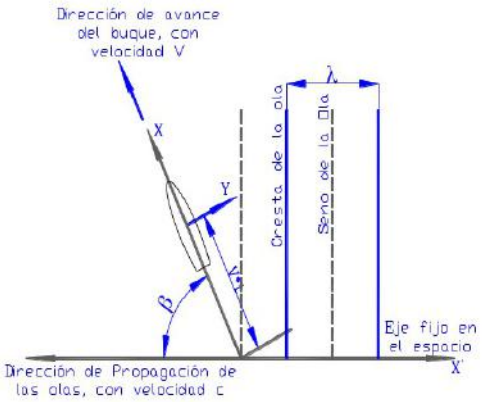


Figura 2.- Movimiento de las Olas respecto del movimiento del buque

De manera que para un observador que avanza con el buque, es decir, con velocidad V, las olas se las recibe con una frecuencia de encuentro:

$$\omega_e = \omega_o - kV\cos\beta$$

donde:
$\omega_o = \sqrt{kg}$: Frecuencia propia de la ola, (Relación de Dispersión),
k: Número de la ola $= 2\pi/\lambda$, y,
λ : Longitud de la ola

En este trabajo, se ha restringido al caso de "Olas de Proa", porque se considera que significa la más alta exigencia en lo que a respuesta vertical se refiere. Esto a su vez va a producir la mayor posibilidad de que la cubierta se sumerja en la superficie del mar, por lo que $\beta = 180º$, véase la Figura 2, y:

$$\omega_e = \omega_o + kV \qquad (1)$$

La función que describe la superficie de una ola de amplitud a, está dado por:

$$\eta(x, y, t) = a\,\mathrm{sen}\left[k(-x\cos\beta + y\,\mathrm{sen}\beta) + \omega_e t\right]$$

donde las coordenadas (x, y) especifican un punto de la superficie del mar, respecto del sistema que se desplaza con el buque. Considerando un punto en la perpendicular de Proa y con las olas viniendo de Proa ($\beta = 180º$), entonces la elevación de la superficie específicamente en dicho punto (se ha despreciado el ancho de la cubierta en Proa) es:

$$\eta_{Proa}(t) = a\,\mathrm{sen}\left[kL_{pp}/2 + \omega_e t\right] \qquad (2)$$

Las ecuaciones de movimiento linearizadas en el plano vertical (Traslación vertical de la Sección Media, z(t), y Rotación en dirección y, $\theta(t)$) se deducen al aplicar la segunda ley de Newton para las fuerzas en

dirección z y momentos en dirección y, y son:

$$a'\ddot{z} + b\dot{z} + cz - d\ddot{\theta} - e\dot{\theta} - g'\theta = Z_w(t)$$

$$A\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta - D\ddot{z} - E\dot{z} - G'z = M_w(t)$$

Los términos independientes $Z_w(t)$ y $M_w(t)$ son el resultado de la acción de las olas incidentes.

3. RESPUESTA A UN TREN DE OLAS REGULARES

La embarcación analizada se describe a continuación, junto con el plano de Líneas de Formas, Figura 3. Las condiciones de carga analizadas son:

Desplazamiento	*Velocidad*
100%: 300 ton, trimado nulo	*9 nudos*
	12 nudos
75%: 225 ton, trimado nulo	*9 nudos*
	12 nudos

Tabla 1.- Condiciones de carga y velocidad analizadas

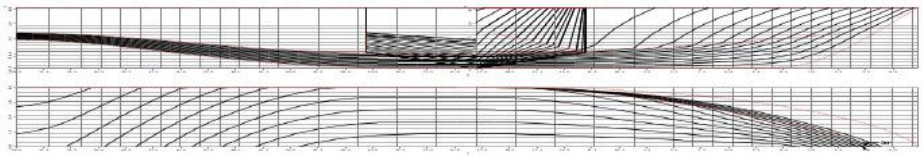


Figura 3.- Líneas de Formas de la embarcación analizada, Lpp: 28.8 m, B: 8.0 m, D: 3.40 m, C_B: 0.50

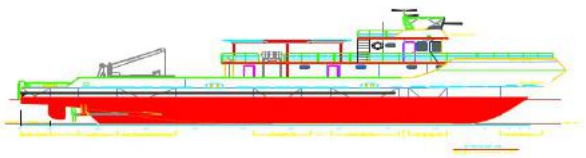


Figura 4.- Distribución General de la embarcación analizada

El radio de giro, k_{yy}, se asumió, para las dos condiciones de carga, como un cuarto de la Eslora. Se utilizó el programa SCORES, [5], para estimar la respuesta, considerando olas de longitud entre 10 y 160, con incremento de 3 metros, y, con amplitud de 1 metro. Las funciones que resuelven el problema tienen la siguiente forma:

Levantamiento: $z = z_o \operatorname{sen}(\omega_e t + \delta)$ (3)

Cabeceo: $\theta = \theta_o \operatorname{sen}(\omega_e t + \gamma)$

Las amplitudes (Levantamiento en metros y Cabeceo en grados) se muestran en forma gráfica a continuación, para las cuatro condiciones descritas en la tabla anterior.

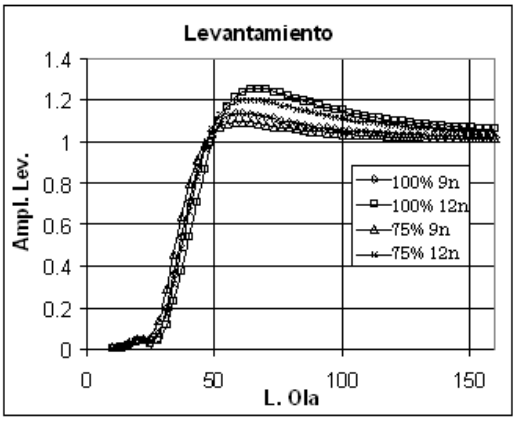


Figura 5.- Amplitudes de Levantamiento

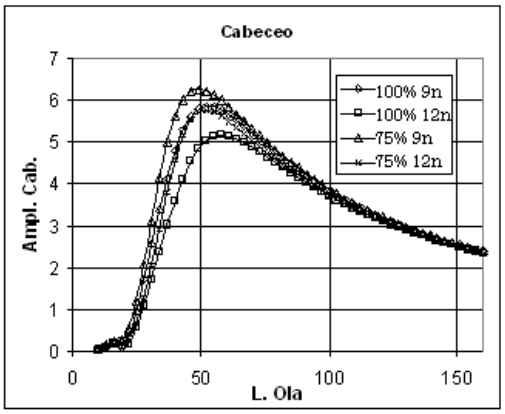


Figura 6.- Amplitudes de Cabeceo

La amplitud de Levantamiento muestra un máximo para una longitud de ola de alrededor de 55-60 metros, luego de lo cual empieza a decaer hasta estabilizarse a 1 metro, valor que coincide con la amplitud de la ola. En cambio la amplitud de Cabeceo tiene un máximo alrededor de 45-55 metros, luego de lo cual empieza a decaer, respondiendo a la cada vez menor pendiente de las olas más largas.

Con las amplitudes y fases en el Plano vertical, se puede calcular el movimiento relativo entre la Proa y la superficie del Mar:

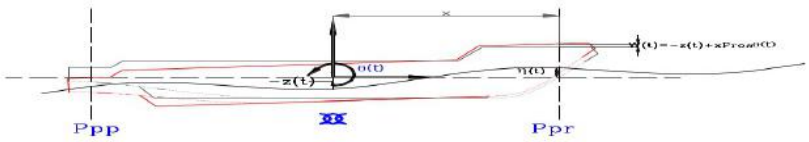


Figura 7.- Movimiento Relativo Proa del buque-Elevación de la superficie del mar

$$w = (-z(t) + x_{Pr}\theta(t)) - \eta_{Proa}(t) \qquad (4)$$

Considerando las amplitudes y desfases, de Levantamiento, Cabeceo, ecuación (3) y de la Elevación de la Superficie del mar, ecuación (2), se calculó la

amplitud del movimiento relativo, y se ha graficado a continuación, versus las longitudes de ola:

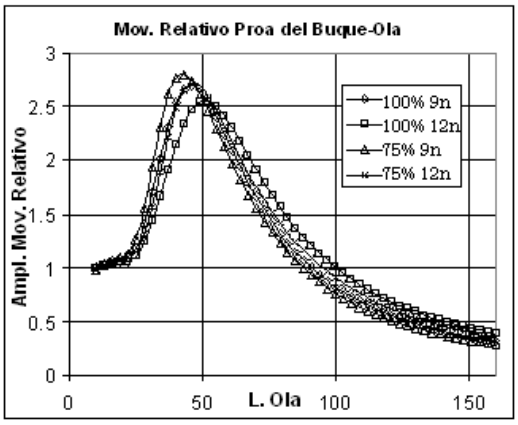


Figura 8.- Amplitudes del Movimiento Relativo Proa – Elevación de la Ola

Considerando un francobordo de 2 metros en Proa, si se tuvieran olas de 1 metro de amplitud y 30 metros de longitud, aproximadamente, la amplitud del movimiento relativo sería mayor que el Francobordo en Proa. Esto indica que el agua llegaría a cubierta en forma continua, una vez en cada ciclo. Sin embargo, es poco probable enfrentarse a una situación tal como la descrita, por lo que se procede a analizar el problema en forma probabilística.

4. RESPUESTA A MARES IRREGULARES

Para empezar este análisis se debe seleccionar un Estado de Mar que refleja la cantidad de energía y su distribución entre las olas componentes presentes y que están incidiendo sobre la embarcación. En este caso, se ha considerado como referencia un Estado de Mar 4. Para describirlo analíticamente, se ha utilizado la formulación de la ITTC:

$$S_\eta(\omega) = \frac{A}{\omega^5}\exp(-B/\omega^4) \qquad (5)$$

en la que las constantes A y B se definen de la siguiente forma:

$A = 173(H_{1/3})^2 / T_1^4$

$B = 691 / T_1^4$

$H_{1/3}$ =Altura significativa de las olas (Promedio del 1/3 de las olas más grandes),

$T_1 = 0.773\tau_m$, donde τ_m es el Período modal (correspondiente a la frecuencia de máximo valor de Espectro).

Tomando de Bhattacharyya, [1], para un estado de Mar 5, valores de 2.68 m y 8.3 segundos para $H_{1/3}$ y τ_m respectivamente, se grafica a continuación el espectro para dicho estado. Se ha graficado como comparación el espectro para estado de Mar 4 ($H_{1/3}$=2.01 m y τ_m=7.2 seg). Como referencia, las velocidades del viento son: 22 y 19 nudos, respectivamente.

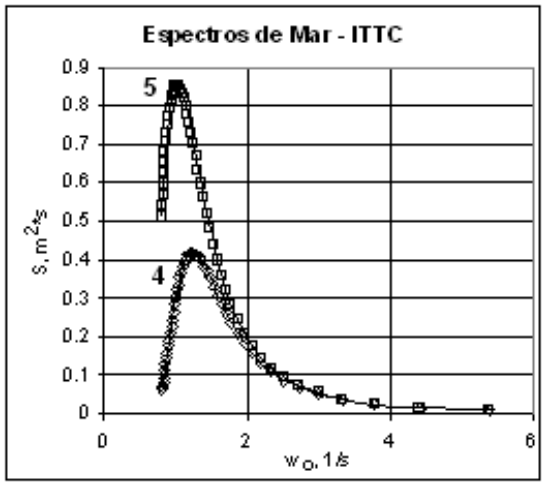


Figura 9.- Espectros para Estados de Mar 4 y 5, según ITTC

A continuación, se calcula el espectro de la respuesta, [4], producto del cuadrado de la amplitud de respuesta por unidad de amplitud de ola incidente, multiplicado por el espectro de olas incidentes:

$$S_W(\omega) = |w|^2 S_\eta(\omega) \quad (6),$$

cuyo resultado se muestra a continuación, para las cuatro condiciones analizadas.

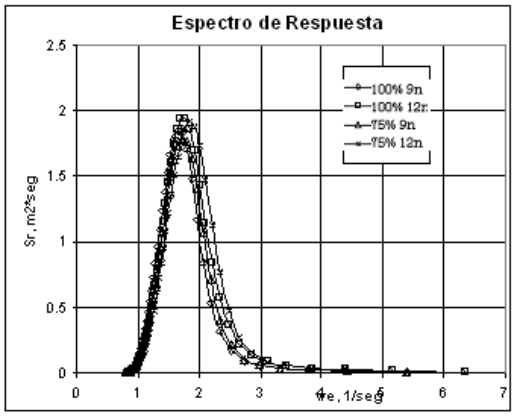


Figura 10.- Espectro de Respuesta para las condiciones analizadas, EM4

Se ha tratado de considerar un rango de longitudes de ola de tal manera que el Espectro de respuesta empiece y termine en valores muy pequeños. De esta forma el área bajo la curva no se verá afectada mayormente al aproximar la integral entre límites finitos.

Para completar esta sección, se han calculado los momentos m_n, de orden 0, 2 y 4 de la función Espectro de Respuesta:

$$m_n = \int_0^\infty \omega^n S(\omega) d\omega \quad (7)$$

	m_o , m^2	
	v=9 nudos	v=12 nudos
100%	0.7611521	0.765862
75%	0.7719753	0.782428
	m_2 , m^2/seg^2	
100%	2.5336684	2.955618
75%	2.697879	3.19333
	m_4 , m^2/seg^4	
100%	12.600949	19.15993
75%	13.625819	20.76545

Tabla 2.- Momentos del área bajo la curva de Espectros de Respuesta

El parámetro m_0 representa el área bajo la curva del Espectro de Respuesta, y corresponde a la media cuadrada. Dicho parámetro es proporcional a la energía asociada con el espectro de respuesta. De las condiciones analizadas, el más alto valor de la media cuadrada es Δ : 75% a 12 nudos, como se esperaba, luego se tiene la misma condición de carga a menor velocidad, 9 nudos.

Diseminación direccional de las olas

Siguiendo con el esquema aleatorio del proceso, no se puede esperar que las olas componentes de un estado de Mar avancen en la misma dirección, sino que lo hagan en varios ángulos. Para considerar este factor, se multiplica la función Densidad Espectral, ecuación (6), por una función de diseminación ("spreading function"):

$$S_W(\omega,\beta) = |w|^2 S_\eta(\omega)\left[\frac{2}{\pi}\cos^2\beta\right],$$

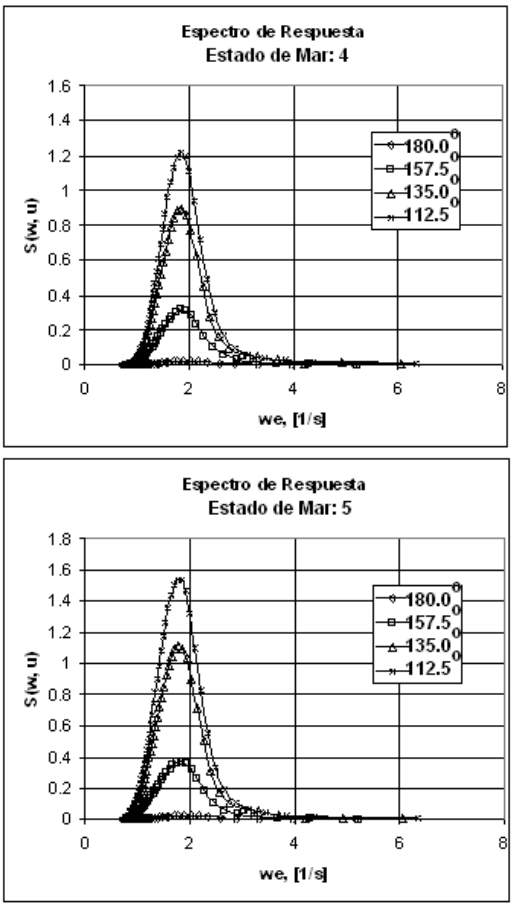


Figura 11.- Diseminación del Espectro con la dirección respecto del buque

Los momentos de la función espectro, se calculan con doble integración, y aprovechando la simetría de la función de diseminación asumida:

$$m_n = 2\int_{90}^{180}\left[\int_0^{\infty}\omega_e{}^n S(\omega,\beta)d\omega\right]d\beta$$

Se calculó para ángulos entre 90 y 180, y con incrementos de 22.5º el espectro de respuesta del movimiento relativo de la Proa respecto de la superficie del agua, para estados de Mar 4 y 5, y para la condición de máxima respuesta: 75% de desplazamiento y 12 nudos, que se muestran en la figura 11, y cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

	Est. Mar 4	Est. Mar 5
m_0	0.62626	0.81359
m_2	2.55525	3.06984
m_4	16.22928	18.04336
ε	0.59798	0.59836

Tabla 3.- Parámetros de los Espectros de Respuesta

Con la información disponible se puede definir la función densidad probabilística del movimiento relativo Proa/Ola.

5. CALCULO DEL FRANCOBORDO EN FORMA PROBABILÍSTICA

A partir de los resultados del punto anterior, y siguiendo la Teoría de Máximos, los valores extremos de la respuesta siguen una distribución probabilística de la siguiente forma, [2]:

$$p^1(E) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\left\{\varepsilon\exp\left[-(E/\varepsilon)^2/2\right] + E\sqrt{1-\varepsilon^2}\exp\left[-E^2/2\right]\phi\left(E\sqrt{1-\varepsilon^2}/\varepsilon\right)\right\} \quad (8)$$

donde:

E es la variable con forma adimensional = $w/\sqrt{m_0}$,

ε es el parámetro de anchura espectral = $\sqrt{1-\frac{m_2^2}{m_0 m_4}}$, y,

$$\phi(E\sqrt{1-\varepsilon^2}/\varepsilon) = \int_{-\infty}^{E\sqrt{1-\varepsilon^2}/\varepsilon}\exp[-v^2/2]dv$$

siendo v una variable auxiliar.

Conforme ε tiende a cero, esto es, se trata de un Espectro de banda angosta, la función (8) tiende a la distribución de Rayleigh, con parámetro igual a m_0:

$$p(w) = \frac{w}{\sqrt{m_o}}\exp(-w^2/(2m_o))$$

En el otro extremo, mientras ε tiende a 1.00, la función tiende hacia la distribución Gaussiana con media cero.

En los casos analizados, véase la tabla 3, los valores de ε no son tan pequeños. De manera que para calcular la probabilidad de exceder un valor dado F_1, habrá que integrar numéricamente la función dada por la ecuación (8):

$$P(F_b) = \int_{F_b}^{\infty} p^1(z)dz \qquad (9)$$

A continuación se muestran las funciones de densidad probabilística para la condición 75% 12 nudos, para los estados de Mar analizados:

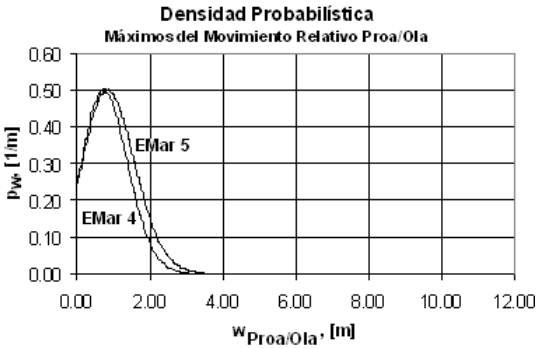


Figura 12.- Función Rayleigh Corregida para Δ: 75% a 12 nudos

A continuación se calculó la probabilidad de que el movimiento relativo Proa/Ola sea mayor que el francobordo. Finalmente, se ha encontrado que es más fácil establecer valores límites sobre otro parámetro, el número de veces en una hora que la superficie del mar inunda la cubierta, N_T. Estimando un período promedio para el período en segundos entre valores máximos, τ_c, el número de máximos en una hora será $3600/\tau_c$, y si se multiplica este valor por la probabilidad de que dicho máximo local exceda el valor del francobordo, se tiene:

$$N_T = P(F_b)3600/\tau_c \qquad (10)$$

donde el periodo entre máximos sucesivos es, [2]:

$$\tau_c = 2\pi\sqrt{\frac{m_2}{m_4}}$$

Finalmente a continuación se presentan los valores del número de inmersiones de cubierta por hora para las cuatro condiciones analizadas, y para diferentes valores de Francobordo:

		E.Mar 4		E.Mar 5	
		τ_c	2.493s	τ_c	2.592s
Fb, m	Fb/Lpp	P(Fb)	N_T	P(Fb)	N_T
2	0.069	0.033	47.535	0.069	95.276
2.5	0.087	0.005	7.927	0.017	23.892
3	0.104	0.001	0.924	0.003	4.417
3.5	0.122	0.000	0.116	0.000	0.597

Tabla 4.- Inmersiones de cubierta/ hora para diferentes valores de Francobordo

En [6] se presenta una figura para estimar el Francobordo requerido en función de la Eslora entre Perpendiculares y el Porcentaje de Inmersión de Cubierta, para embarcaciones de formas llenas (C_b=0.80). Dichas estimaciones fueron desarrolladas para condiciones del Atlántico Norte, que se espera que sean bastante más exigentes que las de Galápagos. Nótese que al tratar de usar esta figura para el rango de eslora típico de embarcaciones turísticas locales (alrededor de 30 metros), habría necesidad de desarrollar una extrapolación pronunciada. Para comparar los resultados aquí obtenidos, con los de dicha figura, se calculó a

partir de las distribuciones de densidad probabilística el francobordo requerido, para la condición más exigentes 75% y 12 nudos, obteniéndose los siguientes resultados.

Frbdo/Lpp para una Probabilidad Dada, 75% 12kn, Estado de Mar 5			
%Inm.Cbta	$E = Fb/\sqrt{m_0}$	Fb, m	Fb/Lpp
10	2.0399	1.840	0.064
1	2.9712	2.680	0.093
0.1	3.6586	3.30	0.115

Tabla 5.- Francobordo adimensional para una Probabilidad de Inmersión de Cubierta dada

Finalmente a modo de comparación se graficaron los resultados sobre la figura mencionada en el párrafo anterior, como se muestra a continuación.

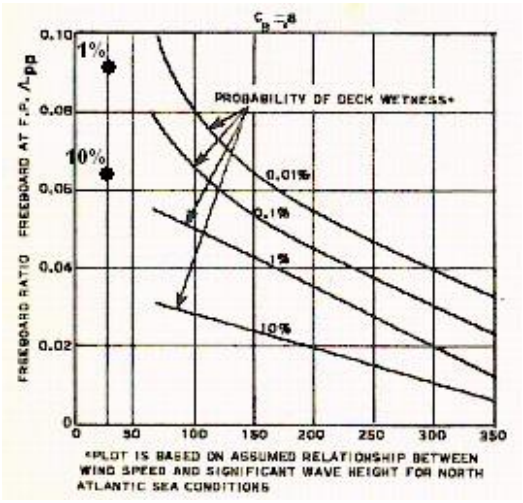


Figura 13.- Probabilidad de Inmersión de Cubierta en función de Eslora y Francobordo relativo, E. Mar 5, [6]

Parece que los resultados aquí obtenidos lucen consistentes con los de la referencia dada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha calculado la función densidad probabilística de la Amplitud del Movimiento Relativo entre un punto en la Perpendicular de Proa de un buque y la superficie del mar, para una embarcación menor, navegando en un estado de Mar 5. A partir de esta función se han hecho estimaciones del francobordo requerido en Proa para alcanzar un Número Aceptable de Inmersiones de Cubierta por hora. El proceso está basado en un cálculo lineal de la respuesta del buque a trenes de olas regulares, habiendo despreciado los efectos viscosos para las estimaciones hidrodinámicas [5].

La ola que se forma en Proa debido al movimiento del buque, sumada a las olas debidas a la oscilación del buque, van a influir en el francobordo efectivo. Sin embargo, también debería considerarse la altura de la regala, como protección para evitar que el agua inunde la cubierta. En este trabajo no se ha podido cuantificar los efectos citados, de manera que los resultados deben ser usados con cautela. En [2] se establece que un valor máximo recomendable para N_T es 30, de manera que en forma conservativa, con un francobordo por encima de 3.0 metros, se cumpliría en este caso ampliamente dicho requerimiento. De manera que el número que debería recordarse, a partir de estos resultados es 10% respecto de la Eslora entre Perpendiculares para el Francobordo en Proa.

REFERENCIAS

[1] Bhattacharyya, R., Dynamics of Marine Vehicles. Wiley Interscience, 1978

[2] Beck, R., et al, Motion in Waves, capítulo VIII en Principles of Naval Architecture, Vol., III, Lewis, F., ed. SNAME, 1988

[3] Marín, J.R. y Moreno, J.F., Evaluación de la Respuesta de Embarcaciones Menores en Mares Irregulares. Convención Científico-Tecnológica DIGMAT 2000.

[4] Price, W.G., y, Bishop, R.E.D., Probabilistic Theory of Ship Dynamics. Chapman and Hall, 1977

[5] Raff, A., Program SCORES- Ship structural response in waves. SSC, Reporte 230, 1972

[6] Taggart, R., ed., Ship Design and Construction. SNAME, 1981

[7] Maritime Administration, Fishing Vessel Design Data. U.S. Department of Commerce, Mayo 1980.

CARACTERIZACIÓN DE LAS SOLDADURAS DE ACERO PARA BLINDAJES MIL A46100 CON ELECTRODOS INOXIDABLES

JORGE ENRIQUE GIRALDO BARRADA
Ingeniero Mecánico, Especialista en Ingeniería de Materiales. Director del Grupo de Soldadura, Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, Colombia , jegirald@unalmed.edu.co
JIMY UNFRIED SILGADO
Ingeniero Mecánico. Grupo de Soldadura, Universidad Nacional de Colombia. junfried@unalmed.edu.co

RESUMEN
Se evaluaron las propiedades mecánicas y la microestructura de las soldaduras obtenidas con diferentes electrodos para unir platinas de acero, templado y revenido, de alta dureza y baja aleación producido bajo la especificación MIL A46100, el cual es usado en la fabricación de estructuras blindadas. Se determinó el efecto que tiene el material de aporte (aceros inoxidables austeníticos, E307 y E308Mo, y dúplex, E312 y Eutectic 680), aplicado con proceso de soldadura al arco con electrodo revestido (SMAW), en posiciones plana y vertical, en la microestructura de la zona afectada térmicamente del acero MIL A46100, en la susceptibilidad al agrietamiento y en las propiedades mecánicas de dureza y resistencias a la tracción y al impacto Charpy de las diferentes regiones microestructurales de la soldadura. Se emplearon juntas a tope y en filete de 4.3mm de espesor donde se identificaron cuatro regiones con microestructura y propiedades diferentes: el metal fundido con durezas entre 220 y 280HV según el material de aporte, una zona de martensita no revenida de tamaño de grano variable con durezas tan altas como 580HV, una zona de martensita sobre-revenida con durezas mínimas entre 250-300HV y el material base no afectado con una dureza mínima de 490-500HV. El mayor ancho de la ZAT se obtuvo para las juntas con E308Mo. No se presentaron grietas en las pruebas CTS, sin embargo en las pruebas H se agrietaron las soldaduras aplicadas con electrodos E307 y E308Mo. El comportamiento balístico de las uniones soldadas no alcanza el del metal base debido a la zona de reducción de dureza.

1. INTRODUCCIÓN

El acero templado y revenido MIL A46100 se emplea en la industria militar para la fabricación de blindajes en buques, garitas y tanques con miras a reducir el peso y evitar la penetreción de proyectiles que comprometan los usuarios o equipos y el proceso de manufactura más eficaz y eficiente en la producción de tales estructuras es la soldadura. La resistencia a la penetración de este material se deriva de su microestructura de martensita revenida que, con un contenido de carbono de 0.3%, alcanza una dureza de 500HV y una alta resistencia al impacto [1] y, en general, de acuerdo con Madhusudhan y Mohandas, mientras más duro el acero mejor su comportamiento balístico [2]. La microestructura del material se altera significativamente por el calor del proceso de soldadura al arco y en estudios realizados sobre aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA) se detectaron reducciones de dureza en la ZAT mayores o menores en función del proceso de soldadura [3]. El proceso SMAW, comparado con FCAW; GTAW y SAW, parece producir el mejor desempeño balístico en HSLA [4] y por este motivo se seleccionó para soldar el metal base MIL A46100. En vista de su composición química este material es susceptible al agrietamiento y una manera de evitar esta situación es emplear electrodos de acero inoxidable austenítico o dúplex [5,6,7]. En el presente estudio se reporta el efecto del tipo de electrodo aplicado con dos entradas de energía en la microestructura, propiedades mecánicas, susceptibilidad al agrietamiento y su inferencia en el comportamiento balístico de las uniones soldadas de acero MIL A46100 para juntas en filete y a tope de 4.3mm.

2. TRABAJO EXPERIMENTAL

Materiales utilizados.

El material base MIL A46100 es un acero que, en estado de entrega, se templa en agua desde una temperatura de austenización de 904°C y luego es revenido a 204°C para obtener una microestructura de martensita revenida a través de todo su espesor con una dureza mínima de 490HV. Su alta dureza y la microestructura le confieren sus características de alta tenacidad al impacto y buena resistencia a la penetración de proyectiles, por lo que es un material diseñado para la construcción de blindajes en la industria militar tales como barcos, tanques, corazas, etc. Su composición química, en particular su contenido de carbono, tal como se ilustra en la Tabla 1, hacen que su equivalente en carbono (CE), empleando la relación del Instituto Internacional de Soldadura (IIW), sea superior a 0.6 lo cual es un indicativo de su alta susceptibilidad a agrietarse con la asistencia de hidrógeno (HAC) en la zona afectada térmica-mente (ZAT) de las uniones soldadas [5].

El empleo de aceros inoxidables como material de aporte para unir aceros con alto CE sin riesgo de agrietamiento está asociado con el hecho de que el hidrógeno atómico permanece en el metal fundido y no pasa a la ZAT evitando el HAC. Los principales criterios considerados durante la etapa inicial de selección de los electrodos de acero inoxidable austenítico, E307 y E308Mo, y dúplex, E680 y E312, por investigar fueron los siguientes: la alta solubilidad de hidrógeno en la austenita, la baja solubilidad de hidrógeno atómico en la austenita, la alta ductilidad de la austenita que suministra la habilidad de soportar mayores restricciones de las juntas soldadas y, en el caso de los dúplex, la habilidad de tolerar grandes diluciones sin riesgos de formar microestructuras martensíticas susceptibles al HAC y al agrietamiento en caliente [8]. Existen varios autores que recomiendan el empleo de los electrodos E307 y E308Mo para soldar acero MIL A46100 [6, 7, 9, 10, 11, 12] y no se encontraron fuentes que recomienden el E680 y el E312, sin embargo, de acuerdo con las composiciones químicas de los depósitos sin dilución y basados en el conocimiento de las diversas aplicaciones del E312, se establece que pueden aplicarse en el acero MIL A46100 ya que evitan el HAC y el agrietamiento en caliente del metal fundido. La caracterización de los materiales se presenta así: en la tabla 1 las composiciones químicas de los depósitos de soldadura obtenidos, sin dilución, con cada uno de los electrodos y el número de ferrita (FN); y en la tabla 2 las propiedades mecánicas de los depósitos y del material base [13,14].

Tabla 1. Contenido de elementos de aleación de materiales estudiados

MATERIAL	COMPOSICIÓN QUÍMICA CONSIDERADA EN % POR PESO												SCHAEFLER		WRC 1992		FN
	%C	% Mn	%Cu	%Si	%Ni	%Cr	%Mo	%Al	%Ti	%V	%S	%P	Ni eq.	Cr eq.	Ni eq.	Cr eq.	
MIL A46100	0,284	0,899	0,177	0,534	0,192	0,300	0,243	0,020	0,031	0,007	0,002	0,010	9,16	1,34	10,18	0,54	NA
E680	0,113	2,261	0,127	0,426	8,094	30,525	0,259	0,002	0,019	0,090	0,028	0,034	12,61	31,42	12,08	30,78	52,2
E312	0,110	1,961	0,111	0,471	8,163	30,951	0,176	0,007	0,019	0,083	0,006	0,025	12,44	31,83	12,04	31,13	62,0
E307	0,060	6,052	0,056	0,661	8,979	19,378	0,605	0,002	0,013	0,049	0,017	0,024	13,81	20,97	11,09	19,98	6,7
E308Mo	0,067	1,400	0,070	0,698	10,255	18,599	2,515	0,037	0,033	0,035	0,012	0,031	12,97	22,16	12,62	21,11	6,6

Tabla 2. Características y propiedades mecánicas de depósitos de soldadura sin dilución.

CARACTERÍSTICA DETERMINADA	ELECTRODO EMPLEADO PARA APLICAR EL DEPÓSITO			
	E680	**E312**	**E307**	**E308Mo**
DUREZA DEL METAL FUNDIDO (HV)	217	225	172	173
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	860	821	626	626
RESISTENCIA A LA CEDENCIA (MPa)	790	728	477	504
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	20%	18%	35%	45%
RESISTENCIA AL IMPACTO (J@-40°C)	57	52	90	84
NÚMERO DE FERRITA	52.2	62.0	6.7	6.6
MICROESTRUCTURA	Austenita con diferentes proporciones de ferrita delta			

Condiciones de soldadura.

Se utilizó el proceso de soldadura al arco con electrodo revestido, SMAW, con materiales de aporte de diámetro Ø3/32" en todos los casos para soldar platinas a tope con ranura cuadrada de 4.3mm en dos pasadas: una inicial y otra al respaldo. Las variables se ajustaron para aplicar soldaduras en posiciones plana (1G) y vertical ascendente (3G) cambiando el amperaje y la velocidad de recorrido, bajos ambos en 3G, lo que resultó en dos entradas de energía (HI), una alta y otra baja, para cada electrodo tal como se muestra en la tabla 3 donde por lo demás se incluyen los valores promedio de los parámetros de soldadura. Las entradas de energía asociadas con las pruebas CTS se incluyen en las gráficas de dureza de soldaduras en filete en las figuras 2 y 3.

Caracterización de soldaduras.

Con el objetivo de caracterizar las propiedades mecánicas y las diferentes regiones micro-estructurales obtenidas en las soldaduras y en los materiales estudiados se usaron numerosas pruebas, técnicas y ensayos de laboratorio. Las etapas en las que puede dividirse, groso modo, el presente trabajo son las siguientes: (1) caracterización de materiales base y de aporte, (2) propiedades de los depósitos sin dilución, (3) susceptibilidad al HAC, (4) regiones microestructurales de las soldaduras, (5) propiedades mecánicas y sanidad de las juntas y (6) sanidad de uniones con alta restricción y comportamiento balístico. En la tabla 4 se presentan los ensayos y pruebas que se usaron para cada una de las etapas.

Tabla 3. Variables de soldadura usadas.

Electrodo	**Pasada**	**Amp. (A)**	**Volt. (V)**	**Veloc. (mm/s)**	**HI (J/mm)**
E680 1G	Inicial	78	25	4,04	483
	Respaldo	78	23	2,48	723
E680 3G	Inicial	53	25	1,07	1238
	Respaldo	52	23	0,89	1344
E312 1G	Inicial	91	23	3,28	642
	Respaldo	91	25	2,35	949
E312 3G	Inicial	51	21	0,98	1099
	Respaldo	52	21	0,82	1318
E307 1G	Inicial	89	19	2,35	716
	Respaldo	88	19	2,21	746
E307 3G	Inicial	65	19	0,98	1243
	Respaldo	66	20	1,2	1084
E308Mo 1G	Inicial	97	19	2,7	672
	Respaldo	95	19	2,2	825
E308Mo 3G	Inicial	63	17	1,2	914
	Respaldo	61	17	1,1	964

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados más relevantes y la discusión técnica de los mismos se presentan en el siguiente orden: caracterización de soldaduras en filete y en ranura a tope, susceptibilidad al agrietamiento, propiedades mecánicas de las juntas a tope y comportamiento balístico.

3.1 SOLDADURAS EN FILETE

Se aprovecharon los cupones de las pruebas CTS, ver la figura 1, y se extrajo una probeta de cada entrada de calor para cada uno de los electrodos con el objetivo de estudiar las microestructuras de soldaduras en filete de una sola pasada. En las figuras 2 y 3 se grafican los valores de dureza obtenidos en el metal fundido (valores del eje X negativos) y la variación de la dureza con la distancia a la línea de fusión (valores positivos) de las soldaduras en filete extraídas de los cupones CTS, para cada electrodo, con entradas de energía baja y alta, respectivamente. En las gráficas se incluye la entrada de energía promedio por unidad de longitud de soldadura empleada con cada electrodo.

Tabla 4. Ensayos y pruebas realizados durante las distintas etapas de trabajo.

DIFERENTES ETAPAS DEL ESTUDIO Y NORMAS ? / **TIPO DE PRUEBA, TÉCNICA O ENSAYO DE LABORATORIO CON SU ACRÓNIMO ?**	**NORMA DE REFERENCIA, DONDE SEA APLICABLE**	**CARACT. DE MATERIALES**	**PROPIEDADES DEPÓSITOS**	**SUSCEPTIBILIDAD AL HAC**	**MICROESTRUCTURA DE SOL.**	**PROP. MECÁNIC. Y SANIDAD**	**COMPORTAM. BALISTICO**
Microscopia óptica (MOLR)	**N.A.**	**X**	**X**	**X**	**X**		
Microscopia electrónica de barrido (SEM)	**N.A.**	**X**	**X**		**X**		
Estereoscopia de luz reflejada (ELR)	**N.A.**	**X**		**X**			
Espectros de dispersión de energía (EDS)	**N.A.**	**X**					
Espectros de dispersión de ondas (WDS)	**N.A.**		**X**		**X**		
Difracción de rayos X (DRX)	**N.A.**	**X**	**X**		**X**		
Espectrometría gaseosa	**N.A.**	**X**					
Dilatometría térmica (DTA)	**N.A.**	**X**					
Medición de ferrita delta	AWS A4.2		**X**		**X**		
Severidad térmica controlada (CTS)	AWS B4.0			**X**			
Placa H de alta restricción	MIL 1941 TOP 2-2-711			**X**			**X**
Cordón simple sobre placa	**N.A.**				**X**		
Soldadura a tope	ASME Sec. IX				**X**	**X**	
Tracción	ASTM E8	**X**				**X**	
Impacto Charpy en V	ASTM E23	**X**				**X**	
Dureza (HV)	ASTM E92	**X**		**X**			
Microdureza (MHV)	ASTM E384	**X**		**X**	**X**		
Ensayos no destructivos	ASME Sec. V			**X**	**X**	**X**	**X**

En relación con las figuras 2 y 3, las uniones con todos los electrodos presentan un perfil de dureza similar que se puede describir con las siguientes regiones de la soldadura:

Metal fundido. Presenta una dureza muy baja de 240-280HV para los aceros inoxidables dúplex y austeníticos.

Zona endurecida. Presenta unas durezas que alcanzan máximos de 580HV en todos los electrodos, la cual es superior a la dureza del material MIL A46100 en su estado de entrega templado y revenido que es aproximadamente de 500 a 520HV. Esta región tiene un ancho promedio de 2.5 a 3mm.

Zona de baja dureza. Después de alcanzar la dureza máxima en la ZAT se presenta una caída brusca de la dureza en una distancia de 0.5 a 1mm hasta niveles de 300-350HV.

Zona de recuperación de dureza. La dureza se incrementa linealmente a partir de su valor mínimo hasta alcanzar nuevamente la dureza del material base MIL A46100. El ancho de esta región tiene entre 3 y 5 mm.

Asumiendo que la ZAT llega hasta que se recupera la dureza mínima del material MIL A46100, es decir 500HV, los anchos de la ZAT varían, tanto a altas como a bajas energías de soldadura, entre 6 y 8 mm para soldaduras en filete. En las soldaduras en filete de acero MIL A46100 de 4.3 mm de espesor, por lo tanto, no se presenta una variación significativa en las zonas, durezas máximas y mínimas y en el ancho de la ZAT con el cambio en el tipo de electrodo y la variación de las condiciones de soldadura para el diámetro de $Ø^{3}/_{32}$" que fue el usado en la investigación.

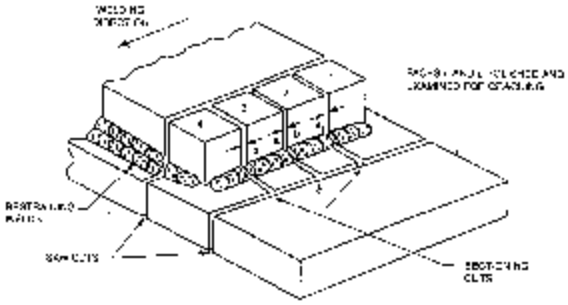


Figura 1. Cupón de prueba CTS donde se ilustran las probetas por extraer.

El comportamiento de la dureza de la ZAT de soldaduras en filete se puede explicar a partir de las diferentes microestructuras que se producen durante la soldadura debidas al ciclo térmico al que se somete el acero MIL A46100, es decir, a los calentamientos localizados que alcanzan temperaturas pico que dependen de su distancia hasta la línea de fusión, al tiempo de sostenimiento a dichas temperaturas y a las velocidades de enfriamiento después de pasar el arco eléctrico. Las microestructuras típicas encontradas en las ZAT de soldaduras en filete, que se presentan en la figura 4, definen las siguientes regiones que guardan corresponden con las diferentes durezas obtenidas:

Metal fundido -MF- (a). Presenta diversas microestructuras según el electrodo utilizado y la dilución alcanzada, así los depósitos de los electrodos E680 y E312 tienen una matriz austenítica con proporciones de ferrita delta de tipo vermicular y en lazos; los depósitos de electrodos E307 y E308Mo, presentan menores proporciones de ferrita, en forma vermicular, que los anteriores y una matriz austenítica. Las grandes proporciones de austenita en los depósitos explica las bajas durezas, del orden de 250HV, de los cordones de soldadura.

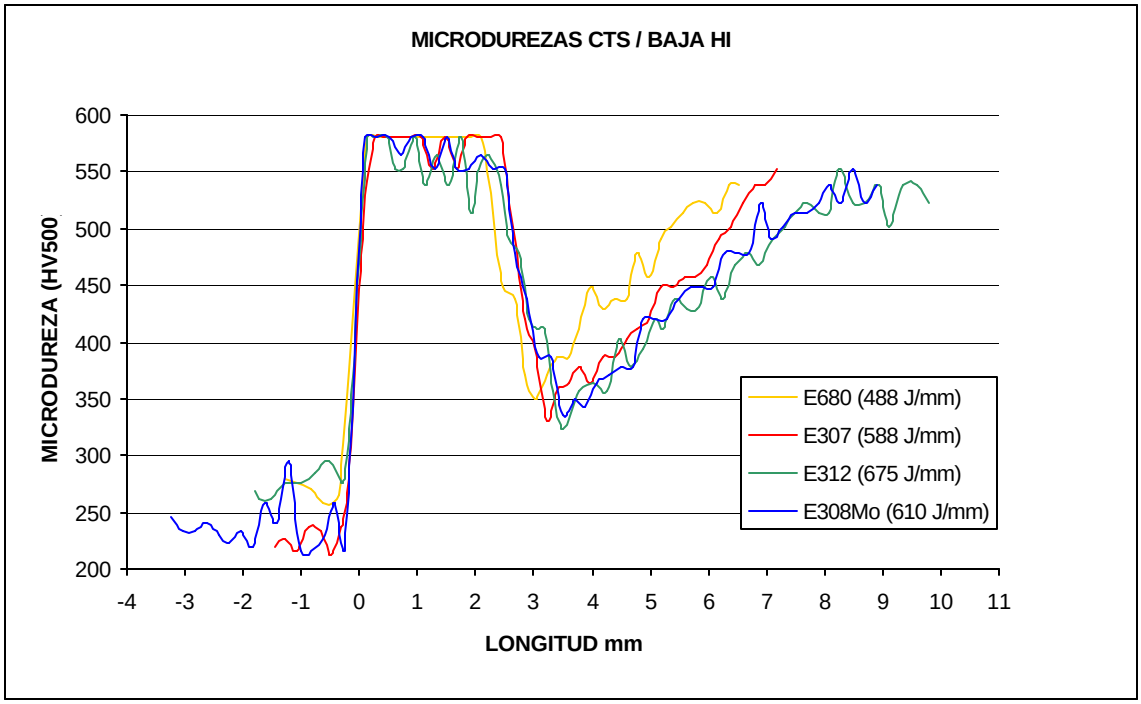


Figura 2. Variación de las durezas en el metal fundido y en la ZAT de soldaduras en filete CTS aplicadas con los diferentes electrodos usando una entrada de energía baja.

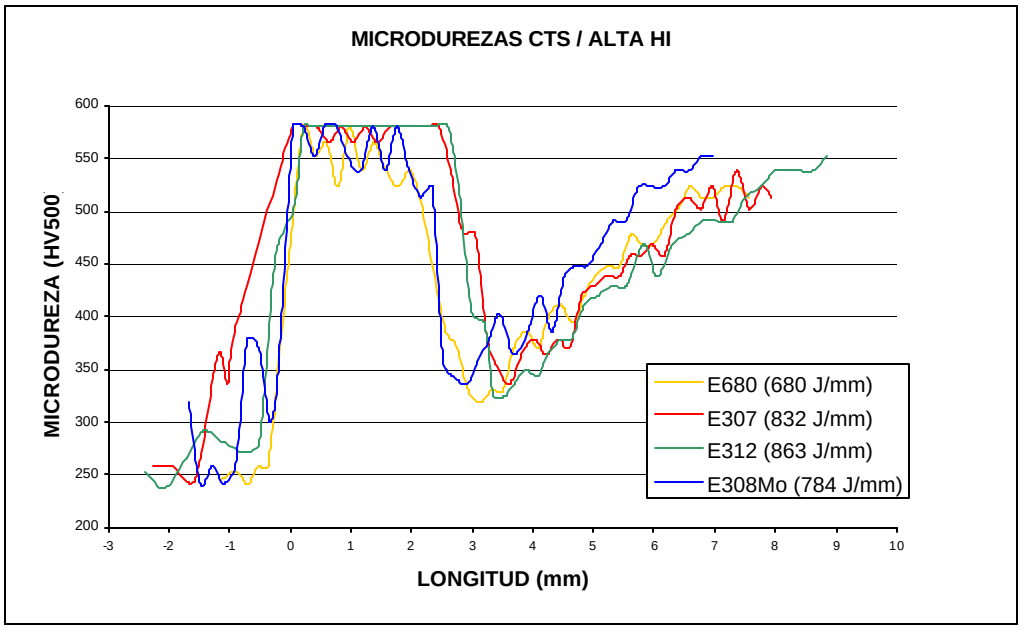


Figura 3. Variación de las durezas en el metal fundido y en la ZAT de soldaduras en filete CTS aplicadas con los diferentes electrodos usando una entrada de energía alta.

Zona de martensita no revenida de grano grueso –ZMNRGG- (b). Esta zona se expone a temperaturas cercanas a la de fusión muy por encima de la temperatura de austenización del material, que es de 835°C de acuerdo con los resultados de dilatometría, donde se presenta una austenización total de la microestructura y hay crecimiento de grano por la temperatura alta. La dureza de 580HV corresponde a la dureza máxima alcanzada después del temple por un material 100% martensítico con un contenido de carbono de 0.3%, lo cual indica que en el enfriamiento de la soldadura esta región se transformó totalmente en martensita (figura 4(b)) y en las otras probetas de CTS, independiente del tipo de electrodo.

Zona de martensita no revenida de grano fino –ZMNRGF- (c). Las temperaturas en esta zona están ligeramente por encima de los 835°C y, aunque se alcanza una austenización total durante la soldadura, no se presenta el fenómeno de crecimiento de grano (figura 4(c)). Su dureza es también de 580HV debido a que la dureza final de la martensita no es función del tamaño de grano sino del porcentaje de carbono. La transición en el tamaño de grano desde la ZMNRGG hacia la ZMNRGF es gradual pero no cambia la dureza de la región.

Zona de transformación intercrítica –ZATIC- (d). Esta región de la ZAT estuvo expuesta a temperaturas en el rango intercrítico, es decir por encima de la temperatura eutectoide y por debajo de la de austenización, determinadas en 732°C y 835°C por dilatometría. En esta región la martensita revenida a 200°C del material MIL A46100, en el calentamiento de la soldadura, se descompone en una fracción de austenita (mayor mientras más cerca de los 835°C) y el resto de ferrita (mayor mientras más cerca de los 732°C); luego, durante el enfriamiento, la austenita se transforma en martensita y la ferrita sigue como tal con algo de cementita (figura 4(d)). En esta región se presenta la caída de dureza que se

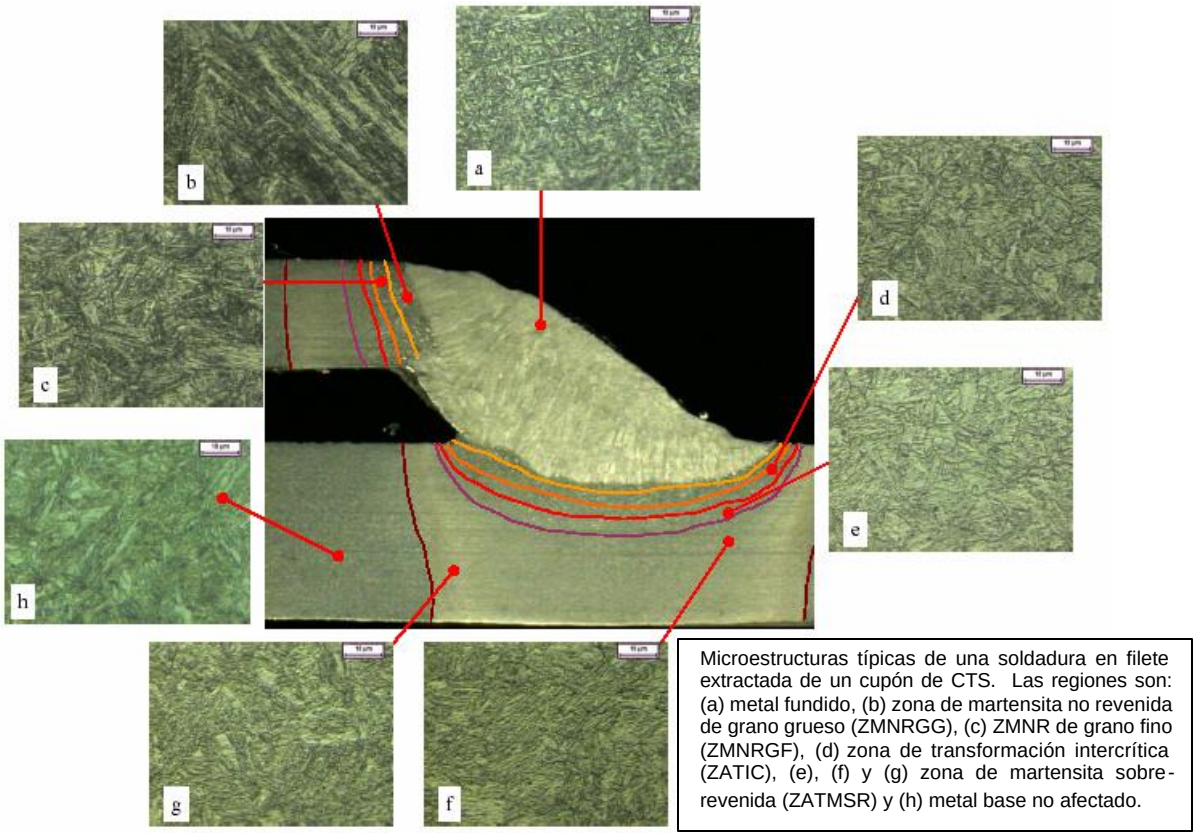
aprecia en las figuras 2 y 3 y es tan drástica o súbita ya que el ancho de la región está definido por un intervalo de isotermas separadas entre ellas apenas 100°C.

Zona de martensita sobre-revenida – ZATMSR- (e), (f) y (g). En esta región se presentan diversas microestructuras según la temperatura de exposición por encima de la temperatura de revenido del acero MIL A46100 de 200°C (figura 4 (e), (f) y (g)). La martensita original se vuelve a revenir a temperaturas mas altas y se descompone diversos constituyentes, cuya dureza es cada vez menor mientras mas cercana sea la temperatura pico a los 732°C. Por esta razón se presenta una recuperación casi lineal de la dureza hasta llegar a la dureza del material original.

Metal base no afectado –MBNA- (h). Rregiones que estuvieron sometidas durante el calentamiento de la soldadura a temperaturas inferiores a los 200°C y que, por lo tanto, no cambiaron su microestructura ni tampoco sus propiedades de dureza (figura 4 (h)).

3.2 SOLDADURAS A TOPE CON RANURA CUADRADA

Los estudios también se enfocaron en las propiedades y microestructuras de las uniones a tope de material MIL A46100, con ranura cuadrada y dos pasadas de soldadura en dos posiciones típicas de fabricación. La discusión previa de las microestructuras es aplicable a las obtenidas en los segundos pases de las soldaduras a tope con algunas diferencias: los resultados son mas variables ya que con dos pases de soldadura existen dos ciclos térmicos superpuestos en dos lugares distintos (a lado y lado de la platina de 4.3mm). En la figura 5 se ve la variación de la dureza en las juntas a tope de cada uno de los dos pases (el 1 es la pasada inicial y el 2 el pase de respaldo de las uniones) aplicados con el electrodo E307 con alta energía, posición 3G, y con baja energía, posición 1G. Se nota la similitud con las curvas de las soldaduras en filete, sin embargo hay diferencias: las durezas máximas de la ZMNR son menores (480-530HV frente a los 580 alcanzados en los filetes), el ancho de la ZAT es mayor (10-13mm frente a los 6-8mm de los filetes), la dureza mínima alcanzada es un poco menor y, en general, la dispersión de los datos es mayor sobre todo en la ZMNRGG mas cercana de la fuente de energía. En general, el pase 2 alcanza durezas mayores que las del pase 1 tanto en 1G como en 3G, lo cual también se observó en los filetes hechos con electrodos E680 y E312; ésto se debe a que la alta dureza inicial que alcanza la ZAT del pase 1 es recalentada por la energía del pase 2 produciendo un efecto de revenido que reduce su dureza. La dispersión en los valores de dureza de la ZMNR se debe a la imposición del nuevo ciclo térmico del pase 2. Sin embargo, esta dispersión parece no aplicarse a la ZATMSR y a partir de las gráficas de dureza se puede concluir que, no obstante una pequeña diferencia en los anchos de las soldaduras de E307 en 3G y en 1G, la posición de soldadura no altera substancialmente la pendiente en la recuperación de dureza después de que se encuentra la dureza mínima y que el ancho de la ZAT tampoco varía para estos cambios en la energía de soldadura. Los valores de dureza del metal fundido están alrededor de 250HV y los incrementos súbitos presentados en el metal fundido del primer pase del E307-1G corresponden a islotes de metal base desprendidos e inmersos en el charco.



Microestructuras típicas de una soldadura en filete extractada de un cupón de CTS. Las regiones son: (a) metal fundido, (b) zona de martensita no revenida de grano grueso (ZMNRGG), (c) ZMNR de grano fino (ZMNRGF), (d) zona de transformación intercrítica (ZATIC), (e), (f) y (g) zona de martensita sobre-revenida (ZATMSR) y (h) metal base no afectado.

Figura 4. Microestructuras de soldaduras en filete sobre material MIL A46100.

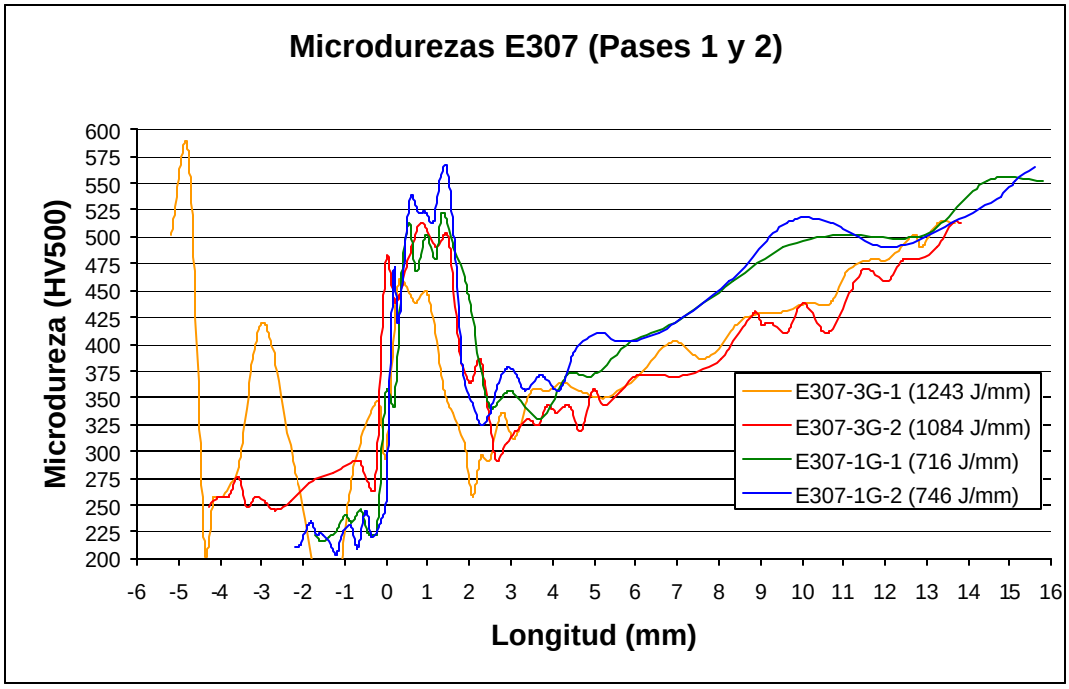


Figura 5. Durezas de soldaduras a tope con E307, pases 1 y 2 en posiciones 1G y 3G

En las figuras 6 y 7 se grafican los perfiles de dureza de los segundos pases de las juntas a tope realizadas con cada uno de los electrodos en posiciones 1G y 3G, respectivamente, indicando, además, el valor correspondiente a la energía promedio por unidad de longitud de soldadura de la pasada. Al igual que en las soldaduras en filete, independiente del tipo de electrodo y de la entrada de energía o posición de soldadura, se presenta una zona dura adyacente al metal fundido llamada zona de martensita no revenida (ZMNR), existe una reducción drástica de la dureza hasta un valor mínimo llamada zona de transformación intercrítica (ZATIC) y una región donde se recupera la dureza en forma casi lineal llamada zona de martensita sobre-revenida (ZATMSR). El ancho total de la ZAT generado en las juntas a tope con electrodos E680, E307 y E312 no varía significativamente a pesar de los cambios de entrada de energía que implican las posiciones 1G y 3G y se mantiene entre 11 y 14mm. La excepción es la soldadura aplicada con electrodo E308Mo que presentó una ZAT mayor que la de los otros electrodos y que está entre 16-17mm en posición vertical y entre 24-25mm en posición plana. Para el primer pase de soldadura el comportamiento fue similar y de nuevo el electrodo E308Mo produjo las mayores ZAT y, por consiguiente, las zonas blandas de mayor extensión. Cómo dicho efecto no se presentó en las juntas en filete se van a aplicar soldaduras superficiales simples con cada electrodo sobre material MIL A46100 para estudiar la microestructura y el perfil de dureza que producen en la ZAT y despejar las dudas sobre los efectos del electrodo E308Mo.

Las microestructuras que se encontraron típicamente en las zonas afectadas por el calor de las soldaduras fueron similares en todas las juntas independiente del tipo de electrodo utilizado o de la entrada de energía o posición de soldadura. En la figura 8 se observan las microestructuras determinadas por MOLR para la junta a tope de un depósito aplicado con electrodo E307 en posición plana, exceptuando la microestructura de la ZATIC. El ancho de la ZAT es mayor en soldaduras a tope que en filetes y los niveles de dureza de la ZMNRGG y ZMNRGF son menores que las obtenidas en las correspondientes regiones de soldaduras en filete tal como se puede concluir de la comparación de las figuras 5, 6 y 7 con las figuras 2 y 3. Esto se debe a que la velocidad de enfriamiento entre 800°C y 500°C de la ZAT de una junta en filete es mayor que la velocidad alcanzada en una junta a tope porque en las primeras soldaduras convergen tres elementos estructurales que evacuan el calor por tres caminos diferentes mientras en las segundas sólo se cuenta con dos rutas de evacuación de calor. Esto concentra la energía en las juntas a tope e incrementa el tiempo de sostenimiento a las temperaturas de transformación lo que hace que la martensita obtenida se someta a un proceso de auto-revenido que disminuye su dureza y que el ancho total de la zona afectada por el calor se aumente.

En relación con la microestructura de las regiones de la ZAT de uniones a tope y su conexión con los resultados de dureza se puede aplicar la misma discusión que ya se planteó en las soldaduras en filete. En la figura 9 se muestra la relación que existe entre las diferentes regiones de la soldaduras a tope con las temperaturas pico alcanzadas (distribución de temperatura) y el diagrama hierro-Fe_3C en el cual se muestra un acero con 0.3% de carbono como el MIL A46100; adicionalmente, se ilustran los anchos de las regiones más duras (ZMNRGG y ZMNRGF), zona de reducción de la dureza (ZATIC o zona parcialmente transformada como se indica en el diagrama) y zona de

recuperación de la dureza (ZATMSR) limitadas en el dibujo de la junta por las correspondientes líneas de isotransformación que son apreciables en una macrofotografía como la ilustrada en la figura 9.

Conviene mencionar que el acero MIL A46100 en la zona adyacente a la línea de fusión llega a temperaturas mayores que la peritéctica (1495°C) y hasta la temperatura de fusión (aproximadamente 1510°C) donde transforma a ferrita delta que tiene una estructura cúbica de cuerpo centrado (BCC) y es a partir de esta fase cristalina que comienza la solidificación epitaxial del metal de soldadura. Debido a que los depósitos inoxidables solidifican como austenita con estructura cristalina cúbica de cara centrada (FCC) que no ajusta con la BCC y si se tiene en cuenta el cambio drástico en la composición química entre el metal base (MIL A46100) y el metal fundido (acero inoxidable que varía según el electrodo), se espera que la solidificación no sea epitaxial.

3.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIONES A TOPE

La resistencia a la tracción se determinó en juntas a tope con ranura cuadrada aplicadas con cada uno de los electrodos y en posiciones plana y vertical y la resistencia al impacto Charpy se midió en probetas con entallas ubicadas en cada una de las regiones de la soldadura: MF, ZMNR, zona de menor dureza y en el metal base no afectado de dos aceros de diferente colada. En la figura 10 se ilustra la resistencia a la tracción de los diferentes cupones (cada valor es el promedio de dos ensayos) y se incluye el valor obtenido para los depósitos de soldadura sin dilución.

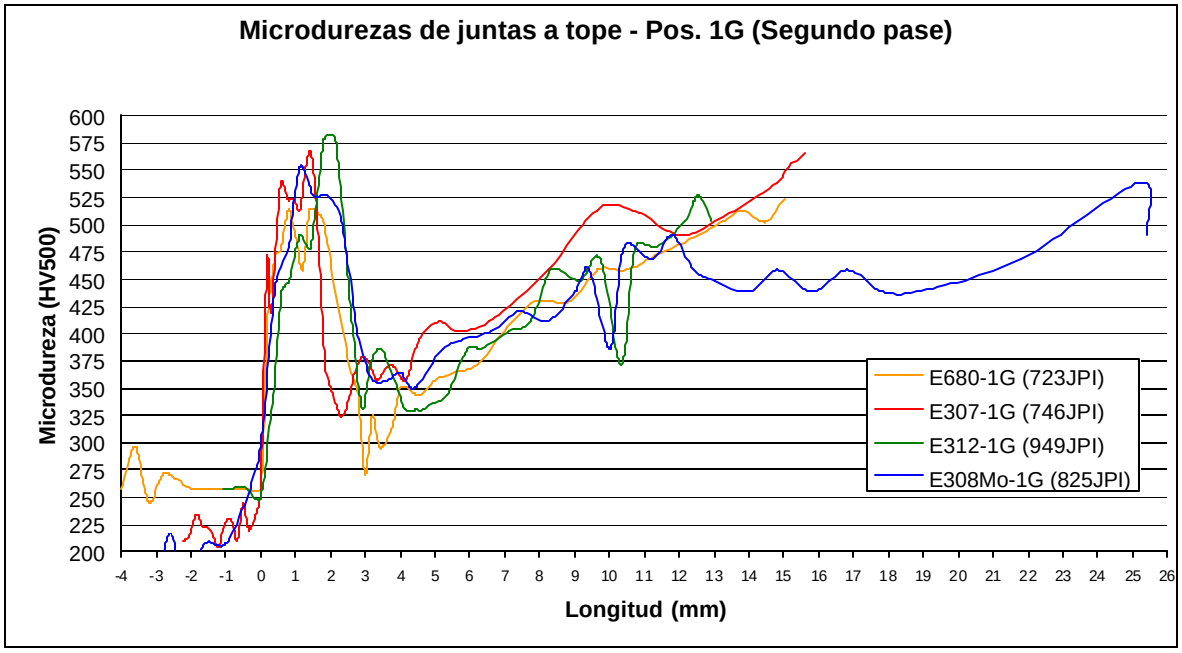


Figura 6. Perfil de dureza del segundo pase de juntas a tope de acero MIL A46100 con electrodos E680, E307, E312 y E308Mo aplicados en posición plana.

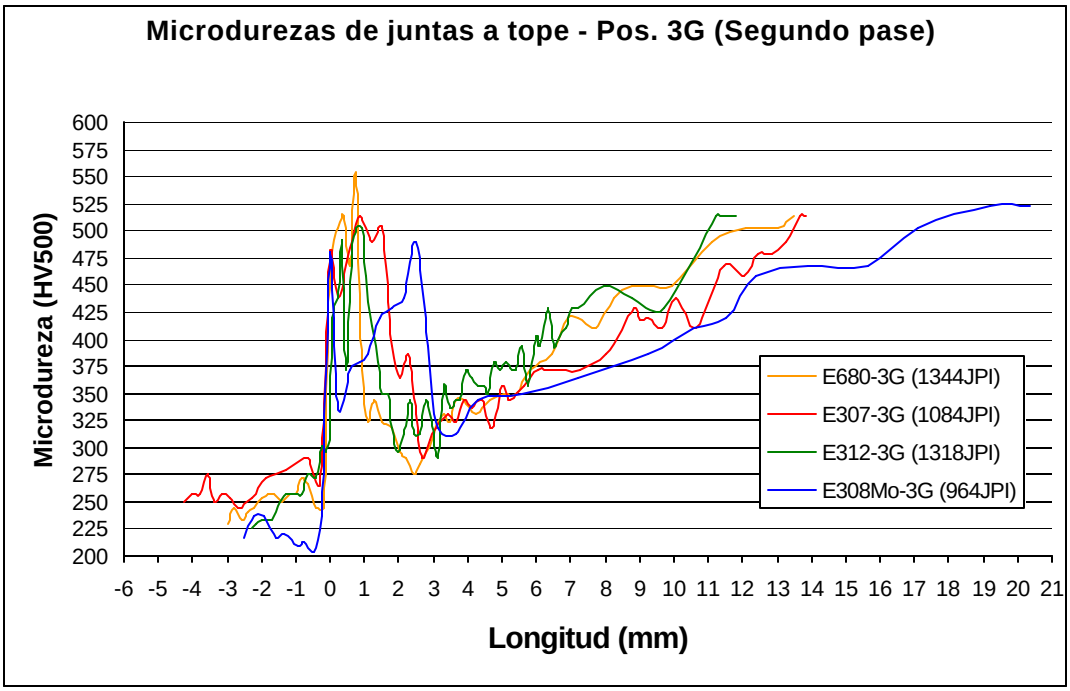


Figura 7. Perfil de dureza del segundo pase de juntas a tope de acero MIL A46100 con electrodos E680, E307, E312 y E308Mo aplicados en posición vertical.

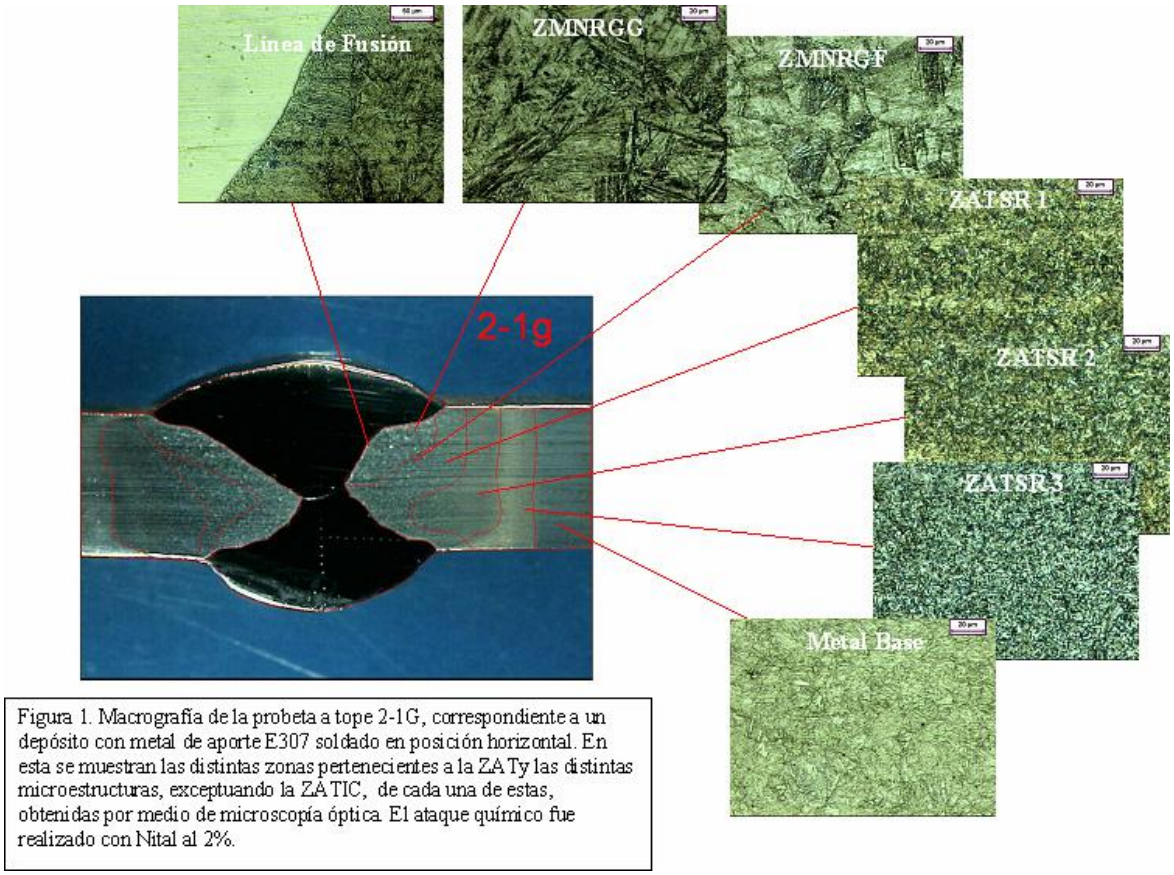


Figura 1. Macrografía de la probeta a tope 2-1G, correspondiente a un depósito con metal de aporte E307 soldado en posición horizontal. En esta se muestran las distintas zonas pertenecientes a la ZAT y las distintas microestructuras, exceptuando la ZATIC, de cada una de estas, obtenidas por medio de microscopía óptica. El ataque químico fue realizado con Nital al 2%.

Figura 8. Microestructuras de las regiones de la ZAT de una junta a tope en posición 1G con E307.

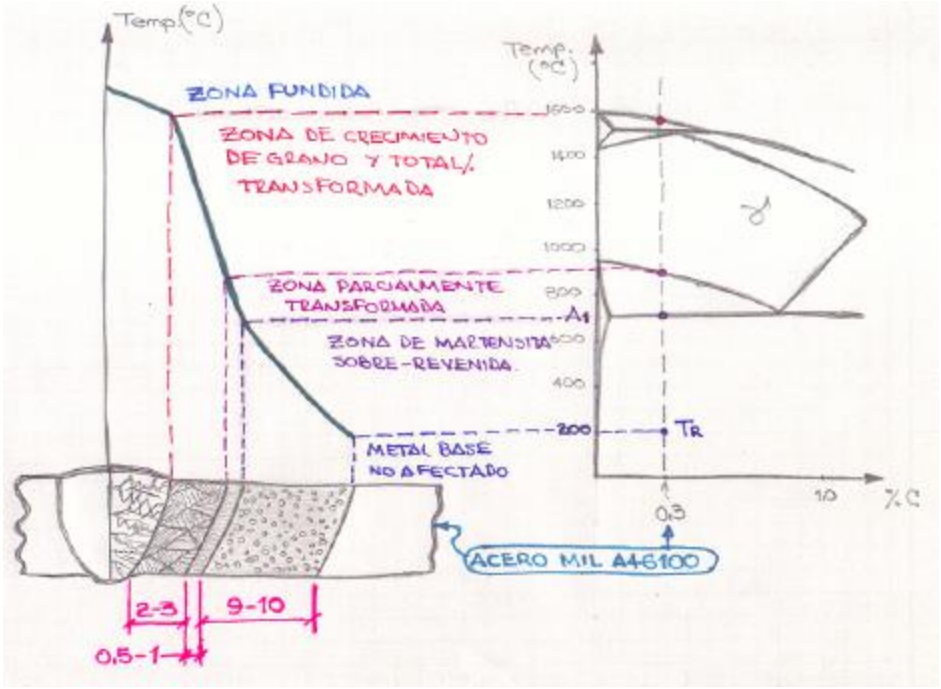


Figura 9. Relación de regiones de la soldadura, distribución de temperatura y diagrama Fe-Fe_3C.

La mayor resistencia a la tracción la tienen las juntas aplicadas con electrodos dúplex E312 y E680, cuyos depósitos tienen del orden del 15% de ferrita delta, con valores mínimos de 760MPa para el E312 y de 680MPa para el E680. En un valor muy similar se encuentra el E307 y la menor resistencia se obtuvo con el electrodo E308Mo con un valor mínimo cercano a los 500MPa.

La figura 11 muestra los valores de impacto de las diferentes regiones de la soldadura (cada valor es el promedio de cinco ensayos) obtenidas con cada electrodo en posición 1G y 3G; debido al espesor tan pequeño de las platinas (3/16") del acero MIL A46100 disponibles, se tuvieron que mecanizar probetas de impacto con tamaños inferiores a la norma, las cuales tenían 10mmx3.5mm.

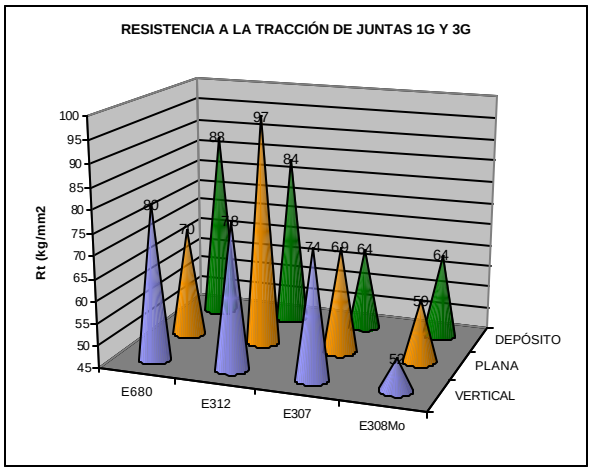


Figura 10. Resistencia a la tracción de juntas.

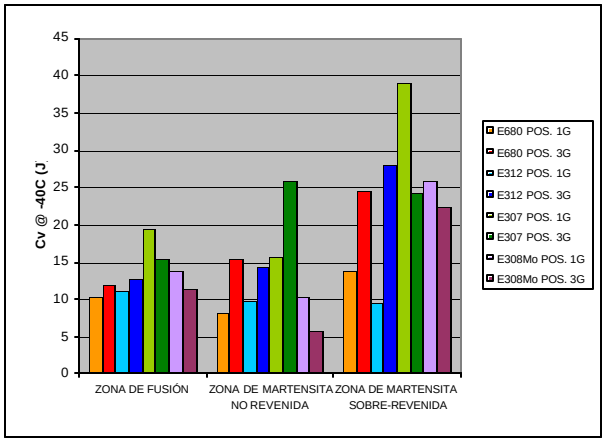


Figura 11. Resistencia a al impacto Charpy.

Los valores de la resistencia al impacto en el metal fundido (zona de fusión en la figura), son similares para todos los depósitos de acero inoxidable (entre 11 y 14 J @ -40°C) con una pequeña ventaja de las juntas producidas con E307 (16-19 J @ -40°C). La alta variabilidad en los resultados de las demás regiones no permite tener apreciaciones concluyentes respecto a la incidencia ya sea del electrodo o de la posición de soldadura. De todas formas se nota una tendencia a obtener mayores absorciones de energía en la ZMSR debido, posiblemente, al efecto del sobre-revenido de la martensita original. La dispersión en los datos se debe a la diversidad de regiones microestructurales (ZMNR, ZATIC y ZATSR) y de constituyentes (martensita, ferrita, austenita, cementita) existentes en la ZAT como una consecuencia de los dos ciclos térmicos de soldadura superpuestos. Esto dificulta no solo la caracterización de las microestructuras sino también la interpretación de los resultados de impacto y la conexión entre ambas.

3.4 SUSCEPTIBILIDAD A LA FORMACIÓN DE GRIETAS

Se realizaron ensayos de CTS para determinar la susceptibilidad al agrietamiento inducido por hidrógeno (HIC) de las soldaduras obtenidas, sin precalentamiento, con cada material de aporte aplicado bajo dos condiciones de entrada de calor, la cual fue cambiada a través del amperaje del arco. En ninguna de las juntas se encontraron grietas para las condiciones de soldadura establecidas en el espesor del metal base MIL A46100 de 4.3 mm sin precalentamiento.

A continuación se probaron los electrodos con juntas de alta restricción, conocidas como platinas en H, que es una prueba bastante rigurosa para establecer la susceptibilidad al agrietamiento tanto en caliente como por HAC y que es un prerrequisito para las pruebas balísticas. Los resultados de las pruebas H inspeccionadas visualmente, con líquidos penetrantes y con radiografía, mostraron que las juntas producidas con electrodos E307 y E308Mo se agrietaron por el centro del cordón de soldadura; de acuerdo con los niveles de dilución medidos (alrededor del 30%) se estima que los depósitos están en una región del diagrama de Schaeffler donde la solidificación es austenita primaria y hay susceptibilidad al agrietamiento en caliente, lo cual sumado a su ubicación, son indicios que permiten presumir la aparición de este fenómeno. Las juntas realizadas con electrodos E680 y E312 no presentaron grietas durante las pruebas H y se sometieron a ensayos balísticos [15,16].

3.5 COMPORTAMIENTO BALÍSTICO

Tal como se esperaba a partir de los resultados de dureza y de las microestructuras de la ZAT, las juntas soldadas con electrodos E680 y E312 no alcanzaron el límite balístico del material MIL A46100 y no pasaron la prueba balística. Lo anterior se explica a partir de que la resistencia a la penetración de los proyectiles está íntimamente relacionada con la micro-estructura del material y con su dureza. Debido a que los materiales de aporte recomendables para la unión de acero de blindaje MIL A46100 sin problemas de agrietamiento producen metales fundidos con unas durezas tan bajas (250-300HV) y a que los ciclos térmicos de la soldadura someten al la ZAT a calentamientos localizados que inducen transformaciones microestructurales en el rango intercrítico (ZATIC) y de sobre-revenido (ZATSR) de la martensita reduciendo la dureza inicial del material hasta valores tan bajos como 300HV en unas extensiones considerables en comparación

con el diámetro del proyectil para el cual está proyectado el blindaje (Ø7.62mm), es razonable pensar que la soldadura y la ZAT de la misma no logre tener el mismo desempeño balístico que el material base en estado de entrega. Lo anterior implica un cambio de concepción sobre lo que se espera de una soldadura ante los impactos de proyectiles ya que son zonas que presentan una vulnerabilidad, independiente de que se utilice E680 o cualquier otro tipo de electrodo.

4. CONCLUSIONES

- Independiente del tipo de soldadura (filete o tope), electrodo o entrada de energía, las soldaduras se pueden definir por las siguientes regiones: el metal fundido (MF) con durezas entre 220 y 280HV según el material de aporte, una zona de martensita no revenida (ZMNR) de tamaño de grano variable con durezas tan altas como 580HV y una zona de martensita sobre-revenida con durezas mínimas entre 250-300HV.
- El perfil de durezas de la ZAT del material MIL A46100 es similar en las soldaduras al arco.
- El ancho total de la ZAT, considerado cuando recupera la dureza mínima de 500HV, es de 6 a 8mm para soldaduras en filete y de 11 a 14mm para soldaduras a tope.
- Las entradas de energía asociadas con las posiciones de soldadura 1G y 3G para los electrodos usados en diámetro de Ø3/32" no producen cambios sustanciales en las regiones microestructurales de la ZAT. El E308Mo produjo las ZAT mas anchas que llegan hasta los 25mm.
- La mayor resistencia a la tracción se obtuvo con los electrodos E312 y E680 con valores mínimos, respectivamente, de 760MPa y de 680MPa. El E307 tuvo un valor muy similar y la menor resistencia fue la del E308Mo con un valor aproximado de 500MPa.
- Independiente del tipo de soldadura, electrodo o entrada de energía la resistencia al impacto Charpy fue muy similar en todos los metales fundidos, sin embargo, en ninguna de las regiones se alcanza la resistencia al impacto del metal base.
- La dispersión en los resultados de impacto debida a la multiplicidad de microestructuras y constituyentes generados por imponer dos ciclos térmicos no permite concluir acerca de la incidencia del electrodo o la posición de soldadura en esta propiedad.
- Con ningún electrodo se presentaron grietas asistidas por hidrógeno en las pruebas CTS, no obstante la entrada de energía.
- Los electrodos E308Mo y E307, recomendados para soldar acero MIL A46100, presentaron agrietamiento durante la soldadura de juntas H de alta restricción. Los electrodos E680 y E312 no presentaron ningún tipo de agrietamiento.
- El comportamiento balístico de las regiones de las uniones soldadas con electrodos E680 y E312 (MF, ZMNR y ZMSR) no alcanza el nivel propio del material MIL A46100 de 4.3mm de espesor debido a la presencia de martensita no revenida y de una zona de baja dureza con un ancho superior al diámetro del proyectil de prueba de acuerdo con la norma [17]. Se espera un comportamiento similar con los otros tipos de electrodos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Military Specification MIL A46100. Armor plate, steel, wrought, high-hardness. 1986.
2. T. Mohandas, G. Madhusudan. Ballistic performance of high-strength low-alloy steel weldments. Journal of Materials Technology 57 de 1996.
3. T. Mohandas, G. Madhusudan, B. Satish. Heat affected zone softening in high-strength low-alloy steels. Journal of Materials Technology 88 de 1999.
4. T. Mohandas, G. Madhusudan, K. Papukutty. Effect of welding process on the ballistic performance of high-strength low-alloy steel weldments. Journal of Materials Technology 74 de 1998.
5. N. Bailey, F.R. Coe, TG Gooch. Welding Steels without hydrogen cracking. ASM International and Abington Publishing.
6. V. Murti, Y. Sastry, V. Rao, G. Madhusudan. Some studies on the service weldability of HSLA steels using 18Cr-8Ni-6Mn type austenitic electrodes. Journal of Materials Technology 37 de 1993.
7. P.K. Gangopadhyay, P.K. Das. Selection of electrodes for welding armour plates and procedure aproval. Indian Welding Journal. Abril de 1989.
8. Madhusudhan Reddy et Al. Cold cracking studies on low alloy steel weldments: effect of filler metal composition. Institute of Materials, Minerals and Mining. 2002.
9. Norma SD-X12140D General Requirements for welding homogeneous armor with metal arc.
10. Norma MIL-STD-1185 Welding High Hardness Armor. Department of Defense of U.S.
11. Ground Combat Vehicle Welding Code – Steel. Revisión B. Marzo 15 de 2000.
12. Documento TC-9237, Capítulo 12, sección VII Armor Plate Welding and Repair.
13. Grupo de Soldadura, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Caracterización microestructural del acero MIL A46100 producido por Temtco Steel.
14. Grupo de Soldadura, Universidad Nacional de Colombia. Caracterización de propiedades mecánicas del acero MIL A46100 producido por Temtco Steel.
15. F. Ade. Ballistic qualification of armor steel weldments. Welding Journal, sept. de 1991.
16. P.R. Gangopadhyay, P.K. Das. Selection of electrodes for welding of armour plates and procedure approval. Indian welding Journal, abril de 1989.
17. National Institute of Justice. Ballistic resistant protective materials. NIJ standard 0108.01.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

XIX CONGRESO DE INGENIERIA NAVAL

COMPETITIVIDAD PORTUARIA: UN ANALISIS TEORICO

MARCO G. VELARDE

GUAYAQUIL, OCTUBRE 2005

XIX COPINAVAL

COMPETITIVIDAD PORTUARIA: UN ANALISIS TEORICO

CONTENIDO

	PAG.
1. LA GLOBALIZACION Y LOS PUERTOS	3
2. POSICIONAMIENTO ESTRATEGICO DE UN PUERTO	6
2.1. ANALISIS DE PORTAFOLIO DE PRODUCTOS	6
2.2. ANALISIS DE CAMBIO DE PARTICIPACION	7
2.3. ANALISIS DE DIVERSIFICACION DEL PRODUCTO	9
2.4. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO	9
3. EL CONCEPTO DEL VALOR AGREGADO EN LOS PUERTOS	10
3.1. REGLAS DE PONDERACIONDE ANTWERP	12
4. MATRIZ DE COMPETITIVIDAD	15
5. VALOR AGREGADO Y MATRIZ DE COMPETITIVIDAD PARA EL PUERTO DE GUAYAQUIL?.	22
5.1. ELEMENTOS PARA EL ANALISIS DEL VALOR AGREGADO	25
5.2. ELEMENTOS DE LA MATRIZ DE COMPETITIVIDAD	26
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
7. BIBLIOGRAFIA	29

COMPETITIVIDAD PORTUARIA: UN ANALISIS TEORICO

RESUMEN

La globalización de la producción y del consumo y la aparición de redes mundiales de transporte han fortalecido el papel de los puertos como nodos en el sistema logístico mundial. El concepto de cadena logística es muy importante en el análisis de competitividad, por tanto, la competitividad de un puerto depende parcialmente de sus fortalezas y debilidades, y depende cada vez mas del control y coordinación externa. Los puertos enfrentan constantemente el riesgo de perder usuarios importantes, no solamente por deficiencias en su infraestructura y operación, sino debido a que el cliente ha reordenado su red de servicios o ha establecido nuevas sociedades y acuerdos con otros transportadores. Por lo anterior, consideramos que es crucial difundir el estado del arte en esta temática para analizar los factores determinantes de la competitividad portuaria y los conceptos de valor agregado, para entender mejor los ingredientes que forman parte de las ventajas competitivas y el complejo tema de la selección de un puerto. Para ello, se analizarán los modelos realizados por Haezendonck, Winkelmans y Notteboom (2002) sobre valor agregado y matriz de competitividad, que fueron aplicados al puerto de Antwerp. Finalmente, se tratará de simplificar estos modelos, desde el punto de vista teórico, de una manera muy general, y se hará una propuesta preliminar para su posible aplicación al puerto de Guayaquil. El objetivo central de este artículo, además de difundir información valiosa, es incentivar la investigación portuaria en este lado del mundo.

Autor: Marco G. Velarde
Profesor Principal
Ingeniero Naval, Master en Ingeniería Naval y Oceanográfica, M.Sc. Resource Economics.
ESPOL - Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM)

Dirección: ESPOL, Campus G. Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador.
mvelarde@espol.edu.ec
Tel. 5934 2269 491

099887755
Fax 5934 2850663

1. LA GLOBALIZACION Y LOS PUERTOS

La globalización del comercio y los avances tecnológicos introducidos en el transporte han dado lugar a una nueva organización del sistema económico marítimo. La nueva distribución de los tráficos se orienta hacia el Pacífico y los cambios tecnológicos están cambiando la importancia de la ubicación geográfica de los puertos locales por el de los acuerdos regionales.

El transporte marítimo actualmente desempeña un papel de gran impacto en el ámbito de los procesos de producción, puesto que está manejando no solamente el traslado masivo de materias primas y productos elaborados, sino también el intercambio de productos intermedios, debido a lo cual, existe la tendencia en los países desarrollados, a integrar al transporte en sus procesos productivos y que las industrias se organicen sectorialmente para responder a las nuevas exigencias industriales. En el Cuadro 1 se muestra la diferencia de concepción entre el transporte marítimo tradicional y el actual.

Cuadro 1. Diferencias entre Transporte Marítimo Tradicional e Industrial

TRANSPORTE TRADICIONAL	TRANSPORTE INDUSTRIAL
Predomínio de los factores político-culturales en la organización de las líneas del transporte marítimo.	La organización de los transportes marítimos es resultado de la liberalización y de la intensificación de los intercambios mundiales.
Relaciones marítimas de nación a nación, transporte de materias primas y de productos acabados.	Relaciones marítimas inter-empresas, transporte de productos intermedios.
Independencia del ámbito de la producción de la esfera de los intercambios.	Interdependencia entre el transporte marítimo y los sistemas de producción.
Regulación del sistema de producción por medio de los stocks.	Intercambio de productos intermedios por vía marítima entre las diferentes fases de producción, debidas a la globalización y a la emergencia de un nuevo modo de regulación de la producción, no exclusivamente basado sobre los stocks.
El transporte no es una función apreciada por los productores en el funcionamiento de las empresas.	Transporte considerado por los productores como un medio de valorización de la producción y como fuente de reducción de costes.

Fuente: “Economía del Transporte Marítimo”, Freire J., González F.2003.

Como resultado de este proceso se observan cambios apreciables en las economías nacionales reflejados en: la importancia de los puertos asiáticos, la nueva estructura de las plataformas mundiales de transporte, el explosivo crecimiento del tráfico de contenedores y la reorientación de las compañías marítimas internacionales, en respuesta a los cambios geo-estratégicos.

Actualmente el transporte marítimo buscan mayor rentabilidad en el uso de las embarcaciones, mediante la construcción de unidades de mayor capacidad de carga y la reducción del número de escalas, por tanto, la nueva estrategia marítima consiste en transportar mayores volúmenes de mercancías, mejor clasificadas, en el menor tiempo posible, con mayor seguridad y operando en un menor grupo de puertos seleccionados.

La globalización del transporte, desde el punto de vista de mercado, presenta las siguientes particularidades: la figura de mercado es el oligopolio, puesto que los tráficos están asignados y cada conferencia/armador posee su propia área de influencia; los mercados son casi cerrados, puesto que las líneas regulares se crean por necesidad de demanda; y, los mercados delimitan los espacios económicos internacionales provocando aislamientos y exclusiones para ciertas áreas y países.

Ante este escenario las economías portuarias requieren, según **Freire Seoane y González Laxe (2003)**: una estrategia para mejorar su capacidad para atender a armadores y agentes con la finalidad de reducir sus costos operativos y concentrar tráficos; una estrategia de intensificación del transporte, mediante acciones para reducir los tiempos de estancia, mejorar la calidad del servicio y ampliar los tráficos directos con otros puertos y áreas geográficas; y, una estrategia de conjunto basada en la intermodalidad, que permita el desarrollo de equipos, instalaciones, plataformas logísticas y redes para establecer prioridades en función de su posición geográfica y las vías del comercio internacional.

Estas estratégias no serán efectivas si no se manifiesta claramente el liderazgo de los ejecutivos de los puertos. No importa cual sea la categoría de tráfico que maneje un puerto o en que lugar esté ubicado, su gerente o presidente debe desarrollar y ejecutar políticas para agregar valor a las actividades del puerto. Según **Farkas Ch. y Wetlaufer S., (1999),** el liderazgo dependerá de esas políticas y podrá estar orientado hacia: (i) el sistema de creación y diseño de estrategias de largo plazo; (ii) el sistema de los activos humanos; (iii) el sistema de la pericia o de los conocimientos especializados; y, (iv) el sistema de las casillas o de los controles.

2. POSICIONAMIENTO ESTRATEGICO DE UN PUERTO

Para analizar la estructura del tráfico portuario, según **Haezendonck y Winkelmans (2002),** generalmente se utiliza el método de Análisis del Posicionamiento Estratégico (APE), que permite comparaciones entre los componentes del tráfico de un puerto, con relación a los componentes de otro puerto principal en un rango determinado. La limitación de este método radica en que ignora la magnitud en que las distintas categorías de tráfico influyen en la creación del valor agregado. Sin embargo, la principal ventaja del APE radica en que ofrece una metodología general para determinar objetivamente la posición competitiva de un puerto comparado con sus rivales.

El método APE engloba los siguientes tres métodos de análisis inter-relacionados, que sirven para determinar la posición competitiva de un puerto en relación con otros puertos de la misma categoría: (i) Análisis de Portafolio de Productos (APP); Análisis de Cambio de Participación (ACP); y, Análisis de Diversificación del Producto (ADP). Mediante la combinación de los resultados de estas técnicas se puede obtener conclusiones relevantes sobre el desempeño actual y el potencial de los puertos dentro de una categoría particular de análisis.

2.1. ANALISIS DE PORTAFOLIO DE PRODUCTOS

Este método fue creado en 1968 por el Boston Consulting Group (BCG), para la planificación estratégica de corporaciones y permite la interpretación de los resultados de las unidades de negocios utilizando dos variables: participación de mercado y tasa de crecimiento. En el contexto portuario, permite determinar la posición y el potencial intrínseco de un puerto con la finalidad de mejorar su participación en el mercado y su tasa de crecimiento.

De acuerdo con el BCG, el método consiste en ubicar a las unidades de negocios en una matriz de decisiones, sobre la base de sus participaciones en el mercado y su crecimiento relativo. Para su aplicación en el ámbito marítimo, los conceptos básicos de la matriz se trasladan al negocio portuario en donde se representan las diferentes categorías de tráfico, tales como, graneles líquidos y sólidos, contenedores, roll on-roll off y carga general. Estas nuevas categorías de bienes son agrupadas como Unidades Estratégicas de Tráfico (UET) y a partir de este ordenamiento, se puede determinar los tráficos relevantes para cada puerto, en términos de participación de mercado y tasa de crecimiento.

En un APP orientado a los puertos se puede analizar la relación entre una elevación en la participación relativa de mercado de un puerto, en una categoría particular, y examinar el crecimiento del tráfico durante el período de observación.

La selección del APP y la utilización de la matriz crecimiento/participación de mercado como un método eficiente de análisis de la posición competitiva de los puertos, está sustentada en los siguientes argumentos: (i) el método está basado en la técnica visual, que es clara y fácil de representar; (ii) todos los datos requeridos para el análisis son fáciles de obtener; (iii) es un método universal que ofrece credibilidad; (iv) es una herramienta de evaluación efectiva para el desarrollo de planes estratégicos de largo plazo; y, (v) contribuye a la selección de objetivos y alternativas para el mejor desempeño de un puerto.

2.2. ANALISIS DE CAMBIO DE PARTICIPACION

Este método (ACP) sirve para analizar la composición y la evolución del tráfico en el contexto de la competencia internacional de los puertos, y permite determinar la magnitud del efecto que puede causar en el desempeño de un puerto, el atraer nueva carga específica, el crecimiento de la especialización para determinado tipo de mercadería o la disminución de alguna categoría de tráfico. Este método atribuye el crecimiento o declinación del volumen de tráfico a las siguientes causas: el efecto-participación, el efecto-bien y el efecto-competitividad.

Los resultados negativos de cualquiera de estos tres efectos indican una posición desfavorable del puerto; resultados positivos indican posiciones favorables. Los resultados de un ACP dependen: de la selección del puerto de análisis, de las categorías relevantes de tráfico, del año base y de las observaciones durante el período considerado.

El efecto-participación, indica el crecimiento hipotético de un tipo particular de tráfico en determinado puerto, asumiendo que la participación de mercado se mantiene constante. Este efecto describe los cambios en el volumen de tráfico asumiendo, que todas las categorías evolucionan en la misma forma como evoluciona el tráfico en un puerto particular, de determinado rango. La diferencia entre el crecimiento actual observado y el efecto de participación calculado refleja una elevación o declinamiento en la participación de mercado, el cual está representado por el efecto-participación.

Partiendo de una estructura particular de tráfico, el efecto-bien indica el grado de especialización de un puerto en las categorías en las que tiene mejor desempeño. Este efecto toma en cuenta el impacto de la diversificación, en términos de estructura de tráfico en cada puerto. Un efecto-bien positivo, significa que el puerto se está especializando en tráficos de rápido crecimiento y que ha desarrollado una favorable estructura de tráfico. El cálculo del efecto-bien asume que todos los tráficos retienen sus respectivas participaciones de mercado; un cambio hacia el crecimiento rápido del tráfico permitirá una mayor participación. Los cambios en la participación de mercado serán el resultado de las tasas de crecimiento de las diferentes categoría de tráfico.

Si un puerto tiene una favorable o desfavorable estructura de tráfico, el efecto-competitividad reflejará el esfuerzo que despliega el puerto, por conseguir una mayor participación de mercado en las categorías en las que tenga mejor desempeño. Este efecto también indicará la mejora o deterioro de la participación de mercado en las diferentes categorías de tráfico. El efecto-competitividad refleja las fortalezas o debilidades en la participación del puerto en el mercado, como resultado de una elevación o disminución de su participación.

El método ACP en combinación con el APP permiten obtener información sobre los cambios en las fortalezas competitivas de un puerto, así como, sobre el crecimiento o disminución de su tráfico. Para obtener suficiente información debe aplicarse el ACP a cada categoría de tráfico, por separado, con la finalidad de determinar la magnitud en la cual el efecto-bien y el efecto-competitividad impactan en las operaciones del puerto. Esta información es importante para el análisis de la posición competitiva de un puerto.

2.3. ANALISIS DE DIVERSIFICACION DEL PRODUCTO

El tercer componente en el Análisis del posicionamiento estratégico de un puerto es el ADP que, mediante un índice de diversificación de tráfico, determina el peso relativo de las varias categorías de tráfico, con relación al movimiento total del puerto, y define la composición de este tráfico. El índice refleja el grado de concentración entre las varias categorías de tráfico en un puerto.

Si el índice es igual a 1, la estructura general de tráfico del puerto está dominada por una sola categoría. Un índice de diversificación alto, significa una alta desproporcionalidad entre los tráficos y la posible presencia de un nicho de mercado; un índice bajo, es indicativo de que existe una distribución proporcional entre las categorías de tráfico.

2.4. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO

Si los puertos están destinados a ser mas eficientes, mediante su diversificación en actividades que aporten mayor valor agregado, su crecimiento tendrá que basarse en una estrategia. La decisión de diversificar para crecer, según **Markides (1999),** es una de las mas difíciles de tomar por parte de los ejecutivos, por cuanto el riesgo y la recompensa involucrados son inciertos, pudiendo ser devastadores o enriquecedores.

Para que la diversificación tenga éxito, según Markides, adaptándolo al sector portuario, deberán considerarse los siguientes aspectos: (i) identificar que es lo que el puerto puede hacer mejor que cualquiera de sus competidores; (ii) definir los activos estratégicos que requiere el puerto para triunfar en el nuevo mercado; (iii) evaluar si el puerto puede igualar o superar a los competidores en su propio terreno; (iv) verificar si la diversificación va a afectar a las fortalezas estratégicas que tiene el puerto; (v) analizar, si luego de la diversificación, el puerto será uno mas en el mercado o será un puerto ganador; (vi) identificar que es lo que el puerto puede aprender con la diversificación y si está apropiadamente organizado para aprenderlo.

Otro aspecto importante en el posicionamiento estratégico de un puerto, y en su crecimiento, es el aprovechamiento de la cadena de valor virtual. Actualmente, según **Rayport y Sviokla (1999)**, todas las empresas, y un puerto lo es, compiten en un escenario real de recursos y en un escenario virtual o de información, en donde se desenvuelve el comercio electrónico, que es un nuevo escenario para la creación de valor.

Los organismos de control también están interesados en el uso de tecnología de información, como un medio eficiente para mejorar su labor. Es así, que la Dirección General de la Marina Mercante del Ecuador está diseñando un nuevo Sistema Integrado de Gestión Marítima y Portuaria (SIGMAR). Este sistema será capaz de determinar la ubicación geográfica y los movimientos referenciales de los buques que entre y salgan de puertos nacionales, y tendrá una capacidad de establecer la localización de unas 15000 embarcaciones en aguas ecuatorianas.

3. EL CONCEPTO DEL VALOR AGREGADO EN LOS PUERTOS

Actualmente los puertos son considerados como catalizadores de la economía y de la creación de riqueza y una fuente importante de valor agregado sostenible, en la economía local y en su zona de influencia.

El concepto de valor agregado, tal como es concebido por **Haezendonck (2002)**, permite transformar las "toneladas nominales" en "toneladas de valor". Este "valor" es importante, por cuanto será de interés de los puertos el atraer cargas que generen un alto valor agregado. Desde el punto de vista de la inversión, los actores económicos involucrados en el puerto estarán dispuesto a promover nuevos nichos de mercado y nuevas categorías de tráfico, en los cuales se espere un fuerte crecimiento y buenas expectativas de expansión para generar mayor valor agregado.

El "peso" que se otorgue a los datos nominales de tráfico utilizando una "ponderación" adecuada, que tome en cuenta las diferencias en valor agregado de las varias categorías de tráfico, contibuirá sustancialmente para el gerenciamiento exitoso de un puerto y en la generación de políticas.

Existen diferencias en el concepto de valor agregado cuando es aplicado en distintos puertos, especialmente en su definición, cálculo y determinación de las reglas de ponderación para convertir las toneladas nominales en toneladas de valor. Generalmente el termino valor agregado es utilizado para determinar la contribución de las actividades del puerto al producto nacional bruto, al nivel de empleo nacional.

La diferentes interpretaciones del valor agregado ocurren por cuanto no existe un procedimiento uniforme de recolección de datos. Haezendonck propone un método que tome en cuenta la contribución que hacen las diferentes categorías de tráfico al valor agregado y que permita la construcción de una regla de ponderación basada en el concepto de valor agregado. La información relevante debe ser tomada a nivel del terminal portuario. En este método, el valor agregado incluye los siguientes elementos

principales: costo de mano de obra, depreciación, utilidades, pérdidas, costos relacionados con el manipuleo de carga.

Para reforzar el concepto de "valor agregado" y ser mas explicativos en su aplicación, utilizaremos y difundiremos el método diseñado para el puerto de Antwerp, por **Haezendonck y Winkelmans (2002)**, que se desarrolla a continuación.

3.1. REGLAS DE PONDERACION DE ANTWERP

Según el método Antwerp, el análisis de las reglas de ponderación tradicionales, junto con información experta recolectada por el puerto, demostraron que la aplicación de los métodos tradicionales para introducir el concepto de valor agregado en análisis de flujos de tráfico, presentaba importantes debilidades, entre las que se pueden mencionar: falta de información; información no confiable; métodos inadecuados utilizados para recolectar información; dificultad para implementar una regla basada en los tráficos de un puerto específico en el contexto de otro puerto; falta de transparencia en la recolección de los datos; y, limitada transparencia en la interpretación de los procesos.

Para evitar estos problemas, H&W, desarrollaron una nueva regla de ponderación basada en los tráficos marítimos del puerto de Antwerp, que la llamaron Regla de Antwerp. Los elementos mas importantes para el desarrollo de esta regla son: recolección de la información directamente desde la fuente; utilización del método abajo hacia arriba para obtener la regla; pruebas para aplicar los resultados intermedios; y, validación de la regla final vía retroalimentación con expertos portuarios independientes.

La Regla de Antwerp (RA), considera como componentes claves del valor agregado a los costos de mano de obra y a la depreciación, relacionados con el manejo de la carga de los tráficos de entrada y de salida. En los costos de mano de obra se incluyen a los trabajadores en los muelles, contratados temporalmente, puesto que éstos representan alrededor del 30 % del costo total de mano de obra.

La información para la RA fue obtenida mediante encuestas y entrevistas. Aquella información que no pudo ser obtenida por esta vía, fue suministrada por las compañias que operan en el puerto. Todos los terminales y compañías considerados, se especializan en una categoría de tráfico particular, por lo que se puede establecer una relación directa entre la información de valor agregado y el volumen de los tráficos.

La información para la Regla de Antwerp, referida al año 1995, corresponde a trece categorías de bienes: petróleo crudo; otros graneles líquidos, cereales, hierro y carbón; fertilizantes; otros graneles secos; contenedores; vehículos; otros ro-ro; productos forestales; frutas; mineral de hierro; y, otras cargas convencionales. En cada caso, la información sobre valor agregado por tonelada de carga manipulada tuvo como fuente a los operadores y terminales especializados.

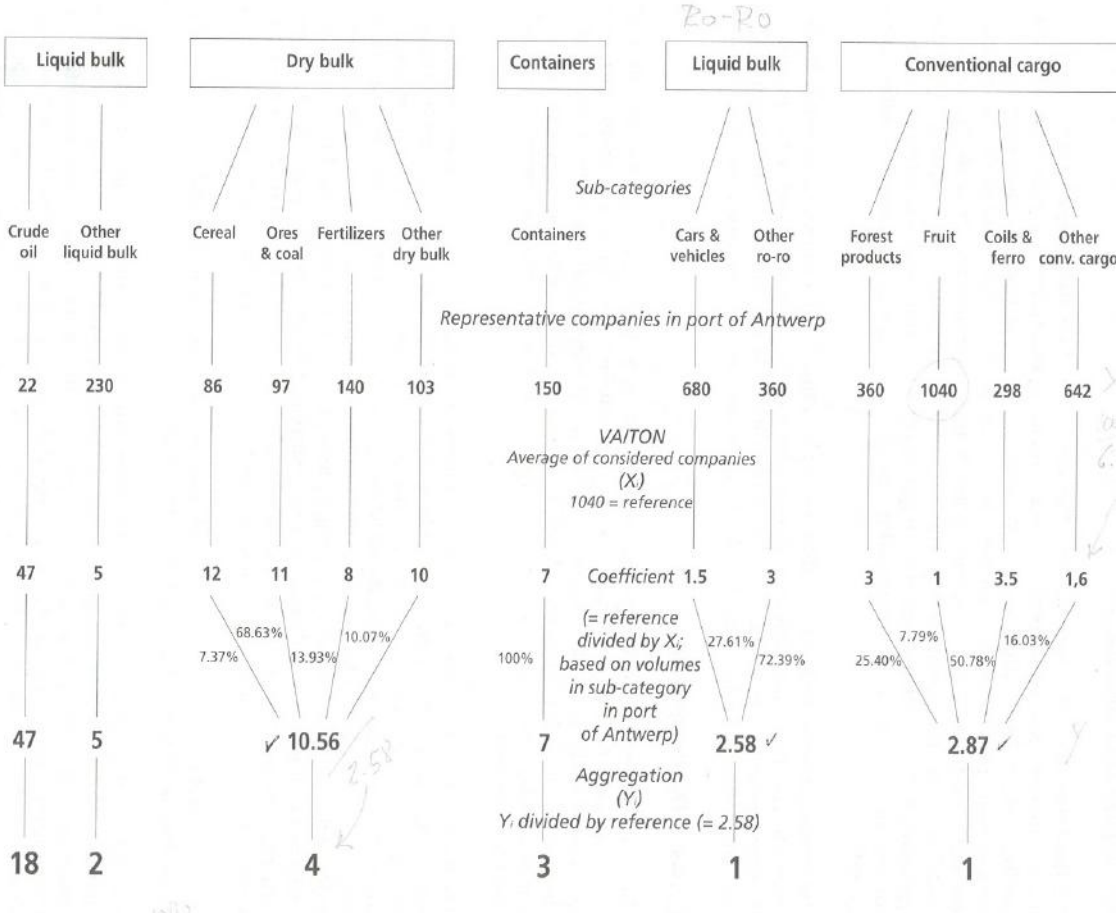
Para el caso de Antwerp, el mas alto valor agregado por tonelada es generado por la manipulación de frutas, por lo que éste valor fue utilizado como referente. Los valores agregados generados por otras categorías de tráfico fueron relacionados con ese referente, por lo que se obtuvieron una serie de coeficientes.

Estos coeficientes sirven para medir cuántas toneladas de una carga específica necesitan ser manipuladas para obtener el mismo valor agregado generado por una tonelada de fruta. Los valores ponderados fueron los siguientes:

Carga convencional 1.6; productos forestales 3.0; mineral de hierro 3.5; carros y otros vehículos 1.5; ro-ro 3.0; contenedores: 7; graneles secos 10.0; fertilizantes 8.0; hierro y carbón 11.0; cereal 12.0; graneles líquidos 5.0; y, petróleo 47.0.

Estos coeficientes, agrupados en cinco grandes categorías: graneles líquidos; graneles secos; contenedores; ro-ro; y, carga convencional, se muestran en la siguiente figura:

Fig. 1. Tipos de carga y Coeficientes de la Regla de Antwerp



Fuente: “Port Competitiveness”, M. Huybrechts, H. Meersman, otros, De Boeck, 2002.

Esta regla, que toma en cuenta el valor agregado creado por cada categoría de tráfico, fue obtenida a partir de trece coeficientes, los mismos que fueron integrados en cinco coeficientes correspondientes a las categorías de tráfico mas usadas en los análisis convencionales comparativos de puertos: granel líquido, granel seco, contenedores, ro-ro y carga convencional. Estos coeficientes miden cuantas toneladas de una carga específica necesitan ser manipuladas para obtener el mismo valor agregado que genera una tonelada de fruta. Los “pesos” obtenidos son: otras cargas convencionales 1.6; productos forestales; 3; mineral de hierro: 3.5; carros y vehículos: 1.5; otros ro-ro: 3; contenedores: 7; otros graneles secos: 10; fertilizantes: 8; hierro y carbón: 11; cereal: 12; otros graneles líquidos: 5; petróleo: 47. Estos coeficientes aparecen en la 4 línea de la Fig. 1.

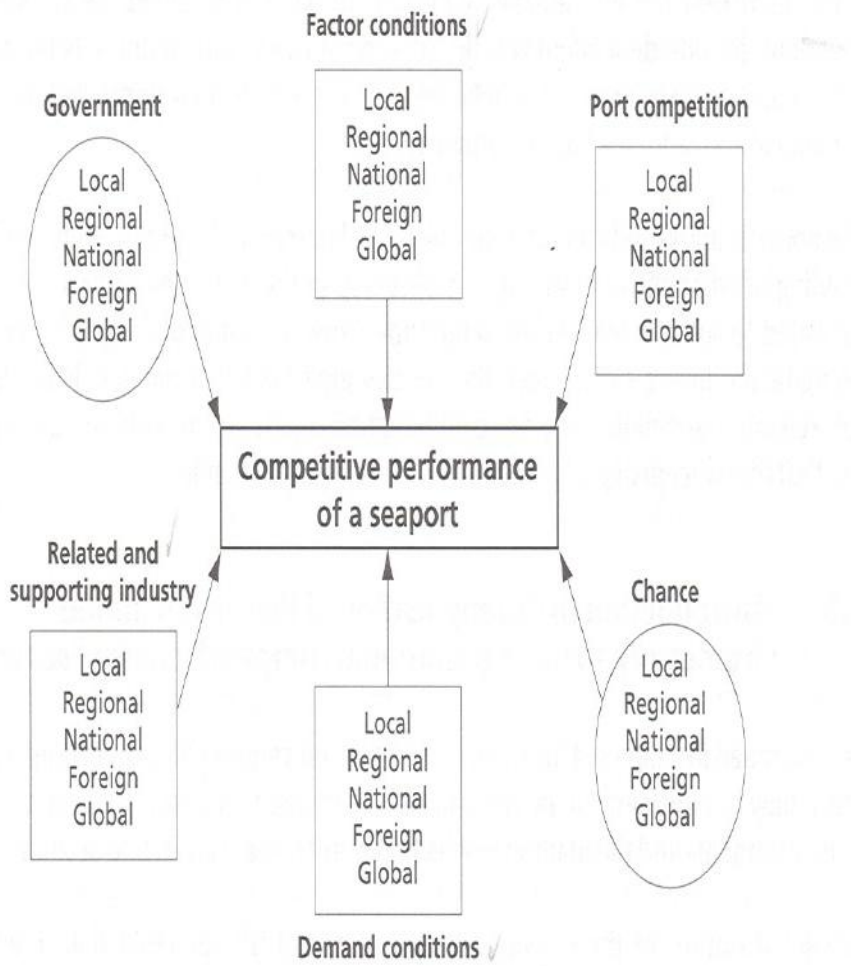
En la última línea de la figura mencionada se observa las diferencias en valor agregado entre las diferentes categorías de tráfico, así tenemos que, el valor agregado creado por una tonelada de carga convencional es igual a: 1 tn de ro-ro, 3 de contenedores, 5 de granel seco, 2 de otros graneles líquidos y 18 de petróleo.

El interés en la aplicación del valor agregado en un puerto, se basa en la consideración de que cualquier autoridad portuaria estará dispuesta a mejorar su posición en aquellos nichos específicos de mercado, que generen mayor valor agregado por tonelada. La aplicación de coeficientes ponderados, en comparaciones entre puertos, demuestra el cambio de objetivo en los puertos, esto es, pasar del concepto de toneladas nominales al concepto de valor agregado. Sin embargo, el concepto de valor agregado tiene diferentes definiciones, en función de los procedimientos de recolección de la información correspondiente.

4. MATRIZ DE COMPETITIVIDAD

Haezendonck y Notteboom (2002), utilizando el diamante de Porter de las ventajas competitivas de las naciones, que se muestra en la Fig. 2., desarrollaron el diamante de Porter extendido aplicado a los puertos, que se presenta en la Fig. 3.

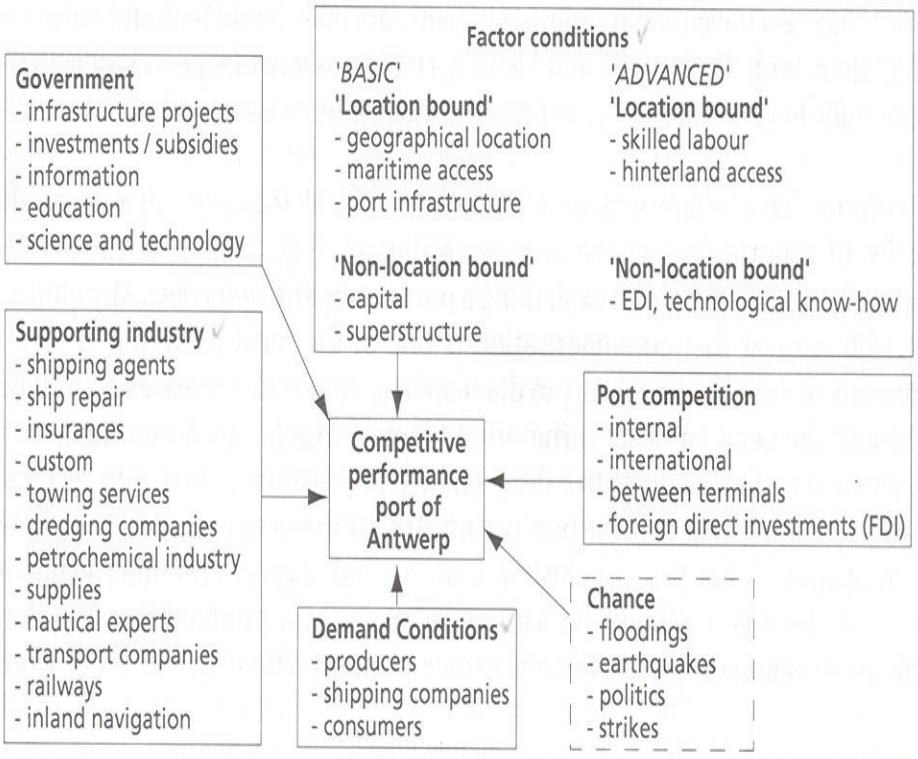
Fig. 2. Diamante de Porter extendido para Ventaja Competitiva de las naciones.



Fuente: "Port Competitiveness", M. Huybrechts, H. Meersman, otros, De Boeck, 2002.

El diamante de Porter considera treinta influencias o factores potenciales en el desempeño competitivo de una industria, lo cual resulta difícil de manejar de manera simultánea, por lo que, consideraron importante para cualquier aplicación, reducir el número de factores tomando en cuenta solamente los mas críticos

Fig.3. Diagrama de Porter Extendido aplicado a los Puertos.



Fuente: “Port Competitiveness”, M. Huybrechts, H. Meersman, otros, De Boeck, 2002.

En los puertos, estos factores se refieren a los medios utilizados para que el puerto provea los servicios. Estos pueden ser básicos o históricos, como el acceso marítimo, y avanzados, como la tecnología y el know-how. El hinterland y sus conexiones son considerados como factores de producción.

H&N realizaron un estudio de campo para identificar la percepción de los ejecutivos y expertos portuarios sobre los recursos claves de la ventaja competitiva del puerto de Antwerp. El estudio se centró en dos categorías de tráfico, en las cuales el puerto tuvo mejor desempeño que otros puertos del mismo rango: contenedores y carga general.

Cuadro 2. Matriz de Competitividad para el puerto de Antwerp.

Logistics chain / Diamond determinants		Maritime access										
		Activities maritime accessibility (-ACCES)	Shipping (-SHIP)	Transhipment (-LOAD)	Warehousing (-WARE)	Value added logistics (-VAL)	Manufacturing (-MANU)	Activities by shipping agents, forwarders, etc. (-EXP)	Distribution activities within cluster (-DISTR)	Road (-ROAD)	Rail (-RAIL)	Inland navigation (-INAV)
Factor conditions	Infrastructure (INFR-)	-0.9352	0.1341	0.7422	0.7984	0.4880	0.5913	0.6660	0.3772	0.0371	0.0072	0.1498
	Superstructure (SUP-)	0.0219	0.0286	0.7842	0.8320	0.2036	0.8332	1.6711	0.4100	0.0412	0.0169	-0.1084
	Human capital (LAB-)	-0.9914	0.2386	0.7443	-0.2920	-0.2512	0.1399	0.5939	-0.5821	-0.0397	-0.2593	-0.7301
	Logistical technology and communication systems (LOG-)	0.1639	0.2050	0.2685	0.1425	0.1767	0.0546	0.2629	0.1025	-0.1428	0.0971	-0.2707
Firm strategy, structure and rivalry	Intra-cluster competition (ICO-)	-1.4780	0.3634	0.6643	0.6807	0.3264	0.2393	0.8103	0.4808	0.2535	-0.0314	-0.8661
	Inter-cluster competition (ECO-)	-0.4992	0.1493	0.5442	0.0281	-0.0430	0.0752	0.1290	0.0130	0.1618	0.0541	-0.3244
	Internal co-operation (ICOOP-)	-0.1414	-0.0131	-0.0280	0.2201	-0.0536	0.1600	-0.1573	-0.0504	-0.1085	-0.1019	-0.1192
	External co-operation (ECOOP-)	-0.0241	0.0366	0.1109	-0.0103	-0.0171	0.0298	0.0723	0.0337	-0.0075	0.0448	-0.0741
Demand conditions	Client relationships in cluster (ICLI-)	0.0740	0.3680	0.4486	0.5327	0.3579	0.2760	0.4899	0.3169	0.1858	0.3054	0.0677
	Client relationships outside cluster (ECLI-)	-0.0827	0.1790	0.2669	0.2575	0.2875	0.1374	0.4102	0.1998	0.0268	0.1035	-0.0504
Government	Government intervention (port authority) (GOLOC-)	-0.3351	-0.1387	0.2528	-0.0358	-0.0551	-0.0940	-0.0916	-0.2486	-0.3336	-0.0985	-0.3198
	Government intervention (regional) (GOREG-)	-0.7423	-0.2409	-0.0983	-0.0845	-0.2450	-0.1452	-0.1504	-0.1661	-0.4866	-0.1228	-0.5308
	Government intervention (national, supranational) (GONAT-)	-1.3505	-0.7798	-0.8146	-0.7884	-0.8154	-0.7761	-0.7937	-0.8526	-1.0877	-0.8137	-1.3448
Related and supporting industries	Port supporting services (bank, insurance etc.) (SERV-)	-0.0217	0.0706	0.0799	0.0387	0.0387	0.0458	0.0796	0.0387	0.0179	-0.0202	-0.0217

Fuente: “Port Competitiveness”, M. Huybrechts, H. Meersman, otros, De Boeck, 2002.

La primera parte del cuestionario recababa información general sobre el tamaño y el alcance de las operaciones del puerto de Antwerp y su especialización en el tráfico; la segunda parte, la mas importante, fue realizada en función de la Matriz de

Competitividad que se muestra en el Cuadro 2. Esta matriz combina las actividades realizadas por el puerto desde la perspectiva de la cadena logística y los recursos requeridos para esta actividades, de acuerdo con el diamante de ventajas competitivas.

En la matriz del cuadro, en el eje horizontal se muestran las actividades que se realizan en un puerto; estas pueden subdividirse en actividades externas: de transporte marítimo y de acceso marítimo; en actividades internas como: carga/descarga, almacenaje, logística para valor agregado, manufactura, embarque y distribución; y, en actividades con relación a su hinterland: carreteras, trenes y vías fluviales.

En el eje vertical de la matriz de competitividad se presentan los recursos necesarios para realizar esas actividades, y corresponden a los componentes contemplados en el diamante extendido de Porter: factor/condiciones, estructura/estrategia de la empresa, condiciones de demanda, industrias relacionadas y, gobierno.

Cada uno de estos componentes es subdividido en otros recursos relevantes para la actividad, así tenemos que factor/condiciones se divide en: infraestructura, superestructura, mano de obra, capital y tecnología logística; estructura/estrategia en: competencia intra e inter clusters, cooperación interna y externa; condiciones de demanda en: relaciones con el cliente dentro y fuera del puerto; industrias relacionadas en: bancos, seguros, servicios financieros; y, gobierno en: regulaciones locales, regionales, nacionales y supranacionales que afectan a los puertos.

Cada combinación entre una actividad individual y un recurso seleccionado representa una variable en la matriz de competitividad. Cada variable se la identifica con una abreviatura en base a la actividad y al recurso, por ejemplo: la variable que combina la tecnología logística (LOG) utilizada por los embarcadores (EXP) será identificada como LOGEXP.

Los encuestados debían dar una respuesta discreta entre -2 y +2 para cada una de las variables de la matriz, de acuerdo con su percepción positiva o negativa del impacto de la variable en el puerto de estudio, comparado con otros de su mismo rango. Una calificación de 0 se interpreta como que esa variable no constituye ventaja o desventaja para el puerto.

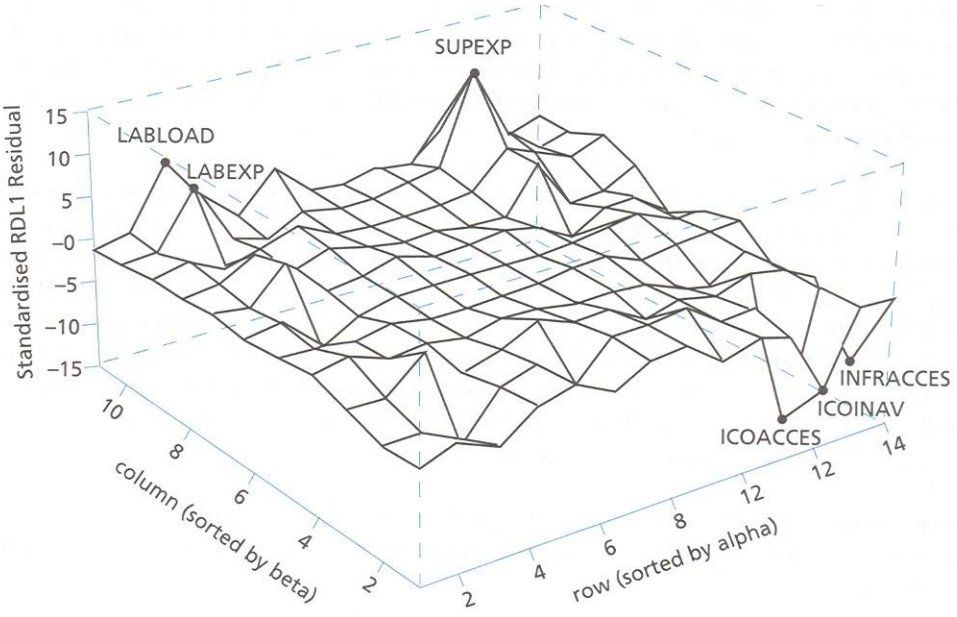
La tercera parte del cuestionario consideraba preguntas mas abierta con la finalidad de obtener criterios cualitativos sobre las calificaciones numéricas, lo cual permitió a los autores explicar con mayor detalle la información contenida en la matriz de competitividad.

Una vez procesados los datos de la encuesta aplicada para el puerto de Antwerp, se observó que la interacción positiva mas importante ocurre entre exportadores y superestructura (SUPEX = 1.6711), como se muestra en la matriz y en la Fig. 4. Esto significa que la superestructura del puerto utilizada por los embarcadores constituye una ventaja competitiva importante.

En igual forma, la mano de obra involucrada (LABLOAD = 0.7443) en actividades de embarque (LABEXP = 0.5939) tiene una interacción positiva, en donde se destaca la

flexibilidad, productividad, conocimiento y experiencia del personal de los muelles, y representa un recurso importante para la ventaja comparativa del puerto.

Fig. 4. Resultados estadísticos del análisis de la Matriz de Competitividad para Antwerp.



Fuente: “Port Competitiveness”, M. Huybrechts, H. Meersman, otros, De Boeck, 2002.

Las interacciones negativas del puerto se encuentran entre la competencia inter-clusters y la accesibilidad al puerto (ICOACCES= - 1.478) y entre la competencia inter-clusters y la navegación interna (ICOINAV= - 0.8661). Estos resultados negativos debilitan la competitividad del puerto. Existe otra interacción negativa entre infraestructura y acceso marítimo (INFRACCES= - 0.9352), representada por la falta de calado necesario del

acceso, que hace que el puerto no pueda recibir a buques de gran porte. La ubicación interior del puerto y su limitado acceso marítimo se considera como una desventaja competitiva.

5. VALOR AGREGADO Y MATRIZ COMPETITIVIDAD PARA EL PUERTO DE GUAYAQUIL ?.

Será posible y técnicamente factible aplicar al puerto de Guayaquil el concepto de valor agregado y analizar su matriz de competitividad para definir sus fortalezas y debilidades y mejorar su competitividad?. En el presente documento se proponen lineamientos generales que podrían servir como punto de partida para iniciar el diseño, procedimientos y aplicación de los modelos del puerto de Antwerp, difundidos anteriormente, guardando y respetando las diferencias y proporciones entre los dos puertos.

Originalmente la mayoría de los puertos fueron concebidos como grandes obras de desarrollo financiadas por el Estado. Este orígen, de alguna manera estigmatizó a los puertos, en el sentido de que eran un bien del Estado y por tanto estaban destinados a prestar un servicio en lugar de ser considerados como un negocio. El pago por un servicio tiene una retribución económica menor, comparado con la oportunidad de aprovechar esas instalaciones para generar nuevas actividades que generen mayores ingresos a los puertos. A la larga, su deficiente administración, afectada por los altibajos del comercio mundial, épocas de crisis económicas globales, falta de directivos visionarios no burócratas, les impidió, con algunas excepciones, crecer y modernizarse, siguiendo las tendencias del comercio marítimo mundial.

En los últimos años, el concepto de servicio se ha venido reforzando con el concepto del negocio portuario integral, basado en la competitividad, el gerenciamiento moderno y la creación de valor agregado.

Bajo esta nueva concepción del negocio portuario, la mayoría de los países latinoamericanos han pasado o están pasando por procesos de modernización y concesión de sus puertos. En Ecuador, el Puerto de Esmeraldas ha sido concesionado; Puerto Bolívar llevó adelante su proceso, inicialmente con éxito, pero se ha visto frenado por asuntos jurídicos; Guayaquil, lo está intentando por segunda vez y espera concluir el proceso en enero de 2006; y, Manta ha logrado el aval del Gobierno para la concesión, mediante licitación internacional, que arrancará en octubre del presente año y culminará en marzo del 2006.

El aval servirá para que el Puerto obtenga un crédito del concesionario de hasta 55 millones de dólares, destinados a obras de ampliación y modernización para que pueda recibir buques con capacidad de hasta 4.500 contenedores. El plan de inversiones contempla la ampliación de las áreas de almacenamiemto a 30 ha.; el dragado de los muelles y accesos hasta un nivel de 14 metros; y, alrededor de $ 40 millones en equipos. El objetivo principal del puerto de Manta es recibir las mercancías provenientes de Asia y distribuirlas, en barcos de menor tonelaje a países de América y Europa.

El movimiento de carga por el puerto de Guayaquil, el mas importante del Ecuador, está creciendo a una tasa semestral de aproximadamente el 3.5 %. Según la Comisión Interamericana de Puertos, Guayaquil está ubicado en el puesto 12 entre los 30 puertos mas importantes de América Latina y del Caribe, en la movilización de contenedores, como se muestra en el Cuadro 3. Debido a esta situación, expertos han recomendado que debe generar una estrategia para convertirse en un puerto regional, al cual podrían integrarse los demás puertos ecuatorianos.

Analizando lo que ocurre en el sector de las Agencias Navieras, se observa que el incremento del movimiento de carga que se genera desde el Puerto de Guayaquil, diversificó la oferta y los servicios que brindan dichas agencias. En la actualidad existen mas de 30 empresas navieras y operadoras que atienden el movimiento de carga, que se ha incrementado en alrededor de 150.000 ton, en los primeros siete meses del presente

año, y que representan el 70 % de la carga nacional. Existen alrededor de quince agencias que consolidan los mayores rubros de carga, al vender espacios en sus buques a exportadores e importadores ecuatorianos. Transoceánica Cía. Ltda.., Trasmabo, Maerks y Andinave, son la principales empresas que transportan cada entre 200 y 400 mil ton. por año. Maerks y Trasmabo, se dedican a carga de importación mientras que Transoceánica se dedica mayoritariamente a carga de importación.

CUADRO 3

PRINCIPALES PUERTOS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Nombre del puerto	- Carga en contenedores - TEU 2003	TEU 2004
1.-Santos (Brasil)	1,560,957	1,882,838
2.-Colón (Panamá)	1,512,365	1,943,712
3,.Kingston (Jamaica)	1,137,798	1,356,034
4.-Freport (Bahamas)	1,057,879	1,184,800
5.-Buenos Aires (Argentina)	897,123	1,138,503
6.-Manzanillo (México)	709,209	830,779
7.- Callao (Perú)	627,902	727,840
8.-Puerto Limón-Moin (Costa Rica)	611,984	667,344
9.-Veracruz (México)	571,867	591,736
10.-Río Grande (Brasil)	554,255	588,983
11.- San Antonio (Chile)	524,376	639,762
12.- Guayaquil (Ecuador)	**468,599**	**516,557**

Carga movilizada en toneladas

2003 5'869.499

2004 6'519.136

El ranking incluye a los treinta principales puertos de Latinoamérica.

Fuente: Comisión Interamericana de Puertos

EL UNIVERSO

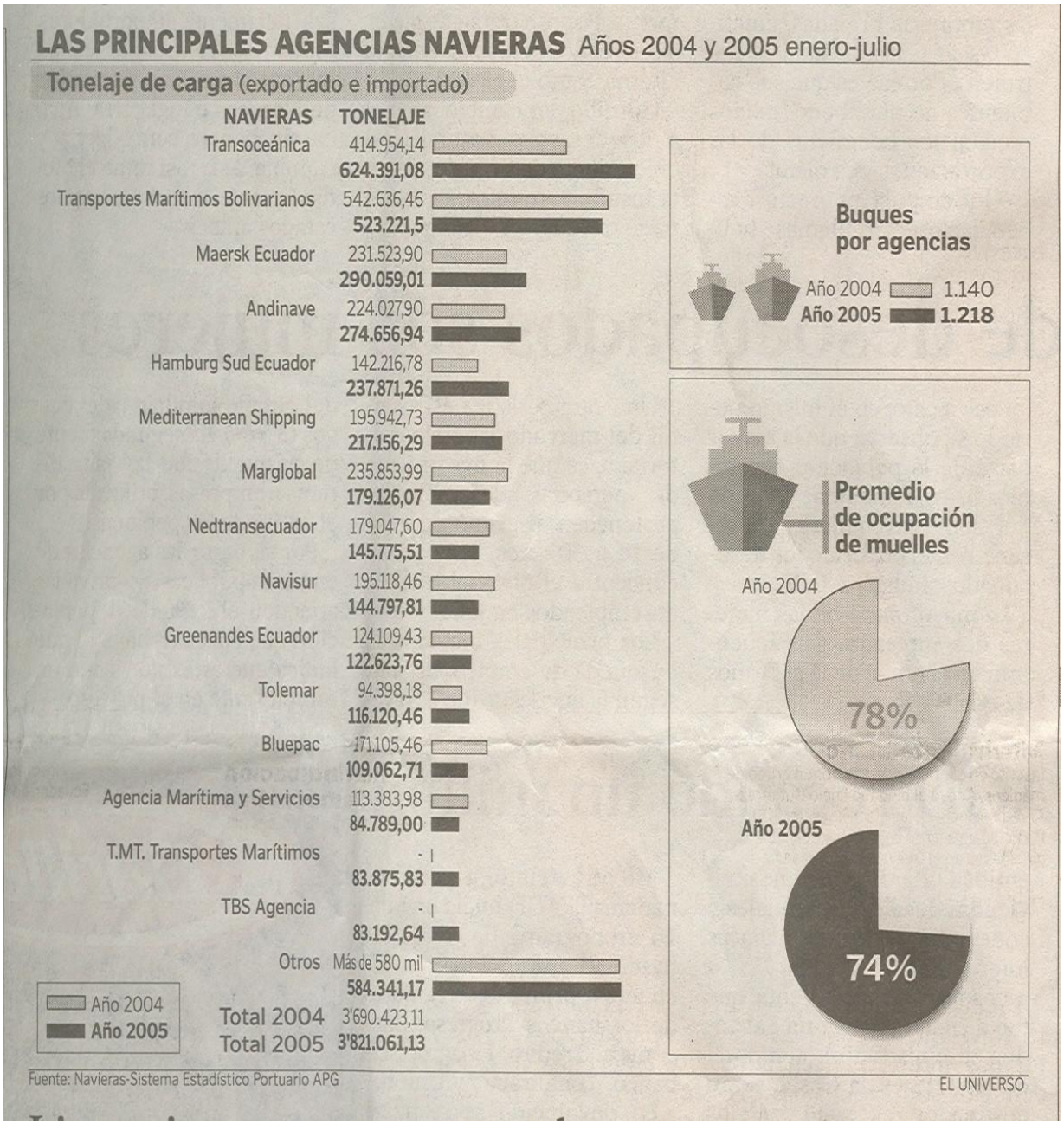
Fuente: Diario El Universo, septiembre 2005.

Considerando el crecimiento en las actividades portuarias y la dinámica del mercado naviero, las empresas usuarias estiman necesario incorporar algunos cambios para modernizar la infraestructura del puerto de Guayaquil y para mejorar el marco legal que norma a la actividad comercial marítima.

Uno de los aspectos que requieren modificaciones urgentes, se refiere a la determinación de la competencia legal de las autoridades portuaria y aduanera en los procesos de control de la carga.

En el Cuadro 4 se muestra información sobre el movimiento de carga realizada por las principales agencias navieras en los años 2004 y 2005.

CUADRO 4



Fuente: Diario El Universo, septiembre 4, 2005.

5.1. ELEMENTOS PARA EL ANALISIS DEL VALOR AGREGADO.

Observando la Fig.1., podemos asumir que algunas de las categorías de tráfico consideradas por Antwerp obviamente no serían aplicables al puerto de Guayaquil. Esto es: en graneles líquidos (liquid bulk) no se debe considerar petróleo (crude oil); en la

categoría graneles sólidos (dry bulk), no serían aplicables las cargas de minerales y carbón (ores&coal); en la categoría carga convencional (convencional cargo) no sería aplicable la carga productos forestales (forest products). Además, se considerarían como sin valor estadístico, debido a su volumen las cargas: otros graneles líquidos (other liquid bulk) y otros ro-ro (others ro-ro).

Por tanto el modelo para el puerto de Guayaquil, para determinar el valor agregado derivado de su movimiento de carga, contendría los siguientes elementos: Graneles sólidos: Cereal, fertilizantes y otros graneles sólidos; Contenedores; Ro-Ro: carros y vehículos; y, Carga Convencional: Frutas, cables, alambre y hierro y otras cargas convencionales.

5.2. ELEMENTOS DE LA MATRIZ DE COMPETITIVIDAD.

Analizando la Fig. 4 aplicada en Antwerp, vemos que la misma está conformada por elementos que combinan las actividades funcionales del puerto, ubicadas en el eje horizontal, y los recursos necesarios para realizar esas actividades, en el eje vertical.

Para el caso de Guayaquil, haciendo una primera aproximación general, las actividades funcionales del puerto que no serían aplicables, son: en Estrategia de la Empresa, estructura y competencia (firm strategy, structure and rivalry): competencia interna entre clusters (intra-cluster competition). En Gobierno (government): intervención del gobierno regional (government intervention-regional)

En los recursos necesarios para realizar las actividades del puerto, los elementos que no serían considerados son: Logística para valor agregado (value added logistics); Manufactura (manufacturing); Distribución de actividades dentro del cluster (distribution activities within cluster); Vías férreas (rail); Navegación interna (inland navigation).

Por tanto el modelo de matriz de competitividad para el puerto de Guayaquil, contendría los siguientes elementos:

Eje vertical:

Condiciones del factor (factor conditions): Infraestructura, Superestructura, Recursos Humanos (human capital), Tecnología logística y sistemas de comunicación (logistical technology and communications systems). Estrategia de la Empresa, estructura y competencia (firm strategy, structure and rivalry): Competencia entre clusters (inter-cluster competition), Cooperación interna (internal cooperation), Cooperación externa (external cooperation). Condiciones de Demanda (demand conditions) : Relaciones con los clientes en el cluster (client relationships in cluster), Relaciones con los clientes fuera del cluster client relationships outside cluster). Gobierno (government): Intervención del Gobierno- Autoridad Portuaria (government intervention port authority), Intervención del gobierno-nacional-supranacional (government intervention nacional.supranational). Industrias relacionadas y de soporte (related and supporting industries): Servicios de soporte portuario, banca, seguros,etc. (port supporting services, bank, insurance, etc.)

Eje horizontal:

Actividades de acceso marítimo (activities maritime accesibility); Tráfico marítimo (shipping); Carga/Descarga (transhipment); Almacenaje (warehousing); Actividades de agentes, embarcadores, exportadores, etc. (activities by shipping, agents, forwarders, etc.); Carreteras (road)

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La competitividad y gerenciamiento portuario están influenciados por muchos intereses debido a la participación de un sinnúmero de autoridades y actores en el negocio marítimo. Por esta razón, los puertos deben actualizar constantemente sus prácticas gerenciales y desarrollar planes estratégicos eficientes, que les permitan mantenerse competitivos.

- Con el cambio moderno de enfoque entre lo que representa un servicio y lo que es un negocio, en la mayoría de los países los puertos son considerados como promotores, generadores y creadores de riqueza y desarrollo, por esta razón, la aplicación de la teoría de negocios, buscando competitividad, ha permitido que en los puertos se comience a manejar el concepto de valor agregado, que va mas allá del simple cobro de tasas y servicios por el uso de sus instalaciones.

- Este concepto constituye un desafío para los administradores portuarios por cuanto deben mejorar su actual posición en el mercado, en aquellas categorías de tráfico que están moviendo y que ofrecen mayor valor agregado.

- El conocimiento de las fortalezas y debilidades de la cadena logística de los puertos es un insumo de mucho valor para la elaboración de los planes estratégicos y operativos, buscando mejorar la competitividad del puerto. Esta información, obtenida a partir del análisis de la matriz de competitividad, orientará y ayudará a los ejecutivos portuarios en el proceso de toma de decisiones.

- La propuesta, por demás general, de los elementos básicos que deben ser considerados, para una posible aplicación de los modelos de Antwerp orientados hacia la identificación del potencial en valor agregado y las fortalezas y debilidades del puerto de Guayaquil en su cadena logística, debe ser tomada como un ejercicio y como iniciativa primaria dentro del campo de investigación que el puerto debe emprender para mejorar su posición competitiva.

- En el proceso de concesión y privatización del puerto, que ahora mas que nunca es prioritario, deberían incluirse, además de las inversiones en infraestructura y superestructura, este tipo de investigaciones para garantizar el desarrollo del puerto a corto y mediano plazo.

BIBLIOGRAFIA

1. Huybrechts, M., et al., "Port Competitiveness", Editions De Boeck Ltd., 2002.

2. Rus G., Campos J., Nombela G., "Economía del Transporte", Antoni Bosch Editor, 2003.

3. Souza A., "Puertos y la Interfase con el Transporte Multimodal", Ediciones ESPOL-FIMCM, 2003.

4. Freire J., González F., "Economía del Transporte Marítimo", Netbiblo Instituto Universitario de Estudios Marítimos, España, 2003.

5. Farkas C.M.,, Wetlaufer S., "Liderazgo", HBR, DEUSTO, 1999.

6. Markides C., Rayport J., Sviokola J., "Estratégias de Crecimiento", HBR, DEUSTO, 1999.

7. Velarde M., Chang J., Chanabá A., "Gestión de calidad en las Infraestructuras Marítimo Portuarias", Ediciones ESPOL-FICM, 2004.

8. Diario "El Universo", diferentes publicaciones de agosto-setiembre, 2005, Guayaquil.

CONSTRUCCION DE TOBERAS

Por: Ing. Naval Magali Martínez Aparicio O.
KM 1 VIA ZONA INDUSTRIAL DE MAMONAL
Teléfono (5) 6530320
Cel. # 310-6019137
Cartagena- Colombia-
Ing. MEC. Luís Sierra

INTRODUCCION

En el año 2003, se diseñaron, construyeron e instalaron 3 Toberas, en la ciudad de Cartagena, a dos Remolcadores marítimos propiedad de la empresa GRUPO COREMAR ubicada en la ciudad de Cartagena, esta empresa impulso al Astillero Cartagena para que desarrollara mediante su departamento de Ingeniería el diseño de tres Toberas, las cuales se instalarían, dos en el Remolcador Marítimo "Coveñas" y una en el Remolcador Marítimo "Bajo Nuevo".
El proyecto se inicio con el análisis y evaluación detallada del Remolcador "Bajo Nuevo", verificando y evaluando las funciones y sus necesidades propulsivas, el Departamento Técnico del Astillero Cartagena, en cabeza del Ingeniero Leonardo Minnervini, asesorado por la suscrita, concluyo que las dimensiones óptimas y adecuadas para la tobera debían ser:

Tobera Central Remolcador "Bajo Nuevo" con un Diámetro Exterior de 3350mm.

Desarrollado el diseño y obtenido el visto bueno del inspector de la casa clasificadora A.B.S, se procedió en cabeza del Ing. Luís Sierra, y con la contribución de la suscrita, con la etapa de planificar la construcción.
Superada la actividad de planificación, se construyo la Tobera en el tiempo de 2 meses, en los talleres del Astillero Cartagena, bajo la guía y supervisión del ingeniero Sierra, la monitoria de la suscrita y la verificación y examen del Inspector de la A.B.S.
Terminada la Tobera, se procedió a transportarla a los Astilleros Cotecmar, para el montaje de esta, en el Remolcador "Bajo Nuevo" ya que el desplazamiento de este, supera la troja del Astillero Cartagena.
Se realizaron las pruebas de mar respectivas y hasta la fecha el Remolcador no ha presentado inconvenientes, por lo contrario se ha optimizado su eficiencia.

Dados los resultados la Empresa GRUPO COREMAR, decidió ordenar la construcción de dos toberas para el Remolcador "Coveñas" con diámetros externos de 2046mm.
Tanto el diseño como la Construcción fueron inspeccionadas por el Inspector de la casa clasificadora Lloyd's.

GENERALIDADES

Siguiendo los lineamientos recomendados en el diseño de las Toberas de KORT, la cual es un anillo con el perfil aerodinámico que contiene la hélice, siendo su extremo de salida un área menor que el de su entrada. Lo cual podemos analizar en el siguiente grafico.

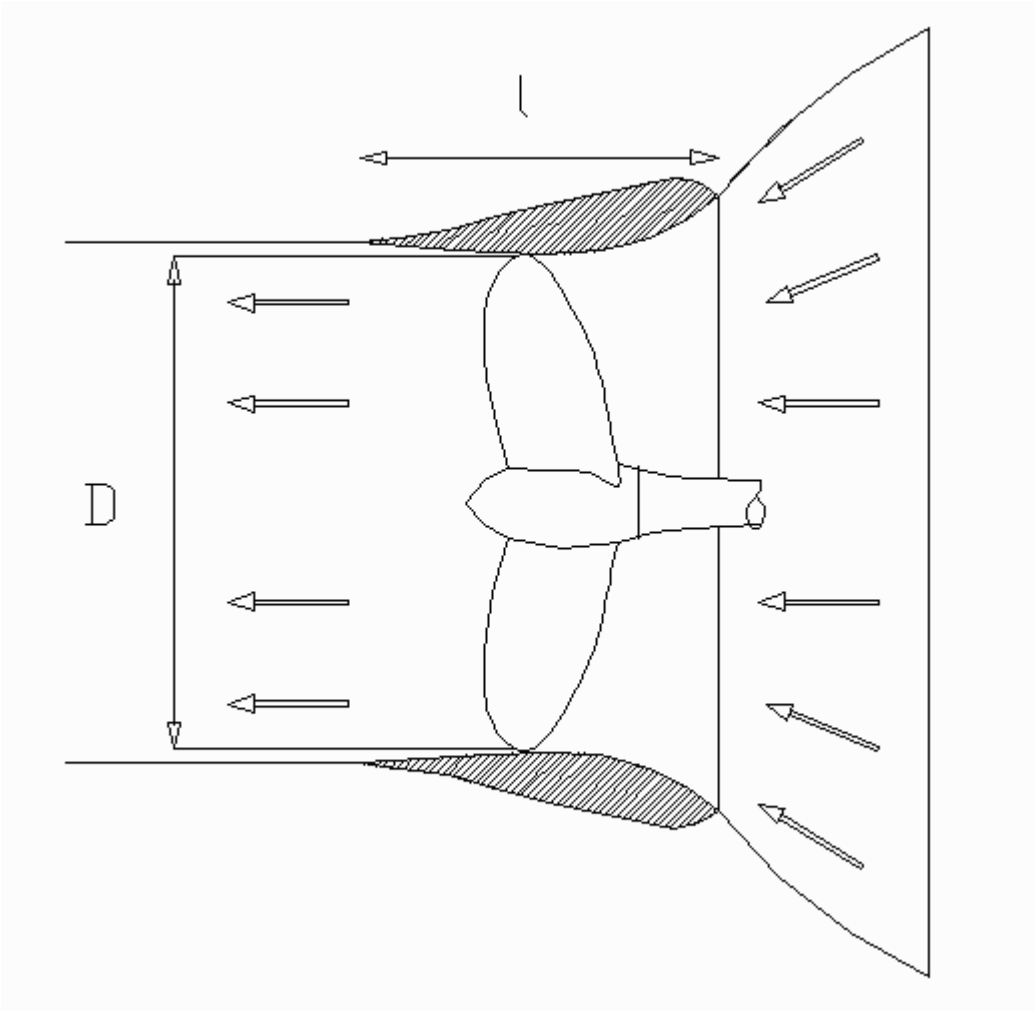


Fig. 1

Donde

α_T = Relación entre el área de entrada y el área de salida

β_T = Relación entre el área de salida y la sección mínima

$\frac{l}{D}$ = Relación entre la longitud de la Tobera y el Diámetro mínimo

Interior de la tobera.

$\frac{a}{D}$ = Relación entre el claro y el diámetro mínimo interior de la

Tobera.

a = Distancia entre el extremo máximo de Proa de la pala y el

Extremo máximo a Popa de la tobera.

Para nuestra tobera se usaron los parámetros recomendados en las diferentes tablas y ecuaciones dadas en los estudios de las Toberas Kort.

$$\alpha_T = 1.2; \qquad \beta_T = 1.03; \qquad \frac{l}{D} = 0.5; \qquad \frac{a}{D} = 0.005$$

Siendo entonces las dimensiones de la Tobera así:

Radio de la sección de entrada	3350 mm
Radio de la sección mínima	2800 mm
Radio de la sección de salida	2900 mm
Longitud de la Tobera	1400 mm
Peso de la tobera	4850 kg

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

1- La fuerza portante proyectada al eje de la hélice en la Tobera, aumenta el empuje de esta. (Fig.2)
2- En la Tobera la velocidad del agua aumenta por que la velocidad en el disco de la hélice es mayor
3- Disminuye el coeficiente de carga, por lo tanto aumenta la eficiencia

$$C_T = \frac{T}{\frac{\rho V_P^2}{2} \times A_D}$$

4- Siendo el flujo alrededor de la hélice una fuente de perdida de eficiencia, al lograr diminuirlo con la presencia de la tobera (el claro entre la tobera y la hélice es mínimo) consecuentemente la diferencia de presiones en la cara de presión y la cara de succión en la hélice disminuye, aumentando la eficiencia.
5- El empuje total del equipo Tobera-Hélice, es la sumatoria de los empujes de la hélice y la tobera, el cual siempre será mayor que el de la hélice.

Usando las ecuaciones recomendadas para el "DISEÑO DE HELICES CON TOBERAS KORT"
Tales como:

$$k'd = -\frac{\lambda_p}{\sqrt{k_1 + k_H}} = \nu_p D \sqrt{\frac{\rho}{T + T_H}} \qquad k'_n = \frac{\lambda_p}{\sqrt[4]{k_1 + k_H}} = \frac{\nu_p}{\sqrt{\eta}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{T + T_H}}$$

$$k''_\eta = \sqrt{\frac{75\lambda_p^3}{2\pi k_2}} = \nu_p D \sqrt{\frac{\rho \nu_p}{DHP}} \qquad k''_\eta = \sqrt{\frac{75\lambda_p^3}{2\pi k_2}} = \frac{\nu_p}{\sqrt{\eta}} \sqrt[4]{\frac{\rho \nu_p}{DHP}}$$

Y los Gráficos 1 al 4

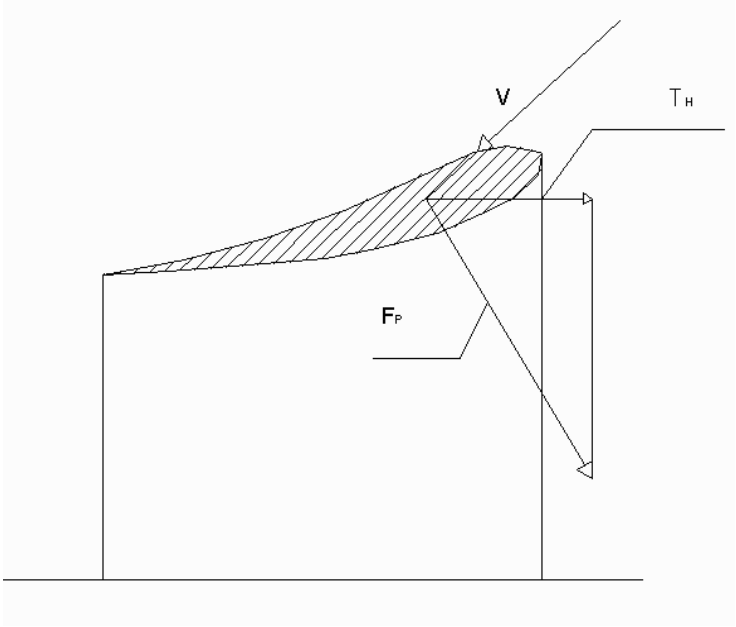


Fig. 2

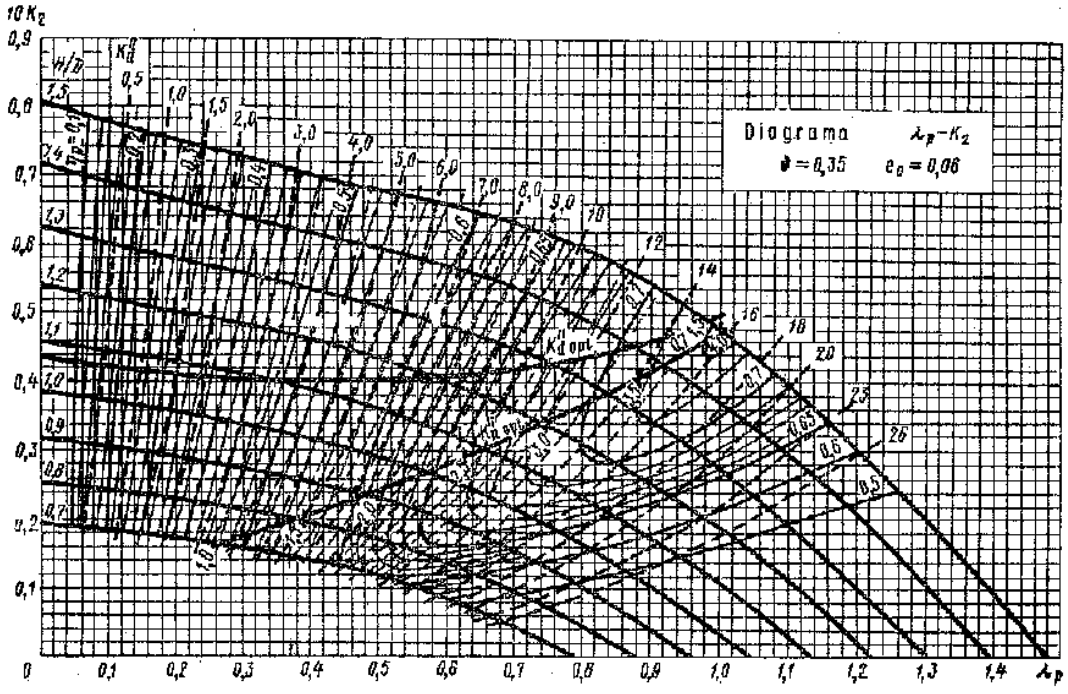


Grafico 1

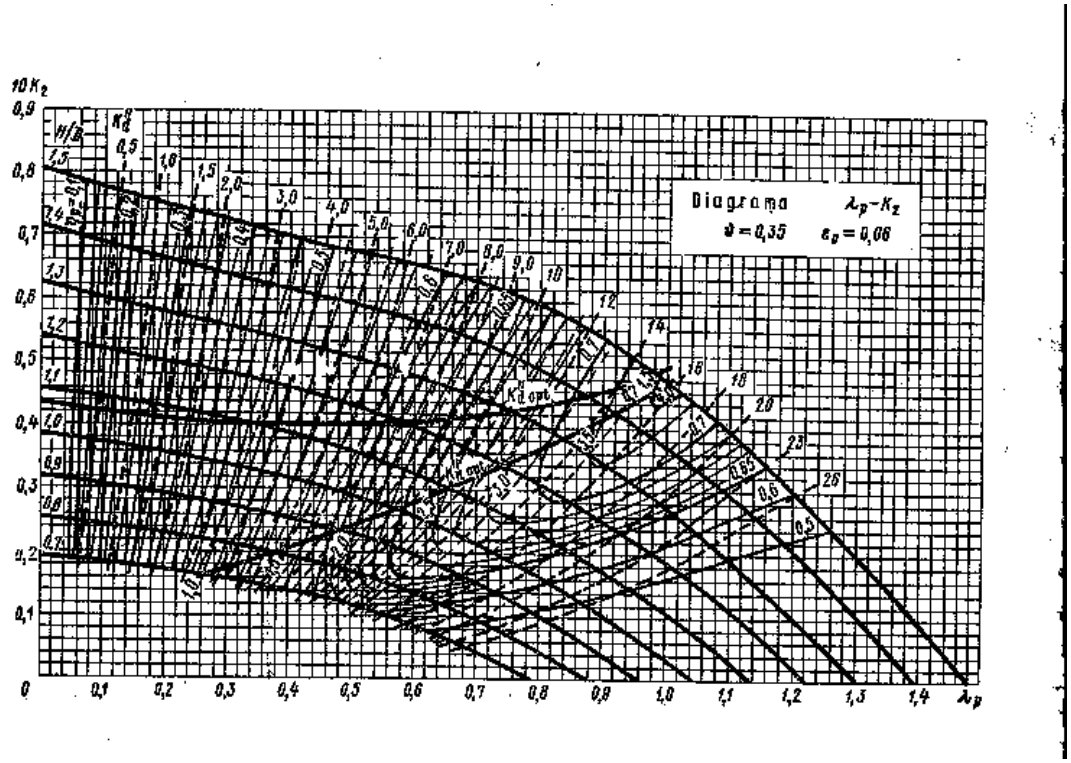


Grafico 2

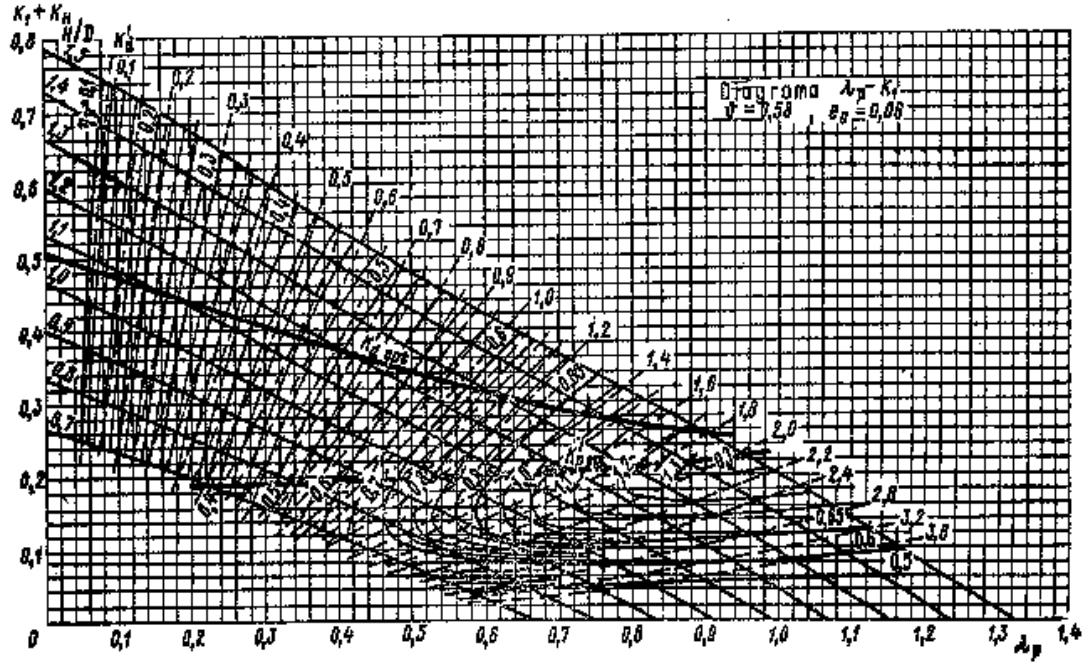


Grafico 3

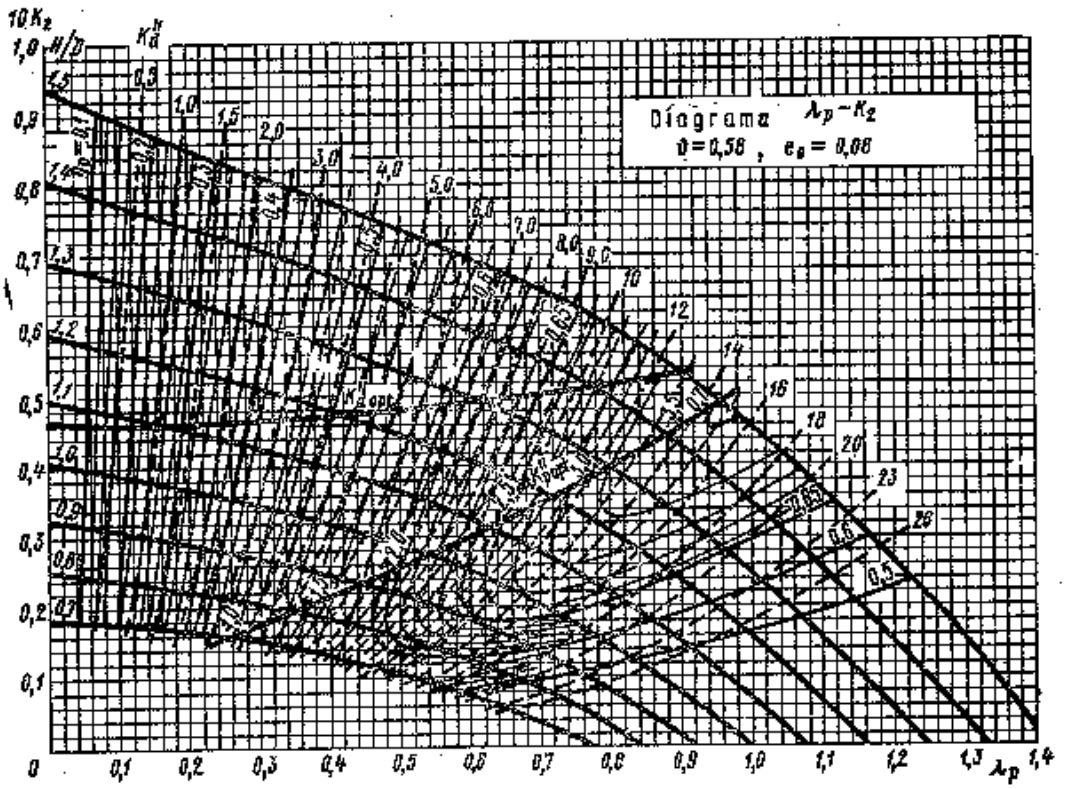


Grafico 4

Se obtuvieron las ordenadas para obtener el perfil de la tobera

$\bar{X} = \frac{x}{l}$	$\bar{D}_x = \frac{D_x}{D}$	$\bar{e} = \frac{e_x}{D}$
0	3350	101,6
100	3230	97,37
200	3124	93,34
300	3032	89,51
400	2954	85,88
500	2890	82,45
600	2840	79,22
700	2804	76,19
800	2758	74,9
900	2747	72,5
1000	2750	70,3
1100	2767	68,3
1200	2798	66,5
1300	2843	64,9
1400	2902	63,5

Las unidades todas son en milímetros

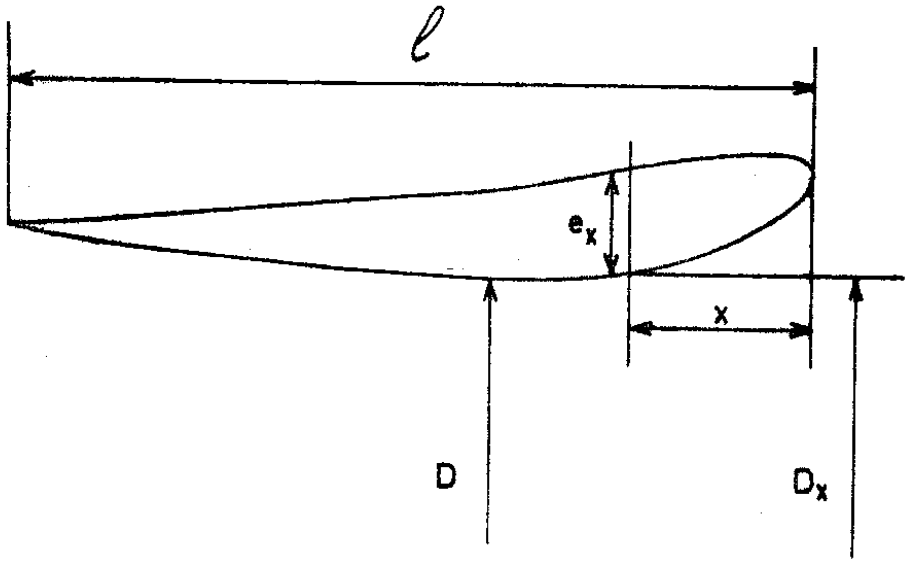


Fig.3

Siendo el diámetro de la hélice = $D = \frac{v_p}{\lambda_p \eta} = \frac{3.03}{0.37 * 2.67} = 3.06m$

De los diagramas $k_1 + k_2 = f(H/D, \lambda_p) = 0.18$

El empuje de la hélice+Tobera = $T_t = \rho k_1 \eta^2 D^4 = 102363.9kgf$

El Arrastre $R_T = T_t(1 - t) = 92128kgf$

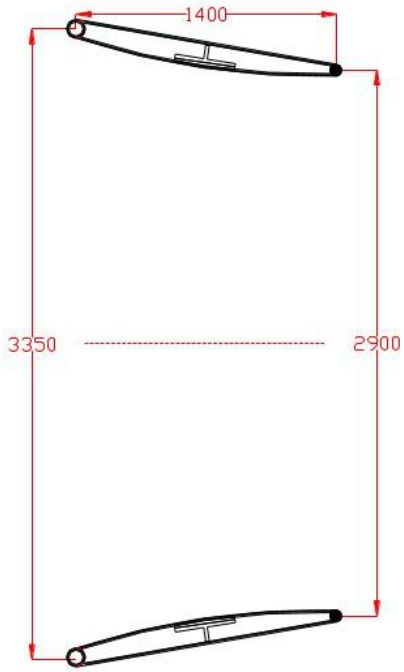
La resistencia del Remolcador $R_B = \frac{75EHP_2}{0.515v_p} = 3495.14kgf$

La fuerza de remolque $F_R = R_T - R_B = 88632kgf$

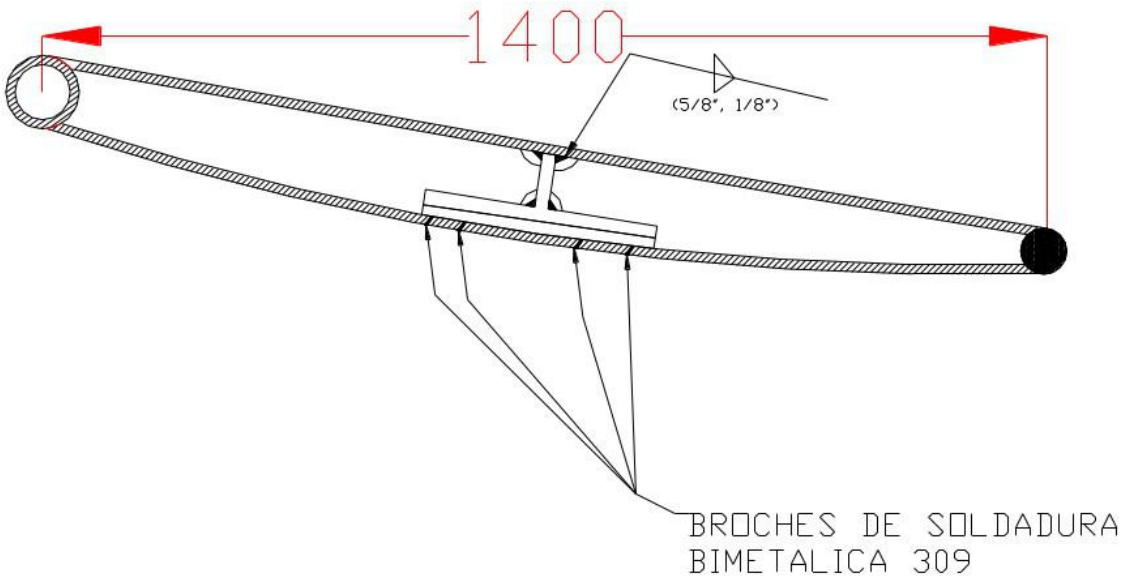
PROCESO DE CONSTRUCCION

Se construyeron escantillones en T, en acero estructural A-36, un total de 16, formando un armazón circunferencial, colocados cada 22.2º, forrado en lamina de acero A-131, con un espesor de ½" y en la zona central interior de la tobera, un anillo de desgaste en acero inoxidable 304 de ½" espesor y ancho 12", así como una franja interna de respaldo al anillo, en lamina naval A-131 de ½". Colocando en el extremo de entrada un tubo de ϕ 3" SHC 40 y en su extremo de salida una barra de acero AISI 1045 de ϕ 1 ½".

Todos los procedimientos de trazado, corte armada y soldadura fueron inspeccionados por el inspector de la casa clasificadora A.B.S



VISTA CORTE TRANSVERSAL

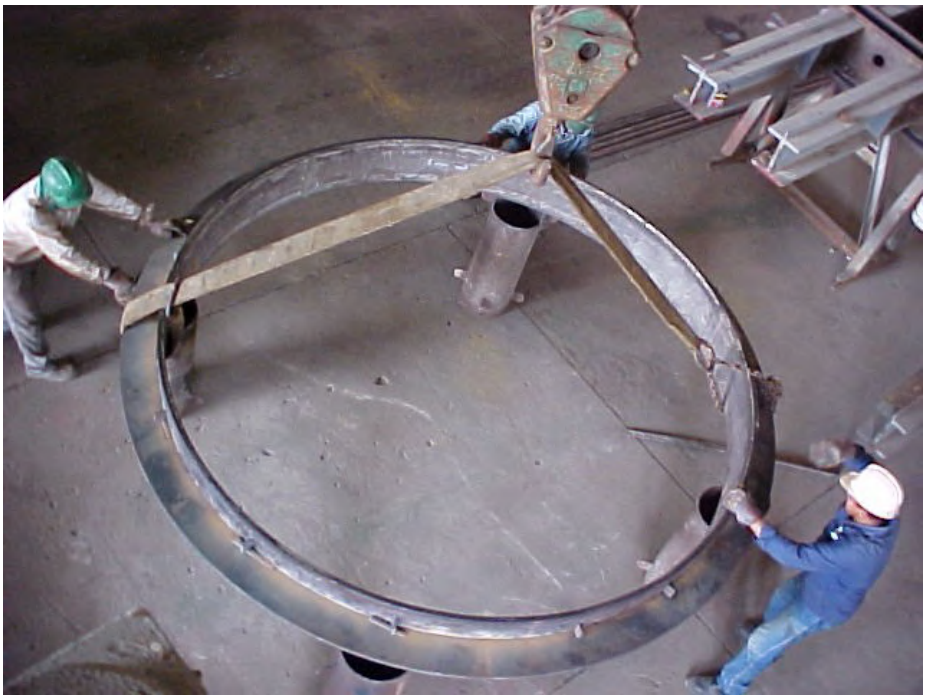


ESQUEMA DEL ARMAZON

Armada Anillo (Foto 1)

Armada esqueleto (Foto2)

Continúa el armado (Foto 3)



Anillo de desgaste en acero inoxidable (Foto4)

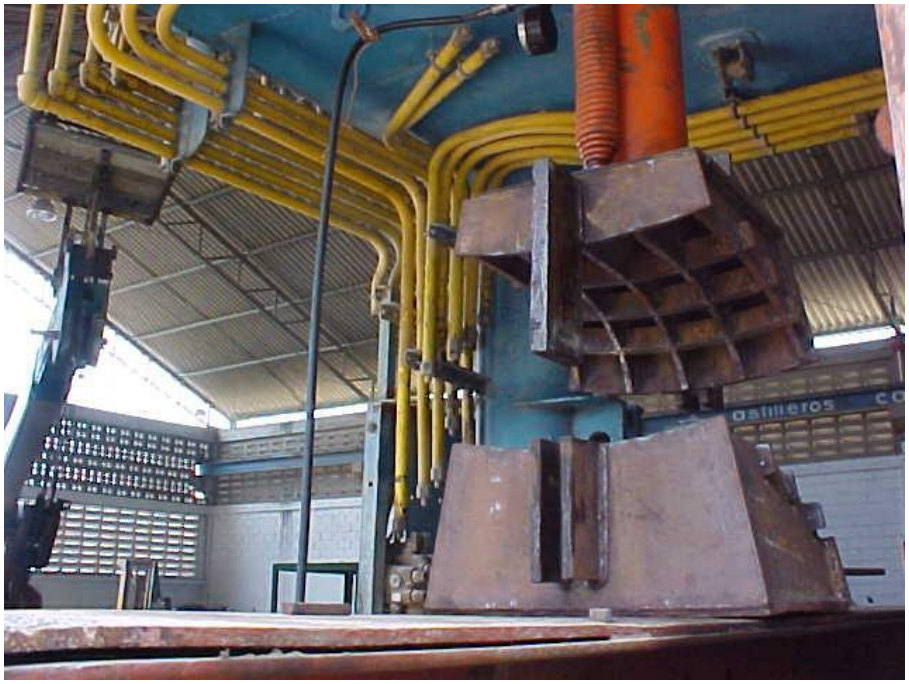
Colocación forro interno (Foto 5)

Escantillonado (Foto 6)

Estructura (foto 7)

(Foto 8)

Toberas del Remolcador Coveñas ϕ= 2046 mm (foto 9)



Moldes de prensa para los escantillones Internos

(Foto 10)

Aplicación Soldaduras de acabado (Foto 11)

Tobera del Remolcador Bajo Nuevo, sin forro externo y sin Pintura (Foto 12)

Tobera del Remolcador Coveñas con pintura de Base y sin forro exterior (foto 13)

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

XIX COPINAVAL

Comité Técnico No 7
Normalización y Medio Ambiente

TITULO: Control de la Contaminación Ambiental Generada por las Embarcaciones Menores en Cuba

AUTORES:

González Suárez, Roberto Luis, Ingeniero, Director UEB Oficina Centro RCB . Ave 28 No 4303 %43 y 45 Cienfuegos, Cuba. Telf 519710, Fax 513509, e-mail rcbcfg@enet.cu

García Díaz, Carlos Alberto, Ingeniero, Especialista Principal UEB Oficina Centro RCB

24 al 28 Octubre 2005
Guayaquil, Ecuador

Resumen

El presente trabajo aborda el tema de la contaminación ambiental generada por embarcaciones menores que, debido al tonelaje de las mismas, quedan excluidas de importantes regulaciones previstas en la Convención MARPOL 73/78, así como en la legislación doméstica cubana que implementa la misma. El análisis parte de valorar el por ciento significativo que estas embarcaciones representan dentro de nuestra flota nacional y, en consecuencia, del reconocimiento de la extensión de la contaminación generada por las mismas en nuestros puertos y zonas marítimas. Se hace una evaluación de toda la legislación con relevancia ambiental, de posible aplicación a embarcaciones menores. Como resultado del trabajo, y sobre la base de principios de conducta y ética recogidos en instrumentos internacionales, se propone formas concretas de adaptación de tales regulaciones a las características propias de dichas embarcaciones. Las recomendaciones elaboradas permitirán el perfeccionamiento del trabajo a desarrollar por parte del Registro Cubano de Buques, en su función de inspección y certificación, para contribuir al desarrollo de un transporte marítimo sustentable en nuestro país.

INDICE

I- Introducción.....4

II- Desarrollo.....5

III- Efecto Económico y Social.....12

IV- Conclusiones.....13

V- Recomendaciones.....14

VI- Bibliografía.....15

VII- Anexos.....16

VIII- Avales.....18

I - INTRODUCCION.

En un contexto en el cual las organizaciones están cada vez mas preocupadas por lograr y demostrar un sólido desempeño ambiental, controlando el impacto de sus actividades sobre el medio ambiente, el Ministerio del Transporte de la República de Cuba (MITRANS) se ha trazado una serie de objetivos para el año 2005, entre los que se encuentra:

<u>Objetivo 5:</u> Implantar la estrategia ambiental en el transporte y en los servicios conexos para lograr una mejor evolución del medio ambiente.

Es por lo anterior, que nuestra Oficina de Inspección Centro del Registro Cubano de Buques ha elaborado un plan para dar cumplimiento a esos objetivos, siendo el presente trabajo una muestra de como puede contribuirse a la mejora continua de uno de sus servicios (Inspección y Clasificación de Embarcaciones Menores), en correspondencia con el compromiso declarado en la Política Medioambiental del Registro Cubano de Buques, de cumplir con la legislación y reglamentación ambiental vigente. El contenido de este trabajo, forma parte además del tema de tesis de la "Maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras" que desarrolla en estos momentos uno de los autores, en la Universidad de Cienfuegos, CUBA.

El objetivo general del presente trabajo es lograr demostrar la factibilidad de aplicación a embarcaciones menores de aquellas regulaciones ambientales de cuyo ámbito están actualmente excluidas en el contexto de instrumentos técnico-legales internacionales, particularmente de la Convención MARPOL 73/78. Como objetivos específicos se trazaron los siguientes: evaluar la legislación internacional y doméstica relevante al tema, valorar la posibilidad de aplicación a las embarcaciones menores de los principios y normas recogidas en esas legislaciones, elaborar una propuesta concreta sobre la forma en que se puede ajustar la legislación ambiental relevante a las características de las embarcaciones menores e, identificar mecanismos para comprobar la eficacia de las regulaciones aplicadas.

Como resultados esperados del presente estudio están: la disponibilidad de un conjunto de formas concretas, eficientes y eficaces, para contribuir a la minización de la contaminación ambiental generada por embarcaciones menores, la inserción del servicio del Registro Cubano de Buques en un Sistema de Gestión Ambiental, en correspondencia con las NC-ISO 14001:2001 y, el desarrollo y perfeccionamiento de la Educación Ambiental de los Inspectores y Clientes, en correspondencia con la legislación y la política ambiental vigente en nuestro país.

II- DESARROLLO.

1.- La zona costera: su concepto.

Zona Costera: Franja marítimo terrestre de ancho variable donde se produce la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos naturales. En la misma se desarrollan formas exclusivas de ecosistemas frágiles y se manifiestan relaciones económicas, sociales y culturales.

Sus límites son:

Interior: 20 metros a partir de la franja de vegetación natural, en las playas de 40 metros y en la costa acantilada por las olas mayores o mareas más altas

Exterior: Profundidades 100-200 metros según la línea base

(DECRETO-LEY No 212- República de Cuba).

La zona costera es, por tanto, el lugar donde atracan, navegan y, en sentido general, se vinculan las operaciones de las embarcaciones menores.

2. Elementos de política ambiental cubana.

La "Estrategia Ambiental Nacional de Cuba", en su sección sobre "Contaminación de las aguas terrestres y marinas"; reconoce lo siguiente:

"este problema posee una significación especial, pues constituye uno de los elementos más agresivos a los ecosistemas acuáticos y su paulatina degradación, al provocar en muchos casos la ruptura del equilibrio de restauración natural de los mismos".

Proponiéndose en el citado documento un conjunto de acciones para la minimización de este problema, entre las cuales se incluye:

• reducir la contaminación provocada en la zona costera y marina por vertimiento de desechos y residuales agrícolas, industriales, urbanos y de embarcaciones sin un tratamiento conveniente, definiendo las normas de calidad del agua de mar y la actividad de dragado (subrayado del autor).

De forma más específica, la "**Estrategia Ambiental del Ministerio del Transporte de la República de Cuba**", en su sección sobre "Contaminación de las aguas terrestres y costeras", reconoce a la actividad marítimo-portuaria como contribuyente al deterioro de las aguas costeras. Debido, entre otras cosas, al arrojo de aguas oleosas provenientes de las sentinas de las embarcaciones surtas en puerto, los derrames de petróleo al ser transportados, etc. No descartándose las modificaciones que sufren los sistemas acuáticos por tales actividades, incluyendo la afectación a la diversidad biológica marina, particularmente por la introducción de hidrocarburos al medio. Consecuentemente, entre los lineamientos y acciones para el desarrollo se incluyen lo siguientes:

- Adoptar las regulaciones que sean necesarias para dar cumplimiento a la Legislación Nacional vigente sobre el medio ambiente.
- Establecer las regulaciones necesarias para que las actividades de transportación y navegación en las aguas marítimas y la actividad portuaria, se efectúen sin ocasionar daños a los recursos marinos y costeros y a las instalaciones portuarias.
- Introducir en la actividad del medio ambiente las Normas Internacionales de las series ISO 14 000 propias del sector del transporte. (subrayado del autor):

En correspondencia con ambos documentos estratégicos, se ha venido desarrollando y debe seguir desarrollándose el ordenamiento legal cubano en materia de transportación marítima.

3. Principios relevantes de la legislación ambiental nacional cubana.

La Legislación ambiental nacional en Cuba establece, en algunos de sus instrumentos más importantes y relacionados con las actividades que realizan las Embarcaciones Menores, lo siguiente:

> El Artículo 16, inciso g), del DL-212 prohibe en las Zonas Costeras, entre otras cosas: "la disposición final de los desechos sólidos y líquidos provenientes de cualquier actividad, cuando no cumplan con las normas de vertimientos establecidas".

También la Ley 81(Ley del Medio Ambiente) establece requisitos a considerar, como son:

- Artículo 93, inciso b).- todas las descargas en cursos de agua, bahías, aguas costeras y represadas, de sustancias susceptibles de provocar contaminación, deberán ser objeto de tratamiento adecuado.
- Artículo 99.-Establece la protección de las aguas marítimas desde las interiores, el mar territorial, la zona contigua y la zona económica. Dando Facultades al MITRANS en el Artículo 102 para que establezca las regulaciones pertinentes para que la actividad de transportación, navegación civil y actividades portuarias se efectúen sin ocasionar daños a los recursos marinos y costeros y a las instalaciones portuarias.
- Artículo 118.- del Capitulo VII "Atmósfera" establece en el inciso a).- asegurar que la contaminación atmosférica no sobrepase los niveles de sustancias extrañas permitidas por las normas..
- Artículo 152 – del Capitulo III "Ruidos, vibraciones y otros factores físicos" en el inciso a).- El establecer normas relativas a los niveles permisibles de sonido y ruido, a fin de regular sus efectos.

4. Implementación doméstica de MARPOL 73/78.

La mayoría de los expertos de la comunidad internacional y, en esencial la Organización Marítima Internacional (OMI), reconocen los efectos positivos que la aplicación de MARPOL 73/78 ha tenido en cuanto a la reducción significativa de la contaminación operacional causada por la actividad de transportación marítima.

Sin embargo, el texto de MARPOL 73/78 limita su ámbito de aplicación, estableciendo en su texto lo siguiente:

> "Este Convenio regula los problemas de contaminación, como evitarlo o minimizar sus efectos provocados por los buques de travesía internacional con arqueo bruto mayor de 400 toneladas".

Cuba, como Estado parte de este Convenio, ha implementado lo relacionado con la contaminación por hidrocarburos y basura desde los buques. Actualmente está en estudio la aplicación de otros anexos como es el Anexo VI "Contaminación Atmosférica" en el año 2005. A tales efectos, están vigentes en nuestro ordenamiento jurídico nacional los siguientes instrumentos legales:

Resolución 211-97 "Reglamento para el manejo y disposición final de la basura de los buques en las aguas interiores (puertos y bahías), aguas territoriales y en la Zona Económica Marítima de la República de Cuba", G.O. Ord. 29 (21/8/97)

Resolución 2-98 "Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos o sustancias nocivas", relativo a los anexos I y II de MARPOL 73/78, G.O. Ord. (13/3/98)

Resolución 1-98 "Cumplimiento de todas las embarcaciones menores de 500 TRB de las regulaciones nacionales e internacionales en lo referente a medios para prevenir la contaminación marítima" G.O. Ord. (27/2/98).

5. Necesidad de regulación ambiental de la actividad de embarcaciones menores.

Luego de identificada la principal legislación internacional y doméstica aplicable en Cuba a la actividad de transportación marítima, así como la efectividad demostrada de la aplicación de MARPOL 73/78 a nivel global; puede apreciarse que las embarcaciones con porte inferior a las 400 toneladas de arqueo bruto (embarcaciones menores), sin bien son objeto de determinadas regulaciones que pudieran tener alguna relación con la preservación ambiental, quedan excluidas del ámbito regulatorio de la referida Convención y de su legislación de implementación domestica cubana.

En las zonas costeras cubanas operan actualmente un total de 7000 embarcaciones con Arqueo Bruto inferior a 400 toneladas y que no realizan viajes de travesía internacional, esta cifra se desglosa en 81 embarcaciones del grupo A, 1967 embarcaciones del grupo B y 4952 embarcaciones menores.

Por tanto, las regulaciones MARPOL 73/78 no son aplicadas al tipo de embarcaciones que constituye la mayoría de la flota cubana, aquellas que operan de forma sistemática y constante en los puertos cubanos y, por tanto, el tráfico que más incide en la zonas costeras del país. Todo esto hace necesario evaluar con urgencia la posibilidad de aplicar las regulaciones MARPOL 73/78 a este significativo por ciento del transporte marítimo.

6. Propuesta regulatoria para embarcaciones menores.

A tenor de todo lo antes expuesto, y tomando en cuenta que las embarcaciones menores se encuentran sometidas a un sistema de inspección por parte del Registro Cubano de Buques, se propone:

a).- Incorporar a los requisitos de las inspecciones lo siguiente:

- - Disposición final de los Desechos Sólidos y Líquidos de las actividades a realizar.

- - Tratamiento de los residuales u otro tipo de vertimiento.
- - Contaminación Atmosférica.
- - Contaminación Sonora.

b).- Aplicar las regulaciones para la protección del medio ambiente a todas las embarcaciones menores de la siguiente forma:

Para las **Embarcaciones del Grupo B :** Incorporar al REPORTE DE INSPECCIÓN PARA BUQUES B (RCBP) el apartado **11-PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE** con 5 sub-apartados. (Ver Anexo I)

Para las **Embarcaciones Menores Particulares :** Incorporar al dorso del CERTIFICADO DE NAVEGABILIDAD PARA EMBARCACIÓN PARTICULAR CON ARQUEO BRUTO MENOR DE 500 y a continuación de los medios y equipos, la tabla de evidencias para la protección del medio ambiente a ser llenada por el representante de la Federación Cubana de Pesca Deportiva (Ver Anexo II).

Para las **Embarcaciones Menores Estatales (auxiliares):** Incorporar al ACTA ABIERTA las medidas que se toman por el armador con las Aguas Oleosas, Hidrocarburos y Basura, o se podrá añadir un anexo al Certificado de Navegabilidad similar al anterior.

7. Validación.

Para validar la presente propuesta se han tenido en consideración las etapas de una investigación y algunos aspectos metodológicos, predominando por su **tipo de estudio** la investigación descriptiva, por estar ligada a situaciones y acontecimientos que por lo regular se miden de forma independiente, obteniendo los datos generalmente por encuestas, entrevistas y observaciones, combinada con la investigación explicativa que busca encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos físicos o sociales, requiriendo del conocimiento profundo del tema.

El **diseño de la investigación** es no experimental ya que se realiza sin la manipulación deliberada de las variables observándolas en su contexto natural para su posterior análisis, Es por ello que no determinamos números de muestras en la bahía de Cienfuegos, realizando solo las mediciones de las variables de contaminación en dependencia de las exigencias del cumplimiento de las nuevas regulaciones controladas y comparando su resultado. Además por registrar los resultados de los hechos según van ocurriendo es prospectivo y transversal ya que puede estudiar las variables simultáneamente en determinado momento haciendo un corte en el tiempo y está enfocado en la actualidad.

La población está dada por la totalidad de embarcaciones sujetas a la actividad de Inspección y Clasificación del RCB, mientras que l**a muestra** está constituida por embarcaciones menores o fuera de convenio, dentro de las que se encuentran por su destino las de Pesca, Recreo, Turismo, Auxiliares y Otras

Selección del tamaño de la muestra:

$$n' = \frac{S^2}{V^2}$$

n'- Muestra provisional

S^2- Varianza de la muestra **P (1-P) = 0,05**

V^2- Varianza de la población **(ES) ^{2}= 0,1 ó 0,5 %**

$$n = \frac{n'}{1+\frac{n'}{N}} = \frac{10}{1+\frac{10}{7000}}$$ Embarcaciones (de Pesca, Recreo, Turismo y Otras)

N **7000** (Embarcaciones según Libro de Registro de Embarcaciones del Registro Cubano de Buques 2005)

$$= \frac{10}{1{,}001} = 9{,}9$$ **Embarcaciones: número de la muestra**

La recolección de Datos se realiza por métodos o instrumentos primarios como son **encuestas, entrevistas** y la propia **observación** validando su confiabilidad y **procesamiento**, por métodos aprobados. El nivel de medición de la información estadística recogida puede ser ordinal, al agruparla por el destino de las embarcaciones. (Pesca, Recreo, Turística y otras), al

realizarse este trabajo en la Oficina de Inspección Centro todos los datos están enmarcado en las Embarcaciones y Armadores del Territorio.

El cronograma de las actividades esta definido para este servicio de Inspección y Clasificación de Embarcaciones Menores desde Abril a Diciembre de 2005; donde los resultados de esta investigación serán incorporados por uno de sus autores a su tesis en opción al Grado de Master en Ciencias, dentro del programa de Maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) de la Universidad "Carlos Rafael Rodríguez" de Cienfuegos, institución docente que avala este trabajo (ver Anexo III).

III.- EFECTO ECONÓMICO Y SOCIAL

Una vez aplicada la propuesta, el efecto económico de este trabajo será demostrar a largo plazo la aplicabilidad de las regulaciones antes mencionadas en cada una de las embarcaciones menores seleccionadas, partiendo de su repercusión en la Economía Ambiental, para lo cual podrán valorizarse el capital natural por uno de los métodos conocidos (Excedente del Consumidor, Variación Compensatoria, Variación Equivalente, Excedente Compensatorio, Excedente Equivalente, etc). No obstante, partiendo del carácter tan reciente de esta ciencia, y la complejidad de su dominio y comprensión; así como el tiempo necesario para apreciar cambios significativos en el medio natural, se prefirió demostrar el efecto del presente trabajo sobre la base de indicadores de sostenibilidad. Este criterio de medición permitirá apreciar de forma mucho más práctica y en un plazo mucho más corto, los resultados favorables en el orden económico y social.

Ejemplo de un indicador ambiental en la Bahía de Cienfuegos..

INDICADOR (ambiental)	**TRADICIONAL**	**DE SOSTENIBILIDAD**
Hidrocarburos	Cantidad de contaminantes (hidrocarburos) disueltos en un ml de agua en la Bahía de Cienfuegos	Cantidad de hidrocarburos que se ha logrado recuperar por las embarcaciones menores que operan en la Bahía de

		Cienfuegos
Desechos sólidos	Cantidad de desechos sólidos en 1m² de litoral de la Bahía de Cienfuegos	Cantidad de Desechos Sólidos recuperados por las embarcaciones menores que operan en la Bahía de Cienfuegos, por tipo de material y de ello, cuanto puede ser reciclado

La consecuente aplicación de las normas establecidas y descritas anteriormente reportarán, como es lógico, beneficios para la sociedad, para nuestra empresa y para nuestros clientes:

Para nuestros Clientes

- Facilitarles el cumplimiento de la legislación ambiental.
- Prevenir la contaminación del medio
- Ayudar a la Educación Ambiental
- Conservar y usar más racionalmente los recursos naturales.
- Poder valorar el impacto de su actividad

Para el RCB

- Cumplir con el Objetivo 5 de Trabajo del MITRANS
- Ayudar al ordenamiento ambiental del país.
- Lograr hacer cumplir la estrategia ambiental nacional.
- Desarrollar la Educación Ambiental.

IV- CONCLUSIONES

Resulta muy importante dar cumplimiento a los objetivos de la política ambiental del Registro Cubano de Buques, consistente en "la declaración de servicios limpios por un desarrollo sostenible". En tal sentido, es urgentemente necesario centrar la atención en las posibilidades de una mayor regulación de la actividad de las embarcaciones menores.

Las regulaciones MARPOL 73/78 son de factible aplicación a dichas "embarcaciones fuera de convenio"; siempre y cuando el procedimiento de implementación se adapte a sus características. El logro del control ambiental de la actividad de embarcaciones menores tendrá una repercusión significativa en la sostenibilidad de la actividad de transportación marítima, dado el número significativo de estas embarcaciones y la potencialidad contaminante de la operación sistemática de las mismas

La implementación por parte del Registro Cubano de Buques de lo propuesto en el presente trabajo, demostrará un sólido desempeño ambiental, el más estricto control del impacto de la actividad de navegación marítima sobre el ambiente, reafirmando las palabras del Comandante Fidel Castro, cuando dijo que: **UN MUNDO MEJOR ES POSIBLE.**

V – RECOMENDACIONES.

Proponer a las autoridades competentes:

10- La modificación del REPORTE DE INSPECCIÓN PARA BUQUES B (RCBP) en los apartados anteriormente especificados, amparados en las facultades que han sido delegadas al MITRANS por la Ley-81, Artículo 102 y al RCB por las Resoluciones 74-93, 90-95 y 227-03.

2- La modificación del CERTIFICADO DE NAVEGABILIDAD PARA EMBARCACIÓN PARTICULAR CON ARQUEO BRUTO MENOR DE 500. Con la tabla de evidencias de las descargas controladas a estaciones en tierra de hidrocarburos, residuales y desechos por la protección del medio ambiente.

VI – BIBLIOGRAFIA.

11- Asamblea Nacional del Poder Popular (1997). Ley No 81, "del Medio Ambiente". Gaceta Oficial de la República de Cuba (Edición Extraordinaria). La Habana, 11 de julio de 1997.

2- Consejo de Estado de la República de Cuba (2000). Decreto-Ley No 212, "Gestión de la Zona Costera". La Habana 8 de agosto del 2000. http://www.ama.cu/legislacion/decretoley/DL-212.htm; fecha de acceso: 25-6-2004.

3- Ley de Medio Ambiente. Colección Jurídica. Cuba 1999

4- Resoluciones MITRANS:

74-93 "Certificado de Navegabilidad"
90-95 "Clasificación de Embarcaciones".
211-97 "Reglamento para la disposición final de la Basura de los Buques"
1-98 "Cumplimiento por embarcaciones menores de 500 TRB"
2-98 "Reglamento para la aplicación de los Anexos I y II de MARPOL 73/78"
227-03 "Clasificación de Embarcaciones"

5- Norma Cubana NC ISO 14001:2001 "Sistemas de Gestión Ambiental"
NC 93-02-215:86 Atmósfera. Opacidad aparente del Humo. Método visual

6- P 07-05 "Procedimiento para la aplicación de las reglas y regulaciones del RCB y los requisitos gubernamentales" RCB – 2003

7- Estrategia Ambiental Nacional de la República de Cuba

8- Estrategia Ambiental del Ministerio del Transporte de la República de Cuba.

12- MARPOL 73/78

13- Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO- 1995)

14- Metodología de la Investigación (Universidad de Cienfuegos – 2001)

ANEXO I

11- PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE

11.1 Aguas de Sentina u Oleosas

Existe control de las descargas o trasvase de aguas de sentina .....☐
Existe a bordo persona responsable de este control.....☐
La descarga se realiza desde tanques receptores a bordo.....☐
La descarga se realiza directamente desde la sentina hacia:
Tanques del Armador en tierra.....☐
Trasvasados a naves receptoras o instalaciones especializadas .....☐
Hacia el Mar.....☐

11.2 Desechos Sólidos (Basura)

Existe control de entrega de desechos sólidos.....☐
Existe a bordo persona responsable de este control.....☐
Los desechos se colectan en contenedor.....☐
Los desechos se colectan en bolsas idóneas para estos fines.....☐

Las entregas se realiza a:
Instalaciones propias del Armador.....☐
Empresas especializadas .....☐
Se arrojan al mar, orillas o sobre la loza del muelle.....☐

11.3 Trasvase de Hidrocarburos.

La carga (descarga) de hidrocarburos es controlada.....☐
Existe a bordo persona responsable de este control.....☐
Existe la conexión idónea en la cubierta principal u otra cubierta.....☐
La conexión está señalizada.....☐
Posee bandeja de recolección.....☐
Las válvulas están en buen estado.....☐

11.4 Combustión (Emisión de Gases).

Los gases de escape de la M/P y auxiliares presentan a simple vista las siguientes características:
Color pardo negruzco, humo denso con lanzamiento de hollín y chispas.....☐
Color gris-azulado con humo denso.....☐
Color blanquecino con humo poco denso.....☐
En el cuarto de maquinas se observan escapes o emanaciones de gases.....☐

11.5 Emisión de Ruidos y Vibraciones

Las M/P y auxiliares tienen nivel de ruido y vibraciones Aceptable.....☐
No aceptable...☐

El personal de maquinas posee protección adecuada.....☐

12 OBSEVACIONES / RECOMENDACIONES (continuar en Acta Abierta de ser necesario)

ANEXO II

Medios de salvamento	Medios contraincendios	Equipos de Radiocomunicación .
__ Balsa salvavidas para __ personas	__ Extintores portátiles (soda ácida) Marca:_____	
__ Aro Salvavidas	__ Extintor portátil de (Espuma) Numeral: _____	
__ Chalecos salvavidas	__ Extintores portátiles de (CO_2)	
Otros _____	Otros _____	Otros _____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Protección al Medio Ambiente

Fecha	Entrega	Cantidad	Recibe	Fecha	Entrega	Cantidad	Recibe

Leyenda:
Entrega (AO=Aguas oleosas, HI=Hidrocarburos, BA=Basura, ME=Metales, CR=Cristales o Botellas)
Recibe (Iniciales y firma del responsable por la Federación Cubana de Pesca Deportiva)

Cienfuegos, 27 de Mayo de 2005
"Año de la Alternativa Bolivariana para las Américas"

AVAL

En el trabajo titulado "Control de la Contaminación Ambiental Generada por las Embarcaciones Menores en Cuba", sus autores, Ing. Roberto Luis González Suárez e Ing. Carlos Alberto García Díaz, parten de un interesante análisis de la legislación internacional y nacional relevante al tema; elaborando una propuesta concreta de implementación en relación con las embarcaciones menores que operan en nuestros puertos y zonas marítimas, de aquellas regulaciones ambientales que, según convenios internacionales, son actualmente limitadas en su aplicación a embarcaciones mayores. Para ello, conciben como adaptar tal implementación a las características propias las embarcaciones que se pretenden someter a regulación.

Sobre la base de considerar el número significativo de embarcaciones menores que actualmente operan en nuestras aguas, sin ser objeto de tales regulaciones; se estima que el proyecto, de ser ejecutado, contribuiría significativamente a la reducción de la contaminación ambiental generada por la actividad de transportación marítima en nuestro país.

El trabajo avalado forma parte de las investigaciones que actualmente realiza el Ing. González Suárez en su opción al Grado de Master en Ciencias, dentro del programa de Maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), de la Universidad "Carlos Rafael Rodríguez" de Cienfuegos. En tal sentido, cualquier aplicación por parte del Registro Cubano de Buques, de la propuesta elaborada por los autores, aportaría a la confirmación práctica de todo un cúmulo de investigaciones encaminadas a garantizar un transporte marítimo sustentable y la protección ambiental de nuestros ecosistemas costeros.

Dra. Clara Elisa Miranda Vera
Coordinadora Maestría MIZC
Universidad de Cienfuegos.

MINISTERIO DEL TRANSPORTE
DISTRITO DE SEGURIDAD MARÍTIMA DEL CENTRO

Calle 35 esquina 42 S/N . Cienfuegos. Cuba.
Teléfonos (0432) 519234, 516035. Fax: (0432) 518840.
Correo Electrónico: dmcfgos@enet.cu

NC - ISO 9001:2001
Registro No. 018-2004

Cienfuegos, 26 de Mayo del 2005.
"Año de la Alternativa Bolivariana para las Américas"

A: Roberto Luis González Suárez
Dir RCB Sociedad Clasificadora Oficina Centro.

Asunto : Consideraciones sobre el trabajo a presentar por RCB Sociedad Clasificadora de la Oficina Centro.

Compañero:

Después de haber leído y estudiado el trabajo a presentar por su oficina con él Titulo: Control de la Contaminación Ambiental Generada por las Embarcaciones Menores en Cuba. Considerando que en la actualidad operan una gran cantidad de embarcaciones menores. Nos resulta de satisfacción al ver su preocupación de mantener nuestros litorales limpios, lo cual es una buena iniciativa comenzar a preocuparnos por mantener nuestro Medio Ambiente y que esta política llegue a todos para como usted bien expone en las conclusiones de su trabajo, debemos de legarle a la nueva generación un mundo más limpio.

Al tanto de sus consideraciones lo saludo,

Afectuosamente.

Nelson Sosa Dieppa
Jefe de Distrito de Seguridad Marítima Centro

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

XIX Copinaval - Guayaquil – Ecuador, Octubre 24 al 28 del 2005.

CORREDOR BIOCEANICO:

El Puerto Concentrador del Atlántico

Floriano Carlos Martins Pires Jr
Profesor de la COPPE - Universidade Federal do Río de Janeiro – Brasil.
Email: floriano@peno.coppe.ufrj.br Telefono (55-21) 2562-8724

Washington C. Martinez Garcia
Profesor de la "*Escuela Superior Politécnica Del Litoral"*, Guayaquil - Ecuador.
Email: wmarti@espol.edu.ec Telefono: (593-9) 952-9255

RESUMEN

Han sido discutido en el Brasil, desde hace varios años, proyectos que viabilicen la reducción de los costos finales de los productos de exportación al mercado del Extremo Oriente, usando puertos situados en el Pacifico Sudamericano. La idea de un corredor bi-oceánico ha sido presentada como una solución a esos problemas. Para eso es necesario la implementación de puertos concentradores tanto en la costa este como costa oeste de América del Sur, operando como centros regionales y subregionales.

Este trabajo analiza el sistema portuario brasilero para seleccionar el puerto concentrador idóneo en el Atlántico Sudamericano, para o trafico de contenedores.

La metodología presentada usa un sistema de evaluación ya empleada antes en la selección de un puerto concentrador; adaptada a las características, condiciones y requerimientos socio-económicos de los países en vías de desenvolvimiento. Una primera fase, que usa un método heurístico, sirve para preseleccionar los puertos con infra-estructura mínima requerida para ser candidatos a puerto concentrador, disminuyendo de esta forma el número de candidatos iniciales. La metodología considera los parámetros de infra-estructura de acceso tanto marítimo como terrestre, así como de las operaciones portuarias, restricciones ambientales, y localizaciones de los mercados, y cuantifica los criterios seleccionados, considera el impacto socio económico y ambiental de las infra-estructuras sobre la región y su población, y dado que estas inversiones son soportadas por el estado, es que se considera un mayor peso para ellos. Los resultados indican al puerto de Sepetiba como el puerto concentrador idóneo en el Atlántico Sudamericano.

1. INTRODUCCIÓN

Han sido discutidos en el Brasil, hace varios años, proyectos que viabilicen la reducción de los costos finales de los productos de exportación al mercado del Extremo Oriente y costa oeste de los EUA, usando puertos situados en el Pacifico Sudamericano. Paralelamente, una salida de los productos exportables de los países de la costa oeste de América del Sur para el mercado da Unión Europea y costa este de los EUA es necesaria. Una solución adecuada al problema, ha sido la idea de un corredor bi-oceánico, seleccionando puertos adecuados en el Pacifico y Atlántico de América del Sur, centros de carga o puertos concentradores, operando como centros regionales y subregionales. Esto convertiría a este grupo de países de Sudamérica en otro bloque económico mundial, incrementando además el comercio interno en el bloco debido a las mejoras en la infra-estructura de transporte que deberán ser hechas.

En esta época de la globalización, para apreciar como ella trabaja, tenemos que entender que los puertos, aeropuertos y terminales terrestres operan como vínculos importantes de la economía global. Por tanto, los costos que ellos demandan, como componentes de los costos de transporte y por ende de los costos logísticos totales, merecen especial atención, debido a las inversiones en infra-estructura para productividad, Hoyle & Charlier 1995, y la importancia en el crecimiento económico de la región. Estos terminales representan la parte mas critica de la infra-estructura física que hace posible el incremento del volumen del flete y pasajeros alrededor del mundo.

Estos puertos operan como "gateways" y como nodos especiales dentro de la red de transporte internacional, localizados en forma tal que facilitan la conectividad entre los lugares con que interactúan desde el punto de vista de organización espacial, esto es, vínculos, puntos interiores y jerarquías formadas por este tipo de redes denominadas "hub and spoke", O´Kelly 1998. El diseño de este tipo de redes envuelve la decisión de donde colocar un puerto concentrador (hub). Estos puertos sirven un área regional específica debiendo conferir beneficios sobre la región en la cual están localizados, y sirven también como catalizadores para las economías de escala. Para Richard Goss, 1990, la función económica de los puertos es proveer beneficios a los productores de las exportaciones y al consumidor final de las importaciones pasando a través de ese puerto. Debido a las conexiones directas (spoke) con las ciudades radialmente localizadas, los puertos son lugares idealmente accesibles para juntar o distribuir cargamentos en los sistemas de transporte. Sirviendo de base para los sistemas logísticos, de producción, transferencia de información y del comercio internacional.

Las grandes inversiones requeridas para implementar estos puertos, la necesidad de mejoras continuas para una operación eficiente, y la aplicación de nueva tecnología dirigen a un proceso de selección mas riguroso, en el cual deben considerarse los aspectos sociales y económicos de la región a la que sirve, así como los aspectos ambientales que afectarían a esa sociedad, y no como resultado de factores políticos tanto locales como regionales. Estos aspectos están implícitos en el objetivo de este trabajo de determinar la localización de un puerto concentrador de contenedores en el Atlántico Sudamericano.

2. TRANSPORTE MARITIMO DE CONTENEDORES

El desarrollo económico de los países más industrializados, y la formación de una gran variedad de bloques económicos inicialmente con asistencia de la GATT y luego de la WTO ha estructurado el cuadro actual del comercio internacional. El transporte juega un

papel importante en el comercio internacional y en las condiciones que afectan a las entidades económicas locales, regionales y globales, siendo las infra-estructuras sistemas estratégicos integrados a la vida socio económica de los individuos e instituciones, lo que usualmente es invisible a los consumidores (Rodrigue, 2000), mas siempre forma parte de todas las funciones sociales y económicas. Esta sección analiza varios elementos del transporte marítimo de contenedores que influencian en la selección del puerto "hub".

2.1 Rutas Marítimas

El crecimiento del comercio internacional y la concentración de determinados productos o grupos de ellos han dado paso al surgimiento de una concentración del comercio en ciertas áreas geográficas. Las conexiones marítimas entre estas áreas son definidas como rutas marítimas, que envuelve el transporte marítimo entre áreas continentales, lo que presenta continuas oportunidades para que la industria marítima responda a los cambios en el patrón de comercio.

La tabla 2.1 presenta los valores de la carga transportada en las principales rutas del mundo, Trans-Pacific, Europa-Extremo Oriente y Trans-Atlantic para el período 2001 a 2003 así como el crecimiento del comercio para los años 2002 y 2003. Como puede ser observado, la ruta Europa – USA ha disminuido el tráfico de contenedores en el año 2003 en 1,16%, mientras las rutas desde Asia para USA y luego para Europa fueron las de mayor crecimiento en el período.

Tabla 2.1 Flujo de Carga en las Principales Rutas de Trafico (TEUs x 10^6)

ANO	TRANS-PACIFIC		EUROPA-ASIA		TRANS-ATLANTIC	
	Asia-USA	USA-Asia	Europa-Asia	Asia-Europa	USA-Europa	Europa-USA
2001	7,3	3,7	2,7	3,7	1,6	2,1
2002	8,81	3,90	3,94	6,13	1,50	2,59
2003	10,19	4,12	4,00	7,06	1,58	2,56
Variacao %	15,66	5,64	1,52	15,17	5,33	-1,16

Fuente: UNCTAD 2004

La de menor crecimiento es la ruta Europa - Asia, mas no la de menor tráfico que es la ruta USA – Europa indica de las pocas importaciones europeas, que son superadas por las exportaciones en esa ruta. En la tabla puede ser observado que las áreas del Pacifico oriental originan las rutas de comercio marítimo mas importante con 21,3 millones de contenedores movidos para y desde esa área representando mas del 48% del total.

Como puede ser apreciado, el comercio con América Latina no figura entre los principales mercados del mundo. Esto ocasiona que los costos de transporte en las rutas establecidas como principales, en función de los niveles de comercio, sean menores, lo cual termina afectando los precios de exportación e importación de los productos con los países fuera de las rutas principales, influyendo negativamente en el crecimiento económico de esas regiones.

2.2 Evolución del Comercio Internacional

En las décadas del 1960s y 1970s la revolución del contenedor invadió el transporte de tradicional de carga fragmentada. La penetración del contenedor definida como la carga total transportada en contenedores como porcentaje de la carga total que puede ser transportada en contenedores, fue estimada en un 75% en 1984 en las tres principales rutas mundiales, alcanzando niveles de sobre el 95%. El comercio marítimo en el período 1965-1992 siguió una senda expansiva que afectó a todos los tipos de mercaderías. En ese

período, el tráfico de graneles incrementó un 144.65% y de las restantes mercaderías un 200%, Frias I. y Guisan Ma. Carmen, 2002.

La tabla 2.2 presenta el movimiento de mercaderías en los puertos del mundo para el período 1970 – 2003. Fue estimado que para el período 1970-1998 una tasa de crecimiento anual media de 3,6%, mientras que para el período 1998-2003 fue de 2,1%. De estos datos puede pensarse que la tasa de crecimiento anual del comercio marítimo mundial podría estar entre el 2% y el 3%.

Tabla 2.2 Movimiento mundial del comercio marítimo (en millones de toneladas)

	1970	1980	1990	1998	1999	2000	2001	2002	2003
CARREGA	2504	3704	4006	5616	5666	5872	5891	5948	6168
DESCARREGA	2529	3679	4126	5777	5860	6249	6167	6276	6460
TOTAL	5033	7383	8132	11393	11526	12121	12058	12224	12628

Fuente: UNCTAD 2003 e 2004.

Para Culliname y Khanna, 1999, considerando el crecimiento en la carga general global y la proporción de carga en contenedores, virtualmente todo el crecimiento en el transporte de carga general fue transferido al transporte en contenedores, como resultado tanto del nivel de penetración del contenedor o del desarrollo de la carga en contenedores.

2.3 Evolución de la Flota de Buques

Es ampliamente conocido que en la década de los 1990s la industria del transporte de contenedores entra en una nueva fase donde el énfasis esta dirigido para el avance tecnológico y la importancia asociada de captar economía de escala en el tamaño del buque (Culliname y Khanna, 1999).

Taba2.3 Evolución de la flota de buques porta-contenedores

	NAVIOS CELULARES			NAVIOS NÃO CELULARES*		
ANO	No Navios	No. TEUs	Aumento	No Navios	No. TEUs	Aumento
1992	1424	2010644		891	285916	
1993	1520	2207466	9,8%	966	315529	10,4%
1994	1621	2384709	8,0%	1031	333697	5,8%
1995	1765	2643221	10,8%	1115	362399	8,6%
1996	1937	2969032	12,3%	1198	385059	6,3%
1997	2130	3345285	12,7%	1309	424505	10,2%
1998	2359	3847991	15,0%	1413	463420	9,2%
1999	2535	4258281	10,7%	1546	542197	17,0%
2000	2625	4475628	5,1%	1649	598795	10,4%
2001	2755	4892759	9,3%	1776	659997	10,2%
2002	2915	5532788	13,1%	1879	707250	7,2%
2003	3044	6068434	9,7%	1985	757663	7,1%

Fuente: BRS 2003 - Los valores están dados al primero de enero de cada año.

Esto puede ser mostrado analizando la tabla 2.3, la cual presenta la evolución de la flota de los buques porta contenedores en función del tamaño del buque para el período 1992-2003. La tabla 2.3 también muestra que la flota celular ha aumentado a razón del 10,8% anual en el período de 1996 al 2002, previendo un crecimiento a razón de los 7,5 % en los años 2003 a 2005 (UNCTAD, 2003).

La distribución de la flota existente por tipo de buque por intervalo de capacidad en TEUs, es mostrada en la tabla 2.4. Esta tabla demuestra que la flota de buques de grande porte, mayor a los 4000 TEUs de capacidad, tiene una participación del mercado de contenedores mayor al 35%, una participación similar corresponde a la serie entre los 2000 a 4000 TEUs. La flota de buques menores a los 2000 TEUs, tienen una participación del mercado

del 28% con relación a la capacidad en TEUs. Mientras el contenedor continúa abriendo camino en el sector de la carga fraccionada, el servicio regular del transporte convencional de carga general ve sus volúmenes disminuir año tras año.

Tabla 2.4 Flota de Buques Porta-contenedores por serie de capacidad

	NAVIOS CELULARES			NAVIOS NÃO CELULARES*		
Capacidade (TEUs)	No Navios	No. TEUs	Participa	No Navios	No. TEUs	Participa
>5000	207	1254175	20,67%			
4000 a 4999	223	973341	16,04%			
3000 a 3999	249	851109	14,03%			
2000 a 2999	484	1197732	19,74%			
1500 a 1999	400	672155	11,08%	25	44841	5,92%
1000 a 1499	489	583419	9,61%	108	123741	16,33%
500 a 999	568	403994	6,66%	343	227499	30,03%
100 a 499	424	132509	2,18%	1509	361582	47,72%
Total	3044	6068434	100,00%	1985	757663	100,00%

Fuente: BRS 2003 - Buques no Celulares incluye: Multipropósito, Ro-Ro y Conbulkers.

Como ejemplo puede citarse el caso de la ruta Golfo de México (USA) - Brasil que era operada por la empresa Global Brasilera de Transporte Oceánico (GBTO), que en el año 2002 cerró sus operaciones.

3. COMERCIO EXTERIOR SUDAMÉRICANO

Mientras el comercio mundial incrementa y mas tipos de mercadería es acomodada en contenedores, la demanda de ellos incrementa como mostrado anteriormente. Los grandes buques con menores costos por TEU-milla, ofrecen atractivos retornos en rutas de alta demanda. El punto crítico a reconocer es que la reducción en los costos operacionales que proveen de una economía de escala a los mega-buques porta-contenedores depende del alto nivel de utilización del espacio del buque. Por tanto, la demanda de contenedores debe ser estimada.

A continuación se presenta una visión del comercio de los países de América del Sur, en contenedores, con otras regiones del mundo, que también van a servir para definir las características del puerto concentrador en el Atlántico. La tabla 3.1 presenta una matriz de flujos para el año 2002.

Tabla 3.1 Comercio Exterior Contenedorizado de los Países Sudamericanos.

Origin no Pais Sul-americano	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Total
	A F R I C A		AMERICA DO NORTE*		ASIA PACIFICO		UNIAO EUROPEIA		TOTAIS POR PAIS S.A.		
ARGENTINA	3.942	11.663	91.484	86.068	77.460	53.659	126.333	208.083	299.219	359.473	658.692
B R A S I L	23.723	45.302	230.595	409.343	145.760	198.680	264.555	568.376	664.633	1.221.701	1.886.334
Total da Costa Leste de S.A.	27.665	56.965	322.079	495.411	223.220	252.339	390.888	776.459	963.852	1.581.174	2.545.026
	0,759	0,902	0,529	0,610	0,534	0,534	0,667	0,660	0,379	0,621	1
C H I L E	1.189	1.433	74.813	131.187	56.159	175.477	57.432	171.889	189.593	479.986	669.579
COLOMBIA	892	651	99.257	106.136	28.714	12.201	32.465	90.729	161.328	209.717	371.045
ECUADOR	6.079	3.735	68.979	44.316	75.326	20.433	81.129	108.897	231.513	177.381	408.894
P E R U	606	380	43.413	34.808	34.215	12.271	23.726	28.456	101.960	75.915	177.875
Total da Costa Oeste de S.A.	8.766	6.199	286.462	316.447	194.414	220.382	194.752	399.971	684.394	942.999	1.627.393
	0,241	0,098	0,471	0,390	0,466	0,466	0,333	0,340	0,421	0,579	1
Total Bloco S:A.	36.431	63.164	608.541	811.858	417.634	472.721	585.640	1.176.430	1.648.246	2.524.173	4.172.419
	0,022	0,025	0,369	0,322	0,253	0,187	0,355	0,466	0,395	0,605	1

Fuente: Datos extraídos en Internet de los sitios de la CEPAL y SECEX. * Los datos para América del Norte fueron estimados de Containerization International – Julio 2003

En la tabla puede ser visto, que el flujo de contenedores en los puertos de la costa este sudamericana, flujos de importación y exportación, con los bloques económicos de África, Unión Europea y costa este de los EUA totalizó 2.069.467 de contenedores en el año 2002. En este estimado no se considera América Latina y Oceanía, lo cual representa en media, de acuerdo a las estadísticas de la CEPAL, un 12% del total, con lo cual el comercio exterior en esa zona seria de aproximadamente unos 2,3 millones de contenedores.

4. REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA

Esta parte revisa los requerimientos de infra-estructura de un puerto concentrador desde el instante en que un contenedor ingresa a puerto ya sea por buque, tren, camión o barcaza, hasta el momento que éste parte para su próximo destino usando otro modo de transporte.

En la infraestructura de un puerto concentrador de contenedores resaltan tres componentes principales (Harrison & Figliozzi, 2000): acceso marítimo, operaciones portuarias e infraestructura de acceso (conexiones interiores).

4.1 Acceso Marítimo

El acceso marítimo enfoca las características que permiten a un mega-buque a entrar en el puerto. Esto incluye las características del canal de navegación, bahía de giro para los buques e los requerimientos para acomodar los buques. La profundidad y el ancho del canal de navegación son los elementos mas críticos en un proyecto de expansión de las operaciones portuarias a puerto concentrador, debido a que son los componentes naturalmente regulados; y por tanto, de mayor costo cualquier alteración. Un puerto sirviendo como concentrador, o centro de carga, para mega-buques porta contenedores requiere una profundidad equivalente al máximo calado del buque de esa clase, mas dos pies adicionales para el movimiento vertical del buque y mas dos pies de claro debajo de la quilla. La tabla 4.1 presenta os requerimientos de altura de el canal dos puertos para acomodar os buques, en función de el calado Máximo de el buque, asumiendo la condición de plena carga de los buques.

Tabla 4.1 Profundidad del Canal.

Altura do canal (pés)		**28**	**31**	**34**	**38**	**41**	**43**	**46**	**48**	**50**	**52**
(mts)		**8,5**	**9,5**	**10,4**	**11,6**	**12,5**	**13,1**	**14,0**	**14,6**	**15,2**	**15,9**
Características do Navio											
Calado Maximo (pés)		24	27	30	34	37	39	42	44	46	48
Calado Maximo (mts)		7,32	8,23	9,15	10,37	11,28	11,89	12,80	13,41	14,02	14,63
Capacidade (TEUs)	DWT (Tons.)	CONDICAO DE CARGA DOS NAVIOS: CARGA COMPLETA									
1000	12780		F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.
2000	25560				F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.
3000	38340						F.L.	F.L.	F.L.	F.L.	F.L.
4000	51120							F.L.	F.L.	F.L.	F.L.
5000	63900								F.L.	F.L.	F.L.
6000	76680									F.L.	F.L.
7000	89460										F.L.

Fuente: Adaptado de Bomba & Harrison, 2000.

De la tabla pode ser estimado que un puerto necesita de una altura de el canal de navegación de 50 pies para acomodar un buque de 6000 TEUs que tiene un calado máximo de 46 pies , asumiendo una condición de plena carga. Por ejemplo el Regina Maersk con una capacidad de 6418 TEUs tiene un Calado de 44,6 pies.

Con relación al ancho del canal, Per Brunn (1989) considera como regla general que el ancho del canal debe ser no menor a cinco veces la mayor manga de los buques de la clase, lo que equivale a aproximadamente 800 pies , sin consideración de 100 pies a cada lado que requieren as pendientes laterales del canal como especificado por Quinn (1982). Para el caso de el Regina Maersk con una manga de 136,1 pies, seria 5*B = 680,5 pies, cae dentro de los 800 pies limitantes. Otros asuntos de consideración del canal son los niveles de marea, tráfico una vía versus tráfico dos vías y los efectos de alcance de la ola.

Otra característica importante del puerto es la determinación del radio de la bahía de giro para fácil maniobra de los buques a fin de salir del puerto en forma independiente o con ayuda de un remolcador. Las Naciones Unidas, 1985, recomienda usar un diámetro equivalente a mínimo tres veces la eslora del buque mas largo que va a usar el puerto. Para Quinn, esto depende del número y porte de los buques usando el puerto, mas también ilustra una figura de 3 veces la eslora del buque de mayor porte usando el puerto.

4.2 Operaciones Portuárias

Un puerto para contenedores desempeña las funciones básicas de recibir, almacenar, ordenar e cargar contenedores. Las operaciones se inician cuando un contenedor es recibido desde un camión, tren, otro buque, o como en el caso de varios puertos desde una barcaza, luego permanece almacenado hasta ser movido al área de ordenamiento y luego para otro modo que va a conducirlo a su destino final. Para cumplir eficientemente estas operaciones el puerto necesita de muelles, equipos y de parcelas de terreno adecuados.

El equipamiento esta conformado por una serie de grúas para contenedores e otros equipos para mover los contenedores dentro de los patios. Los principales sistemas usados y sus características pueden ser encontrados en Muller, 1999.

Las configuraciones de los muelles es la forma en que están posicionados y alineados, y cada opción tiene su ventaja y desventaja que afectan la capacidad del puerto, siendo importante que pueda servir a varios buques de diferente porte al mismo tiempo.

4.3 Infraestructura de Acceso

A fin de operar eficientemente un puerto necesita ser fácilmente accesible por diferentes modos de transporte. Harrison & Figliozi, 2000, establecieron en un reporte del Transportation Research Board of 1993 los siguientes asuntos de acceso terrestre que inciden negativamente en las operaciones portuarias:

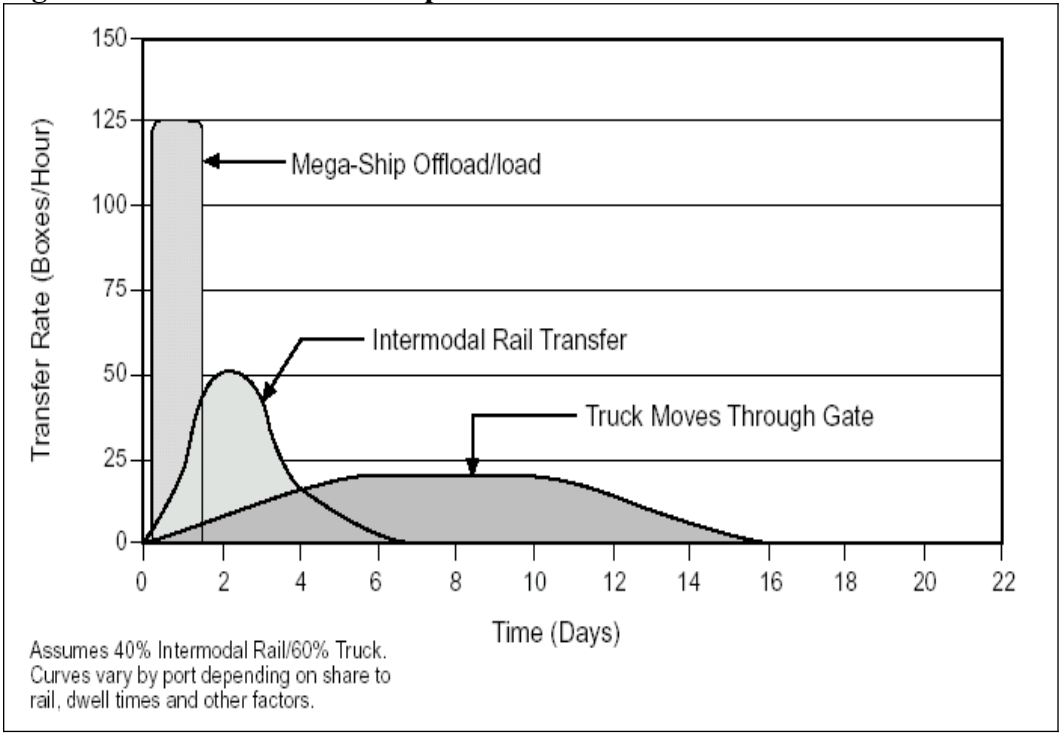
1. Rutas de camiones congestionadas,
2. Numerosos cruces a nivel de las carreteras con las vías férreas,
3. Falta de terrenos para desarrollar accesos adecuados,
4. Baja holgura de las estructuras viales (puente y túnel) para trenes de doble fila, y
5. Falta de disponibilidad de vías férreas en los muelles.

Los volúmenes de contenedores llegando a estos puertos, significantemente inciden en el sistema de transporte regional. En la mayoría de los casos, una parte de estos contenedores es transportada por ferrovía o hidrovía, lo cual reduce el tráfico que de otra forma congestionaría las carreteras. Esta contingencia ha constituido la razón clave por lo cual los departamentos de transporte monitorean la forma en que el sistema global de transporte de contenedores esta cambiando, mas aún cuando estos tipos de infra-estructuras son construidas específicamente para estas actividades.

Harrison & Figliozzi 2000, presentaron las características de la distribución del tiempo de descarga de los contenedores disipando la carga de un mega-buque. En la figura 4.1 puede

ser observado, que mientras un mega-buque puede ser descargado en menos de dos días, este mismo cargamento, asumiendo un nivel de servicio racional de los sistemas, necesita de hasta 6 días para ser disipado a través del sistema ferroviario y de hasta 15 días a través del sistema de transporte vial.

Figura 4.1 Influencia de las Operaciones Portuarias en las Redes de Acceso



Fuente: Harrison & Figliozzi, 2000.

5. FACTORES QUE INFLUENCIAN LAS OPERACIONES PORTUARIAS

En esta era los puertos ya no disfrutan del monopolio natural como antiguamente (Slack, 1993; Sletmo, 1999). Beth, 2000, refuerza que los puertos se están esforzando en nuevas formas de cooperación para establecer un poder de contra-valor.

Los puertos concentradores por naturaleza forman parte de una red global de transporte debiendo confrontar dos aspectos importantes del transporte contemporáneos que son la globalización y la intermodalidad, además de otros factores derivados de los anteriores, que influencian las operaciones portuarias, los cuales son analizados a continuación.

5.1 La Globalización

La globalización ha llegado a ser una tendencia en muchas industrias actualmente. La industria portuaria ha soportado un proceso de racionalización durante los últimos años, Song, 2003. El papel del transporte en la globalización es crítico y todavía hay mucho trabajo por hacer. Al igual que en las telecomunicaciones, el transporte ocupa una posición privilegiada en el proceso de globalización al cual esta sujeta, sirviendo como catalizador que capacita a que el proceso ocurra. Como ejemplos de la influencia de la globalización en los sistemas de transporte, Song cita los dos ejemplos siguientes:

- Los resultados de las alianzas estratégicas globales de operadores y empresas en el ámbito del transporte. Donde esta tendencia a la globalización del negocio portuario puede ser considerada como una diversificación geográfica de los operadores portuarios, muchos de los cuales ha extendido su ámbito de aplicación a la escala regional o global, transformándose en verdaderas corporaciones multinacionales

(MNCs). La tendencia de estas MNCs es sustituir el estado nación como principales protagonistas da la nueva economía (Janelle & Beuthe, 1997).

- Incremento en el flujo del comercio y transporte de flete, como ya resaltado en la sección dos de este trabajo.

Como ejemplos de facilitador del proceso los siguientes eventos pueden ser presentados:

- Incremento en la eficiencia del movimiento de flete y pasajeros en la dimensión del tiempo resultando en una convergencia tiempo / espacio, desde el punto de vista de la geografía del transporte.
- Sistemas logísticos e de transportes facilitando el movimiento de grandes volúmenes de flujo de bienes y pasajeros, permitiendo innovaciones tecnológicas en los sistemas de producción como el JIT.
- Mejoramiento de las infra-estructuras de los sistemas de transportes que influencian directamente en el direccionamiento de los flujos hasta y a través de los centros de producción / consumo que afecten positivamente sobre la economía de las áreas donde están localizadas.

5.2 El Transporte Intermodal

El transporte intermodal es un elemento clave en el comercio internacional, facilitó mayor crecimiento de la demanda del transporte de contenedores no solo en las principales rutas marítimas (Trans-Pacific, Trans-Atlantic e Europa - Asia oriental) mas también entre EUA y Latino América, donde la economía de escala también puede ser alcanzada. Grandes infra-estructuras de transporte incluyendo terminales intermodales, nuevos corredores de transporte multinacionales están siendo expandidos en el mundo entero, lo que demuestra la importancia de obras de esta naturaleza a fin de alcanzar las economías de escala que se necesita y que influencien positivamente en las economías de los países.

El ínter modalismo es un aspecto típico en la transportación cuyo significado no es único a todos, lo único común es que integra dos o más modos de transporte. En la práctica debería ser el resultado del desarrollo de un sistema de transporte sustentable, accesible a todos los miembros de la sociedad y ambientalmente amigable, sin impactos negativos sobre la población y el ecosistema.

El ínter modalismo enfatiza la importancia de los puertos como centros de colección y conexión entre modos de transporte y o servicios. El incremento en la velocidad de las operaciones de movimiento de los flujos incrementa los movimientos en la escala inter-urbana, transfiriendo a los puertos la responsabilidad de la economía potencial de tiempo, que requiere de mejor sincronización de sus operaciones, como parte de la solución.

5.3 Impacto De Las Alianzas

La consolidación entre compañías de transporte marítimo de contenedores ha sido una característica de los anos 1990s. Una creciente proporción de las operaciones portuarias esta siendo controlada por grupos de operadores globales. Entre as ventajas de estos acuerdos esta el compartir el riesgo al distribuir el espacio para los contenedores, basados en la distribución del mercado de los miembros de la alianza en una ruta específica.

En la esfera comercial, las alianzas proveen a las compañías de transporte marítimo con mayor capacidad de inversión en buques de mayor tamaño, nuevos diseños, y capacidad de llenarlos más fácilmente. De esta manera las alianzas pueden incrementar el factor de carga y reducir el número de buques necesarios en una ruta particular, resultando en menores costos, el cual puede resultar en menores tasas de frete. Las alianzas también trabajan coordinando operaciones portuarias, en la manipulación de diversos equipamientos, así

como integran algunas redes alimentadoras entre líneas de transporte para facilitar su entrada en los mercados.

En la medida que un mercado se torna más competitivo, las alianzas procuran cortar costos y llegar a ser operacionalmente más eficientes. Debido a estos factores, los transportadores están llegando a pocos puertos concentradores, forzando a los puertos a ser más receptivos a las necesidades de las mayores alianzas y particularmente de los grandes buques.

5.4 Concentración, Competencia y Cooperación Portuaria

Fleming, 1989, resaltó lo siguiente "*...la misión general de los puertos es atraer nuevos negocios, ayudar a crear nuevos trabajos y rentas es una responsabilidad. Lo que yo cuestiono es la competencia indiscriminada entre puertos públicos, ya que por ser públicos no pueden ser consideradas empresas ordinarias. El lucro no es el único propósito ni el principal. La parte pública de los puertos introduce un elemento político que puede no armonizar con objetivos económicos...*".

Para Song, 2003, las fuerzas conduciendo las cooperaciones e competencia portuarias pueden ser encajadas en tres factores, como ya analizadas en este trabajo:

- Globalización y alianzas de las operaciones portuarias y líneas regulares de transporte marítimo,
- Porte de buques mayores e intermodalidad, e
- Intensa competencia portuaria.

Para Hoyle & Charlier, 1995, existen diferencias en las interfaces entre un puerto y la región donde ellos sirven, en varias escalas. Estas diferencias están bien definidas para el caso interfase puerto / ciudad, mas para el caso puerto / zona de influencia, la cual no es mucho mas extensa geográficamente, involucra otras dimensiones y una variedad de conceptos, escalas y niveles de interacción. Entre estas dimensiones significantemente incluidas tenemos la competencia entre los puertos y la concentración portuaria.

El proceso de concentración portuaria queda demostrado por un pequeño grupo de puertos dispersos a lo largo de la costa, en una situación en la cual sólo uno o dos puertos proveen servicios especializados a una amplia gama de zonas de influencia en la región interior al puerto, vinculados por un sistema de transporte integrado. El proceso de concentración portuaria ha sido reconocido y analizado por varios autores como Ogundana, 1971, y Hilling, 1975, en el contexto de los puertos africanos.

Con las condiciones del mercado cambiando en respuesta a la formación de las alianzas, los puertos están presionados a construir grandes y costosos terminales, para servir a la industria del transporte de contenedores, entrando en una competencia portuaria sin precedentes, en virtud de que la mayoría de los transportadores globales identifica y consolidan un puerto como su puerto concentrador regional.

5.5 Economías de Escala y el Tamaño de los Buques

El objetivo de esta sección es cuantificar la economía de escala a la que se operan grandes buques porta contenedores, facilitando la evaluación de la economía potencial en costos unitarios, los cuales son derivados del incremento del tamaño de los buques.

Ryder, 1985, identificó barreras formadas por restricciones físicas y sistémicas en el transporte de petróleo en buques de grande porte, los cuales alcanzaron las 500.000 tons, siendo que estas barreras determinan los pontos donde son encontradas significantes des-economías de escala. Para Harrison y Figliozzi, 2001, las restricciones sistémicas son las

mas importantes en los proyectos que involucran los mega-puertos, porque enfatizan la interfase entre as características del buque y las operaciones portuarias. Estas restricciones incluyen la necesidad por almacenaje y acumulación en cada punto de la ruta, mayores tiempos de manipulación de la carga, costos de inversiones en nuevas facilidades de los terminales portuarios, frecuencia de los servicios de los mega-buques, costos operacionales y flujos de caja a nivel de puerto, y vulnerabilidad de nuevos sistemas en la competencia y en las fluctuaciones del mercado.

El sistema de transporte sirviendo el comercio internacional de contenedores está formado por los diferentes modos de transporte, expedidores, transportadores y puertos. Los bienes y los diferentes modales de transporte forman un sistema único donde cualquier cambio de precio o costo de uno de los elementos va a impactar sobre los otros componentes en virtud de las elasticidades cruzadas. Por estos motivos es importante el análisis del sistema total y considerar los impactos de los elementos particulares como las operaciones de los mega-buques cuando se planifica o expande un puerto.

El tamaño medio de los buques mercantes ha variado en el tiempo, petroleros, gaseros y graneleros, todos siguen diferente padrón de tendencia, Stopford, 2002. Los petroleros y graneleros alcanzaron sus portes pico a fines de los 1970s, mientras la flota de graneleros y porta-contenedores sigue una similar tendencia, mas los porta-contenedores presentan una tasa de crecimiento mayor de aproximadamente 7,5% hasta el 2003, BRS 2002.

Para Stopford 2002, La economía en el tamaño de los buques depende de los elementos de costo del transporte puerta a puerta conformado básicamente por: El buque 23%, los contenedores 18%, los Terminales 21%, el transporte Interno 25%, otros 13%.

La economía de escala alcanzable es aplicada diferentemente a cada caso. Entonces, la economía en los grupos de costos, estimado en costos por TEU, debe ser analizado.

Para el caso de la inversión, un buque de 18000 TEUs de capacidad tiene un costo de tres veces el costo de un buque de 6200 TEUs, Stopford. Mas aún, asumiendo que existe la tecnología apropiada para construir el buque con todos los requerimientos técnicos necesarios que de acuerdo a un estudio de la universidad de Alabama, 2000, faltan muchos requerimientos técnicos. Por tanto, la economía en el costo del buque decrece con el incremento del tamaño.

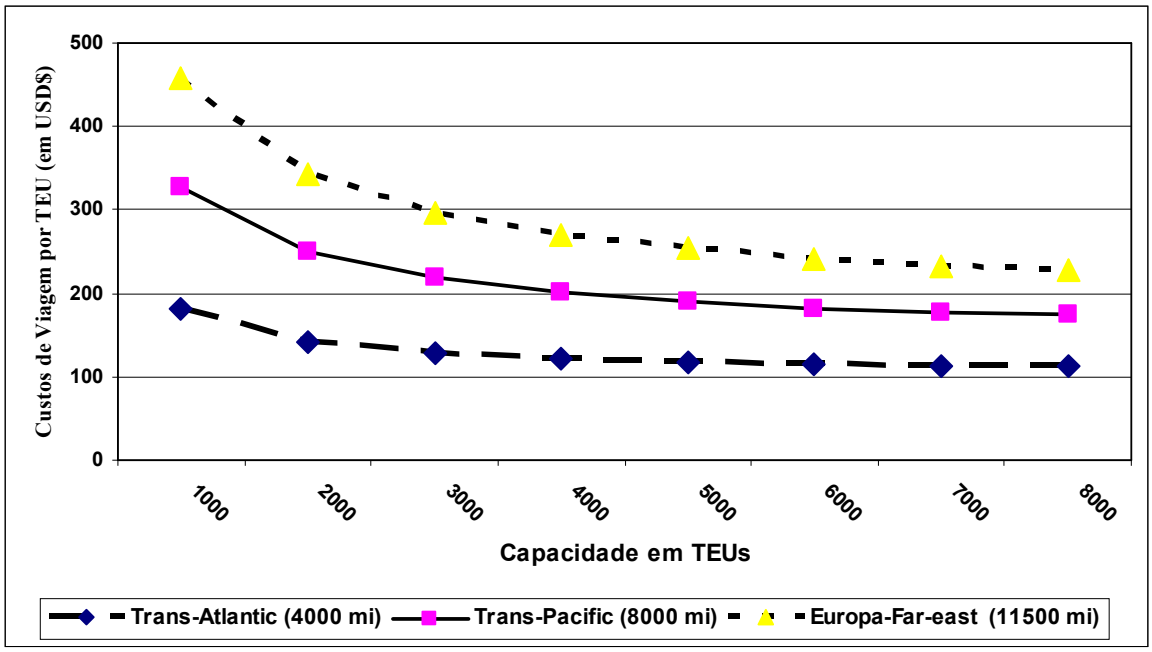
Para el caso de los costos de operación, existe una fuerte economía en lo relativo a salarios, víveres y administración, ya que difícilmente estos costos crecen con el incremento del tamaño del buque, mas los costos de mantenimiento crecen proporcionalmente con el tamaño del buque, y los costos de seguros más todavía.

Con relación a los costos de viaje, los costos de combustible crecen en proporción al porte del buque como mostrado en varios estudios de regresión lineal efectuados. Más, para buques de capacidad mayor a los 8000 TEUs, no existe datos, y por tanto dependerá de la tecnología que pueda ser desarrollada para el efecto. Para viajes en las principales rutas, Culliname & Kahnna 1999, presentan datos de los costos por TEU en función de la capacidad para buques de hasta 8000 TEUs, los cuales son mostrados en la figura 5.1.

Estos resultados sugieren que el desarrollo de estos mega-buques depende en forma crítica de las distancias de viaje. Cuando comparamos el servicio ofrecido por estos buques con el servicio ofrecido por pequeños buques, hay que resaltar una desventaja de los grandes, que es como reducir la frecuencia si no existe un gran incremento en la demanda, Van der Jagt, 2003, ya que de ser mantenida su capacidad seria subutilizada incrementando los costos operacionales por contenedor cargado.

Según Stopford, 2002, en buques de 4000 TEUs existe un ahorro del 7% con relación al uso de buques de 2000 TEUs en los costos por TEU en un viaje en la ruta Atlántica, y un 4% adicional si se usan buques de 6000 TEUs. Mas para alcanzar otro 4% adicional de ahorro se necesita de un buque de 18000 TEUs, lo cual no es la economía de escala supuesta en los mega-buques.

Figura 5.1 Relación Paramétrica entre Economía de Escala y Longitud de la Ruta



Fuente: Culliname & Khanna, 2000.

Para el caso de los contenedores, el factor de congestionamiento en puertos, carreteras, etc, podría incrementar este rubro. Los costos en los terminales podrían ser incrementados en función de los requerimientos de buques alimentadores, costos de dragado del canal de navegación y número de movimientos por contenedor, el cual sería incrementado.

En los costos de transporte interno no existe economías de escala, más la probabilidad de incremento en los costos logísticos totales por problemas de mayor congestión en las redes de acceso al puerto. En los costos administrativos podría existir alguna economía en virtud del número de contenedores a administrar por período.

La revolución logística que actualmente se presenta, hace pensar que los futuros cambios en los sistemas de transporte serán logísticos basados en el constante desarrollo de la tecnología de información, con servicio continuo y mejorado, en la que la frecuencia y flexibilidad del servicio de transporte serán asuntos estratégicos.

6. PROCESO DE SELECCIÓN DEL PUERTO

En términos de volumen, en la actualidad aproximadamente un 95% del comercio internacional mundial es manipulado a través de los puertos marítimos. Por lo tanto, el impacto socio económico de estos puertos debe representar el bienestar económico tanto local como nacional. El incremento de la participación privada es encontrado en los puertos de casi todos los países, Heaver, 1995. Heaver et al, 2001, cuestionan si estas empresas deberían maximizar las actividades con valor agregado dentro del perímetro portuario y si la comunidad debería proveer fondos para soportar las inversiones portuarias o si estas inversiones deberían proveer una fuente de renta a la comunidad local.

Esta parte se presenta un proceso sistemático de selección que considera los asuntos más importantes de las operaciones portuarias ya considerados en la literatura revisada para la selección de un puerto concentrador.

Aquí se describe el proceso y la metodología para seleccionar un centro de carga, para buques porta contenedores, entre los puertos brasileros en la costa este de América del Sur, considerando los factores técnicos e económicos que influencian las operaciones de los puertos, enfatizando los factores de mayor inversión y mayor efecto sobre el medio ambiente en virtud del impacto de las infra-estructuras y de la influencia de las operaciones portuarias.

6.1 Estructura del Proceso

El proceso de evaluación y selección del puerto concentrador tiene varias metas, las cuales incluyen, primero, el establecimiento de una base teórica – practica, y luego la relevancia y accesibilidad del método. Esta visión teórica y pragmática se basa en que en el desarrollo portuario el sólo pragmatismo es útil, más no ofrece una estructura consistente, Bomba & Harrison 2000, por lo cuál la inclusión de la teoría del material investigado usando información relevante, crea una herramienta que puede formar un criterio razonable y proveer un procedimiento metodológico que pueda ser considerado como justo por las partes involucradas, entendiendo como las partes involucradas a los operadores portuarios, representantes del puerto, expedidores, representantes de agencias relacionadas, técnicos encargados de la planificación de los puertos, locales y del DOT representando los intereses de los diferentes sectores de la población, ya que en definitiva quien paga los costos de la infra-estructura es el gobierno, ya sea este local o nacional, con los dineros recaudados de los impuestos gravados al pueblo.

Para Bomba & Harrison, 2000, un proceso de selección de un puerto concentrador envuelve cinco mayores asuntos:

1. Considerar los puertos que realmente sean competitivos para ser considerados como candidatos a centro de carga para los mega-buques.
2. Definir los parámetros que deben ser considerados en el proceso y cual seria la interrelación entre ellos.
3. Cuales serian los criterios que definen los parámetros de la matriz.
4. Como estos criterios serian cuantificados dentro de los parámetros y evaluados.
5. Cual seria el peso de cada parámetro de la matriz ya que la importancia de cada uno es relativa y difiere mucho entre los puertos.

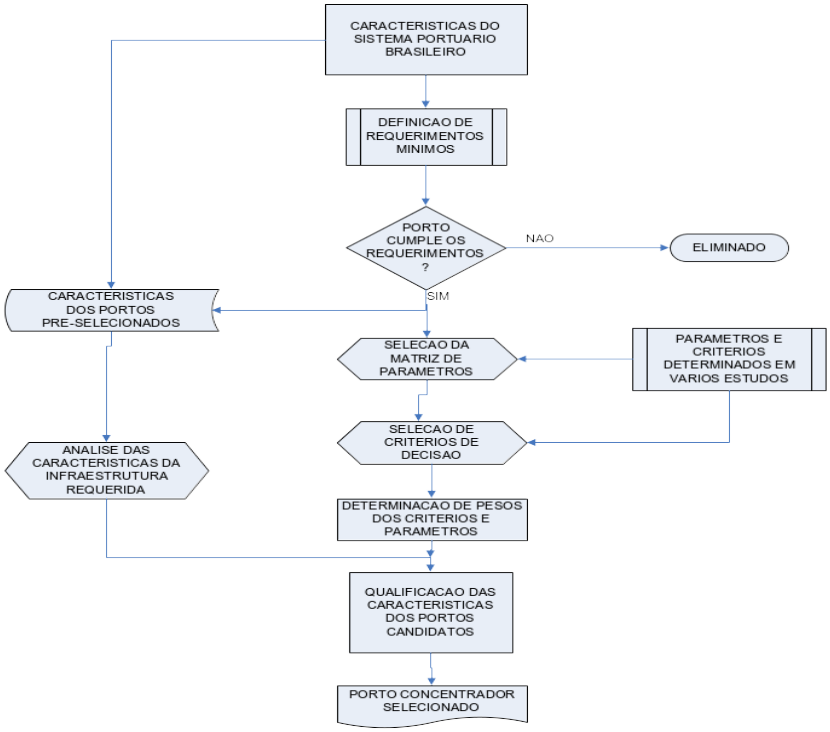
La estructura del proceso para seleccionar un centro de carga es ilustrada en la figura 6.1.

El proceso enfoca construir una matriz de selección en un proceso de evaluación fácil de entender, donde la peculiaridad del proceso es la determinación de los pesos en proporción a los parámetros y criterios que envuelven los costos de construcción y de mantenimiento de la infra-estructura de acceso terrestre y del canal de navegación, ya que son estos los puntos físicamente más críticos, para el caso del canal de navegación el mayormente influenciado por la naturaleza y para el caso del acceso terrestre el de mayor impacto socio económico. Estos a su vez influencian en mayor grado el medio ambiente y por tanto la calidad de vida dentro de la región.

Además, el hecho de que los puertos y los sistemas portuarios son dinámicos en el tiempo y en el espacio, Notteboom & Rodrigue, 2005, es un factor limitante muy importante en la toma de decisiones en el proceso de expansión portuaria, ya que se puede presentar una fase de desconcentración portuaria debido al desarrollo portuario periférico, Hayuth 1981,

lo cual induce a la deseconomía de escala en algunos centros de carga, por falta de espacio para expansión, antepaís limitado o accesibilidad a la región interior, Notteboom 1996. Entiéndase por sistema portuario un grupo de puertos compartiendo características geográficas similares, por ejemplo: situados a lo largo de una misma línea costera, bahía o en alguna magnitud sirviendo regiones interiores traslapadas.

Figura 6.1 Estructura del Proceso de Selección



La identificación de un puerto particular para el servicio como centro de carga es al final de cuentas, decisión de los transportistas globales, quienes determinan, si las operaciones en un determinado puerto son factibles y lucrativos, mas la decisión de invertir en infra-estructura que brinde un servicio adecuado de conexiones internas al puerto no depende de ellos, lo cual de hecho es un factor extremamente importante en la decisión de los transportistas, quienes actualmente no solo están inclinados a seleccionar un puerto concentrador con un gran mercado interno, como buscando características que permitan el normal desarrollo de sus actividades, llegando este concepto al punto de actualmente buscar puertos de transferencias “offshore”, Notteboom & Rodrigue, 2005.

La planificación de la expansión de un puerto afecta la infra-estructura terrestre apropiada y financiada por el estado, aquí los técnicos representantes de los organismos a cargo de la planificación del transporte, juegan un papel importante a fin de encontrar la demanda esperada en la red de transporte terrestre originada por las operaciones portuarias, más debe ser sin perjuicio del nivel de servicio mínimo a ser ofrecido y sin afectar la calidad de vida de los habitantes de la región lo cual es mas crítico en zonas urbanas.

La metodología empleada usa un sistema de evaluación antes usada por Bomba y Harrison, 2000, para la selección de un puerto concentrador en el Golfo de México, pero adaptada a las características y condiciones socio-económicas y requerimientos de un país en vías de desarrollo.

6.2 El Metodo Heuristico

Inicialmente el proceso prevé seleccionar los puertos con requerimientos mínimos para ser un puerto concentrador, para eso usa un método heurístico que elimina los puertos menos competitivos disminuyendo de esta forma el número de candidatos iniciales. Un método heurístico puede ser denominado cualquier principio o concepto que contribuya a la reducción del tiempo medio de investigación por una solución, Ballou 2001. No obstante, los métodos heurísticos no garantizan el encuentro de una solución óptima.

El método esta basado en una matriz preliminar cuantificada, donde los puertos candidatos son evaluados usando una serie de criterios que reflejan las características mínimas que debe tener un mega-puerto. Este Método es también conocido como de muerte súbita. La ventaja de este método heurístico es que en un punto del proceso, sin esta consideración, un puerto no competitivo podría ser seleccionado como la mejor alternativa en función de otras consideraciones. La tabla 6.1 presenta la matriz preliminar usada, indicando las características mínimas que debe tener un puerto candidato a puerto concentrador.

Tabla 6.1 Matriz Preliminar

	CRITÉRIO PRELIMINAR	RESPOSTA		PONTUAÇÃO
1	Profundidade Existente do Canal >= 35 pés.	Sim	Nao	S=1, N=0
2	Largura Existente do Canal >= 800 pés.	Sim	Nao	S=1, N=0
3	Rede de estradas existente - Via expresa de acesso controlado, perto e conectada a uma estrada inter-estatal.	Sim	Nao	S=1, N=0
4	Conexoes Multidirecionais - Conexoes perto, a estradas inter-estatais Norte-Sul e Leste-Oeste.	Sim	Nao	S=1, N=0
5	Patio ferroviario existente.	Sim	Nao	S=1, N=0
6	Mais de uma companhia ferroviaria brindando servico.	Sim	Nao	S=1, N=0
7	Facilidades em operacoes de Container existente	Sim	Nao	S=1, N=0
8	Congestao ferroviaria existente	Sim	Nao	S=0, N=1
9	Congestao rodoviaria existente	Sim	Nao	S=0, N=1
10	Existe area de terra disponivel para expansao?	Sim	Nao	S=1, N=0

Las características del sistema portuario fueron colectadas en febrero del 2004 de las informaciones de los puertos contenidas en los portales electrónicos, los requerimientos mínimos fueron estimados de la literatura especializada en construcción de estructuras marítimas como especificada en la sección 2, y tomando la media de los valores colectados de los puertos del sistema, para el caso en que no hubiera una recomendación técnica para un elemento especifico. Los limites críticos para la puntuación fueron definidos en función de algunas características. Por ejemplo, la media de la profundidad de los canales de navegación fue 10,67 mts, aproximadamente 35 pies, lo cual fue determinado como valor mínimo requerido para aprobar el pase a candidato a puerto concentrador.

6.3 Matriz de los Parámetros

El siguiente paso especificado en la estructura del proceso es la selección y evaluación de los parámetros. Una matriz de esta naturaleza típicamente consiste de varios parámetros referente a los mayores asuntos que rodean el proyecto. La inclusión de estos parámetros produce el estrechamiento de alternativas lo cual dirige a la selección de la solución óptima del problema, Bomba & Harrison 2000. Estos parámetros están basados en las restricciones y requerimientos que debe cumplir un puerto concentrador.

Como antes definido, en la localización de un mega-puerto é importante incluir algunos parámetros como los requerimientos de infra-estructura, demanda de los mercados y accesos terrestres, impacto ambiental y asuntos financieros. Estos ya fueron tratados anteriormente, aquí solo se especifican las consideraciones usadas en el proceso de selección, las cuales sirvieron para la determinación de los pesos en la calificación.

Infra-estructura. Examina la existencia de un nivel mínimo de infra-estructura necesaria para ser mega-puerto para contenedores, incluye los accesos marítimos y las facilidades del puerto. Compara la infra-estructura existente en cada puerto del sistema. La infraestructura regulada por la naturaleza es de mayor importancia.

***Mercados y Conectividad*.** Considera la localización de un puerto con relación a los mercados principales, tanto locales como regionales, y sus características poblacionales. No obstante el punto principal esta centrado en sus facilidades de conectividad y servicios intermodales que posee.

Asuntos de Impacto Ambiental. La extensión de los elementos del canal requiere de dragado, que significan altos costos en trabajos para el mantenimiento y la consideración de las regulaciones existentes sobre el medio ambiente envolviendo la disposición de residuos, lo cual es crítico cuando está contaminado. El mejoramiento de la infra-estructura portuaria a fin de incrementar su productividad crea impactos sobre los ambientes natural y humano. Este parámetro considera las consecuencias de la implementación del proyecto sobre el medio ambiente, por lo cual el puerto con menor impacto ambiental negativo será considerado el más conveniente.

Asuntos Financieros. Las medidas de la capacidad del puerto para soportar los gastos que significa ser un centro de carga para mega-buques es un punto crítico de consideración. Aquí ha sido considerado que todos los puertos podrían tener soporte local y del gobierno, dado que existen beneficios económicos locales y regionales. El objetivo es financiar al puerto con menores problemas de acceso, conectividad e impacto ambiental.

6.3.1 Sensibilidad de la matriz.- Ahora es preciso determinar como los parámetros conformando la matriz de selección están interrelacionados, para lo cual es necesario crear una medida de mérito o unidad de medida, para evaluar las características de los puertos candidatos finalistas. Este sistema cuantifica cada parámetro en forma tal que genera la alternativa de efectuar un análisis de sensibilidad, lo cual permite que cada parámetro asuma una gama de valores de importancia en relación a los otros parámetros, con el fin de determinar si la matriz de selección produce resultados consistentes.

6.4 Determinación de los Criterios de Selección

Ahora es necesario decidir cuales criterios deberían ser incluidos en cada parámetro. Los criterios que serán incluidos en la matriz de selección se basan en una revisión de la literatura existente sobre selección de centros de carga o puertos concentradores. Los autores que han trabajado con este tema, coinciden en los criterios usados, mas difieren en los pesos usados en función del objetivo del trabajo. Bomba e Harrison, 2000, especifican que inicialmente el gobierno y las instituciones privadas identificaron los problemas existentes de infra-estructura, y luego analizan la demanda y los factores geográficos de centralidad e intermediación en la red de transporte, aquí es usado principalmente la metodología usada por ellos, mas adaptando criterios usados por otros autores.

Song & Yeo, 2004, analizaron la competitividad de los puertos del sistema portuario de la China, desde la perspectiva de un particular observando el sistema usando un Proceso Jerárquico Analítico y conduciendo una investigación que los llevó a determinar 73

elementos y/o factores para la competitividad de los puertos. Linrn et al, 2004, aplicaron el Proceso Jerárquico Analítico para la selección de un puerto de trasbordo en la perspectiva de los transportadores globales usando 4 parámetros principales y 48 criterios en los que están incluidos factores como tamaño del "hinterland", intensidad de integración, volumen de carga, efecto de generación de carga, y otros factores no considerados en este trabajo. Otros trabajos sobre la selección de puertos concentradores que fueron usados para reforzar la selección de elementos básicos para determinar los criterios de selección como Baird, 2000 y Lirn et al, 2004. Los parámetros principales y criterios seleccionados para cada parámetro incluidos en la matriz de selección son presentados en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Parámetros y Criterios Usados en la Matriz

1. ACESSOS MARITIMOS	2. OPERAÇOES PORTUARIAS	3. ACESSOS AO PORTO	5. IMPACTO AMBIENTAL
CANAL DE NAVEGAÇÃO	FACILIDADES DE CONTÊINERES	RODOVIÁRIO	ECOLOGICOS
Comprimento - km.	Armazenagem	Estrada de acesso controlado	Existem especies em perigo na area do porto.
Profundidade - mts.	Área Futura Expansão	Numero de Faixas	Existe vegetacao e fauna terrestre ou aquatica na area do porto?
Largura - mts	GUINDASTES	FERROVIÁRIO	Houve ou há hábitat nao perturbada?
Necessidade de Dragado (L x h)	Post-Panamax - Numero	Serviço dentro do Porto	AIRE E AGUA
Razao de sedimentacao no canal?	Existe PP-para Mega-Navios	Empresas em Serviço	Existe presenca de residuos oleosos?
A capa rochosa encontrasse a quantos mts. de profundidade?	CONGESTÃO NOS BERÇOS	CONGESTÃO FORA DO PORTO	Existem projetos de protecao ambiental?
ÁREA DE MANOBRAS	Equipamento de Movimentação	Tem área urbana ao redor do porto?	DRAGAGEM E ZONA COSTEIRA
Diâmetro Área Giro de Navios - mts.	Área / berço / navio	Tem acesso direto a estradas de acesso controlado?	Tem sitio aprovado para depositar material da gragagem?
ÁREA DOS BERÇOS	Área atrás dos Guindastes	Tempo de viagem para os caminhões deixar área urbana	Existe presenca de contaminantes na material da dragagem?
Comprimento - mts	Linha de Ferro nos Berços	Tempo de viagem para os trens deixar área urbana	Tem plano de expansao consistente com a Administracao da Zona Costeira?
Largura - mts	CONGESTÃO NO PORTO	Cruzamentos do trem a nível?	HUMANO
Profundidade - mts.	Tempo Médio E/S Caminhões	Altura mínima de pontes e estruturas ao longo linha férrea	Quanta populacao num raio de 1 km.?
4. FATORES DE LOCACAO	Tempo Médio E/S Trens	FLUVIAL	Numero de Escolas e Hospitais ao redor do porto.
MERCADOS PROXIMOS	4. FATORES DE LOCACAO(Cont..)	Acesso ao interior pelo Rio	Existe reclamacoes por ruido?
Cidades dentro de raio de 80 km.	MERCADOS ESTATAIS E NACIONAIS	% caixas usando este modal	Há lugares arqueologicos ou historicos terrestres ou sumersos, porto e canal?
Populacoes das cidades	Tempo de Viagem ao centro c/u		
Tempo de Viagem ao centro c/u			

6.5 Método de Ponderación

Una vez definidos los parámetros y los criterios de selección, se torna necesario encontrar una forma de cuantificación de la información a ser evaluada, para esto fue usada una comparación de cuentas discretas, medidas y respuestas si/no y estimados subjetivos de impacto. En esta parte son comparadas las alternativas de selección, una contra todas, en la cual la de menor costo de mejoramiento de la infra-estructura y menor requerimiento de sumisión a las reglamentaciones recibe una mejor evaluación. Aquí las evaluaciones alternativas son agrupadas en tres categorías: Bueno, Medio y Pobre.

La ponderación de la matriz de selección es jerárquica en la que cada parámetro recibe un porcentaje de la puntuación total y en la que cada uno de los sub.-componentes de los parámetros y/o criterios definidos representa un porcentaje del parámetro. En el proceso de ponderación se considera el hecho de que la técnica empleada envuelve factores tales como la objetividad de la ponderación, en la que la cuantificación podría disminuir la polémica. La complejidad matemática envuelta puede variar desde un simple cálculo hasta el uso de herramientas complejas, como paquetes de computación especiales. Entre os métodos mas usados tenemos el Método Delphi, la metodología Q, y el Proceso Jerárquico Analítico.

En virtud de que ya existen autores que tienen definido los elementos que pueden constituir la matriz de selección y han definido valores de ponderación de estos factores aplicados al caso específico de los puertos, aquí han sido adoptados esos rangos de valores ponderados

ya considerados en otros estudios. Aquí se atribuyó una mayor calificación a aquellos parámetros correspondientes a la infra-estructura física natural, por ser naturalmente limitados, en la que un cambio en su actual configuración demanda de grandes y continuas inversiones y causa un gran impacto ambiental. La distribución de la puntuación fue establecida para los siguientes parámetros: Accesos Marítimos, Operaciones Portuarias, Accesos Terrestres, Factores de Localización e Impacto Ambiental

La puntuación para los parámetros y criterios de la infra-estructura existente, fue hecha en base a las consideraciones anotadas en la sección de infra-estructura, y los requerimientos para atender un mega-buque. La tabla 6.3 muestra los valores limitantes usados para cada criterio considerado en este estudio.

Tabla 6.3 Matriz de Ponderación de Criterios

PARAMETROS Criterios	Puntuacion de Criterios Pobre=2	 Medio=3	 Bueno=4
CANAL DE NAVEGACIÓN			
longitud (km)	> 24	12 a 24	< 12
Profundidade (mts)	> 13,1	13,1 a 14,6	> 14,6
Ancho (mts)	>160	160 a 200	> 200
Necessidad de dragado (mts)	> 1,5	0 a 1,5	0
Razón de sedimentación	Alto	Medio	Bajo
Capa rochosa (mts)	< 15,5	15,5 a 20	> 20
ÁREA DE MANIOBRAS			
Diametro de Área de Giro	< 250	250 a 350	> 350
MUELLES			
longitud (mts)	< 600	600 a 1000	> 1000

Para el canal de navegación, la profundidad mínima para permitir la entrada de un buque de 3000 TEUs a plena carga, es de 13,1 metros, por lo cual se uso este valor como la profundidad mínima para la condición de servicio pobre. Como la profundidad requerida para la entrada de un buque de 5000 TEUs cargado al 100% es de 14,6 metros, este valor se consideró como el valor mínimo para a condición de buen servicio. En caso de necesidad de dragado, el límite de los 14,6 metros fue usado para considerar un buen servicio, y un pobre servicio en caso de precisar más 1,5 metros de dragado. Este dato fue tomado de los dragados aprobados en los USA para la mayoría de sus puertos.

Con relación al ancho del canal, se consideró en 5 veces la manga de un buque Panamax como una condición pobre de servicio, y la de un buque Post-Panamax como el límite mínimo para un buen servicio. Para las áreas de maniobras y longitud de los muelles se usaron las recomendaciones anteriormente dadas por los especialistas en la sección de infra-estructura. Esto se aplicó al sistema portuario brasilero con la finalidad de determinar el puerto idóneo para transformarse en puerto concentrador a menor costo y con mayor retorno social, desde el punto de vista de inversión y desarrollo económico.

7. SELECCIÓN DEL PUERTO CONCENTRADOR

Aquí solamente ha sido considerado el sistema portuario brasilero considerando que en esta región se manipula el mayor porcentaje de contenedores, además de ser un proyecto a ser financiado por este país y por tanto el mayor beneficio debe ser para este país, abarca un número de características que beneficiarían el desarrollo económico de varias regiones.

Inicialmente fueron escogidos los siguientes puertos como candidatos: Itajaí, Paranaguá, Río Grande, Santos, San Francisco y Sepetiba. Estos puertos fueron seleccionados en virtud de su localización, de sus capacidades para manipulación de contenedores, y de las

características generales para recibir grandes navíos. A fin de hacer una preselección de los puertos con mejores características para ser un puerto concentrador, se aplicó lo descrito en la metodología, conformando una matriz heurística con las respuestas a los criterios preliminares que corresponden a las características de cada puerto candidato y que fueran evaluadas de acuerdo a los criterios de la matriz heurística establecida en la tabla 7.1.

Tabla 7.1. Matriz Heurística

	CRITÉRIO PRELIMINAR	Pontuação	Sepetiba	Santos	Paranagua	Rio Grande	Itajai	Sao Franc.
1	Profundidade Existente do Canal >= 35 pés.	S=1, N=0	1	1	1	0	0	0
2	Largura Existente do Canal >= 800 pés.	S=1, N=0	1	0	0	0	1	0
3	Rede de estradas existente - Via expresa de acesso controlado, perto e conectada a uma estrada inter-estatal.	S=1, N=0	0	0	0	0	0	0
4	Conexoes Multidirecionais - Conexoes perto, a estradas inter-estatais Norte-Sul e Leste-Oeste.	S=1, N=0	1	1	0	1	1	0
5	Patio ferroviario existente.	S=1, N=0	1	1	1	1	0	1
6	Mais de uma companhia ferroviaria brindando servico.	S=1, N=0	0	1	0	0	0	0
7	Facilidades de Container existente.	S=1, N=0	1	1	1	1	1	1
8	Congestao ferroviaria existente.	S=0, N=1	1	1	1	1	0	1
9	Congestao rodoviaria existente.	S=0, N=1	1	0	0	0	0	0
10	Existe area de terra disponivel para expansao?	S=1, N=0	1	1	1	1	1	1

Las informaciones usadas en esta evaluación preliminar fueron obtenidas de publicaciones de los puertos y de las páginas de Internet que poseen los puertos y de informaciones en la página del Ministerio de Transporte sobre las facilidades de acceso a los puertos. En la tabla 7.1 puede ser observado que en función de los criterios preliminares evaluados, fueron escogidos el puerto de Sepetiba con 80% de los puntos y el puerto de Santos con el 70% de los puntos. Los demás puertos apenas acumularan un 40 a 50% de las puntuaciones totales, por lo cual no califican para candidatos a mega-puerto.

Ahora entramos a considerar la matriz de selección del puerto concentrador que incluye los parámetros seleccionados y los criterios de evaluación considerados como los más adecuados y transparentes en esta selección. Aquí son considerados los puertos de Sepetiba y Santos, los cuales serán sujeto de análisis mas profunda. Como explicado en la sección anterior, la ponderación usada en este estudio ha sido basada en los factores usados en otros estudios, más aplicados a las condiciones y requerimientos sociales existentes en los países Latinos Americanos. Los criterios usados para los parámetros establecidos fueron presentados en la sección anterior, y los valores ponderados usados para cada criterio fueron estimados para cada parámetro, así como los pesos usados para los criterios del parámetro de accesos marítimos. La tabla 7.2 contiene los resultados resumidos, obtenidos de la evaluación de Sepetiba y Santos para un rango de valores de los parámetros.

Tabla 7.2 Matriz de Resultados

FATORES	Corrida Primeira			Corrida Segunda			Corrida Terceira			Corrida Quarta		
	Peso	Sepetiba	Santos	Peso	Sepetiba	Santos	Peso	Sepetiba	Santos	Peso	Sepetiba	Santos
1. ACESSOS MARÍTIMOS	0,490	1,354	0,858	0,350	0,967	0,613	0,350	0,967	0,613	0,300	0,829	0,525
2. OPERAÇÕES PORTUÁRIAS	0,160	0,282	0,272	0,200	0,350	0,338	0,250	0,435	0,420	0,250	0,435	0,420
3. ACESSOS AO PORTO	0,200	0,240	0,320	0,150	0,180	0,240	0,200	0,240	0,320	0,200	0,240	0,320
4. FATORES DE LOCAÇÃO	0,040	0,080	0,080	0,050	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,050	0,100	0,100
5. IMPACTO AMBIENTAL	0,110	0,218	0,174	0,250	0,445	0,346	0,100	0,202	0,162	0,200	0,364	0,285
PONTUAÇÃO TOTAL POR PORTO	1,000	2,174	1,704	1,000	2,042	1,636	1,000	2,044	1,715	1,000	1,968	1,650

La tabla ilustra la puntuación total obtenida por los puertos de Santos y Sepetiba, aquí puede verse que la puntuación alcanzada por el puerto de Sepetiba es mayor, en todos los

casos, a la puntuación obtenida por el puerto de Santos. Como puede ser observado, el mayor peso siempre fue atribuido a los parámetros de mayor influencia socio económica.

Esto expresa claramente que cualquier alteración subjetiva de la ponderación no influencia radicalmente en la decisión final. Esto puede ser explicado debido a que en este tipo de análisis los criterios usados en los parámetros de accesos marítimos juegan un papel preponderante, pesando desde el 30% hasta un 49% del total.

8. CONCLUSIONES

Los resultados aquí encontrados son coherentes con el objetivo de construcción del puerto de Sepetiba, el cual fue construido bajo la filosofía de puerto concentrador, de ahí que las características de acceso marítimo son adecuadas para estas operaciones. Aunque el puerto de Santos actualmente cuenta con un hinterland que Sepetiba no tiene, el problema final se basa en la problemática de Competición portuaria como antes definido, para lo cual las autoridades estatales de San Paulo y Río de Janeiro, conjuntamente con las autoridades del gobierno, deberían unir esfuerzos a fin de mejorar la economía regional que va a afectar no solamente a estos dos estados como también a los estados por donde seria concebido el corredor interoceánico, cuyo suceso va a depender del éxito de los puertos que atiendan los mega-buques y de los problemas futuros que puedan aparecer en ellos, los que pueden ser predichos de las características que actualmente poseen y que han sido analizadas aquí.

Además, ambos puertos necesitan de gran infra-estructura para tornarse competitivos como mega-puertos, mas la diferencia es que Sepetiba no encara los problemas naturales en los accesos que tiene el puerto de Santos, lo cual va a reflejarse en los costos de adecuación y mantenimiento, así como de efectos operacionales del canal y de la infra-estructura terrestre que sirve tanto al puerto así como a población circundante, mas los problemas ambientales que normalmente surgen durante y después del dragado.

REFERENCIAS

Baird, A.J, 2000. “Port Privatization: objectives, process and financing”. Ports and Harbors, 45, pp. 14-19.

Ballou Ronald, 2001. “Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organizacao e Logística Empresarial”. 4ª. Ed. Bookman, pp 395.

Beth H, 2000. “The Importance of Value Added Services in Port Marketing”. Ports and Harbours, 45, pp 36-37.

Bomba M & Harrisson R, 2000. “An Identification Process and Evaluation Framework for Texas Gulf Containerports”. Center for Transportation Research – The University of Texas at Austin. Report 1833-2.

Bruun Per, 1989. “Port Engineering”. Volumen 1. Houston: Gulf Publishing Company.

BRS 2003, “Shipping and Shipbuilding Markets: The containership market in 2002”.

Containerization International, 2003, Julio, pp. 73.

Cullinane K.P.B & Khanna, M, 1999. “Economies of scale in large container ships”, Journal. Transport Economics and Policy 33, N° 2, pp.185-208.

Cullinane Kevin & Khanna Mahim, 2000. “Economies of scale in large containerships: Optimal size and geographical implications”, Journal of Transport Geography 8, 181-195.

Fleming Douglas, 1989. “On the Beaten Track: A view of the US West-Coast container port competition”. Maritime Policy and Management, **16**, n° 2, 93-107.

Frias I & Guisan Ma, 2002. “Modernización del Transporte Maritimo Internacional”. Euro-American Association of Economic Development Studies. Working Paper N°57, pp. 1-40.

Goss R O, 1990, “Economic policies and seaports: 1. The Economic Functions of Seaports”. Maritime Policy and Management **17**, N° 3, pp. 207-219.

Harrison R. & Figliozzi M, 2000. “Mega-Containerships and Mega-Countainerports in the Gulf of Mexico: A literature review and annotated bibliography”. Texas DOT. U. of Texas at Austin.

Harrison R. & Figliozzi M, 2001. “Impatcs of Containership Size, Service Routes, and Demand on Texas Gulfs Ports”. Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin.

Hayuth, Y, 1981. “Containerization and the load center concept”. EconomicGeography, 57(2), 160-176.

Heaver T, 1995. “The Implications of Increased Competition for Port Policy and Management”. Maritime Policy & Management, **22**, pp. 125-133.

Heaver T, Meersman H & Van De Voorde E, 2001. “Co-operation and Competition in International Container Transport: Strategies for Ports”. Maritime Policy and Management, Vol. 28, No. 3, pp 293-305.

Hilling David, 1975. Port Specialization and Efficiency: The case of Ghana”. Maritime Policy and Management **3** (1), pp. 13-20.

Horner Mark & O´Kelly Morton, 2001. “Embedding Economies of Scale Concepts for Hub Network Design”. Journal of Transport Geography 9, pp. 255-265.

Hoyle, B. S. and Charlier, J. J., 1995, Inter-port competition in developing countries: an East African case study. *Journal of Transport Geography*, **3, N°** 2, pp. 87-103.

Janelle D & Beuthe M, 1997. “Globalization and Research Issues in Transportation”. Journal of Transport Geography, 5(2), pp 199-206.

Lirn, T C, Thanopoulou H A, Beynon M J & Beresford A K C, 2004. “An application of AHP on transhipment port selection: A global perspective”. Maritime Economics and Logistics 6 (1), pp. 70–91.

Muller Gerhardt, 1999. “Intermodal Freight Transportation”. 4th ed. Washington, D.C.: Eno Transportation Foundation and Intermodal Association of North America.

Notteboom T & Rodrigue J P, 2005. “Port Regionalisation and New Phase in Port development”. Maritime Policy and Management, Vol. 32, 1, pp. 1-22.

Notteboom T., 1997. “Concentration and load centre development in the European container port system”. Journal of Transport Geography, 5 (2), 99-115

O´Kelly Morton, 1998. “A Geographer´s Analysis of Hub and Spoke Networks”. Journal of Transport Geography **6** (3), pp. 171-186.

Quinn Alonso de F, 1982. “ Design of Ports and Marine Structures”.

Slack B, 1993. “Pawns in the Game: Ports in a global transportation system”. Grow and Change, 24, pp 579-588.

Sletmo G, 1999. “Port Life Cycles: Policy and strategies in the global economy”. International Journal of Maritime Economics, 1, pp 11-37.

Song, D, 2003. “Port Co-ompetition in Concept and Practice”. Maritime Policy and Management vol.30, n°1, pp 29-44.

Song Dong-Wook & Yeo KI-Tae, 2004. “A Competitive Analysis of Chinese Container Ports Using the Analytic Hierarchy Process”. Maritime Economics and Logistics **6**, pp. 34-52.

Stopford M, 2002. “Is the Drive For Ever Bigger Containerships Irresistible?”. Lloyds List Shipping Forecasting Conference, http://www.clarksonresearch.com//catalog/ci_2002.pdf.

UNCTAD, 1985. “Port Development: A Handbook for Planners in Developing Countries”. 2nd rev. ed., New York, United Nations.

UNCTAD, 2003. “Review of Maritime Transport”. United Nations. New York and Geneva.

UNCTAD, 2004. “Review of Maritime Transport”. United Nations. New York and Geneva.

Desarrollo de Sistemas de Información Geográfica aplicados a la mejora de la seguridad marítima

Resumen.

La Universidad de Cantabria lidera un proyecto coordinado de investigación, en el que también participan las Universidades de Cádiz y Politécnica de Cataluña. Estas Universidades han ejecutado la primera fase de un proyecto subvencionado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología español, relacionado con la Seguridad Marítima. En esta fase, hemos elaborado bases de datos sobre los accidentes marítimos en las costas españolas, 5600 registros con más de 40 campos por registro, desde 1992 hasta hoy; y sobre el tráfico marítimo, en este segundo caso empleando como fuentes de información los registros de las Autoridades Portuarias y la observación radar directa. Mediante la correlación de las bases de datos elaboradas y otras existentes, se deseamos representar el índice de riesgo marítimo por áreas. Gracias a éste, evaluaremos los riesgos de la navegación, y simularemos soluciones que los reduzcan. De igual manera, hemos desarrollado algoritmos para el cálculo del número y distribución óptima de los recursos de salvamento marítimo o de las ayudas a la navegación. El objetivo final de este proyecto es la realización de un prototipo de Sistema de Información Geográfico útil para la gestión de la seguridad marítima y la lucha contra la contaminación, en tiempo real, tanto en el ámbito portuario como en aguas costeras y alta mar. Este sistema sería capaz de conjugar la experiencia, los datos históricos, con la realidad, que vendría registrada por los datos en tiempo real vía AIS o un sistema similar. Otra funcionalidad del sistema consistiría en la gestión de protocolos y planes de contingencia, para la rápida y eficaz respuesta a los siniestros marítimos. Nuestro deseo es exponer el estado de nuestros trabajos, las metodologías, software desarrollado y algoritmos empleados, y nuestras futuras líneas de investigación.

Autores: Dr. Francisco Correa Ruiz. Profesor Titular. Dept. Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcción Naval. Universidad de Cantabria. c/ Germán Gamazo, 1. ETS de Náutica. 39004 Santander. Cantabria. España. Tel.: +34 942 201330. Correo electrónico: correafj@unican.es

Dr. Javier Sánchez Espeso. Profesor Titular. Dept. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria. Avda. de los Castros, s/n. Santander. Cantabria. España. Tel.: +34 942 201791. Correo electrónico. javier.sanchez@unican.es

Dr. Rafael Ferrer Torio. Catedrático de Universidad. Dept. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria. Avda. de los Castros, s/n. Santander. Cantabria. España. Tel.: +34 942 201795. Correo electrónico. rafael.ferrer@unican.es

Dr. Francisco Sánchez Díaz de la Campa. Profesor Titular. Dept. Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcción Naval. Universidad de Cantabria. c/ Germán Gamazo, 1. ETS de Náutica. 39004 Santander. Cantabria. España. Tel.: +34 942 201333. Correo electrónico: sanchezf@unican.es

Capt. Andrés Ortega Piris. Profesor Asociado. Dept. Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcción Naval. Universidad de Cantabria. c/ Germán Gamazo, 1. ETS de Náutica. 39004 Santander. Cantabria. España. Tel.: +34 942 201350. Correo electrónico: andres.ortega@unican.es

D. Vicente Bayarri. Becario y doctorando. Dept. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria. Avda. de los Castros, s/n. Santander. Cantabria. España. Tel.: +34 942 201795. Correo electrónico.

Introducción.

Las Universidades españolas han manifestado en multitud de ocasiones su preocupación por la Seguridad Marítima. En el año 2003, por primera vez, la Seguridad Marítima apareció como una prioridad en los programas nacionales españoles de investigación, fruto de este programa, tres de las siete Universidades españolas con Escuelas de Náutica, junto con el Área de Conocimiento de Ingeniería Geográfica de la Universidad de Cantabria, están desarrollando un Sistema de Información Geográfica que deseamos ayude en la gestión de la Seguridad Marítima y la lucha contra la contaminación. Este sistema se presume que permitirá facilitar el análisis de las causas de los accidentes marítimos mediante su correlación con variables espaciales, temporales, atmosféricas y, por supuesto, con los modelos de tráfico. También, entendemos que la representación de modelos en el SIG facilitará el análisis de consecuencias de los accidentes marítimos y, a partir de este conocimiento, se aborda el cálculo de la distribución óptima de los recursos de salvamento y lucha contra la contaminación que favorezcan la disminución de los daños a las personas, el medio ambiente, los buques y sus cargas.

En resumen, estos investigadores sostienen que los SIGs son una herramienta esencial para la gestión, en tiempo real, de la Seguridad Marítima frente a las costas.

En esta comunicación, deseamos exponer la metodología de trabajo que hemos desarrollado y las dificultades que hemos encontrado.

Objetivos.

El objetivo fundamental del proyecto que estos investigadores están ejecutando es el de cuantificar los riesgos de la navegación marítima en las aguas de responsabilidad SAR españolas, en base al empleo de modelos multi-variable.

Los objetivos específicos planteados son:

- Conocer y representar la distribución espacio-temporal de los accidentes marítimos en las costas españolas. Conocer el tipo de buques que sufren los accidentes, diferenciar las clases de accidentes, sus causas y sus consecuencias.
- Conocer y representar el modelo de tráfico marítimo, general y particular para las diferentes áreas.
- Correlacionar el modelo de tráfico con el de accidentes, deducir el índice de riesgo por áreas.

- Establecer las bases para un análisis sencillo y metodológico de las causas y las consecuencias de los accidentes.

De esta manera, el esquema de trabajo es fácilmente deducible:

- Elaboración de una base de datos sobre los accidentes marítimos y su representación.
- Elaboración de una base de datos sobre el tráfico marítimo de los buques mercantes en las costas españolas y representación del mismo.
- Realización de observaciones radar de las áreas más conflictivas.
- Tratamiento de los datos obtenidos y desarrollo de los indicadores de correlación.

Elaboración y representación del modelo de accidentes.

Fuentes.

Actualmente, tenemos elaborada una base de datos que comprende todos los accidentes marítimos ocurridos en las aguas de responsabilidad SAR españolas desde enero de 1992 hasta diciembre de 2003. La base de datos es fruto de un importante trabajo en el cual se ha:

- Recopilado la información existente, en soporte papel.
- Revisado más de 100.000 documentos, más de 6000 expedientes.
- Obtenido 5600 registros válidos.

El trabajo ha sido realizado por un equipo de cuatro personas trabajando durante 9 meses. La Dirección General de la Marina Mercante ha sido nuestra fuente de información, en concreto los expedientes sobre los accidentes marítimos que ésta elabora. Estos expedientes son fruto de la investigación in situ de los mismos y suelen englobar:

- El informe del Centro Coordinador de la Emergencia.
- Informe realizado por la capitanía marítima, que a su vez puede contener:
    - Copia de los certificados del buque
    - Copia de las protestas de mar
    - Declaraciones ante los tribunales de los capitanes y otros miembros de las tripulaciones de los buques implicados.
    - Reportajes fotográficos
    - Informe de emisión de EPIRB.

- Informes de peritos independientes.

El comienzo de la lectura de los informes en el año 1992 fue debido al deseo de poseer un histórico superior a 10 años y porque, en este año, comenzó a operar la Sociedad Estatal de Salvamento Marítimo SASEMAR, en virtud de la ley 27/1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante y, como consecuencia, iniciaron su actividad los Centros Coordinadores de Emergencias Marítimas.

Para la elaboración de los formularios con los cuales llevar a cabo la base de datos consultamos y nos guiamos por:

- La Circular 849 del Comité de Seguridad Marítima de la OMI, sobre los informes de siniestros y sucesos marítimos.
- Las circulares COMSAR 22 y 27, para los sistemas de búsqueda y salvamento.
- La base de datos TRANSTAT[1].
- La base datos Lloyd's Casualty[2].

Asimismo, realizamos un muestreo sobre los datos que encontramos en los expedientes de los accidentes, en concreto en la cubierta descriptiva del expediente, la cual se fundamentaba en un formulario elaborado por SASEMAR. En la figura 1 podemos ver la frecuencia en las anotaciones de los datos en los diferentes campos contemplados en la cubierta-resumen del accidente, los colores se corresponden con la siguiente tabla:

Intensidad en la aparición de los datos en la cubierta descriptiva		
	1	**Muy pocas ocasiones o ninguna**
	2	**Pocas veces**
	3	**Aparece en algunas ocasiones**
	4	**Aparece habitualmente**
	5	**Siempre**

Tabla 1. Relacionada con la figura 1 sobre los informes de accidentes.

[1] TRANSTAT. The Intermodal Transportation Data Base. Marine Casualty and Pollution Data Base. Bureau of Transportation. USA 2001.

[2] http://www.lloydscasualty.com/mt/seasearcher/casasrch.jsp

SOCIEDAD ESTATAL DE SALVAMENTO

Y SEGURIDAD MARÍTIMA

CENTRO REGIONAL / LOCAL DE COORDINACIÓN DE SALVAMENTO MARÍTIMO Y LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN MARINA DE ……..

ACCIDENTE

1.- DATOS DEL ACCIDENTE **Cuadrícula** **Afecta a la seguridad marítima ?**

Referencia	**Número**	**Fase de la emergencia**
Tipo de accidente	**Causa del accidente**	
Daños producidos por el buque		
Muertos	**Desaparecidos heridos**	**Rescatados ilesos**
Primera noticia	**Info**	**Teléfono**
Meteo viento	**Mar**	**Visibilidad**
Zona	**Región**	**Latitud Longitud**
Fin emergencia (fecha)	**Fin hora**	**Duración de la emergencia**

2.- CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE

Nombre	**Call Sign**	**Matrícula**
Tipo	**Eslora Manga Puntal TRB**	**Año construcción**
Radiobaliza tipo	**Frecuencia**	
Tripulación	**Nacionalidad**	
Viaje de	**Para**	**Carga**
Armador	**Teléfono**	**Fax Telex**
Domicilio	**Cía. de Seguros**	**Latitud Longitud**
Fin emergencia (fecha)	**Fin hora**	**Duración de la emergencia**

3.- PLAN DE ACTUACIÓN

Actuación	
Medios propios	**Medios colaboradores**

Coordinación local	**Enlace**

Figura 1. Representación de la frecuencia con la que se rellenan los datos.

Metodología, normalización y filtrado.

Teniendo en cuenta los formularios recomendados por la OMI, otras bases de datos y los datos disponibles en los expedientes elaboramos el diseño de la base de datos siguiendo el método normalizado Merise[3].

Definimos cinco grupos de campos (objetos): la identificación del buque, del accidente, su localización, las variables meteorológicas y los recursos de salvamento empleados. Las principales variables registradas, propiedades de los objetos definidos, se pueden leer en la tabla 2.

Grupo	**Campos**
Id buque	**Nombre, año de construcción, Edad, Bandera, gt, Tipo, Cl.mer., Subtipo buque.**
Localización	**Día, Hora, Región, Accidente en…, Lugar, Latitud, Longitud, Signo**
Tipo accidente	**Tipo Accidente, Causa, Daños, Detalle, Buque Apto/ No apto, P. Total, Tipo de fondo, Contaminación, Cantidad, Fallec., Desap., Heridos, Resc.ilesos**
Meteorología	**Viento, Dirección, Mar, Visibilidad**
Tareas recursos SAR	**Act.CNCS, Medios ut., Duración emergencia, n Hel, n Lan., n Re, n Av, n Otro, Rango**

Tabla 2. Grupos y campos de la base de datos sobre accidentes marítimos.

De manera que una vista de las tablas que contienen algunos de los campos anotados es la que observamos en las figuras 2 y 3.

Accidentes_94_03 : Tabla

OBJECTID	NUMERO	NOMBRE	ANO_CONSTR	EDAD	BANDERA	TRB	TIPO	CLASE_MERC	SUB_TIPO_B
4565	5389	Virgen del	1997	6	ES	72	Pesquero		
4566	5390	Ria de Noya	1983	20	ES	2	Pesquero		
4567	5391	Ciudad de A	1979	24	ES	5287	Mercante		
4568	5392	Scooby	1996	7	ES	1	Otros		
4569	5393	Nalima	1974	29	GB	69	Yate		
4570	5394	Yifa 4		0	BZ	98	Pesquero		
4571	5395	Submarina I	1959	44	ES	266	Otros		
4572	5396	Virgen de a	1955	48	ES	3	Otros		
4573	5397	Pilar Dos	1994	9	ES	3	Otros		
4574	5398	Carmen del	1970	33	ES	4274	Mercante	Pass./Ferry	

Registro: 4566 de 4593

Figura 2. Representación de los campos relacionados con el buque.

[3] AFNOR, norma Z67-101. Recomendaciones para la gestión de proyectos informáticos.

Accidentes_94_03 : Tabla

DIA	HORA	REGION	ACCIDENTE_EN	LUGAR	LATITUD	LONGITUD	SIGNO	TIPO_ACCID	CAUSA
27-11-2003	14.10	Cataluna	Aguas coste		41.26	2.27	E	Otros	s/d
28-11-2003	11.13	Galicia	Aguas coste		42.76	-8.95	W	Otros	Mal tiempo
28-11-2003	11.50	Andalucia	Puerto. Atr	Muelle Juan	36.17	-5.38	W	Fuego y exp	Proyeccione
29-11-2003	18.14	Andalucia	Aguas coste		35.91	-5.25	W	Otros	s/d
02-12-2003	09.45	Andalucia	Aguas coste		36.7	-3.73	W	Fuego y exp	s/d
04-12-2003	12.00	Canarias	Puerto. Atr	Muelle Rein	28.13	-15.4	W	Fuego y exp	s/d
04-12-2003	16.10	Galicia	Aguas coste		43.55	-7.03	W	Varada	s/d
04-12-2003	16.30	Andalucia	Puerto. Atr	Puerto de T	36	-5.6	W	Otros	Mal tiempo
07-12-2003	12.30	Cataluna	Aguas coste		41.83	3.1	E	Varada	s/d
09-12-2003	19.00	Valencia	Puerto. Man	Puerto de D	38.78	0.19	E	Choque	s/d

Registro: 4566 de 4593

Figura 3. Representación de los campos relacionados con la localización del accidente.

El contenido de cada uno de los campos fue perfectamente definido, de manera que se facilitase un posterior proceso de filtrado y normalización. En muchos de los campos, ej. "Región" ó "Tipo de accidente", se emplearon listas de valores, con la finalidad de evitar errores.

Destacar que en los años 1992 y 1993 más del 50% de los registros resultaron ser no válidos, debido a la escasez de campos que contenían datos y, fundamentalmente, a la falta de geo-referenciación. Consecuentemente, el análisis de se ha centrado en dos quinquenios, los comprendidos entre 1994-1998 y 1999-2003.

Geo-referenciación.

Con relación a la geo-referenciación, se ha realizado la mejor de las posibles:

- bien proporcionada por los recursos de salvamento y anotada en el impreso expuesto en páginas anteriores
- ó bien deducida de anotaciones relacionadas, como demoras y/o distancias a lugares o referenciadas a los propios lugares (playas, radas, bajos…). Con relación a esta segunda se empleó la cartografía náutica digital Navi-Sailor 3000 de Transas Ltd, para la asignación de coordenadas.

Cartografía y reticulado.

La metodología del proyecto ha consistido en disponer de una cuadrícula de diferente tamaño según su proximidad a la costa con información asociada sobre los accidentes.

Los pasos seguidos se pueden resumir del siguiente modo:

- Extracción de la cartografía base: se ha dispuesto de la cartografía a escala 1/2.000.000 del IGN (Instituto Geográfico Nacional) español en el huso 30 y de la cartografía a escala 1/1.000.000 del IHM (Instituto Hidrográfico de la Marina) Para la representación de los datos, se ha elegido un sistema de coordenadas geográficas, empleando el elipsoide WGS84.

- Creación de la cuadrícula: los antecedentes en esta metodología analítica lo podemos encontrar en Whalley[4], y más recientemente en el informe MEHRA[5] (7,5x4 millas náuticas) y las cuadrículas empleadas por SASEMAR (7,5x5), entre otras. La cuadrícula es esencial tanto para un análisis coherente las causas y consecuencias de los accidentes, que tenga en cuenta la componente espacial. Del análisis de consecuencias se derivará la distribución de los recursos de salvamento y lucha contra la contaminación de acuerdo a criterios de accesibilidad. En la figura, se observa el reticulado empleado para las zonas SAR españolas, las cuales aparecen sombreadas. Las cuadrículas para el análisis, aquí expuestas, están fundamentadas en el informe MEHRA. En este caso, las celdas costeras son de 7,5 millas de mar por 4 de costa, doblando su dimensión a medida que nos alejamos de la franja costera hasta llegar a la celda de alta mar que abarca 60 x 32 millas.

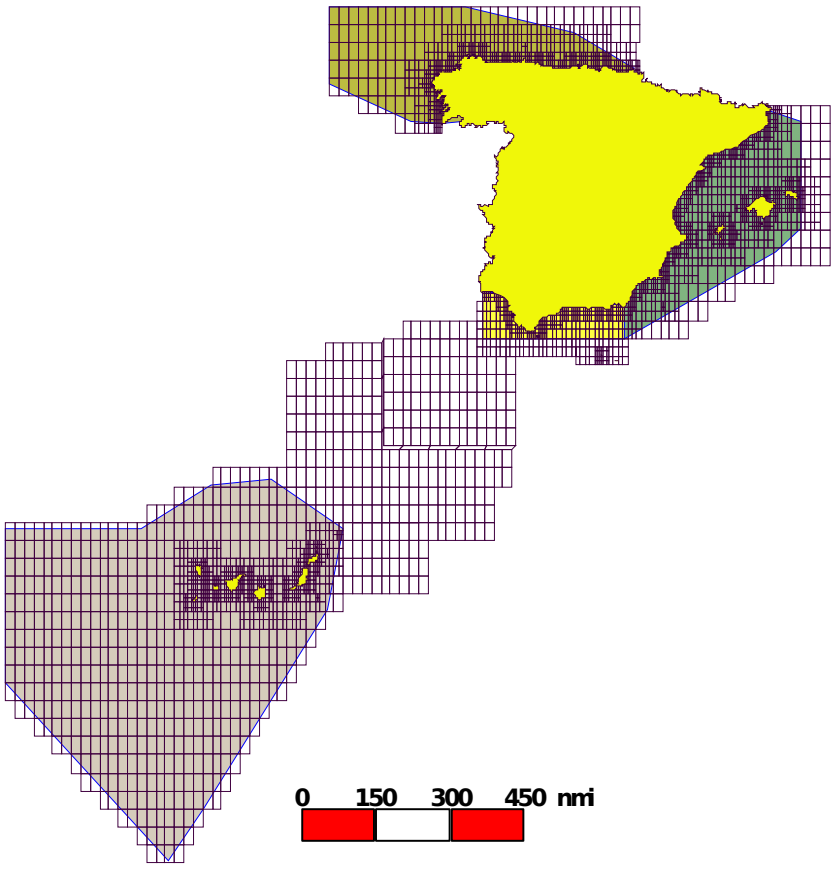


Figura 4. Cuadrículas y zonas SAR españolas.

Representación.

[4] **WHALLEY, T.P.** (1982). **"***Marine Traffic Analysis".* Journal of Navigation. Vol. 35, nº 3. pág. 466.
[5] U.K. Government (Diciembre, 1999). *Identification of Marine Environmental High Risk Areas (MEHRA's) in the UK. Department of the Environment, Transport and the Regions.*

Para la representación de los accidentes hemos empleado un SIG (Sistema de Información Geográfico). En la figura 5, observamos una representación de todos los accidentes acaecidos en el Mediterráneo español entre 1994 y 2003.

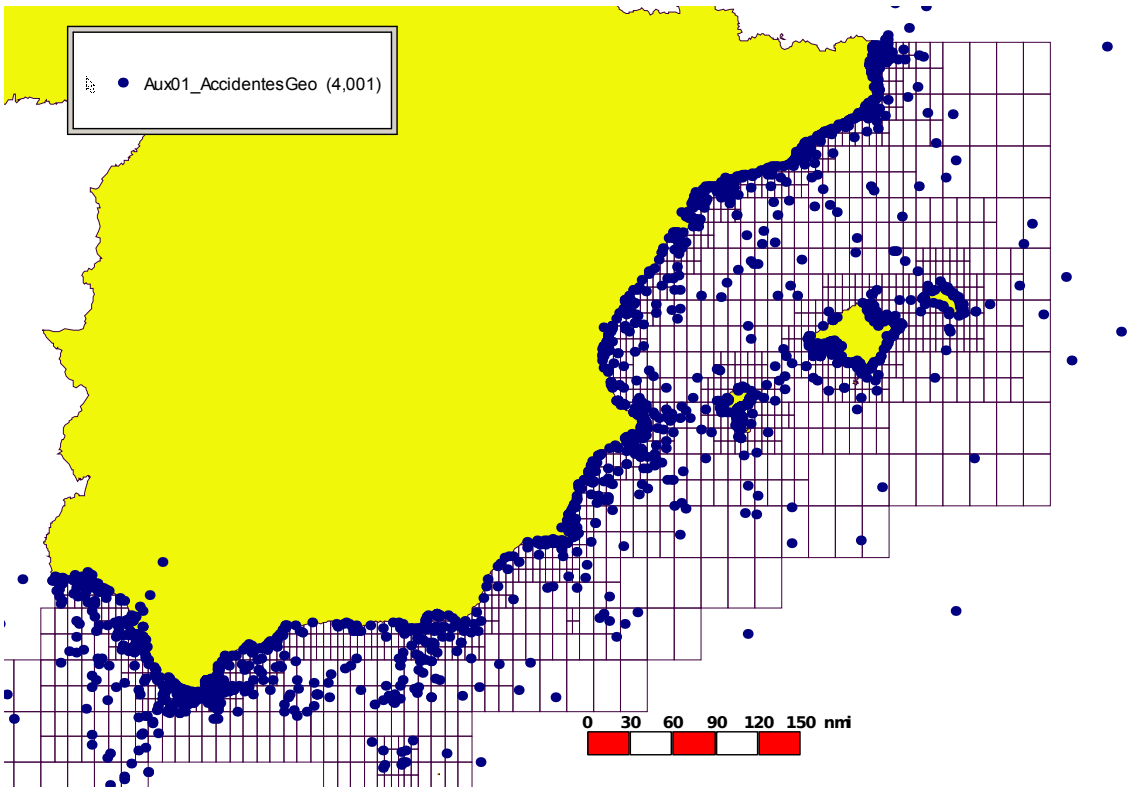


Figura 5. Representación de los accidentes marítimos en el Mediterráneo español.

Mediante filtros, podemos manejar la base de datos de accidentes desde el SIG y representar puntualmente los tipos de buques que tienen los accidentes, qué tipos de accidentes sufren, dónde se localizan las pérdidas de vidas humanas o las contaminaciones de la mar. Además, trabajando sobre el SIG, podemos pedir la información del suceso colocando un puntero sobre el punto seleccionado. Es evidente, la importancia de este tipo de análisis que tiene en cuenta la componente geo-espacial. De esta manera, esta herramienta nos permite realizar geo-estadística descriptiva de los accidentes marítimos. A continuación, exponemos varias figuras con algunos de los filtros empleados y representando los resultados obtenidos.

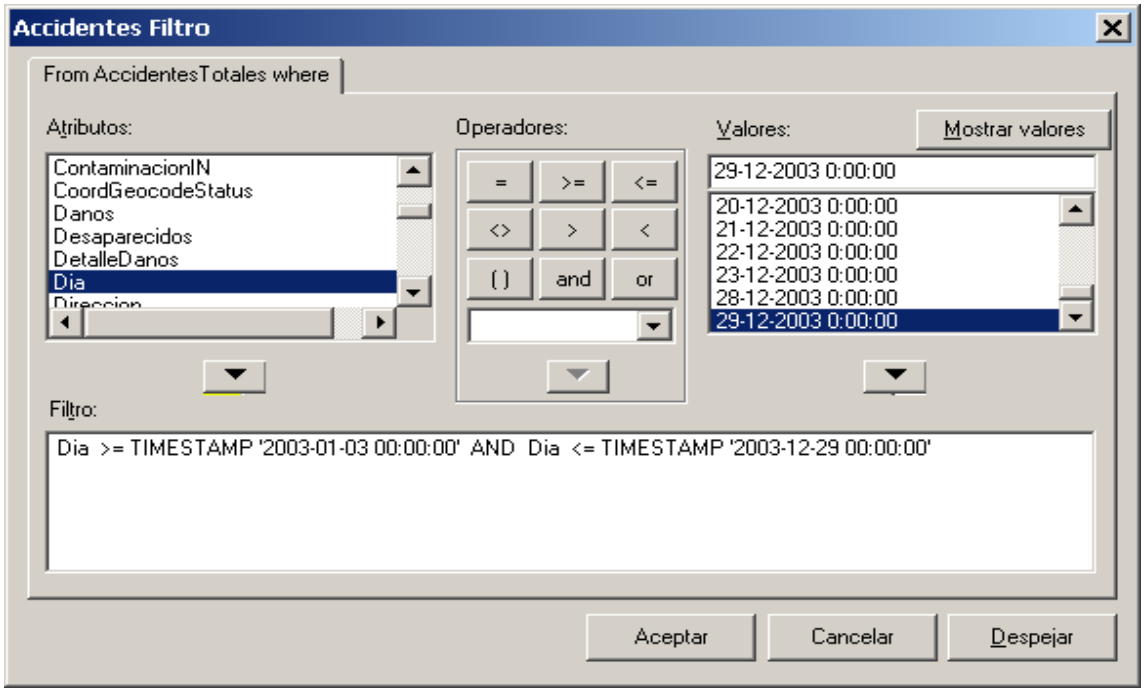


Figura 6. Ejemplo de filtro para la representación de los accidentes acaecidos en el año 2003 y que representamos en la figura 7.

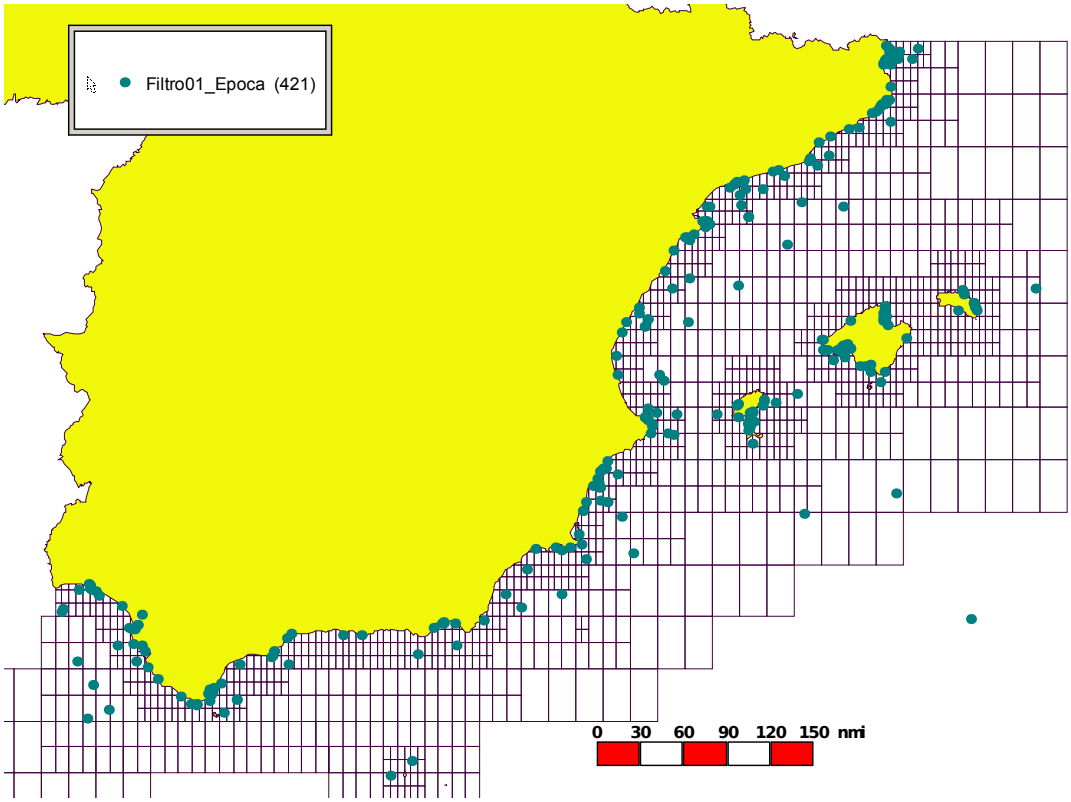


Figura 7. Representación de los accidentes acaecidos en 2003.

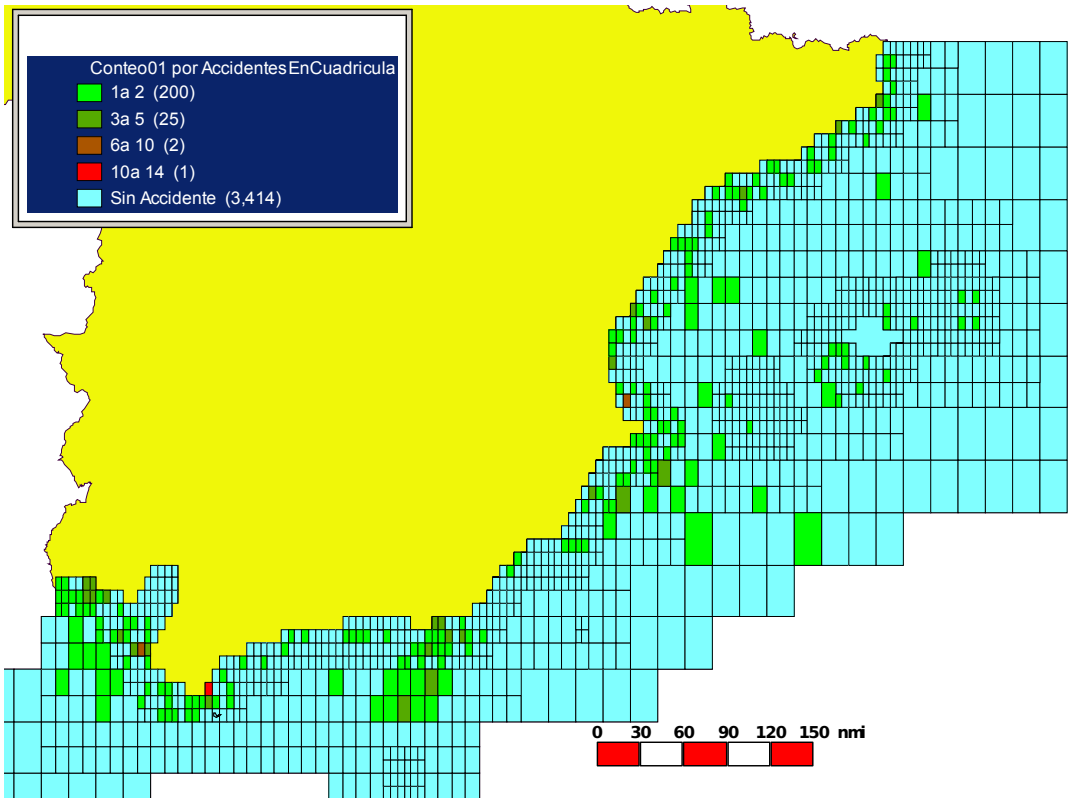


Figura 8. Conteo de accidentes por cuadrícula.

Conclusiones sobre la metodología seguida en los accidentes marítimos.

Actualmente, estamos elaborando una base de datos mucho más completa que la actual para ser rellenada, de manera normalizada y desde su puesto de trabajo, por los investigadores que poseen las capitanías marítimas, mediante formularios sencillos que distingan el tipo de accidente investigado y el tipo de buque que ha sufrido el accidente. De igual manera, estamos realizando trabajos para el análisis de los movimientos y tareas que realizan los recursos de salvamento durante sus actuaciones.

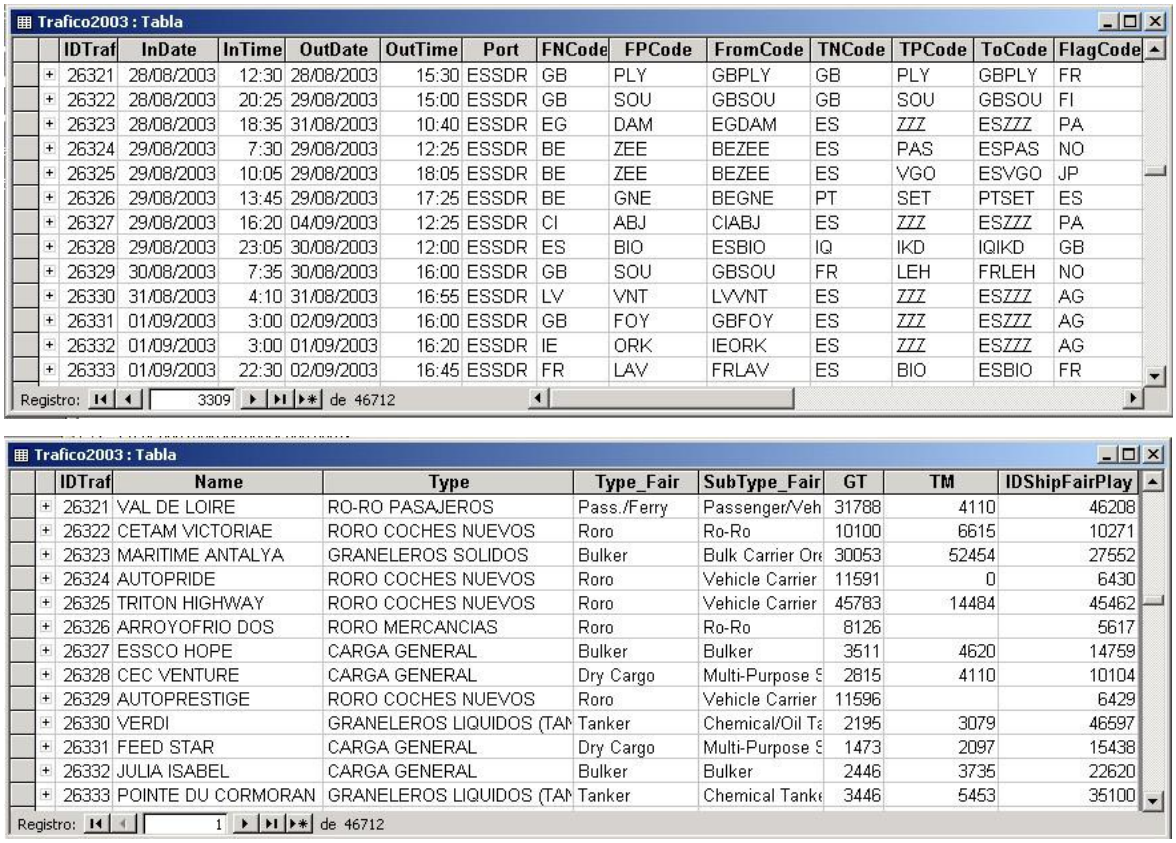
Para tener una buena visión de la realidad es muy importante que se registren todos los accidentes y el mayor número de datos sobre los accidentes marítimos de manera normalizada. Esta es la mejor garantía para el posterior análisis acertado de las causas y consecuencias de estos accidentes.

Volvemos a subrayar la importancia de manejar estas bases de datos con Sistemas de Información Geográfico que facilitan el análisis de los accidentes teniendo en cuenta varios de los factores de riesgo, tales como la localización o la hidrografía.

Medida y representación del modelo de tráfico marítimo de buques mercantes.

Fuentes.

Para la elaboración del modelo general del tráfico de buques mercantes frente a nuestras costas acudimos a las Autoridades Portuarias españolas. De éstas demandamos sus registros de entrada y salida de buques durante los años 2002 y 2003. Datos globales sobre el tráfico marítimo de buques mercantes los podemos encontrar en la página web de Puertos del Estado[6]. Una de las tareas más laboriosa fue la normalización de los datos obtenidos de las diferentes Autoridades Portuarias, en España coexisten 27. En la figura 9 observamos el resultado final de esta normalización, dónde además de un identificador del movimiento, aparecen la fecha y hora de entrada y salida del buque en puerto, el código ISO del puerto, los códigos del país y puerto de origen y destino, el código del país de la bandera del buque, su nombre y tipo según la autoridad portuaria y Fairplay y un identificador que nos permite abundar en las características del buque, mediante la enciclopedia Fairplay[7].



Trafico2003 : Tabla

IDTraf	InDate	InTime	OutDate	OutTime	Port	FNCode	FPCode	FromCode	TNCode	TPCode	ToCode	FlagCode
26321	28/08/2003	12:30	28/08/2003	15:30	ESSDR	GB	PLY	GBPLY	GB	PLY	GBPLY	FR
26322	28/08/2003	20:25	29/08/2003	15:00	ESSDR	GB	SOU	GBSOU	GB	SOU	GBSOU	FI
26323	28/08/2003	18:35	31/08/2003	10:40	ESSDR	EG	DAM	EGDAM	ES	ZZZ	ESZZZ	PA
26324	29/08/2003	7:30	29/08/2003	12:25	ESSDR	BE	ZEE	BEZEE	ES	PAS	ESPAS	NO
26325	29/08/2003	10:05	29/08/2003	18:05	ESSDR	BE	ZEE	BEZEE	ES	VGO	ESVGO	JP
26326	29/08/2003	13:45	29/08/2003	17:25	ESSDR	BE	GNE	BEGNE	PT	SET	PTSET	ES
26327	29/08/2003	16:20	04/09/2003	12:25	ESSDR	CI	ABJ	CIABJ	ES	ZZZ	ESZZZ	PA
26328	29/08/2003	23:05	30/08/2003	12:00	ESSDR	ES	BIO	ESBIO	IQ	IKD	IQIKD	GB
26329	30/08/2003	7:35	30/08/2003	16:00	ESSDR	GB	SOU	GBSOU	FR	LEH	FRLEH	NO
26330	31/08/2003	4:10	31/08/2003	16:55	ESSDR	LV	VNT	LVVNT	ES	ZZZ	ESZZZ	AG
26331	01/09/2003	3:00	02/09/2003	16:00	ESSDR	GB	FOY	GBFOY	ES	ZZZ	ESZZZ	AG
26332	01/09/2003	3:00	01/09/2003	16:20	ESSDR	IE	ORK	IEORK	ES	ZZZ	ESZZZ	AG
26333	01/09/2003	22:30	02/09/2003	16:45	ESSDR	FR	LAV	FRLAV	ES	BIO	ESBIO	FR

Registro: 3309 de 46712

Trafico2003 : Tabla

IDTraf	Name	Type	Type_Fair	SubType_Fair	GT	TM	IDShipFairPlay
26321	VAL DE LOIRE	RO-RO PASAJEROS	Pass./Ferry	Passenger/Veh	31788	4110	46208
26322	CETAM VICTORIAE	RORO COCHES NUEVOS	Roro	Ro-Ro	10100	6615	10271
26323	MARITIME ANTALYA	GRANELEROS SOLIDOS	Bulker	Bulk Carrier Or	30053	52454	27552
26324	AUTOPRIDE	RORO COCHES NUEVOS	Roro	Vehicle Carrier	11591	0	6430
26325	TRITON HIGHWAY	RORO COCHES NUEVOS	Roro	Vehicle Carrier	45783	14484	45462
26326	ARROYOFRIO DOS	RORO MERCANCIAS	Roro	Ro-Ro	8126		5617
26327	ESSCO HOPE	CARGA GENERAL	Bulker	Bulker	3511	4620	14759
26328	CEC VENTURE	CARGA GENERAL	Dry Cargo	Multi-Purpose S	2815	4110	10104
26329	AUTOPRESTIGE	RORO COCHES NUEVOS	Roro	Vehicle Carrier	11596		6429
26330	VERDI	GRANELEROS LIQUIDOS (TAN	Tanker	Chemical/Oil Ta	2195	3079	46597
26331	FEED STAR	CARGA GENERAL	Dry Cargo	Multi-Purpose S	1473	2097	15438
26332	JULIA ISABEL	CARGA GENERAL	Bulker	Bulker	2446	3735	22620
26333	POINTE DU CORMORAN	GRANELEROS LIQUIDOS (TAN	Tanker	Chemical Tanke	3446	5453	35100

Registro: 1 de 46712

Figura 9. Base de datos normalizada del movimiento de buques en puerto.

[6] http://www.puertos.es/index2.jsp?langId=1&catId=1014807580631&pageId=1039433568375

[7] http://www.lrfairplay.com. Lloyd's Register Fairplay. World Shipping Encyclopaedia. July, 2004.

Para completar el modelo de tráfico solicitamos a SASEMAR, sin éxito, los registros del tráfico internacional que navega frente a nuestras costas, sin tocar nuestros puertos, procedentes de las torres de control de tráfico de Finisterre y Tarifa (Estrecho de Gibraltar).

Diseño del modelo de tráfico.

Una vez obtenidos los datos debíamos diseñar un modelo de tráfico lo más sencillo posible pero que representase la realidad del tráfico de la forma más ajustada posible. Nos decantamos por diseñar una red nodal jerárquica, con tres tipos de nodos:

1. Nodos fuente-sumidero, 25 en total, que representan la salida y o entrada de los buques en los diferentes puertos y los empleamos para describir el tráfico local de los mismos.
2. Nodos de enlace costeros, otros 25 nodos, que nos sirven para enlazar las derrotas costeras de los buques.
3. Nodos internacionales, de entrada y salida en la red costera, 16 en total, que nos permiten enlazar el tráfico costero con las principales rutas marítimas.

En total, de las posibles combinaciones de estos nodos resultaron 135 derrotas marítimas de los buques que arriban y/o zarpan de nuestros puertos o bien navegan frente a nuestras costas en tráficos internacionales.

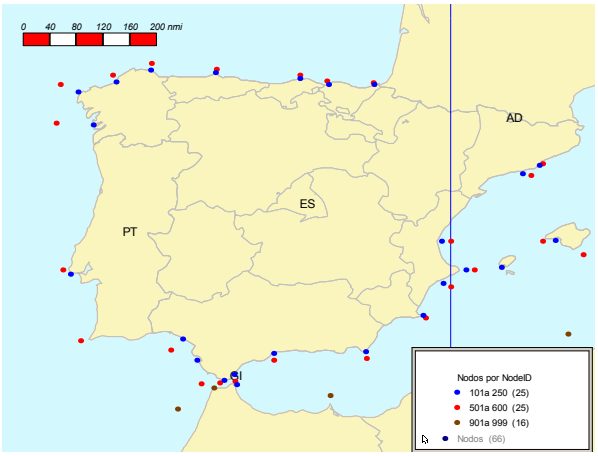


Figura 10. Diseño de la red nodal.

Figura 11. Representación de las derrotas o tramos entre nodos.

De forma sintética, con herramientas SIG se realizan tres tareas:

- Con relación al tráfico, la codificación de puertos a nodos.
- Con respecto a las derrotas, la determinación de todas y cada una de las rutas entre los nodos de la red.

- Y, finalmente, el análisis de las rutas entre nodos, por diversos atributos: tráfico total, tráfico por épocas, por tipo de buque, tamaño, edad, etc.

Indicar que el sistema que hemos diseñado es dinámico, esto es, la aportación de nuevos datos supone nuevos resultados.

En la figura 12, representamos parte de una extensa tabla donde relacionamos cada puerto del mundo, que puede ser bien origen o destino de los buques, con un nodo de nuestra red, donde el buque se incorpora o sale de la malla de derrotas dibujada. Es evidente, que todos los puertos de algunos países están relacionados con un único nodo, por lo cual nos basta con consultar el código del país del puerto de origen y/o destino del buque. Por el contrario, para determinados países, como Francia, Reino Unido, Marruecos, la asignación de nodos a sus puertos ha sido realizada uno por uno.

PortToNode : Tabla

ID	Node	CodeISO	CodeCountry	CodePort	PortName
340	903	GBLDY	GB	LDY	Londonderry
305	903	GBDNU	GB	DNU	Dunoon
336	903	GBLIV	GB	LIV	Liverpool
307	903	GBECS	GB	ECS	Eccles
308	903	GBELL	GB	ELL	Ellesmere Port
309	903	GBFNT	GB	FNT	Finnart
310	903	GBFIS	GB	FIS	Fishguard
311	903	GBFLE	GB	FLE	Fleetwood
299	903	GBCFG	GB	CFG	Carrickfergus
280	903	GBBNG	GB	BNG	Bangor
378	903	GBWPT	GB	WPT	Warrenpoint
272	902	GBJER	GB	JER	
273	902	GBGCI	GB	GCI	
274	903	GBABA	GB	ABA	Aberaeron
275	903	GBAPP	GB	APP	Appledore

Registro: 1 de 1441

Figura 12. Asignación de nodos a los puertos.

Deseamos subrayar la bondad de nuestro diseño frente a los modelos clásicos de representación del tráfico marítimo, los cuales emplean matrices orígenes – destino. En el diseño que explicamos la definición de rutas es relacional y nos permite conocer:

- Los tramos y nodos de cada ruta.
- El orden en que se recorren.

Representación del modelo de tráfico marítimo.

En el SIG podemos preparar prácticamente cualquier tipo de consulta, en el ejemplo de las figuras 13 a 15, representamos el tráfico diario de buques tanque en la época 2003.

El SIG nos realizará los conteos por tramos, tal como podemos ver en la figura 14, el resultado gráfico final lo podemos observar en la figura 15.

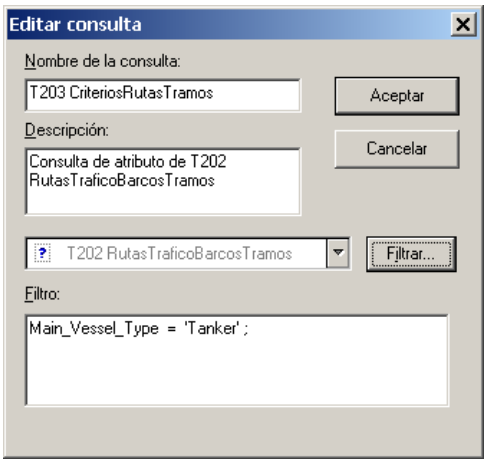


Figura 13. Ejemplo de consulta en el SIG

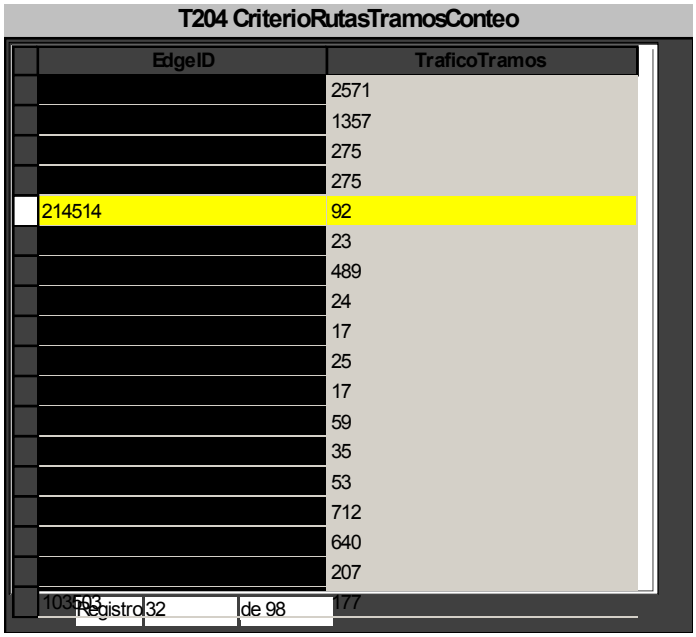


Figura 14. Conteo de buques tanque por tramos.

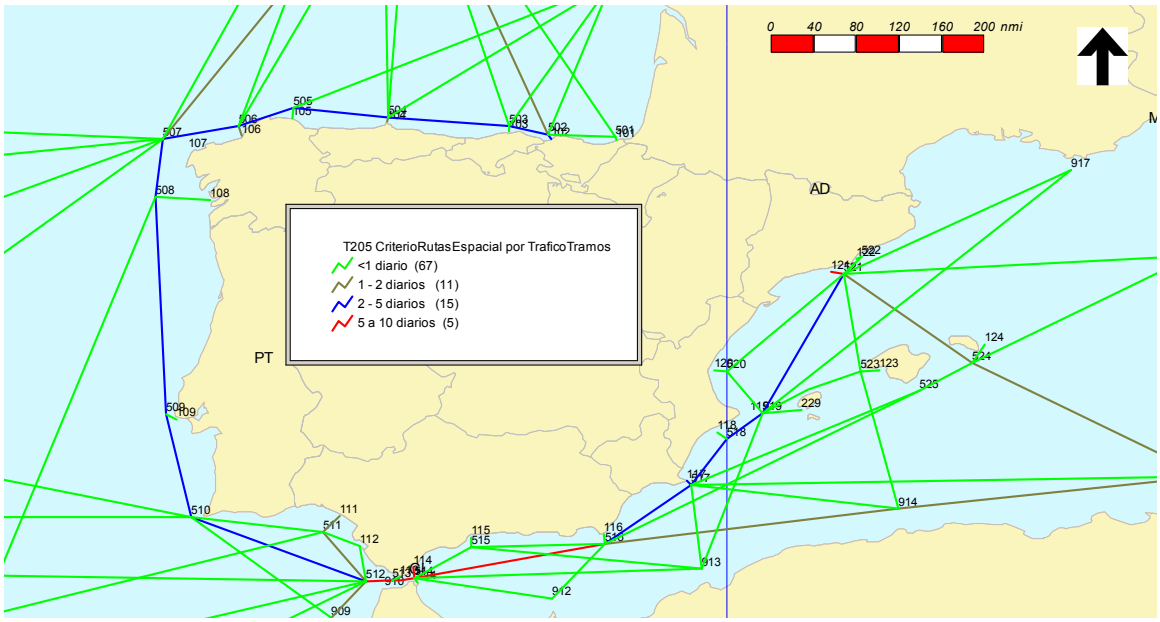


Figura 15. Representación del tráfico de buques tanque frente a las costas españolas.

Conclusiones sobre la metodología seguida en la representación del modelo del tráfico.

La utilidad y versatilidad de este sistema de representación del tráfico marítimo de buques mercantes entendemos que es indudable.

Para que el sistema sea completo y el modelo fiable sería importante que las torres de control de tráfico nos facilitasen sus registros.

En un futuro próximo se podría realizar cualquier tipo de representación en tiempo real gracias al AIS, mucho más allá de las actuales representaciones puntuales que podemos encontrar en la red[8], las cuales tan sólo nos indican el estado del tráfico, en un momento determinado, en el área de influencia del receptor terrestre.

Algunos de los archivos de algunas de las Autoridades Portuarias no los hemos podido añadir a la base de datos del tráfico por falta de alguna de las variables, por ejemplo, los puertos de origen y destino. Nuestro deseo es que existiera un modelo normalizado facilitado por las Autoridades Portuarias diariamente, que no tan sólo nos permitiría ver el histórico del tráfico sino también prever los futuros tráficos, en un horizonte cercano de un día a una semana. El tiempo medio que puede estar un buque en la red, o para el que podríamos tener una predicción meteorológica fiable.

Sería importante conocer también la naturaleza de las cargas que transportan los buques para poder evaluar determinados riesgos de forma fiable, por ejemplo, el riesgo de vertido

[8] http://www.aislive.com

de hidrocarburos en función del número de toneladas de hidrocarburos que pasen por un determinado tramo.

Al sistema diseñado es fácil incorporar bases de datos adicionales, por ejemplo del "París MOU"[9] sobre los buques detenidos por las Autoridades de los diferentes Estados, o encontrados con deficiencias. Sería un elemento valioso a tener en cuenta para la evaluación de determinados riesgos de la navegación marítima frente a las costas.

Medida y representación del modelo general de tráfico marítimo.

El modelo del tráfico estaría incompleto si sólo considerásemos el tráfico de buques mercantes. A éste hay que sumar el tráfico de:

1. Los buques pesqueros. Hoy en día, España tiene una flota censada ligeramente superior a los 16.000 buques[10], está era de 16.700 buques en el año 2000[11].
2. Las embarcaciones de recreo. En España hay matriculadas más de 300.000, las cuales tienen base en puertos españoles, y tienen un índice de crecimiento anual cercano al 8%.
3. Otras embarcaciones, como las auxiliares de los puertos, los remolcadores, dragas, gánguiles, aljibes, embarcaciones de vigilancia, de salvamento, buques de guerra, etc. En España hay censados más de 1.000 buques de más de 100 gt, de estas características[12].

De esta forma, la única manera posible de conocer bien el modelo de tráfico es mediante un seguimiento radar. Para ello, gracias a la colaboración de la Dirección General de Aduanas, equipamos un coche con los elementos de observación necesarios: radar, ordenador para el registro de las imágenes, GPS, radiogoniómetro en banda VHF, VHF, y telescopio. La metodología no podía consistir tan sólo en registrar imágenes radar para su posterior análisis sino también en identificar los diferentes buques y embarcaciones.

Diseñamos una campaña de observaciones que abarcase las principales rutas de la costa española, y procedimos a efectuar registros del tráfico en 8 zonas: Cabo de Gata, Cabo de Palos, Calpe, Sacratif, Guadalmesí, Touriñan. Cabo Peñas, y Castro Urdiales. Registramos

[9] http://www.parismou.org/ParisMOU/Detention+Lists/xp/menu.3974/default.aspx
[10] http://www.mapya.es/pesca/pags/triptico/espanol.pdf
[11] http://www.fao.org/fi/fcp/es/ESP/profile.htm
[12] http://www. mfom.es Subdirección General de Seguridad Marítima y Contaminación. Registro Marítimo Español. Estructura de la flota. Todos los datos que se muestran en la página citada están actualizados al 31 de enero de 2003.

el tráfico que navegaba en un pasillo de 24 millas de ancho, desde la costa. Obtuvimos más de 250 Gb de imágenes, aproximadamente cada imagen tenía 1 Mb, las imágenes del radar eran registradas cada 3 segundos. La observación radar en cada punto fue como mínimo de 24 horas, divididas en diferentes períodos horarios a lo largo de tres o más días, dependiendo de las variables meteorológicas.

La captura y el posterior procesamiento de las imágenes se realizaron con Image Pro Plus.

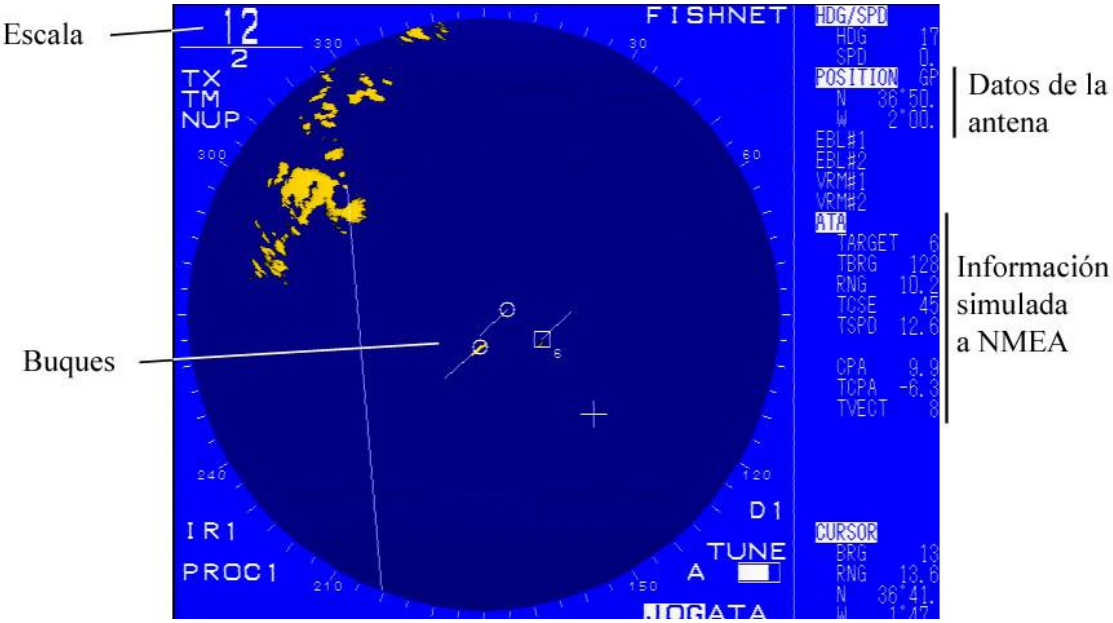
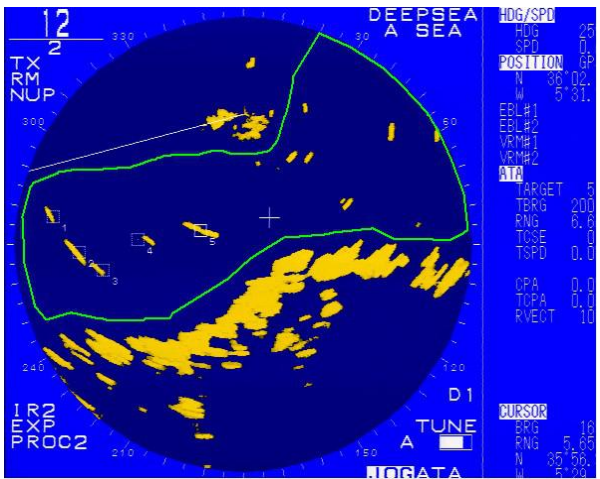


Figura 16. Apariencia de una imagen radar registrada.

La metodología seguida constó de los siguientes pasos:

- Conversión de las imágenes radar en secuencias
- Configuración del correlador para el seguimiento de móviles
- Depuración de las trayectorias trazadas por el correlador.
- Georreferenciación de las trayectorias
- Visualización de las trayectorias.

De esta manera, primero procedimos a convertir las imágenes en secuencias de una hora de observación, con capacidad de animación. Para ello extrajimos una de cada 5 imágenes. En segundo lugar, acotamos el área de trabajo para optimizar los procesos, creando áreas de interés para cada una de las secuencias, tal como observamos en la figura 17.



El elemento diferenciador básico, a la hora de diseñar el seguidor, fue el color, puesto

que los tonos anaranjados representaban a los ecos de los buques. Por supuesto, tuvimos en cuenta un factor de ruido que aparece puntualmente en algunas de las imágenes procesadas.

Figura 17. Selección de áreas de interés.

Además, establecimos la condición general de que la señal devuelta por un buque no debería ser menor a 6 píxeles, situados consecutivamente, estableciendo un área de búsqueda en los 8 píxeles colindantes.

A continuación se procedió a configurar las opciones de seguimiento automático de los móviles, estableciendo los siguientes parámetros:

- Velocidad máxima de un buque (o radio de búsqueda): 10 píxeles por imagen
- Longitud mínima de la trayectoria: 5 píxeles. Es decir, que una trayectoria empieza a tenerse en cuenta cuando se han recorrido 5 píxeles.
- Tipo de movimiento: caótico. Aunque los buques tienen una tendencia a lo largo de las imágenes; su posición en imágenes consecutivas puede considerarse como errática.
- Permitir seguimientos con una longitud mínima de 4 imágenes. Es decir, que las trayectorias estimadas tienen que aparecer en, al menos, 4 imágenes.

Una vez configuradas las opciones se ejecuta el seguimiento automático, el cual mide y superpone todas las imágenes del período de observación, aplicando una LUT (tabla indexada de asignación). Una vez confeccionados los seguimientos, con las condiciones previamente establecidas; se crea una tabla con las coordenadas de cada buque en cada instante.

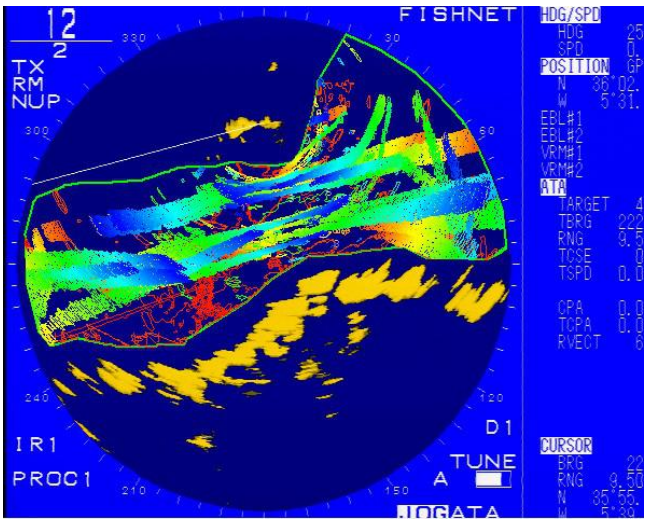


Figura 8: Superposición de imágenes de un período de observación

Una vez exportados los datos de las trayectorias, éstos han sido depurados debido a la existencia de ruidos, por ejemplo debido a las olas.

El siguiente paso ha consistido en geo-referenciar los datos extraídos. Hemos transformado las coordenadas desde un sistema local (x, y) a coordenadas GPS en el elipsoide WGS84.

Para poder realizar la transformación ha sido necesario conocer:

1. Posición media de la antena durante los períodos de observación.
2. Coordenadas de la antena en el sistema local.
3. Factor de escala de la imagen.

Conocidos los datos anteriores, y teniendo en cuenta la precisión de las coordenadas radar, se han estimado las coordenadas GPS del origen del sistema local x e y, a partir de la posición de la antena, y a continuación el factor escalar de los datos.

Las trayectorias han sido representadas superponiendo todas las horas y, finalmente, se han volcado a un SIG.

Sobre estas imágenes hemos medido las siguientes variables: flujo de buques, densidad del tráfico, rumbos a los que se navega, velocidades, distancia de paso entre buques, número de encuentros, ángulo entre los encuentros y, distancia de paso entre los buques y la costa.

Conclusiones sobre la metodología seguida en la representación del modelo general del tráfico.

- Disponer de datos radar más continuos, en tiempo y espacio, lo cual nos permitirá conocer un modelo real del comportamiento del tráfico.
- Debemos optimizar los parámetros de captura de datos RADAR para aumentar el rendimiento.
- La integración de datos AIS es inmediata en el modelo desarrollado.

Estado actual de los trabajos y líneas de investigación abiertas.

Estamos desarrollando modelos probabilísticas de los accidentes, generales y por áreas. Asimismo, estamos intentando correlacionar variables tales como el tipo de buque, su edad, el rumbo al que navega o el flujo del tráfico con los diferentes tipos de accidentes, los modelos que actualmente estamos empleando son de regresión. La validación de los modelos se realizará a partir de los históricos de accidentes y sus condiciones de contorno.

Nuestro objetivo inmediato es tener una visión lo más precisa de la realidad, accidentes marítimos y tráfico que los genera, de manera que podamos inferir modelos matemáticos representativos de ésta, que la expliquen de manera lógica. Es decir, deseamos conocer la forma y ajustar las constantes de nuestras expresiones de regresión. Más adelante, también deberán ser representadas las incertidumbres.

Nuestro deseo es que a partir del modelo de tráfico, existente en un momento determinado, podamos concluir cuales son los riesgos para la navegación y cuales son las consecuencias más probables de éstos.

El siguiente paso será el realizar análisis de causas de los accidentes por áreas, lo que permitirá obtener conclusiones, recomendaciones, incluso normativas, para evitarlos.

El análisis de consecuencias nos permitirá la distribución óptima de los recursos de salvamento y lucha contra la contaminación, mediante modelos matemáticos ya desarrollados por estos autores[13].

Alcanzados estos objetivos, podremos incluso relacionar los índices de riesgo por áreas con mapas de sensibilidad de la costa, con la finalidad de ordenar el tráfico para evitar vertidos en las áreas marítimas más sensibles a éstos o, incluso, conocer cuales pueden ser las mejores zonas de refugio.

De igual manera, podremos y deberemos simular los modelos de tráfico alternativos propuestos, con la finalidad de conocer sus riesgos.

Una vez conocidos perfectamente los riesgos del tráfico marítimo frente a nuestras costas y las probables consecuencias de éstos, será el momento de redactar los planes de contingencia y los protocolos de actuación que permitan la mayor eficacia posible en el salvamento de vidas humanas y bienes y en la lucha contra la contaminación.

Para esta gestión integral de la Seguridad Marítima, nuestro proyecto, a medio plazo, es desarrollar un prototipo de SIG que pueda operar y gestionar todas las variables citadas, en tiempo real y en red.

Conclusiones.

- Se han desarrollado modelos de accidentes, tráfico y comportamiento capaces de evidenciar situaciones actuales.

[13] **CORREA, F.J. et al.** (2002). **"***Proposal of a mathematical model for optimizing resources in marine SAR services".* IAMU 3rd. GENERAL ASSEMBLEY. Maine.

- La correlación geo-estadística de los modelos desarrollados va a permitir:
    - Mejora de la seguridad marítima.
    - Establecer ubicaciones óptimas de los recursos SAR.
    - Simular riesgos y adoptar protocolos de actuación.

Desenvolvimento de Laboratório Experimental de Sistemas de Posicionamento Dinâmico

Glenan Assis do Lago
Vinícius Leite de Morais Véras
Alessandro O. Santos
Hélio Mitio Morishita
Lázaro Moratelli Jr.
Eduardo Aoun Tannuri

Glenan Assis do Lago
Vinícius Leite de Morais Véras
Alessandro O. Santos

Hélio Mitio Morishita
Lázaro Moratelli Jr.
Eduardo Aoun Tannuri

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, nº 2231 – 05508-030 – Cidade Universitária – São Paulo – SP – Brasil
Tel. 55-11-3091-5350 ramal 200 email: vinicius.veras@poli.usp.br

Resumo

Posicionamento Dinâmico consiste em posicionar-se uma embarcação por meio de propulsão ativa, sem a necessidade de âncoras ou amarrações. No Brasil, estes sistemas estão sendo aplicados exaustivamente pela indústria petrolífera, em atividades de prospecção, perfuração, alívio, etc... A análise e projeto dos sistemas de posicionamento dinâmico (SPDs) envolve a utilização de ferramentas computacionais e ensaios laboratoriais. O presente trabalho descreve um laboratório que está sendo desenvolvido para a realização de ensaios acadêmicos de SPDs, permitindo a análise de novas técnicas de controle, sensoriamento, filtragem, etc... O laboratório conta com um modelo em escala reduzida de um petroleiro com 4 propulsores, um sistema eletrônico de controle com comunicação via rádio-frequência e um complexo sistema de medição de posição, baseado em ultra-som e visão computacional.

Abstract

The technique of Dynamic Positioning (DP) consists on keeping the position of a vessel by the use of active thrusters. In Brazil, the offhore oil industry follows the recent tendency of performing several operations aided by DP systems, such as prospection, drilling, offloading and others. Analysis and design of DP systems require several computational tools, as well as towing-tank tests. An academic experimental environment is under development in University of São Paulo, in order to evaluate novel control, filtering and sensing techniques applied to DP systems. This paper presents such laboratory, composed by a reduced model of a DP tanker, an eletronic control system with wireless communication and a position measurenment system based on ultrasonic sensors and computer vision.

1. Introdução

Define-se posicionamento dinâmico como um sistema que controla automaticamente a posição e aproamento de uma embarcação por meio de propulsão ativa (Fossen, 1994). Em linhas gerais, corresponde a um complexo sistema de controle, composto por sensores (GPS, sonar, anemômetros, giroscópios, etc...), atuadores (propulsores e leme) e um processador central responsável pela execução do algoritmo de controle e pela interface com o operador (Figura 1).

Figura 1: Sistema de Posicionamento Dinâmico (adaptado de Simrad, 2002)

A motivação inicial para o desenvolvimento destes sistemas foi relacionada à exploração de petróleo em águas profundas. Plataformas do tipo jaquetas foram empregadas com sucesso para profundidades inferiores à 500m, evoluindo para sistemas amarrados, que apresentam viabilidade técnica e econômica até 1000m de profundidade. A Figura 2 ilustra a evolução tecnológica relacionada ao desenvolvimento dos SPDs.

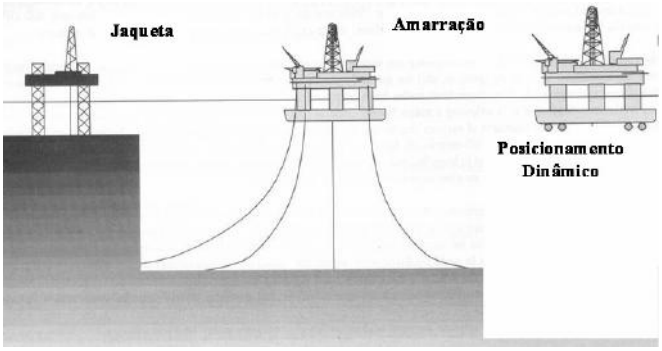


Figura 2: Evolução dos sistemas de exploração de petróleo

Durante a década de 60, desenvolveram-se os primeiros SPDs, que, comparados aos modernos sistemas atuais, eram extremamente simples, com controladores analógicos e sem redundância. Foram, porém, pioneiros nesta nova técnica. As aplicações dos navios posicionados dinamicamente começaram a se diversificar, incluindo, além de perfuração, suporte a mergulho e veículos submarinos, lançamento de dutos e cabos, pesquisa geofísica, etc... Após a década de 70, o posicionamento dinâmico tornou-se uma técnica estabelecida, com aumento consistente em número (em 1980 eram 65; em 1997, alcançaram-se 400 embarcações equipadas) e em diversidade de operações.

O projeto e análise de cada subsistema de um SPD são feitos em várias etapas, utilizando-se diversas ferramentas computacionais, laboratoriais e ensaios em escala real. Por exemplo, a determinação do sistema propulsivo envolve, em geral, três etapas. Inicialmente, utiliza-se um programa de análise estática, para uma pré-avaliação da capacidade dos propulsores em manter o navio na posição desejada, quando sujeito às diversas condições ambientais extremas. Estes possuem modelos simplificados das forças ambientais (ondas, vento e correnteza) e avaliam o empuxo necessário em cada propulsor para compensar estaticamente a força e momento resultante. Com isso, geram-se gráficos de capacidade, como os ilustrados na Figura 3a.

Em seguida, *softwares* de simulação dinâmica são utilizados para verificar oscilações permanentes, movimentos transitórios, acelerações máximas, variações bruscas nos comandos dos propulsores etc... Em geral, tais simuladores possuem complexos modelos dos agentes ambientais, da dinâmica tri-dimensional dos navios e dos propulsores, bem como uma reprodução do algoritmo de controle executado no SPD real. O processador realiza a simulação propriamente dita, utilizando algoritmos de integração numérica como, por exemplo, o método de Runge-Kutta. Finalmente, gráficos, animações e balanços estatísticos com os resultados das simulações são feitos por meio de um pós-processador. A Figura 3b apresenta, como exemplo, o simulador Dynasim (Tannuri et al. 2005).

Detalhes acerca dos modelos utilizados em simuladores de SPD podem ser encontrados no trabalho Veras et al. (2005).

Finalmente, utilizam-se ensaios em tanque de provas (em escala reduzida) para se confirmar os resultados da simulação. Embarcações em escala reduzida (tipicamente em escalas de 1:50 a 1:100) são construídas e colocadas em tanque com geração de ondas, correnteza e vento. Complexos sistemas de instrumentação são utilizados para se medir a posição e as forças envolvidas nos testes, para posterior comparação com as simulações numéricas. A Figura 4 ilustra um ensaio feito em um tanque de provas.

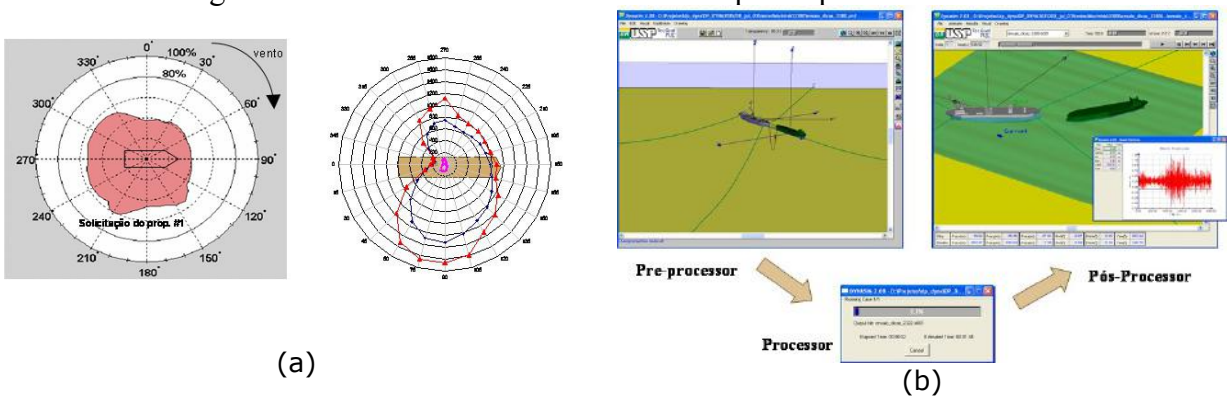


Figura 3: (a) Análise estática de potência; (b) Simulador dinâmico Dynasim, utilizado na análise de SPDs

Figura 4: Dois modelos de embarcações em testes num tanque de provas.

O presente trabalho apresenta um laboratório acadêmico para ensaios de SPDs, que está sendo desenvolvido no Departamento de Engenharia Naval e Oceânica (DENO) da Escola Politécnica da USP. O tanque de provas possui as dimensões apresentadas na Figura 5, e conta com um batedor de ondas. O laboratório contará com um modelo em escala reduzida de um petroleiro dotado de 4 propulsores (Figura 6), sistema de controle via radio-frequência e um sistema de sensoriamento de posição.

No capítulo 2 a seguir, será detalhado o sistema eletrônico de controle implementado. No capítulo 3 e 4, apresentam-se os dois métodos de medição de posição desenvolvidos, baseados em sinais acústicos e em visão computacional. Serão detalhados os algoritmos utilizados na correção e filtragem dos sinais, que se constituíram da etapa mais difícil do desenvolvimento do laboratório. Ao final, no capítulo 5, apresentam-se as conclusões finais.

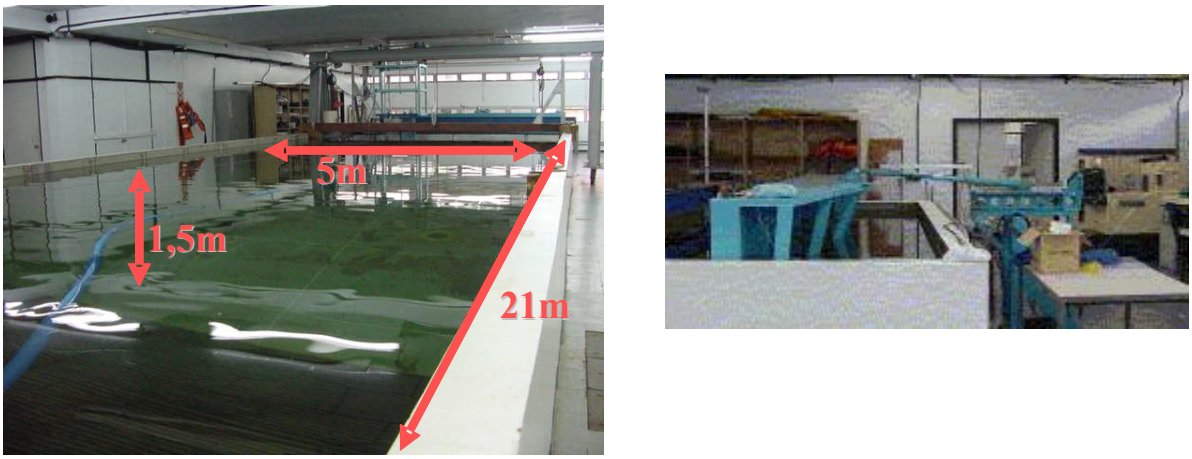


Figura 5: Tanque de provas do DENO e batedor de ondas

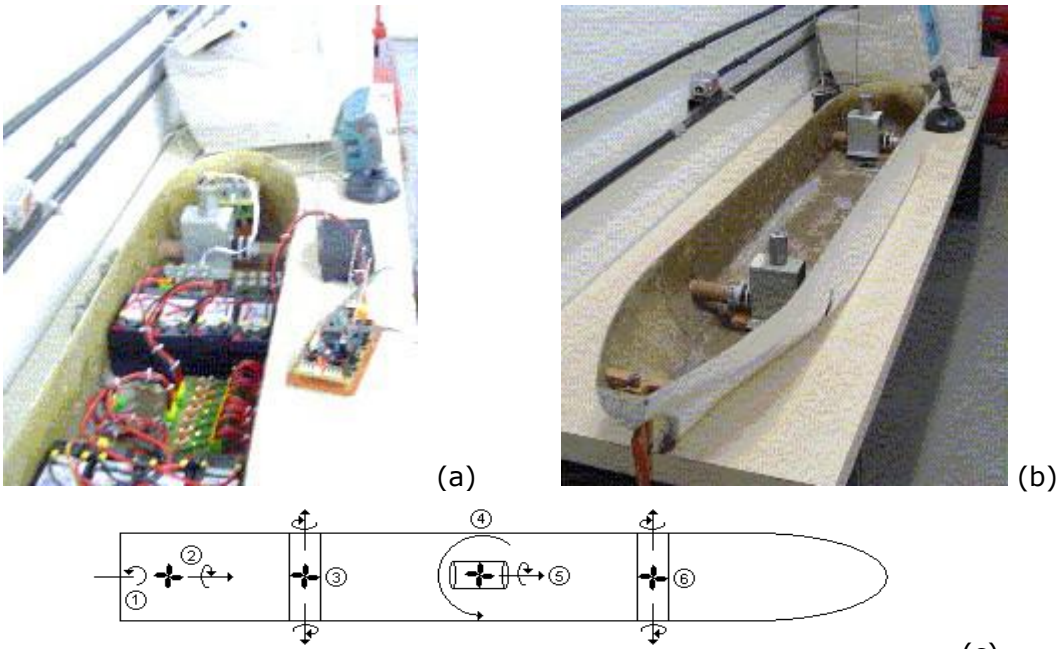


Figura 6: Modelo em escala reduzida de um petroleiro com SPD (a) e (b) fotos do modelo construído; (c) posição dos propulsores.

2. Sistema eletrônico de controle

A figura 7a mostra a arquitetura do sistema de controle e comunicação implementado. A Base em terra (Figura 7b) é o módulo responsável pela comunicação por rádio-frequência com os módulos eletrônicos embarcados no navio, enviando os sinais digitais de controle. Estes compreendem as rotações dos motores dos propulsores e a posição dos motores que controlam o leme e o propulsor azimutal. Além disso, envia um sinal de "beep", ordenando a emissão dos pulsos ultrassônicos utilizados na medição de posição. A Base também recebe os sinais de recepção dos pulsos, provenientes dos sensores acústicos instalados no tanque de provas.

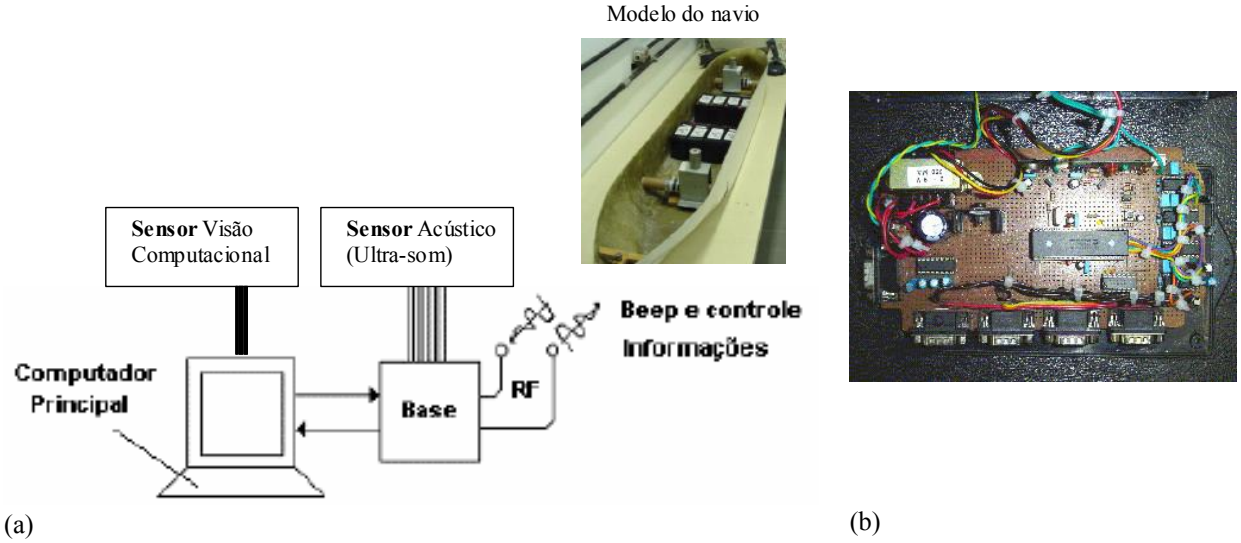


Figura 7: (a) Arquitetura do ambiente de testes; (b) Fotos da placa da Base

O computador executa diversas funções no experimento. A câmera utilizada no sistema de visão computacional envia as imagens ao computador, por meio de uma placa de aquisição de imagens. Um programa (detalhado no capítulo 4) realiza as correções necessárias e estima a posição do modelo dentro do tanque de provas. De forma redundante, esta posição também é estimada por meio do sistema acústico. Para tanto, o computador recebe da Base (via comunicação serial RS232) os sinais de recepção dos pulsos ultrassônicos e, por triangulação, estima a posição do modelo (detalhado no capítulo 3). De posse de uma estimativa da posição do modelo, um algoritmo de controle é executado e calcula os sinais de controle, enviados à base para que sejam transmitidos ao modelo. (Véras et al., 2005)

Os circuitos eletrônicos embarcados no modelo são responsáveis por emitir o pulso ultrassônico e gerenciar o acionamento de todos os motores envolvidos no navio, compreendendo quatro motores DC e dois motores de passo. O diagrama deste módulo é mostrado na Figura 8a. Utilizam-se sete placas de circuito impresso, com uma placa central (Figura 8c), quatro placas de potência para motores DC (Figura 8b) e duas placas de potência para motores de passo.

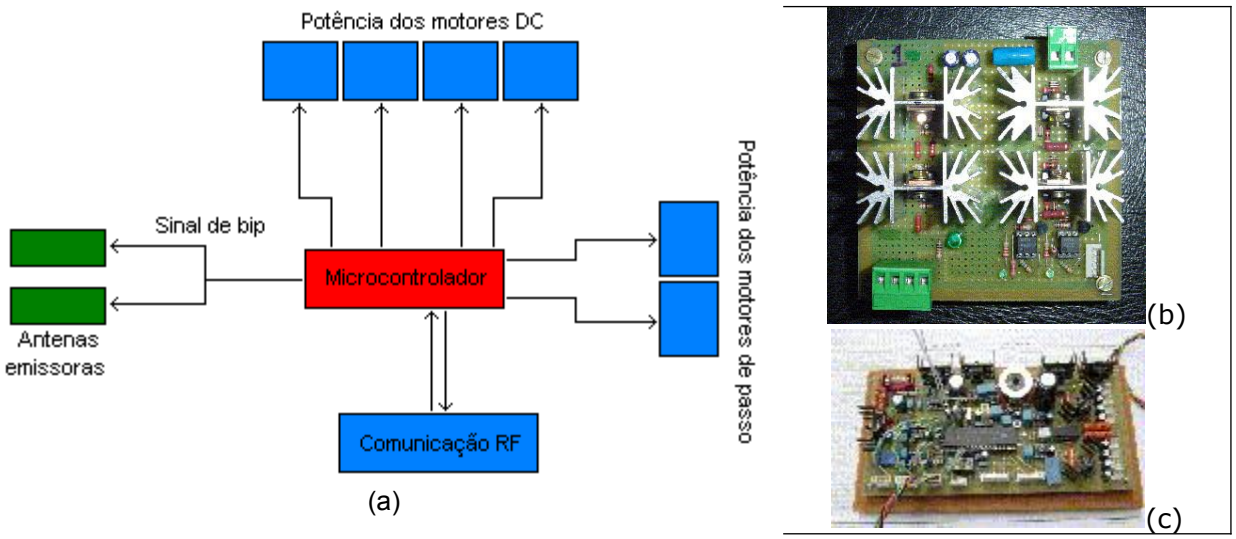


Figura 8: (a) Diagrama da eletrônica embarcada; (b) Placa da DC; (c) Placa central

Um maior detalhamento a respeito do sistema eletrônico de controle pode ser encontrado em Santos et al. (2004).

3. Sensor Acústico de Posição

Como os SPDs reais utilizam medidas de posição redundantes, decidiu-se construir mais de um sensor de posição. Optou-se por construir-se um sistema de sensoriamento por ultra-som baseado nas informações de distância de um mesmo ponto (emissor) a quatro pontos diferentes (receptores) e um baseado em visão computacional, detectando a posição de proa e da popa simultaneamente.

O sistema de medição de posição por ultra-som baseia-se na emissão de um sinal sonoro de curta duração, e na avaliação do tempo de viagem deste sinal no ar. A figura 9 mostra um esquema geral do sistema. O emissor de proa envia um pulso de 25 KHz e o de popa emite um pulso a 40KHz. Esta diferença de freqüências se faz necessária para se distinguir entre popa e proa da embarcação. Com isso, pode-se saber, além da posição no tanque, o ângulo em relação à referência fixa em terra. Cada receptor instalado no tanque de provas possui dois sensores, um detectando o sinal de 25 KHz e outro de 40 KHz.

Um processo de medição é descrito abaixo:

1 – A Base envia um comando diretamente para o navio via rádio freqüência;

2 – A placa central embarcada recebe este sinal e imediatamente envia uma confirmação à Base via RF, e faz com que suas antenas emitam um pulso de curta duração (10 ms);

3 – A Base, ao receber a confirmação, inicia a contagem do tempo;

4 – Os sinais sonoros de 25 KHz e 40 KHz levam um tempo para chegar nos receptores instalados no tanque; este tempo é contado pela Base. Quando os sinais sonoros chegam nos receptores, estes enviam um sinal à Base indicando a chegada do som.

5 – A Base identifica qual receptor recebeu o som e marca o tempo para este. Este procedimento é feito até que todos os sensores tenham recebido o som.

6 – A Base envia os tempos para o computador, que calcula a distância de cada sensor até a proa e até a popa. A distância é calculada pela fórmula: d = Vsom*t. Até o momento não se

sabe a posição do navio no tanque, apenas as distâncias da proa ou popa até os receptores. Um algoritmo de triangulação é executado no computador para se estimar o posicionamento bidimensional da embarcação.

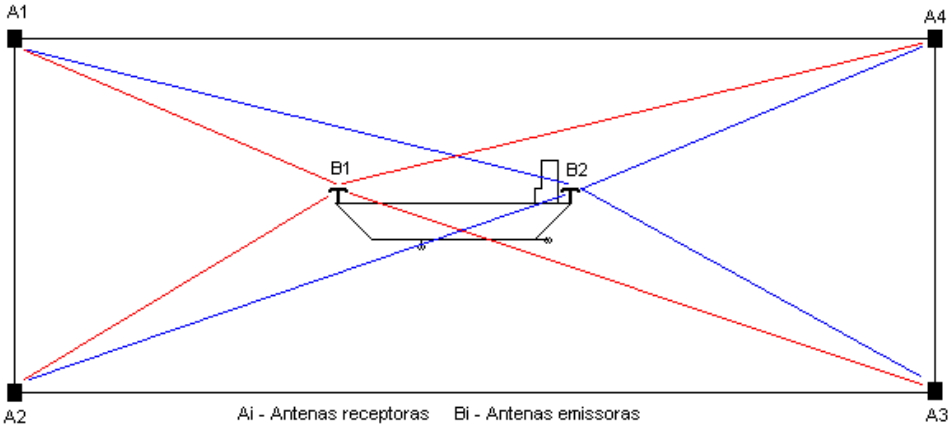
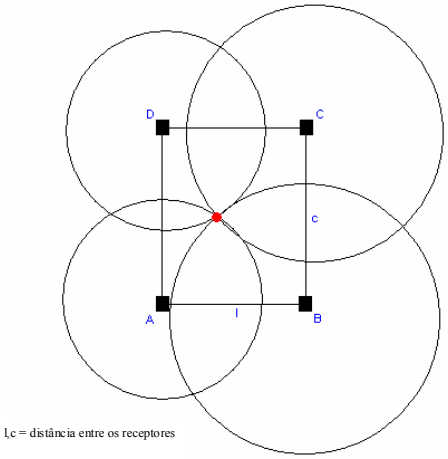


Figura 9: Antenas receptoras instaladas no tanque (A_i). Emissores instalados na proa e popa do navio (B_i)

O cálculo da posição é esquematizado a seguir. Pela Figura 10, que ilustra a detecção de um ponto, a antena receptora "A" é tida como origem do sistema de coordenadas fixo em terra e circunferências são centradas uma em cada receptor. As distâncias obtidas no passo 6 são os raios de cada circunferência. Com isso, basta resolver seis sistemas de equações com duas equações a duas variáveis cada. O exemplo abaixo mostra as equações das circunferências A e B cuja solução é a posição x e y do ponto no tanque. Note que a cada duas equações há uma solução. Como as medidas não são exatas, as várias soluções serão compostas (média aritmética, por exemplo) para se obter uma solução final. No Apêndice 1, dois algoritmos completos para a solução do presente problema são detalhados.



$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R_A^2 \\ (x - l)^2 + y^2 = R_B^2 \end{cases}$$

Figura 10: Ponto qualquer determinado pela intersecção das quatro circunferências

Utilizaram-se transdutores ultra-sônicos feitos a partir de cristal piezoelétrico, o que lhes dá uma freqüência de ressonância bem definida. Por utilizar freqüências altas, a filtragem dos sinais fica mais simples e as medidas menos sujeitas aos ruídos do ambiente. O transdutor utilizado é comercialmente empregado em dispositivos de detecção de presença para alarmes

de automóveis. A freqüência mais comum utilizada é a de 40 kHz. Na figura 11 temos uma foto dos transdutores testados.

Figura 11: Transdutores ultra-sônicos comerciais (Nippon Ceramic, 2004)

Na Figura 12 apresenta-se um resultado de um dos testes realizados com o equipamento. Neste teste foi escolhida uma distância de aproximadamente 0.59m, para a qual foram obtidas 200 amostras. O desvio padrão calculado foi de 0,29 cm, comprovando o bom desempenho do sistema de medição.

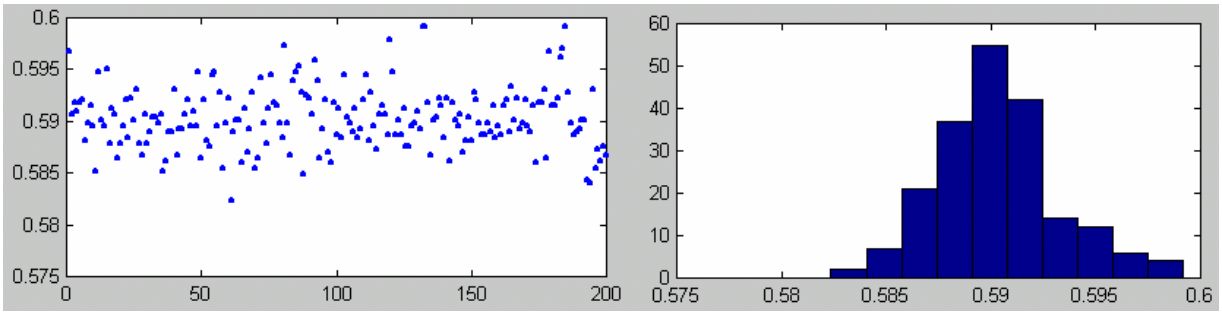


Figura 12: Resultados do teste com os transdutores ultra-sônicos comerciais (distâncias em m)

Em seguida, para se avaliar a linearidade do sistema de medição acústico, fez-se um ensaio de calibração. Foram realizadas medidas de 1 metro até 9,2 metros de distância, com intervalo de 0.2m, utilizando-se o emissor de 25kHz. Para cada distância foram feitas 200 medidas. Na figura 13 apresenta-se a curva dos pulsos medidos (proporcional ao intervalo de tempo estimado pela Base) em função da distância real. Pode-se confirmar, pela curva, a boa linearidade do sistema.

.

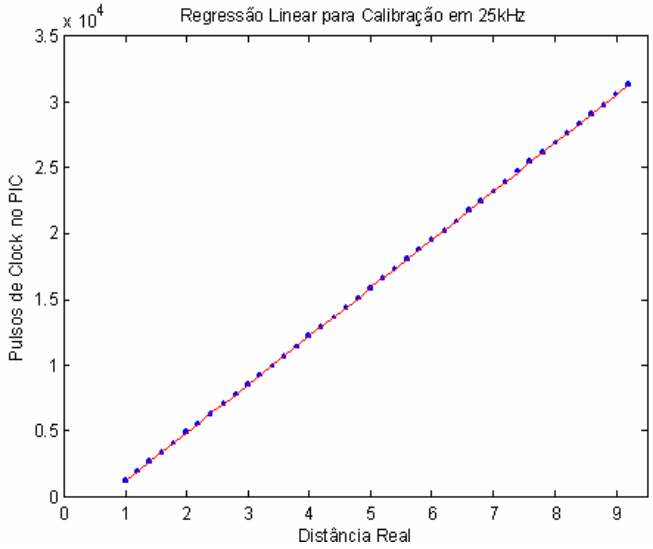


Figura 13: Calibração do sensor de 25kHz

Para se evitar problemas de interferência destrutiva sonora dos pulsos emitidos, utilizou-se apenas um emissor de cada freqüência, apontado para cima. Os receptores foram instalados no teto do tanque (Figura 14). Os resultados obtidos foram muito bons. Uma única desvantagem desta configuração é que ela requer que os receptores sejam colocados próximos, para garantir que todos recebam o pulso emitido. Isto limita a zona de medição a um círculo de raio 2,5m aproximadamente. Novas configurações estão sendo estudadas.

Figura 14: Sensores no teto

A Figura 15 mostra duas amostragens realizadas. Os pontos que aparecem perdidos são decorrentes de um mau contato num dos receptores, mas foi imediatamente corrigido.

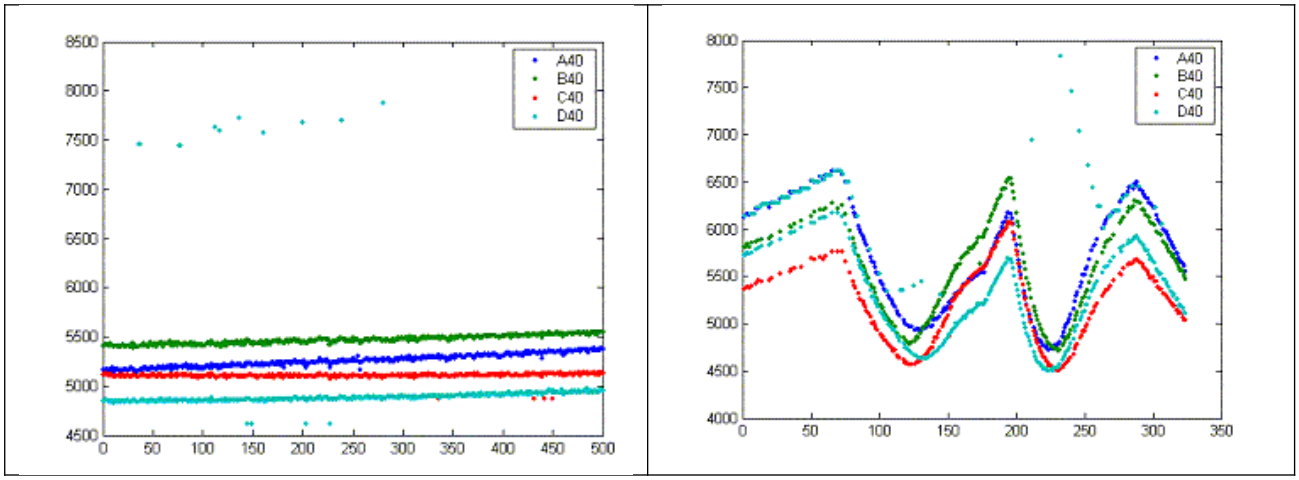


Figura 15 (esq) Rotação em torno do eixo principal da antena; (dir) Movimento aleatório

4. Visão Computacional

Como segundo método para medir a posição do modelo no tanque de provas, utilizou-se uma câmera CCD de alta resolução (640 x 480 *pixels*) com lente de 2.5 mm o que possibilita ângulo de abertura de aproximadamente 120º. Sendo assim, para altura de 2.45 m do espelho d'água até a câmera, a área teórica coberta é 8.4 x 8.4 m^2. No entanto, a área útil do elemento sensor de imagem da câmera restringe tal área para aproximadamente 6 x 5 m^2, como pôde ser verificado experimentalmente por medidas no tanque.

Como a lente da câmera tem uma abertura grande, a imagem obtida apresenta distorções perto das bordas e deve ser corrigida mapeando-se pontos ao longo da imagem e interpolando os intermediários. Algumas imagens de um modelo qualquer estão na figura 16. As imagens mostram as distorções quando se aproxima da borda.

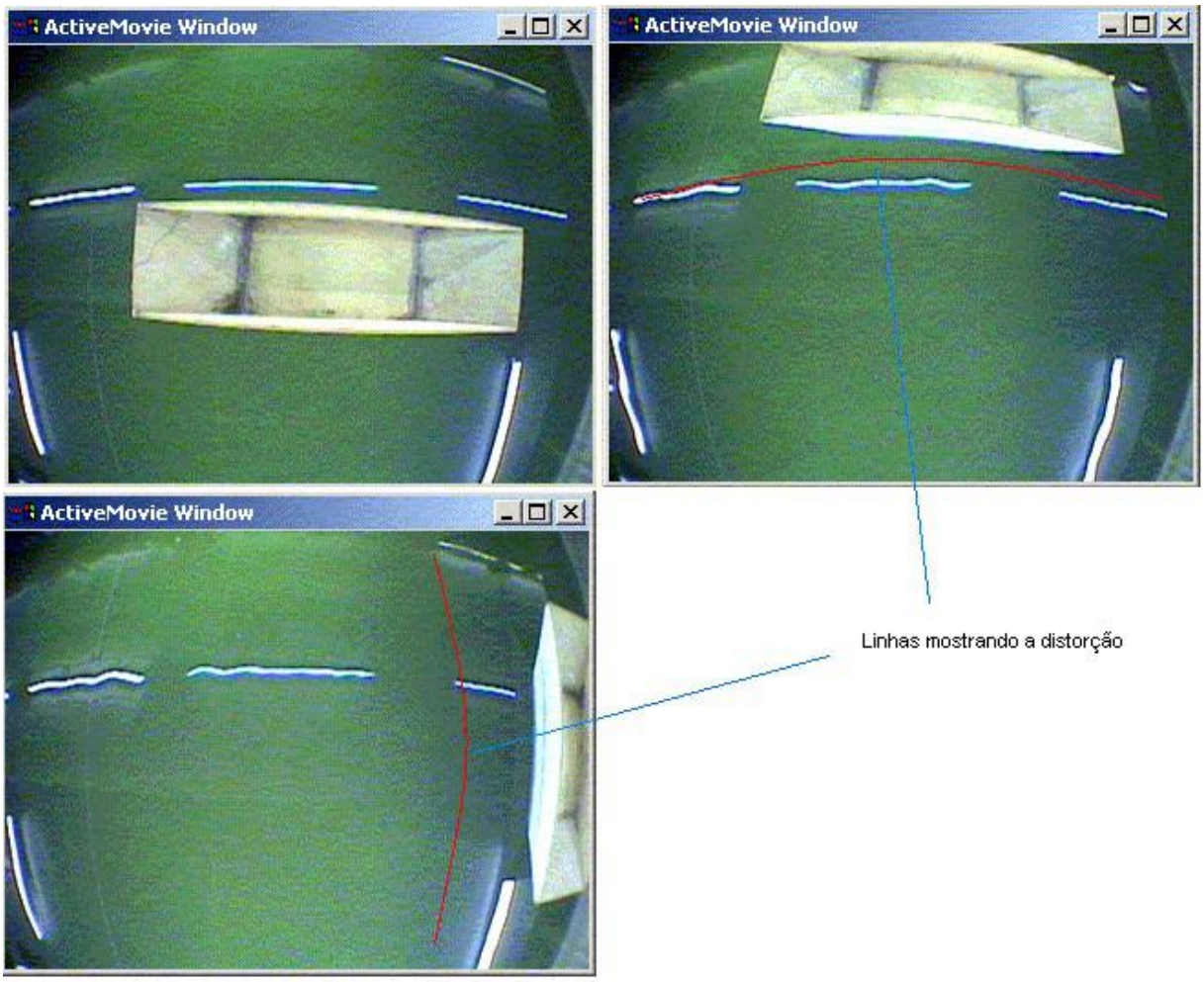


Figura 16: Aquisição das imagens de um modelo

A correção da distorção é feita usando-se o método sugerido em Gribbon et al. (2003). Para tanto, consideram-se as imagens não distorcida (índice u) e distorcida (índice d) apresentadas na Figura 17.

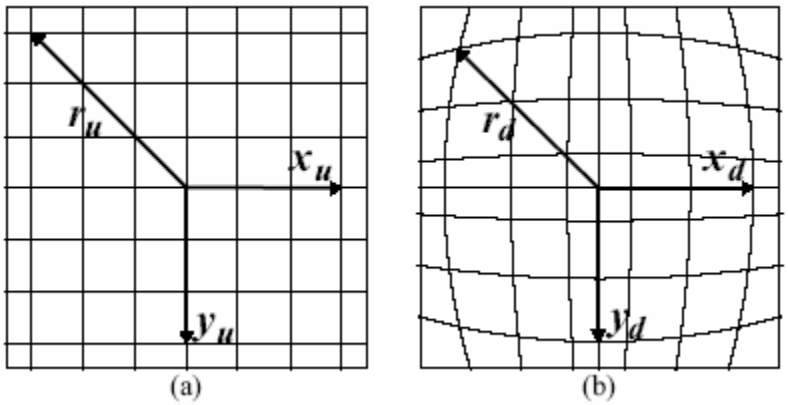


Figura 17: (a) Imagem não distorcida (b) Imagem distorcida

A distorção é devida ao fato de que a amplificação da lente diminui com a distância axial em relação ao centro da imagem. Este efeito é modelado por:

$$r_u = r_d (1 + k . r_d^{\ 2})$$

onde r_u e r_d são as distâncias em relação ao centro de distorção, na imagem não distorcida e na imagem distorcida respectivamente, e k é o parâmetro de distorção, específico para cada lente.

O parâmetro k pode ser calculado por meio de calibrações prévias, e então, dado o raio distorcido r_d, pode-se calcular o raio não distorcido r_u, e, por conseqüência, a posição x_u e y_u (a distorção radial não afeta a direção do vetor r_u em relação a r_d).

Além da correção da distorção radial, implementou-se também um algoritmo de rastreamento, que tem a finalidade de acompanhar, ao longo das aquisições, uma luz vermelha na proa e outra na popa do barco, partindo de uma condição inicial de posição fornecida pelo usuário sobre a posição inicial dessas luzes. A partir daí, o algoritmo verifica uma área de 400 *pixels*^{2} ao redor do *pixel* referente ao centro de cada luz no instante anterior. A cada nova posição encontrada, o ponto é desenhado na tela do software.

A Figura 18 mostra dois ensaios de sensoriamento de um ponto luminoso em movimentos aleatórios. Pode-se comprovar a eficiência do algoritmo, tanto no que tange a identificação do ponto vermelho, como o rastreamento ao longo do tempo.

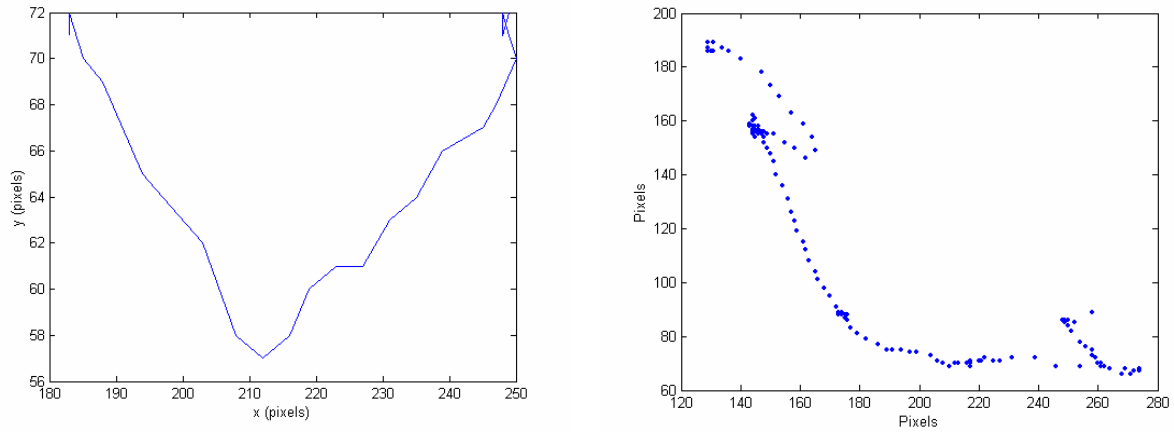


Figura 18 - Exemplos de rastreamentos realizados.

A Figura 19 mostra a tela do software criado para medições e controle do modelo em escala reduzida. À esquerda, pode-se ver a imagem adquirida pela câmera, onde existe um ponto vermelho movimentando-se. No canto inferior direito, apresenta-se a representação gráfica do movimento executado pelo ponto.

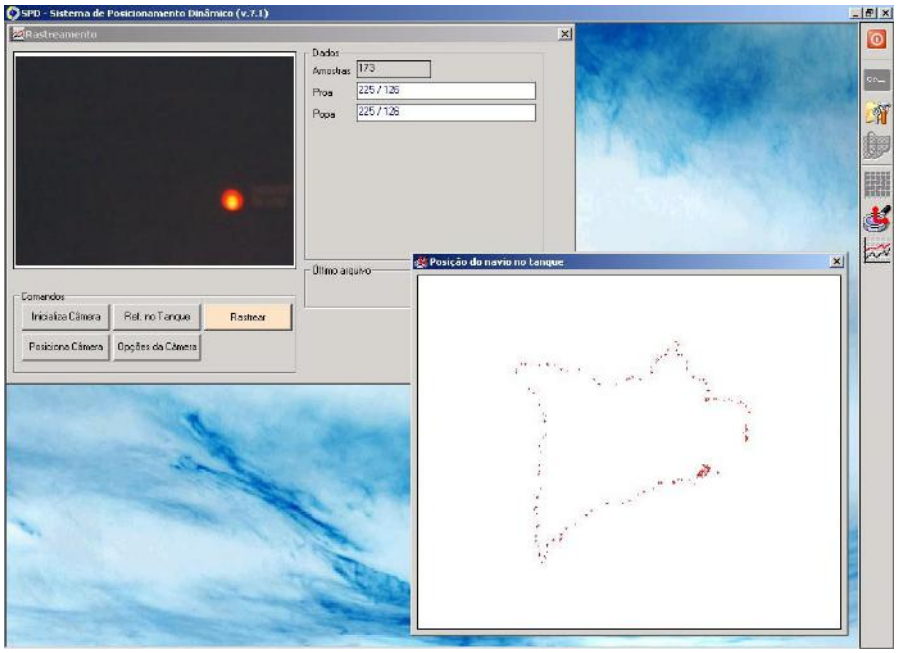


Figura 19: Ponto luminoso (à esquerda) e movimento detectado (à direita)

5 Conclusões

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um laboratório acadêmico para ensaios de Sistemas de Posicionamento Dinâmico. Com o pleno funcionamento do mesmo, será possível a realização de testes, em nível acadêmico, de novos algoritmos de controle, filtragem e estratégias de posicionamento. O laboratório conta com dois sistemas de medição de posição, um baseado em ultra-som e outro em visão computacional. Um complexo sistema de controle e comunicação sem fio foi também implementado. Um modelo de um petroleiro dotado de 4 propulsores está em fase final de construção. Em função de restrições orçamentárias, todos os subsistemas (controle, comunicação, sensoriamento, propulsão) foram desenvolvidos na Universidade, o que, embora demande maior tempo, garante maior capacitação e formação da equipe de trabalho.

Apêndice 1. Algoritmos de triangularização

Foram implementados dois algoritmos para o tratamento dos dados brutos medidos pelas antenas receptoras, a fim de se estimar a posição e aproamento do modelo. Para tanto, utilizou-se um método de otimização baseado em matriz pseudo-inversa e outro baseado na solução de sistemas de equações não-lineares pelo método de Newton-Rapson. Verificou-se que o segundo apresenta-se mais adequado ao presente problema, pois permite definir-se um vínculo de igualdade (distância fixa entre os dois emissores).

Método da Pseudo-Inversa

Supondo um único ponto com fonte emissora posicionada no ponto (X,Y,Z) e 4 sensores posicionados nos pontos (Xi,Yi,Zi), com i = 1,2,3,4, podemos escrever o seguinte sistema de equações de esfera.

(A1.1)

O sistema acima é impróprio, pois possui uma equação a mais do que o número de variáveis. No entanto, pode-se encontrar a solução que melhor se ajusta a ele usando o método dos mínimos quadrados via matrizes pseudo-inversas. Este método pode ser encontrado em (Barone, 1988). Eliminando-se os termos quadráticos, através da subtração de pares de equações de esfera, obtém-se, na forma geral:

$$-2.X.(X_p - X_q) - 2.Y.(Y_p - Y_q) - 2.Z.(Z_p - Z_q) = R_p^2 - R_q^2 - (X_p^2 - X_q^2) - (Y_p^2 - Y \qquad \text{(A1.2)}$$

Definindo-se

obtém-se a seguinte equação matricial:

$$A.X = B \text{, com } A = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ A_m & B_m & C_m \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{bmatrix} \qquad \text{(A1.3)}$$

sendo m o número total de combinações de equações, ou seja, m=6. Como a matriz A não é quadrada (o que caracteriza um sistema incompatível), esta não pode ser invertida. Neste caso usa-se a forma generalizada da operação de inversão de matrizes para matrizes não quadradas, chamada de pseudo-inversa. A solução ótima obtida por mínimos quadrados é dada por:

$$X = (A^T.A)^{-1}.A^T.B \qquad \text{(A1.4)}$$

Para o sistema de medição em estudo, pode ser conveniente se ignorar a cota Z dos pontos medidos. Isto é uma simplificação viável se o movimento vertical for pequeno em comparação ao horizontal. Neste caso, obtém-se um sistema onde a matriz A terá apenas as 2 primeiras colunas para qualquer Z constante. A solução X do sistema será a mesma mostrada acima. Alem disso, a cota Z não é utilizada no controle do posicionamento do navio.

Este método possui a grande desvantagem de estimar a posição de cada emissor de forma independente. Assim, não se “aproveita” o vínculo natural da distância conhecida entre eles, aumentando as imprecisões na medida da posição do ponto central do navio e do seu aproamento.

Método de Newton-Rapson

Alternativamente, desenvolveu-se um algoritmo para obter o vetor de posições $P_i = (X, Y, Z)$ baseado no método de Newton-Raphson.

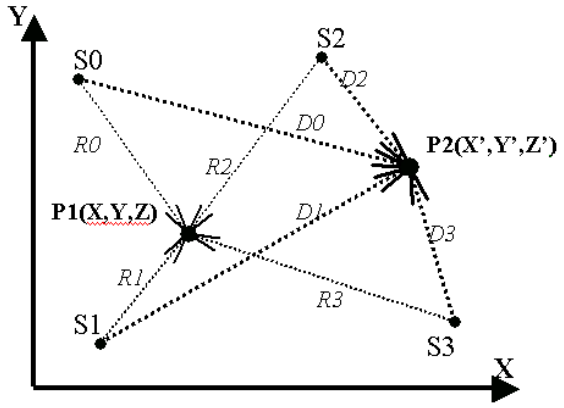


Figura A1.1: – Sensores e suas distâncias

O problema de minimização tratado aqui pode ser dado por:

$\min_x f(x)$, tal que $g(x) = 0$

Sendo x = (X,Y,Z,X',Y',Z',), e o multiplicador de Lagrange utilizado devido ao vínculo de igualdade g. Esta função equivale à restrição de que a distância entre os emissores é constante e conhecida, dada por d, ou seja:

$$g(x) = (X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2 - d^2 \quad \text{(A1.5)}$$

A função a ser minimizada f é dada por:

$$f(\vec{x}) = \sum_{i=0..3} \left(\sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2} - R_i \right)^2 + \left(\sqrt{(X' - X_i)^2 + (Y' - Y_i)^2 + \right. \quad \text{(A1.6)}$$

onde D_i são as medidas de distância entre o emissor de proa e as bases receptoras e R_i entre o emissor de popa e os receptores. Definindo-se a nova função $\bar{f}(x)$ como:

$$\bar{f}(x) = f(x) + \lambda . g(x) \quad \text{(A1.7)}$$

O algoritmo para a busca do vetor X que satisfaz o problema de otimização com vínculo exposto acima é dado por:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - J(x^{(k)})^{-1} . \bar{f}_x(x^{(k)}) \quad \text{(A1.8)}$$

onde, $x^{(k)}$ representa a aproximação da solução após a k-ésima iteração; $\bar{f}_x(x^{(k)})$ é uma função vetorial com as derivadas de $\bar{f}(x)$ em relação a cada elemento do vetor x e J representa o Jacobiano da função vetorial $\bar{f}_x(x^{(k)})$. No presente caso, a cota Z também foi retirada da otimização, pelos mesmos motivos expostos no método anterior.

Referências

Barone M.Jr., *Álgebra Linear*, 3a ed. IME-USP,1988.

Fossen, Thor I., *Guidance and Control of Ocean Vehicles,* University of Trondheim, Noruega. John Wiley & Sons, 1994.

Gribbon, K.T., Johnston, C.T., Bailey, D.G., *A Real-time FPGA Implementation of a Barrel Distortion Correction Algorithm with Bilinear Interpolation*, Proceedings of Image and Vision Computing New Zealand, Palmerston North, New Zealand, pp 408-413, Novembro, 2003.

Nippon Ceramic, <www.nicera.co.jp>, Acesso em 23 de dezembro de 2004.

Santos, A. O. et al., *Sensor ultra-sônico para determinação de posição de modelo em escala reduzida em tanque de provas*, Congresso da Sociedade Brasileira de Engenharia Naval (Sobena), 2004.

Tannuri, E. A., Morishita, H. M., Lago, G. A., Veras, V. L. M., *Critical analysis of control and filtering algorithms used in real dynamic positioning systems*, 24nd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, OMAE, 2005.

Véras, V.L.M., Simulação e Análise de Sistema de Posicionamento Dinâmico, XIX Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária XIX COPINAVAL, Guayaquil, Equador, 2005.

Determinação de Derivadas Hidrodinâmicas em Laboratório e sua Utilização no Estudo da Estabilidade de Sistemas Oceânicos Flutuantes.

SH Sphaier, COPPE/UFRJ
VLF Matos, E&P Petrobras
JS Sales Jr, COPPE/UFRJ
SHS Correa da Silva, E&P Petrobras

IPEN - Julho de 2005

1 Resumo

A Operação de Alívio em Sistemas Oceânicos Flutuantes, quando um Navio Cisterna transfere Óleo para um Navio Aliviador, é uma operação de risco que merece cuidados especiais. Para um maior conhecimento do Problema a Petrobrás, através da E&P e do Cenpes, desenvolveu um longo programa de trabalho com centros de pesquisa e Universidades Brasileiras.

No contexto deste trabalho desenvolveram-se metodologias de simulação e de análise da estabilidade de sistemas flutuantes em presença de correnteza, vento e ondas, associadas a um vasto trabalho experimental de apoio.

O presente trabalho faz um estudo de estabilidade direcional em reboque para um casco do tipo SuezMax ligado a um ponto fixo através um cabo, com base em experimentos levados a cabo no tanque de reboque do DMI (Danish Maritime Institute). Embora os testes tenham sido realizados para as condições de navio carregado e navio lastreado, o trabalho analisa somente os resultados obtidos para o caso do navio cheio.

2 Introdução

A atividade de exploração de petróleo na plataforma continental brasileira iniciou-se nos anos 70 em lâminas d'água relativamente pequenas, o que levou a uma intensa utilização de plataformas fixas do tipo jaqueta. Mesmo neste quadro, para antecipar a produção, a Petrobras utilizou navios ancorados com sistemas compostos de várias linhas, ligados a torre vertical, etc. Com o avanço da profundidade, a grande capacidade de armazenamento de VLCCs pertencentes a Petrobras e navios tanques menores, uma primeira solução foi a conversão dos VLCCs para navios cisternas, dotados de turreta e com sistema de transferência de óleo para navios-tanque com capacidade menor. Além disto, navios-tanque menores da própria frota da Petrobras poderiam ser utilizados. Um Comitê Técnico Interno foi criado pela empresa para analisar soluções, definir procedimentos, etc, visando criar soluções que viabilizassem a operacionalidade e garantissem a segurança, tanto ambiental quanto de vidas humanas. Nesta linha de ação surgiu um vasto trabalho de cooperação entre a Petrobras e Universidades brasileiras. Um desses trabalhos foi o desenvolvimento de modelos de manobras para a simulação de sistemas flutuantes durante a operação de offloading através da Cooperação entre a E&P da Petrobras e a COPPE/UFRJ. Para tal foi desenvolvido inicialmente um programa experimental no IPT envolvendo os casos dos VLCC de 270 Kdwt e de navios-tanque de 135 Kdwt. Posteriormente, estudos de viabilidade tecnica e econômica, realizados pelo Comitê Técnico Interno da Petrobras, apontoaram para a compra de cascos tipo Suezmax e dotá-los de sistema de posicionamento dinâmico. Um relato mais detalhado sobre este desenvolvimento pode ser encontrado em Costa et al. (2003).

No contexto deste trabalho cooperativo desenvolveram-se metodologias de análise da

estabilidade de sistemas flutuantes em presença de correnteza, vento e ondas. Associadas a essas metodologias, foi também desenvolvido um trabalho experimental de apoio, tanto para o desenvolvimento de modelos matemáticos, como para a validação destes modelos.

Para o caso específico da estabilidade direcional no plano horizontal de um casco de navio-tanque do tipo SuezMax ancorado em um ponto fixo em correnteza, foi desenvolvido um programa experimental no DMI (Danish Maritime Institute) para a determinação das derivadas hidrodinâmicas de manobra (DMI, 2002). Além disto, foram realizados testes específicos focando a estabilidade direcional do navio ancorado.

O presente trabalho faz um estudo da estabilidade direcional em reboque para este casco na condição navio carregado, quando arrastado por uma barra rígida ligado a um ponto fixo, o que equivale ao caso de um navio ancorado em SPM (Single Point Mooring) exposto a uma correnteza.

3 Principais Aspectos do Programa de Testes

Os testes foram realizados no Tanque de Reboque do DMI, cujo Carro de Reboque é dotado de um PMM, Planar Motion Mechanism. Os testes compreendem um programa de testes padrão com o PMM executado pelo DMI e testes de rotação sem avanço e de arrasto com diferentes aproamentos, para determinação do modelo de manobra para as forças hidrodinâmicas. Além desses testes cativos, foram realizados outros testes cativos mais específicos voltados para a validação, verificação e aprimoramento do modelo de manobras para operações envolvendo baixas velocidades e grandes ângulos de deriva. Assim, foram realizados testes de bifurcação do aproamento de acordo com o ponto de conexão do navio com o "hawser", teste de rotação com avanço (yaw-rotating) e teste de reboque através de uma barra rígida.

O tanque do DMI tem 240 metros de comprimento, 12 metros de largura e 5.5 metros de profundidade. As dimensões principais do casco SuezMax na condição carregado são: comprimento entre perpendiculares $L = 258.00$ metros, boca $B = 46.00$ metros, calado médio $T = 17.49$ e coeficiente de bloco $c_B = 0.822$. O modelo reduzido foi construído na escala 1:40.7.

Figura 1: Detalhes da Proa do Modelo

As fotos da figura 1 mostram a proa do modelo.

A figura 2 mostra fotos do modelo realizando teste de rotação sem velocidade de avanço. A figura 3 mostra fotos do modelo durante um dos testes de bifurcação e um dos testes de reboque utilizando uma barra rígida.

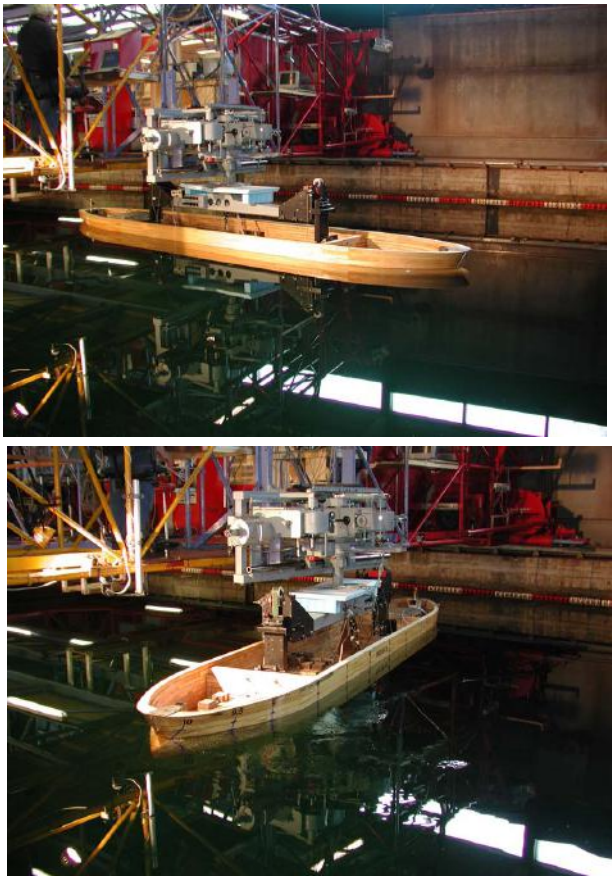


Figura 2: Teste de Rotação sem Avanço

Figura 3: Testes de Bifurcação do Aproamento e de Reboque com Barra Rígida

4 Influência da Velocidade de Avanço

Um aspecto fundamental em testes de manobra é a escolha das velocidades de reboque a serem utilizadas. Baixas velocidades levam a regimes de escoamento onde o modelo estará sujeito a efeitos de separação em regime transitório causando uma variação constante das forças hidrodinâmicas intervenientes, o que não ocorre no tamanho real do navio. Além disso, forças obtidas com valores baixos de velocidade são pequenas, aumentando as incertezas nas medições realizadas. Por outro lado, altas velocidades introduzem efeitos de formação de ondas. Assim, seguindo uma recomendação da equipe do DMI, foram realizados testes para se identificar a faixa de velocidades em que esses dois fenômenos não estão presentes. Este procedimento segue uma rotina do DMI de acordo com trabalho publicado por Wagner-Smitt eChislett (1972). O modelo foi rebocado com 10 graus de aproamento e com 90 graus de aproamento para as condições de carregamento cheio e lastreado. As forças nos dois pontos de reboque do PMM foram medidas. Os gráficos na figura 4 mostram valores das forças totais divididas pelos quadrados das velocidades para a condição de navio carregado. Desses resultados podemos ver que na faixa de $0.5\,m/s$ a $1.2\,m/s$ a relação força / quadrado da velocidade permanece em um patamar aproximadamente constante.

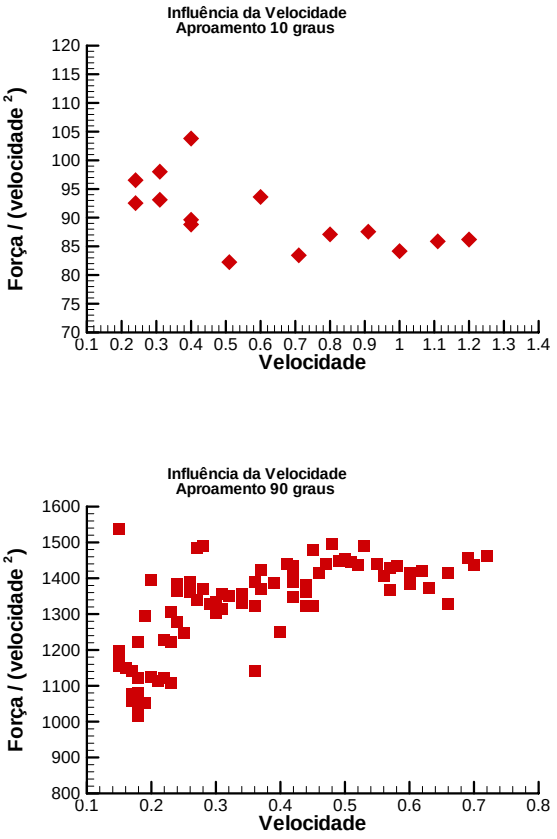


Figura 4: Influência da Velocidade na Força Lateral com 10 e 90 graus de Aproamento

5 Modelo Linear para Estudo da Estabilidade

5.1 Definições Básicas

O problema aqui tratado é o de um navio ancorado em um ponto fixo do espaço, com incidência de correnteza. Em termos da experiência equivalente em escala reduzida, são feitos testes de reboque com um modelo reduzido do navio em um Tanque de Provas longo, em que o modelo é puxado pelo Carro de Reboque através de uma barra rígida.

Inicialmente introduzimos uma série de definições e as variáveis utilizadas no estudo e a notação empregada:

C - correnteza,

α - ângulo de incidência da correnteza,

U_x, U_y - velocidade lineares absoluta do modelo no sistema inercial,

u, v - velocidades lineares relativas modelo-fluido no sistema solidário

ψ - ângulo de aproamento do modelo,

γ - ângulo da barra que liga o modelo ao ponto no carro de reboque,

ξ, η - coordenadas do centro do sistema solidário no sistema absoluto

r - taxa de rotação

a - distância do centro do sistema solidário ao ponto de conexão da barra

h and h_0 comprimento instantâneo e inicial da barra. Embora a barra seja rígida, ela é modelada como uma barra extensível com alta rigidez.

a notação $'$ significa forma adimensional e as grandezas envolvidas são adimensionalizadas conforme indicado nos próximos itens

dimensões lineares são adimensionalizadas dividindo-se por L, o comprimento entre perpendiculares

$a' = a/L$, $h' = h/L$, $\xi' = \xi/L$, $\eta' = \eta/L$, $x'_{cg} = x_{cg}/L$, $y'_{cg} = y_{cg}/L$, etc.

velocidades lineares são adimensionalizadas dividindo-se por U_0, uma velocidade de referência:

$u' = u/U_0$, $v' = v/U_0$, $U'_x = U_x/U_0$, $U'_y = U_y/U_0$, $C' = C/U_0$ etc.

velocidades angulares são adimensionalizadas multiplicando-se por L/U_0

$r' = r\,L/U_0$, $\dot{\psi}' = \dot{\psi}\,L/U_0$, $\dot{\gamma}' = \dot{\gamma}\,L/U_0$ etc.

acelerações lineares são adimensionalizadas multiplicando-se por L/U_0^2
$\dot{u}' = \dot{u}L/U_0^2$, $\dot{v}' = \dot{v}L/U_0^2$, $\dot{U}_x' = \dot{U}_x L/U_0^2$, $\dot{U}_y' = \dot{U}_y L/U_0^2$ etc.

acelerações angulares são adimensionalizadas multiplicando-se por L^2/U_0^2
$\dot{r}' = \dot{r}L^2/U_0^2$, $\ddot{\psi}' = \ddot{\psi}L/U_0^2$, $\ddot{\gamma}' = \ddot{\gamma}L/U_0^2$ etc.

o tempo é adimensionalizado multiplicando-se por U_0/L
$t' = tU_0/L$

forças e momentos são adimensionalizados dividindo-se, respectivamente por $0.5\rho U_0^2 L^2$ e $0.5\rho U_0^2 L^3$

x_{cg} e y_{cg} posições longitudinal e lateral do centro de gravidade no sistema solidário

X_H, Y_H e N_H forças hidrodinãmicas e os momentos no sistema solidário

T, T_u e T_v tração no hawser e suas componentes nas direções longitudinal e transversal ao navio, com $T = \sqrt{(T_u)^2 + (T_v)^2}$.

M e I massa e momento de ineércia em relação ao eixo vertical do sistema solidário

as formas adimensionais da massa e do momento de inércia são dadas por $M' = M/(0.5\rho L^3)$ e $I' = I/(0.5\rho L^5)$

5.2 Equações do Movimento

As equações do movimento são descritas pela segunda lei de Newton no sistema solidário ao corpo (Abkowitz(1964), Eda e Crane Jr. (1965), Norrbin (1970)):

$$M[\dot{u} - v * r - y_{cg} * \dot{r} - x_{cg} * r^2] = X_H + T_u$$

$$M[\dot{v} + u * r + x_{cg} * \dot{r} - y_{cg} * r^2] = Y_H + T_v$$

$$I\dot{r} + Mx_{cg}(\dot{v} + u \cdot r) - My_{cg}(\dot{u} - v \cdot r) = N_H + a \cdot T_v$$

5.3 Forças Hidrodinâmicas

As seguintes expressões representam as forças hidrodinâmicas em função de u, v e r obtidas a partir dos ensaios:

$$N_H = N_{\dot{r}}\dot{r} + N_{\dot{v}}\dot{v} + N_v v U_0 + N_r r U_0 +$$
$$N_{uv} uv + N_{ur} ur + N_{nl}(u, v, r)$$

$$Y_H = Y_{\dot{v}}\dot{v} + Y_{\dot{r}}\dot{r} + Y_v v U_0 + Y_r r U_0 +$$
$$Y_{uv} uv + Y_{ur} ur + Y_{nl}(u, v, r)$$

$$X_H = X_{\dot{u}}\dot{u} + X_{uu_0}(Re)u|U_0| + X_c(u, v, r)$$

onde a notação G_z significa derivada hidrodinâmica da força ou momento G em relação à velocidade ou aceleração z. Os termos $Y_{nl}(u, v, r)$ e $N_{nl}(u, v, r)$ significam as contribuições não lineares para a força Y e o momento N respectivamente. A parcela $X_c(u, v, r)$ é o complemento da expressão da força X além dos termos já explicitados.

5.4 Forças na Barra

As forças no corpo devidas a ação da barra ou de um hawser são dadas por

$$T_u = T\cos(\psi - \gamma)$$

$$T_v = -T\sin(\psi - \gamma)$$

$$T_\psi = aT_v$$

Para uma barra extensível:

$$T = k(h - h_0)\Delta h$$

onde, k é a rigidez da barra e

$$\Delta h = h - h_0$$

Introduzindo-se as expressões de forças e momentos nas equações de movimento e adimensionalizando-se essas equações, utilizando

os fatores $0.5\rho U_0^2 L^2$ e $0.5\rho U_0^2 L^3$ respectivamente, obtemos:

$$(m^{'} - X_{\dot{u}}^{'})\dot{u}^{'} + m^{'}x_{cg}^{'}r'^2 - m^{'}v^{'}r^{'} =$$

$$X_{uu_0}^{'}(Re)u^{'} + X_c^{'}(u^{'}, v^{'}, r^{'}) + T_u^{'}$$

$$(m^{'} - Y_{\dot{v}}^{'})\dot{v}^{'} - Y_{\dot{r}}^{'}\dot{r}^{'} + m^{'}u^{'}r^{'} + m^{'}x_{cg}^{'}\dot{r}^{'} =$$

$$Y_v^{'}v^{'} + Y_r^{'}r^{'} + Y_{uv}^{'}u^{'}v^{'} + Y_{ur}^{'}u^{'}r^{'} + Y_{unl}^{'}(u^{'}, v^{'}, r^{'}) + T_v^{'}$$

$$(I^{'} - N_{\dot{r}}^{'})\dot{r}^{'} + (m^{'}x_{cg}^{'} - N_{\dot{v}}^{'})\dot{v}^{'} + m^{'}x_{cg}^{'}u^{'}r^{'} =$$

$$N_v^{'}v^{'} + N_r^{'}r^{'} + N_{uv}^{'}u^{'}v^{'} + N_{ur}^{'}u^{'}r^{'} + N_{unl}^{'}(u^{'}, v^{'}, r^{'}) + T_\psi^{'}$$

5.5 Análise de Estabilidade Linear

A análise de estabilidade linear visa observar o comportamento da estrutura quando rebocada pela barra rígida. Inicialmente a barra fica alinhada com o modelo e com a velocidade relativa corpo-fluido, uma vez que o conjunto é rebocado ao longo do tanque. Para realizá-la, as equações de movimento são escritas em função de $\xi^{'}$, $\eta^{'}$ e ψ. A análise é realizada em torno da posição $\alpha = \pi$, que estabelece uma possível posição de equilíbrio. A barra pode ter comprimentos variáveis e seu ponto de conexão com o modelo também é variável. As equações de movimento são linearizadas e para distintos comprimentos da barra e pontos de conexão é feito o estudo da estabilidade. Assim, seguindo Sphaier et al (1999), para esta posição alinhada, as equações de movimento tomam a forma:

$$(M^{'} - X_{\dot{u}}^{'})\ddot{\xi}^{'} + T^{'} - X_{uu_0}^{'}(Re)\,(\dot{\xi}^{'} + C^{'}) = 0$$

$$(M^{'} - Y_{\dot{v}}^{'})\ddot{\eta}^{'} - Y_{\dot{v}}^{'}\dot{\eta}^{'} + \frac{T^{'}}{h_0^{'}}\eta^{'} + (m'x_{cg}^{'} - Y_{\dot{r}}^{'})\ddot{\psi}^{'}$$

$$-(Y_r^{'} + Y_{ur}^{'}C^{'} - Y_{\dot{v}}^{'}C^{'})\dot{\psi}^{'} + [C^{'}Y_v^{'} + T^{'}(1 + \frac{a^{'}}{h_0^{'}})]\psi = 0$$

$$(I^{'} - N_{\dot{r}}^{'})\ddot{\psi}^{'} + [N_{\dot{v}}C^{'} - (N_r^{'} + N_{ur}^{'}C^{'})]\dot{\psi}^{'} +$$

$$[C^{'}N_v^{'} + C'^2 N_{uv}^{'} + a^{'}T^{'}(1 + \frac{a^{'}}{h_0^{'}})]\psi$$

$$+(m'x_{cg}^{'} - N_{\dot{v}}^{'})\ddot{\eta}^{'} - (N_v^{'} + C^{'}N_{uv}^{'})\dot{\eta}^{'} + a^{'}\frac{T^{'}}{h_0^{'}}\eta^{'} = 0$$

Vemos que a equação de movimento longitudinal fica desaclopada das outras duas equações. Além disto, o movimento longitudinal pode ser dividido em duas partes, uma estática e outra dependente do tempo:

$$\xi^{'}(t) = \xi_0^{'} + \bar{\xi}^{'}(t)$$

e

$$\dot{\xi}^{'} = \dot{\bar{\xi}}^{'}$$

Um comportamento similar é esperado para a tração na barra:

$$T^{'} = T_0^{'} + \bar{T}^{'} = X_{uu_0}^{'}(Re) + \bar{T}^{'}$$

Para uma barra elástica temos:

$$T_0^{'} = X_{uu_0}^{'}(Re) = \xi_0^{'} * k^{'}$$

ou

$$\xi_0^{'} = \frac{X_{uu_0}^{'}(Re)}{k^{'}}$$

e

$$\bar{T}^{'} = \bar{\xi}^{'} * k^{'}$$

O sistema de três equações de movimento é subdividido em uma equação para o movimento longitudinal:

$$(M^{'} - X_{\dot{u}}^{'})\ddot{\bar{\xi}}^{'} - X_{uu_0}^{'}(Re)\dot{\bar{\xi}}^{'} + \bar{T}^{'} = 0$$

e duas equações para os movimentos lateral e de giro:

$$(M^{'} - Y_{\dot{v}}^{'})\ddot{\eta}^{'} - Y_{\dot{v}}^{'}\dot{\eta}^{'} + K_{yy}^{'}\eta^{'} +$$

$$(m'x_{cg}^{'} - Y_{\dot{r}}^{'})\ddot{\psi}^{'} - (Y_r^{'} + Y_{ur}^{'}C^{'} - Y_{\dot{v}}^{'}C^{'})\dot{\psi}^{'} + K_{y\psi}^{'}\psi = 0$$

$$(I^{'} - N_{\dot{r}}^{'})\ddot{\psi}^{'} + (N_{\dot{v}}^{'}C^{'} - N_r^{'} - C^{'}N_{ur}^{'})\dot{\psi}^{'} + K_{\psi\psi}^{'}\psi +$$

$$(m'x'_{cg} - N'_{\dot{v}})\ddot{\eta}' - (N'_v + C' N'_{uv})\dot{\eta}' + K'_{\psi y}\eta' = 0$$

onde:

$$K'_{yy} = \frac{T'}{h'_0}$$

$$K'_{\psi\psi} = C' N'_v + C'^2 N'_{uv} + a' T' (1 + \frac{a'}{h'_0})$$

$$K'_{y\psi} = C' Y'_v + T' (1 + \frac{a'}{h'_0})$$

$$K'_{\psi y} = a' \frac{T'}{h'_0}$$

Se o termo de tração na barra dependente do tempo $\bar{T}'$ for desprezado, a tração T' é dada por:

$$T' = T'_0 + \bar{T}' \approx T'_0$$

Estas equações linearizadas estabelecem um problema de autovalor que leva à análise de estabilidade do sistema em torno da posição de equilíbrio.

$$\begin{bmatrix} M' - Y'_{\dot{v}} & m'x'_{cg} - Y'_{\dot{r}} & 0 & 0 \\ m'x'_{cg} - N'_{\dot{v}} & I' - N'_{\dot{r}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{w}' \\ \dot{r}' \\ \dot{\eta}' \\ \dot{\psi}' \end{Bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} -Y'_v & -Y'_r - Y'_{ur}C' + Y'_{\dot{v}}C' \\ -N'_v - C' N'_{uv} & N'_{\dot{v}}C' - N'_r - C' N'_{ur} \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} K'_{yy} & K'_{y\psi} \\ K'_{\psi y} & K'_{\psi\psi} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} w' \\ r' \\ \eta' \\ \psi \end{Bmatrix} = 0$$

onde $w' = d\eta'/dt'$

6 Resultados da Análise Linear de Estabilidade

O estudo da estabilidade do sistema foi realizado para várias combinações de comprimento da barra e ponto de conexão do da barra no modelo. O sistema acima é resolvido para para cada uma das combinações e o número de auto-valores com parte real positiva é contado. Podemos ter combinações que levem a nenhum autovalor com parte real positiva até o caso de quatro valores com parte real positiva. Lembrando que, um auto-valor com parte real positiva, ou puramente real positivo significa que após a perturbação do equilíbrio o deslocamento linear lateral e o ângulo de aproamento crescem afastando-se o sistema do equilíbrio. Inicialmente contamos o número de autovalores e com isto definimos as regiões de estabilidade e instabilidade. Isto pode ser visto no gráfico da esquerda da figura 5. Posteriormente, para caracterizar o grau de instabilidade, definimos como índice de estabilidade para cada posição de conexão o maior valor positivo da parte real dos autovalores entre todos os autovalores qualquer que seja o comprimento do hawser. Este resultado é mostrado no gráfico a direita da figura 5.

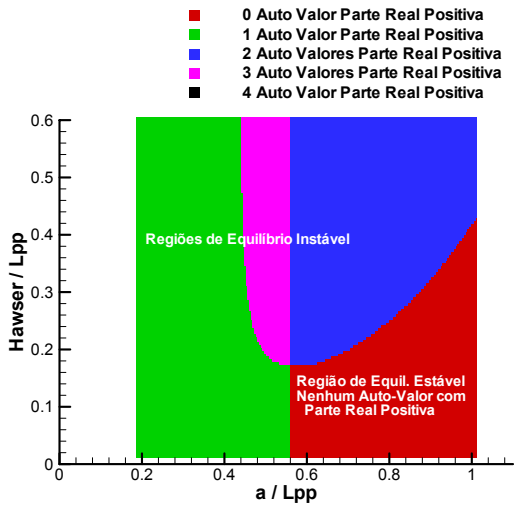


Figura 5: Número de Autovalores com Parte Real Positiva

Observa-se que o limite entre a região de equilíbrio estável, com nenhum autovalor com parte real positiva, e a região com um autovalor puramente real positivo é uma reta vertical. Esta mesma reta divide as regiões com dois autovalores reais positivos e três autovalores com parte real pos-

itiva. Isto é, pelo menos um dos autovalores é puramente real. Esta reta passa pelo valor $a/L \approx 0.55$ que é o ponto de bifurcação do equilíbrio, ponto crítico. Para valores menores, $a/L < 0.55$, que este o modelo sai da posição de equilíbrio alinhado longitudinalmente e vai buscar um ângulo de aproamento de equilíbrio diferente de 180 graus, o que foi verificado no teste de bifurcação. Para valores maiores que o crítico, $a/L > 0.55$ o modelo tende a oscilar em torno da posição de equilíbrio entrando em um círculo limite.

Os gráficos da figura 6 são obtidos a partir de cortes na figura 5, mostrando o índice de estabilidade, que é o maior valor positivo da parte real dos autovalores. Ele indica a taxa de afastamento da posição de equilíbrio, quanto mais próximo de zero mais lentamente se observará a instabilidade. Inicialmente, são apresentadas curvas do índice de estabilidade para valores fixos do ponto de conexão no modelo em função do comprimento de hawser. A seguir é feito um corte para 0 comprimento de hawser igual ao comprimento do navio.

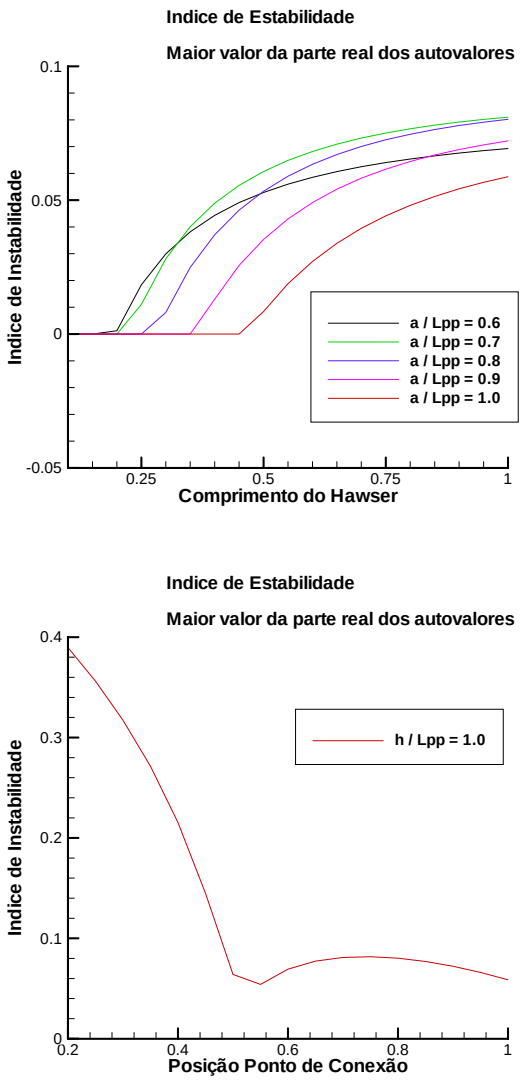


Figura 6: Índice de Estabilidade

7 Estudo de Sensibilidade

7.1 Sensibilidade a variações nas derivadas hidrodinâmicas

A seguir foi elaborado um estudo de sensibilidade do equilíbrio estável ou instável em função de variações das derivadas hidrodinâmicas. Variou-se cada uma das derivadas mantendo-se os valores das outras derivadas fixos. Os resultados estão apresentados a seguir nos gráficos das figuras 7 e 8. Mostram-se nesses gráficos os novos limites entre as regiões de equilíbrio estável e equilíbrio instável para cada novo valor das derivadas hidrodinâmicas.

No caso das derivadas hidrodinâmicas em acelerações, quase não se observou variação nas fronteiras das regiões de diferentes equilíbrios.

A seguir, tomou-se os valores alterados de cada derivada hidrodinâmica que mais influenciaram na expansão da região de equilíbrio estável e fez-se uma avaliação da alteração das regiões de equilíbrio

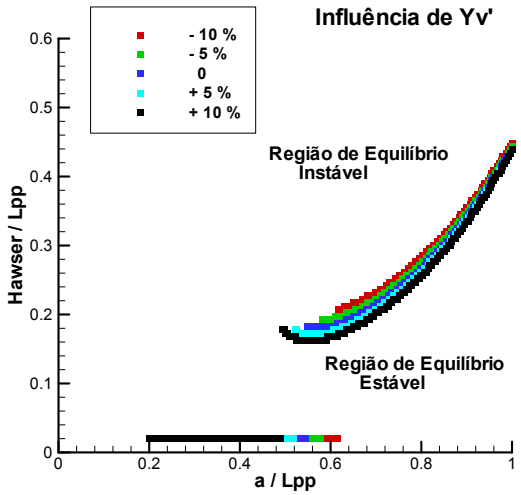
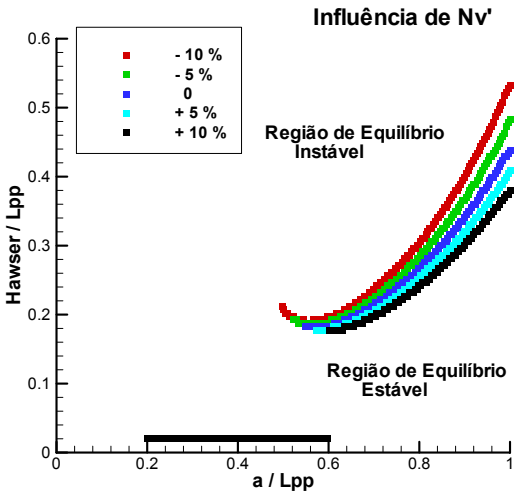


Figura 7: Influência de variações em $Y_v^{'}$ e $Y_r^{'}$



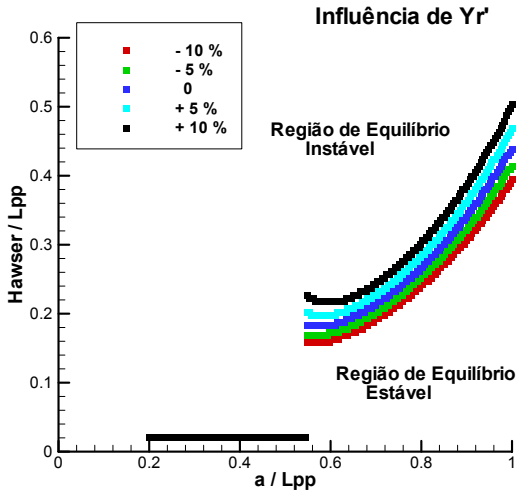
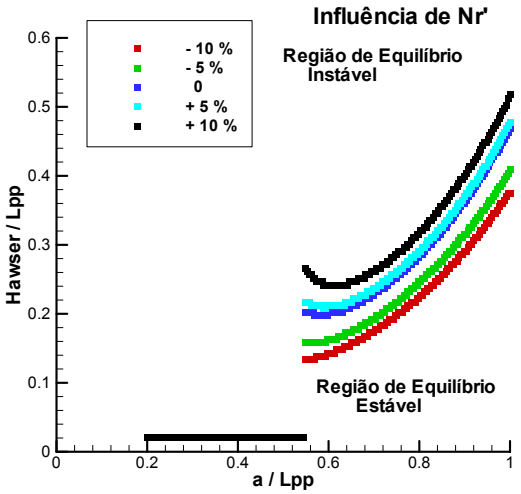


Figura 8: Influência de variações em $N_v^{'}$ e $N_r^{'}$



e dos novos índices de estabilidade. Estes resultados estão apresentados na figuras 9.

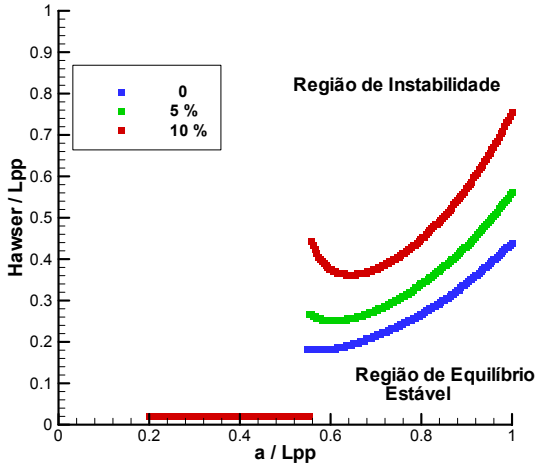


Figura 9: Influência de Variações Simultâneas em $Y_v^{'}$, $Y_r^{'}$, $N_v^{'}$ e $N_r^{'}$ na Estabilidade

7.2 Sensibilidade a Variação de Velocidade

A resistência do casco ao arrasto depende da velocidade relativa casco-fluido. Na forma adimensional, em que a força é dividida pelo quadrado da velocidade, o coeficiente de resistência friccional diminui com o número de Reynolds. Isto acarreta uma diminuição no termo $T^{'}$ e portanto nos termos de restauração das equações de movimento. Consequentemente, acarreta alteração no mapa de estabilidade como pode ser visto na figura 10. Comparada com a figura 5 vemos que há uma pequena retração da área de equilíbrio estável.

7.3 Sensibilidade a Variações na Distribuição de Massa

Seguindo o estudo da influência dos diversos parâmetros intervenientes, estudamos nesta seção a influência da distribuição de massa. Essa distribuição é caracterizada pela posição do centro

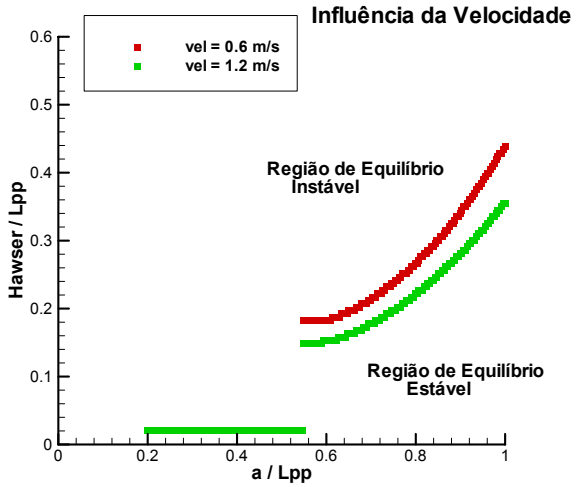


Figura 10: Influência da Velocidade na Estabilidade

de gravidade epelo raio de giração em giro. Esses parâmetros foram variados em 10 % e com os resultados avaliou-se as alterações nos limites de estabilidade. Os resultados estão mostrados nas figuras 11 e 12. Pode-se observar que são pequenas as alterações nos limites de estabilidade.

8 Comportamento do Sistema nos Testes com Barra Rígida

A última fase do trabalho foi a realização do teste de reboque com auxílio de uma barra rígida. Foram realizados testes com diferentes comprimentos de barra, diferentes pontos de conexão e diferentes velocidades de reboque. Os testes foram realizados com o modelo deslocado da posição de equilíbrio para se tentar estimular mais rapidamente os efeitos da instabilidade. A indicação de equilíbrio estável utilizada na tabela significa que o modelo tende a se alinhar com a barra e a velocidade de reboque. A indicação de equilíbrio instável significa que o modelo oscila em torno da posição de equilíbrio.

Observa-se que a combinação $a/L = 0.7$ e $h/L =$

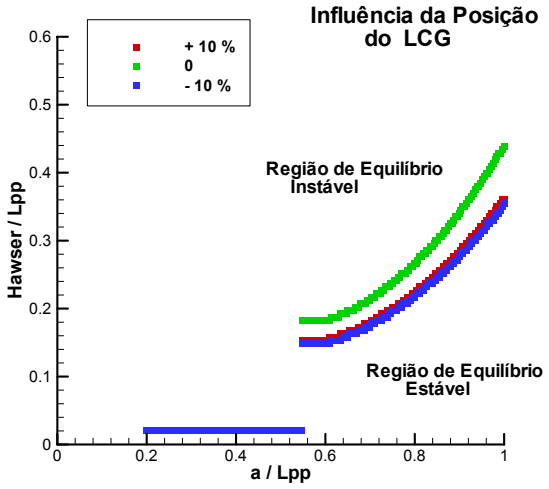


Figura 11: Influência da Posição do LCG na Estabilidade

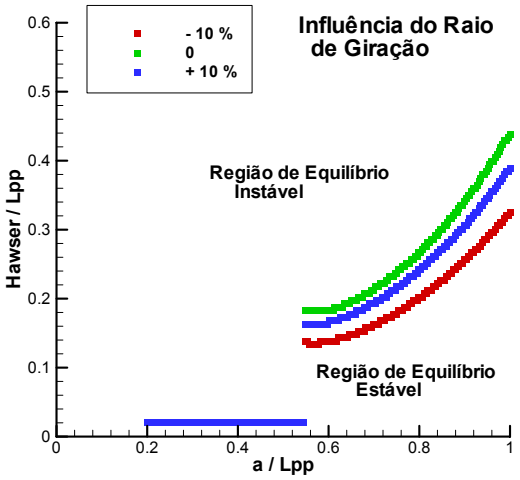


Figura 12: Influência do Raio de Giração na Estabilidade

1.0, corresponde a uma configuração com equilíbrio instável de acordo com a figura 5, que deveria apresentar comportamento instável para qualquer velocidade. Entretanto, dos experimentos vê-se claramente que a velocidade influencia severamente o comportamento do modelo em reboque. Podem-se destacar os seguintes comentários:

1. A comparação dos testes 01 e 02, executados para um grande comprimentos da barra e duas posições do ponto de conexão mostra um comportamento estável do sistema, o que contraria a análise linear de estabilidade.

2. A sequência de testes 02 - 12 para $h/L = 1.0$ e $a/L = 0.7$ mostra que o comportamento estável ou instável do sistema depende da velocidade.

   A velocidade crítica é 0.625 m/s.

3. Comparando-se os pares de corridas 02 e 05, 03 e 04, 14 e 15, pode-se dizer que o comportamento do sistema não depende da posição inicial.

4. A velocidade crítica para a barra com comprimento igual a $1.0L$ está em torno de 0.625 m/s.

   A velocidade crítica para a barra com comprimento igual a $0.6L$ está abaixo de 0.65 m/s. Provavelmente acima de 0.625 m/s.

   A velocidade crítica para a barra com comprimento igual a $0.4L$ está em torno de 0.675 m/s.

   A velocidade crítica diminui com o aumento do comprimento da barra

9 Conclusões

Os testes preliminares confirmaram que se deve estabelecer uma faixa de velocidades para levar a cabo os testes para a determinação das derivadas hidrodinâmicas. Deve-se evitar a faixa de velocidades em que os resultados refletem os efeitos do regime de transição, bem como a faixa de velocidades em que efeitos de formação de ondas afetam as derivadas.

A velocidade influencia o comportamento dinâmico de um modelo em teste de reboque, o que não é verificado na análise de estabilidade linear.

Tabela 1: Tabela Descritiva do Comportamento do Sistema nos Experimentos

Teste	U_0	a/L	h/L	$\eta(0)$	equil.
01	0.600	0.5	1.0	1 B	est.
02	0.600	0.7	1.0	1 B	est.
02	0.600	0.7	1.0	1 B	est.
05	0.600	0.7	1.0	2 B	est.
04	1.200	0.7	1.0	1 B	ins.
03	1.200	0.7	1.0	2 B	ins.
14	0.650	0.7	0.6	2 B	ins.
15	0.650	0.7	0.6	0 B	ins.
16	0.650	0.7	0.4	1/2 B	est.
17	0.700	0.7	0.4	1/2 B	ins.
12	0.625	0.7	1.0	2 B	est.
11	0.630	0.7	1.0	2 B	ins.
14	0.650	0.7	0.6	2 B	ins.
15	0.650	0.7	0.6	0 B	ins.
13	0.700	0.7	0.6	2 B	ins.
02	0.600	0.7	1.0	1 B	est.
05	0.600	0.7	1.0	2 B	est.
10	0.620	0.7	1.0	2 B	est.
12	0.625	0.7	1.0	2 B	est.
11	0.630	0.7	1.0	2 B	ins.
09	0.640	0.7	1.0	2 B	ins.
08	0.675	0.7	1.0	2 B	ins.
07	0.750	0.7	1.0	2 B	ins.
06	0.900	0.7	1.0	2 B	ins.
03	1.200	0.7	1.0	2 B	ins.
04	1.200	0.7	1.0	1 B	ins.

A estabilidade linear do sistema apresenta pequenas alterações com variações em todos os parâmetros testados. Qualquer que seja a variação a configuração $\{a/L = 0.7,\ h/L = 1.0\}$ representa um ponto no interior da região instável, com a maior parte real do autovalor positivo em torno de 0.08, ver figura 6.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Petrobras, ANP (Agência Nacional de Petróleo) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo suporte dado ao presente trabalho.

Referências

Abkowitz, MA (1964) Lectures on Ship Hydrodynamics - Streering Maneuverability. *Hydro-Og Aerodydynamisk Laboratorium, Hy-5*.

Costa, APS, Rolo, LFA, Goulart, MP and Correa da Silva, SHS(2003) Offloading Trends in Brazil WMTC, 2003, San Francisco, USA.

DMI(2002) Manoeuvring Tests with a Model of a 258 m Suezmax Tanker2002 DMI 2002189, FORCE Technology, Denmark.

Eda, H and Crane Jr., CL (1965) Steering Characteristics of Ships in Calm Water and Waves. *Transaction of SNAME*, vol 73.

Norrbin, NH (1970) Theory and Observations on the Use of a Mathematical Model for Ship Manoeuvring in Deep and Confined Waters. *Eigth Symposium on Naval Hydrodynamics*, Pasadena, CA, USA.

Sphaier, SH, Fernandes, AC and Correa, SHS(1999) The Unstable Offloading of a FPSO. *Int. Conf. on Offshore and Polar Engineering*, ISOPE'99, Brest, France.

Wagner-Smitt, L e Chislett, MS(1972) Course Stability while Stopping. *J. Mechanical Engineering Science*, Vol. 14, No. 7.

DETERMINACIÓN PRELIMINAR DEL EQUIPAMIENTO DEL CANAL DE ENSAYOS HIDRODINAMICOS DE LA UNI

Richard Chavez P.[1], Edwin Luna G.[1], William Garcia Y.[1], Victor Loarte V.[2]

[1] Estudiante, Escuela Profesional de Ingeniería Naval, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú
[2] Bachiller en Ciencias con Mención en Ingeniería Naval

RESUMEN

El canal de ensayos hidrodinámicos de la Universidad Nacional de Ingeniería, se encuentra ubicado en un ambiente del Laboratorio Nacional de Hidráulica. El objeto de este estudio es desarrollar un plan para poder contar con un equipamiento que permita el funcionamiento de este Canal.

Se parte de la infraestructura, que consta de un tanque de 60mx3mx2m y de un carro de remolque. Esto permite la calibración de correntometros, utilizados para fines de la Ingeniería Civil. El objetivo es contar con un generador de olas, construir modelos de distintos tipos de embarcaciones, que conlleven al estudio y perfección de las líneas de formas de buques. Finalizando con una comparación estadística y computarizada utilizando software conocidos sobre Ingeniería Naval. Es debido notar que este estudio implica un reto académico, no de los autores, sino de gran parte de la comunidad académica en ingeniería naval de la UNI. Cabe notar que el diseño, elaboración e instalación de las estructuras necesaria y equipos para el funcionamiento de este será obra de los autores en colaboración con el personal estudiantil y docente, que se comprenderá en el trabajo final

También como un desafío adicional estamos comprometiéndonos a analizar de esta forma la interferencia de las diferentes partes de la resistencia de buques y de esta manera optimizar las formas del buque para obtener una mínima resistencia al avance por formación de olas.

Palabras Clave:
- *Canal hidrodinámico*
- *Canal de pruebas*
- *Ensayos en hidrodinámica*

Richard Chavez Pacahuala	*Estudiante EPIN - UNI*	*canaldepruebas@uni.edu.pe* o *canaldepruebas@ec-red.com*
Edwin J. Luna Goñi		
William J. Garcia Young		
Victor A. Loarte Vicuña	*Bachiller*	

Dirección Universidad	:	*Avenida Tupac Amaru 210. Distrito de Rimac. LIMA - PERU Pabellón A2. Aula 241. APEIN. Atención: Richard Chavez*
Direccion Particular	:	*Calle Guayana 238. Urbanizacion El Parral Etapa II. Distrito de Comas. Lima 07. LIMA - PERU*

SUMMARY

The towing tank of the National University of Engineering, it is located in a place of the National Laboratory of Hydraulics. The object of this study is to develop a plan to be able to have an equipment that allows the operation of this Channel.

It leaves of the infrastructure that consists of a Tank of 60mx3mx2m and of a tow car. This towing tank allow the calibration of comptometers, used for works of Civil Engineering. The objective is to have a generator of waves, construction of models of different types of crafts that bear to the study and perfection of the hull lines of all type of ships. Concluding with a comparison statistical and computed using software known on Naval Engineering. It is due to notice that this study implies an academic challenge, not of the authors, but of great part of the academic community in naval engineering of UNI. It necessary to notice that design, elaboration and installation of the structures and teams for the operation of this it will be the author's work in collaboration with the students and professors that will be understood in the final work.

Also as an additional challenge we are committing to analyze this way the interference of the different parts of the resistance of ships and this way to optimize the forms of the ship to obtain a minimum resistance to the advance for formation of waves.

Keywords

- *Hydrodynamic channel*
- *Channel of tests*
- *Hydrodynamic rehearsals*

Marco Histórico de la Ingeniería Naval

El Perú con un amplio litoral marítimo ha estado, esta y estará siempre vinculado con la actividad del mar, lo que ha supuesto desde tiempos muy antiguos el desarrollo de embarcaciones, sobretodo pesqueras, que le facilitan al pescador costero la extracción de los recursos del mar, y el transporte marítimo de los sitios de producción a los de consumo.

Esta realidad esta presente en las embarcaciones de pesca y en las embarcaciones de cabotaje que se han empleado desde la época del Incanato hasta la fecha. Las embarcaciones más antiguas son del tipo balsa que sirvieron para la pesca y transporte en la época del Incanato. También pertenecen a esta categoría los Caballitos de Totora usados en el norte medio del país y que se utiliza en la misma época

Antecedentes

El Convenio de Cooperación Educativa entre la Marina de Guerra del Perú y la Universidad Nacional de Ingeniería firmado el 7 de octubre de 1993 especifica en la cláusula segunda:

La UNI es una entidad educativa a nivel superior, reconocida formalmente por el Estado peruano y que, por Ley Universitaria y sus Estatutos, esta facultada para otorgar títulos y grados académicos a nombre de la nación, entre ellos los de Ingeniería Naval, en la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Introducción

El Laboratorio Nacional de Hidráulica es una dependencia autónoma que se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería, este cuenta con un Canal de Calibración de Correntómetros, que ha estado siendo utilizado normalmente para obtener la curva de calibración de varios instrumentos de medición de flujos, lo que posibilita resolver el problema de normalización o certificación. Esta infraestructura es la base primaria de un canal de ensayos hidrodinámicos de Arquitectura Naval e Ingeniería Marina.

Un canal de ensayos hidrodinámicos permite la verificación de los estudios realizados en forma empírica, estadística o computacional, su presencia es importantísima debido a que promueve la investigación y por consiguiente el desarrollo del país en el campo de la ingeniería relacionada, innovando los diseños para mejorar aspectos en forma particular o general de los buques tanto para navegación marítima, lacustre o fluvial y otros.

Justificación

Este articulo como finalidad primaria da conocer la implementación y/o transformación en forma básica del ambiente del canal de calibración de correntómetros del Laboratorio Nacional de Hidráulica hacia un Canal de Ensayos Hidrodinámicos para apoyar los estudios en Arquitectura Naval e Ingeniería Marina y priorizar la investigación en este campo con el objetivo de mejorar los diseños de las embarcaciones pesqueras, remolcadoras, no propulsadas, mercantes y de guerra que permitirán el gran futuro de la Ingeniería Naval en el Perú

Como paso preponderante para lograr las metas mencionadas se deberán emprender las pruebas en modelos de buques para determinar completamente, a escala, las formas del casco, la potencia instalada compatible con las velocidades a escala requeridas, etc.

Actualidad del Canal

En la infraestructura presente del quasi Canal de Ensayos hidrodinámicos existen:

El Tanque de Calibración, con las siguientes dimensiones:

Eslora	60,00	m
Manga	3,00	m
Profundidad Utilizable	2,00	m

El Carro de Calibración, eléctricamente impulsado, fabricado por Kempf y Remmers (Tipo C36, Bau Nº 446 proporcionado en 1960 – 1964) esta instalado sobre los rieles del Tanque (el rango de velocidad de la calibración es de 0,05 a 4,50 m/s). El Carro esta montado en dos rieles nivelados y localizados en lo bordes exteriores del Tanque, que permiten el movimiento horizontal del Carro, conveniente para el desplazamiento del medidor actual. La manga de los rieles del Carros es de 3,30 m. Para detener el carro hay dos sistemas de frenado, uno de operación manual y el otro automático. El operador controla los sistemas, aunque el sistema automático actúa independiente si es necesario, en una situación de emergencia.

Figura 1. Vista panomarica actual del Canal de Calibración del Laboratorio Nacional de Hidráulica.

Medidor de Corriente, el Carro esta provisto con tres medidores actuales:

Medidor de Corriente de Rueda Magnética Dumas – Neyrpic (Francia) con un rango de medida de 0,05 m/s a 6,00 m/s y una exactitud de +/- 2%

Medidor de Corriente Beauvert Midget (Francia) Tipo 58 con un rango de medida de 0,01 m/s a 2,00 m/s y una exactitud de +/- 2% a +/- 3%

Medidor de Corriente Gourley

Descripción Técnica

Implementar un Canal de Ensayos para aplicación de Arquitectura Naval e Ingeniería Marina, permitiría promover que los diseños de los buques sean cada vez más eficientes.

Debido a que muchos problemas en el diseño de un barco nuevo son la necesidad de asegurar, entre otros requisitos la forma del casco y el arreglo de la propulsión; por tanto es en el sentido hidrodinámico el tema más importante.

Las pruebas de mar al final de la construcción de un buque, serán las que tendrán la última palabra al respecto. Si el buque sea cual sea su conducta en el mar se moverá a la velocidad exigida por el armador (propietario o representante) con el mínimo de potencia al eje y la combinación de baja resistencia y alta eficiencia propulsiva. En general esto solo puede ser obtenido a través de la interacción casco – hélice.

Las investigaciones en modelos a pequeña escala son todavía necesarias para encontrar respuestas concretas a preguntas específicas concernientes al diseño de embarcaciones y en especial las pesqueras. Este tipo de investigación se basa en la medida de la resistencia total de un barco moviéndose en una superficie de aguas tranquilas, que tiene un numero de componentes, que la conforman como, resistencia por olas, resistencia friccional, resistencia por remolinos, resistencia por apéndices, resistencia del aire [1]. Los Arquitectos Navales generalmente hacen uso de los resultados de investigaciones sistemáticas y en especial los ensayos en modelos son usualmente usados durante el diseño de algún buque de gran importancia.

Fue William Froude quien tuvo la idea de dividir la resistencia total en residual, y friccional de una placa equivalente que es enunciada en la Ley de Comparación de Froude que establecía “Si dos cuerpos de forma geométricamente similares (dos buques o un barco y su modelo) son corridos a velocidades proporcionales a la raíz cuadradas de sus esloras (velocidades correspondientes) entonces sus resistencias residuales por unidad desplazamiento será la misma”.

Para que un Canal de ensayos tenga mas posibilidades en investigación sobre el comportamiento de los buques, se tendría que construir, equipar e implementar en el Canal un Generador de Olas, que permita simular un determinado rango de olas de acuerdo a su altura y/o dirección. A la vez este Generador de Olas, debería alterar minimamente la estructura actual en el Canal de Ensayos.

Canal de Calibración

Un Canal de Ensayos típico como por ejemplo para los ensayos de resistencia al avance, deberá ser de grandes dimensiones, para poder simular el movimiento en mar abierto y eliminar la influencia adversa que las paredes y el fondo pueden tener sobre el recorrido del modelo. De hecho, no es práctico hacer el modelo o el tanque pequeño [2].

El modelo es unido a un Carro de Remolque que se mueve a lo largo de rieles sobre el tope de ambos lados del tanque. Se puede utilizar para los experimentos de resistencia y propulsión en aguas tranquilas, con velocidades del carro menor a 5,70 m/s. Si se sobrepasa esta velocidad los resultados empezaran a tener influencia adversa por la poca profundidad del Tanque.

También se proyecta la construcción de ventanas de este Tanque de Remolque, aconsejable para observar el flujo en las olas generadas alrededor de los modelos de buques. Instalándose dentro de la longitud central del Tanque. Sugiriendo que estas ventanas tengan una longitud de dos veces las eslora de los modelos. Para obtener la medida de la

resistencia de los modelos de buques en una serie de velocidades por sobre y debajo de la velocidad de prueba, el modelo es unido a un Dinamómetro de Resistencia

Dinamómetro de Resistencia

Sobre el Carro de Remolque. Según la Ley de Modelos de Froude, la velocidad correspondiente del modelo es igual al cociente de la velocidad del buque y la raíz cuadrada de la relación de la eslora del buque a la eslora del modelo [3].

$$\frac{V_B}{L_B} = \frac{V_M}{L_M}$$

Para llevar a cabo la implementación del canal de ensayos hidrodinámicos UNI, se proyecta la adquisición de estos posibles equipos:

- Dinamómetro para poder realizar ensayos de propulsión con modelo de buques y un amplio rango de tamaños. Con posible torque nominal de 1,50 Nm y empuje nominal de 60 N a 3500 rpm.

- Accesorios de Dinamómetro, incluye transmisión de hélice, tubo de codaste y junta universal.

- Aparato de calibración estática de Dinamómetro

- Motor para uso con Dinamómetro y equipamiento

Generador de Olas

Para que un canal de ensayos tenga más facilidades en temas de investigación, en comportamiento de los buques se tendría que construir equipar e implementar en el Canal un Generador de Olas., que permite simular un rango de olas.

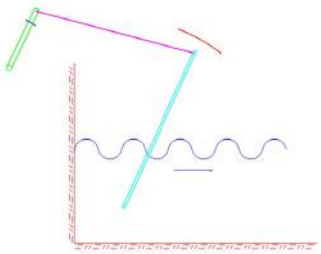


Figura 2. Esquema de Generador de Olas. Tipo Aleta Giratoria.

A la vez este Generador de Olas debería alterar minimamente la estructura actual en el canal. De los tipos de generadores de olas existentes, el mas fácil de instalar, accionar y menos costoso de acuerdo a las condiciones del Canal es del Tipo de Aleta Giratoria

Generador de Olas de Tipo de Aleta Giratoria.

Considerando las dimensiones del Canal en la escala de los modelos para la representación del oleaje del mar, se puede dar un factor de escalamiento máximo de 60 y un mínimo de 20. La función f(W)se llama Espectro de Energía de las olas y se determina en base de las mediciones de la superficie del mar. Es decir representa la manera de distribución de la energía de las olas complejas a través de la frecuencia. Teniendo en cuenta que la frecuencias angulares de los espectros de energía de las rutas de navegación se encuentra de un rango útil de 0,5 rad/s a 3,0 rad/s. Estas son el rango de frecuencias de las olas del mar. Con este rango de frecuencias y el factor de escalamiento se obtienen las frecuencias de olas en canal [4].

Frecuencia de Olas del Mar W_s	Factor de Escalamiento F	Frecuencia de Olas en el Canal W_m
0,5	60	03,87 rad/s
3,0	60	23,23 rad/s
0,5	20	02,23 rad/s
3,0	20	13,42 rad/s

Obtenidas las frecuencias de olas en Canal se obtiene lo siguiente:

Longitud de Onda de las Olas en el Canal mediante la relación.

$$\lambda = \frac{2\pi g}{W_M^{\,2}}$$

Altura de las Olas en el Canal, tomando como referencia la Tabla de Comportamiento del Mar, Escala de Beaufort, que presenta:

$$20 < \frac{\lambda}{H} < 50$$

Periodo de las Olas en el Canal, que en general es:

$$W = \frac{2\pi}{T}$$

Obteniendo de esta manera las revoluciones del motor, que cubrirán los valores determinados.

$$f = \frac{1}{T}$$

El mecanismo del Generador de Olas será de un sistema de biela – manivela con movimiento armónico simple.

Como siguiente paso se deberá determinar

- La Velocidad del Actuador para los casos de olas regulares e irregulares.

- Dimensionamiento del Actuador
- Dimensionamiento de los soportes del Actuador
- Dimensionamiento de la Biela
- Dimensionamiento de la Manivela

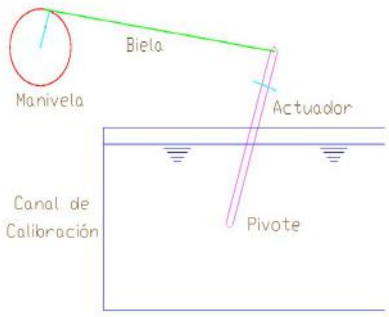


Figura 3. Mecanismo del Sistema Generador de Olas.

Y hacer los análisis correspondientes que permitan un buen funcionamiento en el futuro.

Alcance de la Propuesta

Un objetivo a futuro, con la relación del implemento del Canal de ensayos hidrodinámicos es llegar a ser miembro del International Towing Tank Conference (ITTC). La membresía del ITTC esta abierto a todos los Tanques de Remolque y/o Laboratorios de Prueba de Modelos que regularmente tienen responsabilidad hacia los diseñadores, constructores de naves y otros que contribuyen al objetivo del ITTC. Cada organización debe satisfacer el Comité Ejecutivo del ITTC para ser miembro elegible.

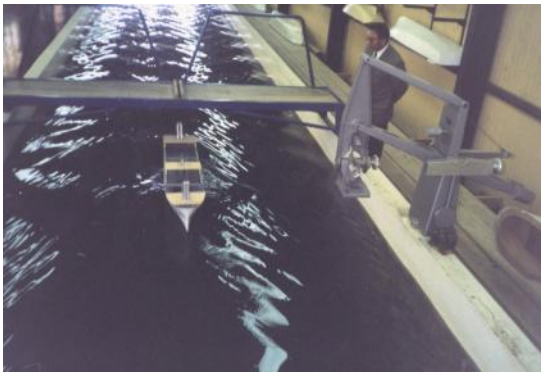


Figura 4. Visualización del futro del Canal de Calibración del Laboratorio Nacional de Hidráulica.

Objetivos

- Modificar en lo mínimo posible la infraestructura del ambiente mencionado del Laboratorio Nacional de Hidráulica para los fines respectivos

- Diseñar y construir un sistema que permita producir perturbaciones regulares sobre la masa de agua del Canal de Ensayos, en base a consideraciones básicas de Teoría de Olas.

- Diseñar y construir un sistema capaz de disipar la energía del olaje con el fin de evitar reflexiones

- Equipar el respectivo ambiente del Laboratorio con maquinas y herramientas de mano para la fabricación de modelos de cascos de buques

- Contar con un banco de modelos de buques de acuerdo a tipo y fines comerciales

- Enfrentar el problema de estudio de la estabilidad de las embarcaciones (monocascos y catamaranes) y de la acción de las olas sobre estos

- Enfrentado nuestra realidad, estudiar la resistencia al avance de las embarcaciones pesqueras actualmente en la soberanía peruana.

Referencias

1. Acosta Pastor, Victor y Loarte Vicuña, Victor. "Determinación Numérica de la Resistencia al Avance de Buques Pesqueros". XIV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Ramas Afines. CIP. – PERU. Lima, Octubre 2001.

2. Perez Rojas, Luis y Abad Arroyo, R. "Prácticas de Teoría del Buque". Sección de Copias de la ETSIN. Madrid 2001.

3. Alaez Zazurca, José Antonio. Resistencia Viscosa de Buques . Madrid, 1972.

4. Pérez Arribas, Francisco. Apuntes de Dinámica del Buque. ETSIN – UPM. Madrid 2000.

Determination of Floating Units Hydrostatic Properties

Prof. Dr. Marcelo. R. Martins* and Eng. Rodrigo L. P. Alvarez
Department of Naval Architecture and Ocean Engineering. University of São Paulo, SP, Brazil.
*mrmartin@usp.br

Abstract

Due to a constant need of vessel constructions, whether by market demand or a fleet renewal, the computational programs development which can facilitate and even help a ship project, become an interesting and useful tool, aiding in several ship project phases.
To demonstrate the shipbuilding growth, on January 1st, 2003 the world orderbook was about 2248 ships, going up to 3338 on July 1st, 2004 [2]. 2004 was an excellent year for shipbuilding market, increasing most of orderbooks for larger vessels. According to Clarkson Research Studies [1], it is noted that bulkcarriers, tankers and container ships fleet have been grown for last two years, achieving incredible levels as never seen before.
In order to contribute with the market growth, specially the oil market one, it was generated a computational program called NAVSTAB which is able to calculate floating units hydrostatic properties. These properties are obtained after NAVSTAB generates panels for a hull representation based on vessel's cotes provided previously by user. With these panels, it is possible to make a vectorial calculus in order to represent the hydrostatic curves.
Although the developed program has been created at first to analyze ships only, after some changes in its structure, platform properties can also be determined.
Some comparisons and validations were made with some cotes and hydrostatic curves known from literature for two tankers and the results achieved by NAVSTAB were extremely close to them, showing its capabilities and accuracy. In the platform comparison, NAVSTAB executes a vectorial calculation based on panels provided, once only for these floating units panels shall be obtained externally.
In this same program it was also implemented a method to obtain vessel properties when it moves or rotates in relation to axes x, y and z as follows: surge, sway, heave, roll, pitch e yaw.
The program was developed at Department of Naval Architecture and Ocean Engineering of University of São Paulo, Brazil.

1 – Introduction

The hydrostatic properties of a vessel are extremely important within its project. With those, ship behavior in relation to its static stability, for instance, can be analyzed.
With an increasing necessity on the vessel's market demand, it was developed a way to determinate these ship properties based on its own cotes. The program NAVSTAB main purpose is to determine the hydrostatic properties for tankers, once in Brazil they are largely used due to a constant growth of oil exploration in deep water.
With the ship cotes, using an interpolation process, NAVSTAB generates a panel mesh that later, with some vectorial calculus properties, gives, as a result, the ship hydrostatic curves for many different drafts defined by the user, including the projected one.
Thus, joining an interpolation method with panel vectorial calculus, it is possible to determine:

- Underwater (immersed) volume;
- LCF – Longitudinal center of flotation;

- TCF – Transversal center of flotation;
- LCB – Longitudinal center of buoyancy;
- TCB – Transversal center of buoyancy;
- KB – High of center of buoyancy (in relation to keel);
- Longitudinal and transversal inertial moments of the buoyancy plan;
- Floating surface area;
- Wet surface;
- Longitudinal and transversal BM (metacentric radius).

The interpolation calculus method as well as properties mentioned above will be presented during this paper.

2 – Panels Interpolation and Generation

With ship cotes, it is possible to delineate its stations and water line contours. The ship can be divided in many stations and water lines that the user wants to. For this, it is just needed to apply an interpolation concept.
In this topic, a *spline* method will be presented to explain how interpolation is used by NAVSTAB and also how it is applied to different floating units geometry.
It is important to call attention that the interpolation method is only utilized for the ship geometry delineation and not for calculating the hydrostatic properties. In platform cases, the panels are determinate externally and then specified to the program. The interpolation process developed does not work for platforms.

2.1 – *Spline* Functions for Interpolation

According to [3], a *spline* function $S_p(x)$ of p degrees with nodes in points x_i (i = 0, 1,..., n) is defined by the following conditions:

- In each sub-interval of points $[x_i, x_{i+1}]$, where i = 0, 1,..., (n-1), $S_p(x)$ is a polynomial of p degrees: $s_p(x)$;
- $S_p(x)$ is continuous and has a continuous derivate until (p-1) order within the considered interval;
- $S_p(x)$ passes through the points in the interval given.

There are some *spline* functions which are appropriated for interpolation. They are: 1st degree (linear function), 2nd degree (quadratic function) and 3rd degree (cubic function).
When considering a linear *spline* to interpolate some points, it is easy to identify as a big drawback a discontinuous first derivate at nodes. The quadratic function has continuous derivates until first order, but it does not assure that second order derivates is continuous too. Therefore, the most appropriated *spline* and also applied in the NAVSTAB calculation is a *spline* of third degree or a cubic *spline* interpolation function.
The third-degree *spline* has two continuous derivates, not allowing peaks or abrupt changes at nodes curvature in the interpolation function.
For each interval between any two points $[x_k, x_{k+1}]$ with k = 0, 1, ..., (n-1), with n been the number of points given where the *spline* function must pass through, there is a polynomial $s_k(x)$ of third degree, written as:

$$s_k(x) = a_k(x - x_k)^3 + b_k(x - x_k)^2 + c_k(x - x_k) + d_k \quad (1)$$

where a_k, b_k, c_k and d_k are coefficients that might be found out for each k = 0 to n-1 value. Using:

$$g_k = s_k''(x_k) \quad \text{and} \quad h_k = x_k - x_{k-1} \tag{2}$$

it is possible to figure out a_k, b_k, c_k e d_k values, by the following expressions:

$$a_k = \frac{g_k - g_{k-1}}{6h_k},\ b_k = \frac{g_k}{2},\ c_k = \left[\frac{y_k - y_{k-1}}{h_k} + \frac{2h_k g_k + g_{k-1} h_k}{6}\right],\ d_k = y_k \tag{3}$$

and g_k value can be determinate with the system Ax = b solution, where:

$$A = \begin{pmatrix} h_1 & 2(h_1+h_2) & h_2 & 0 & 0 \\ 0 & h_2 & 2(h_2+h_3) & h_3 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & h_{n-1} & 2(h_{n-1}+h_n) & h_n \end{pmatrix} \tag{4}$$

$$b = \begin{pmatrix} \frac{y_2 - y_1}{h_2} - \frac{y_1 - y_0}{h_1} \\ \frac{y_3 - y_2}{h_3} - \frac{y_2 - y_1}{h_2} \\ \vdots \\ \frac{y_n - y_{n-1}}{h_n} - \frac{y_{n-1} - y_{n-2}}{h_{n-1}} \end{pmatrix} \tag{5}$$

and:

$$x = (g_0, g_1, \ldots, g_n)^T \tag{6}$$

With this system solution, we can easily obtain a cubic *spline* function which interpolates panels.

2.2 – Panels Generation

On knowing that it is possible to interpolate points with functions, it will be described now how it was implemented within NAVSTAB in order to generate panels. First of all, some points distributed in the same water line must be provided by user, as exemplified in Fig. 1.

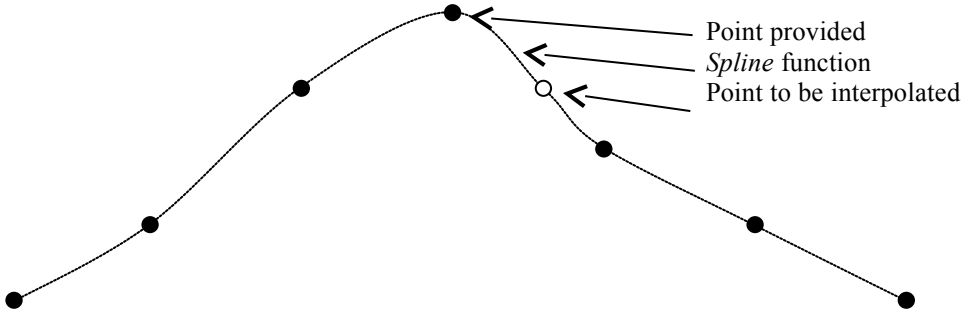


Fig. 1: Example of an interpolated *spline* function (water line contours).

Based on points provided, the coordinates of any other intermediate point can be defined inside any interval by generating *splines* functions. This allows, in the case of intermediate stations and for the same existing water line or for another one generated by the program, calculate intersection points distances in relation to a longitudinal axis that goes from stern to bow.

Consider now that vessel cotes have been provided to NAVSTAB, containing ten water lines, ten stations and its correspondent distances in relation to the longitudinal axis.

If it is necessary to better describe the considered vessel, NAVSTAB can interpolate, for each water line generated, as many stations as user has specified. Hence, with a better described ship, the determinate hydrostatics properties will be much more accurate. This is the main reason why panels are created. They are situated between stations and water lines. In the program's case, panels have always four points and are generated with a normal vector perpendicular to its surface pointing out of the hull.

Let us consider now two water lines and two stations provided and, between them, one water line and one station, both generated by NAVSTAB, as represented in Fig. 2.

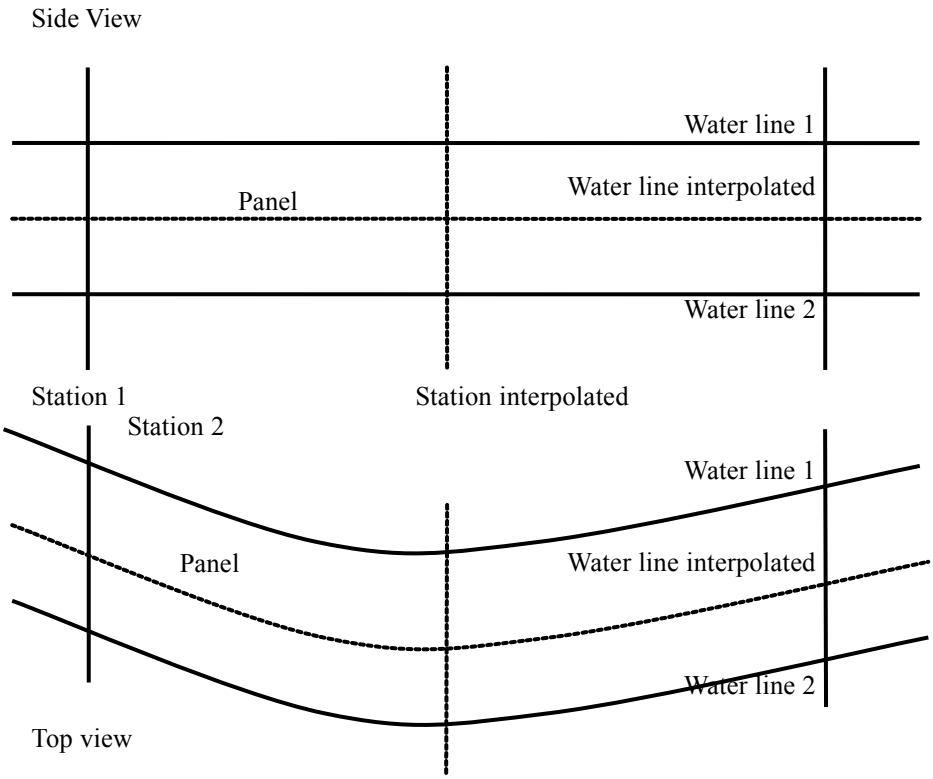


Fig. 2: Generated panel by NAVSTAB with both station and water line interpolated.

Generated panels are exactly between interpolated water lines and stations. Thus, it is easy to confirm that more water lines and more stations created (smaller distances between them), the smaller panels are and, therefore, the better is the vessel discretization.
The example presented in Fig. 2 represents that generated panel has four points that also belong, at the same time, to other panels. The panel's format depends on its four points disposition. Generally, they do not define a plan, due to hull's irregularities and prominences as well as hull fairing, but as all calculations are made with vectors, the panel's format does not affect the results.
Once the panel's configuration has just been presented, let us define the normal vector. For this, consider now the Fig. 3.
Using as reference the panel in Fig. 3 as well as the coordinate system showed in the same figure, it can be noted that the only way to have a normal vector pointing out of the hull is if the four panel points order stays exactly as showed in Fig. 4.
The reason why the sense of normal vector must point out of the vessel will be better described in vectorial calculus description.

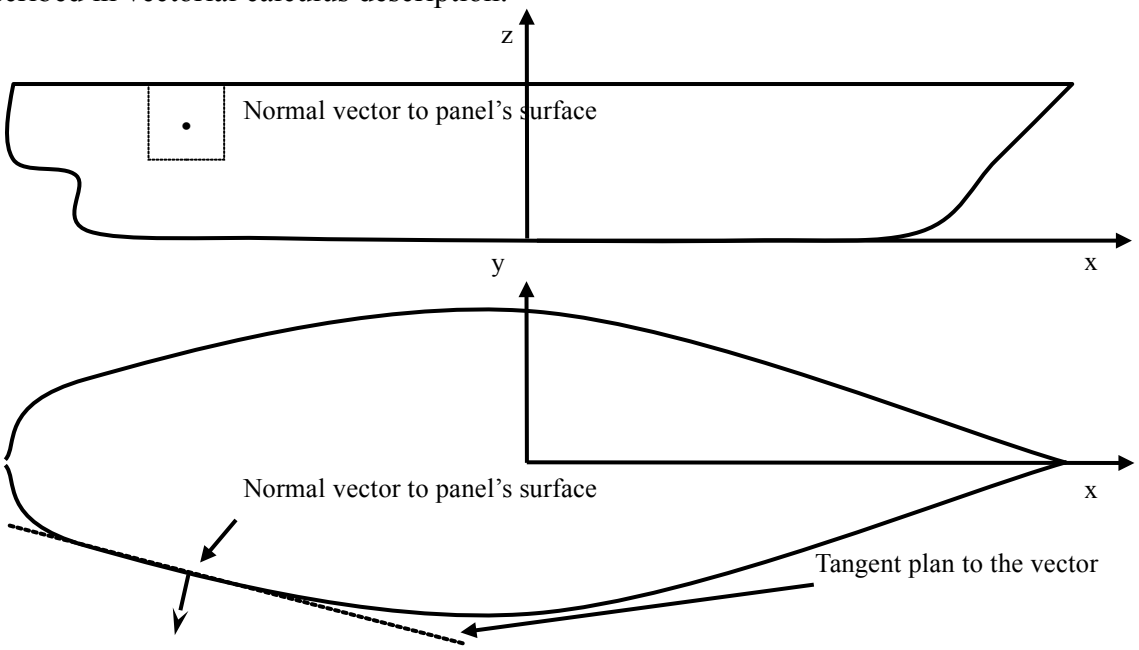


Fig. 3: Panel used in vectorial calculus.

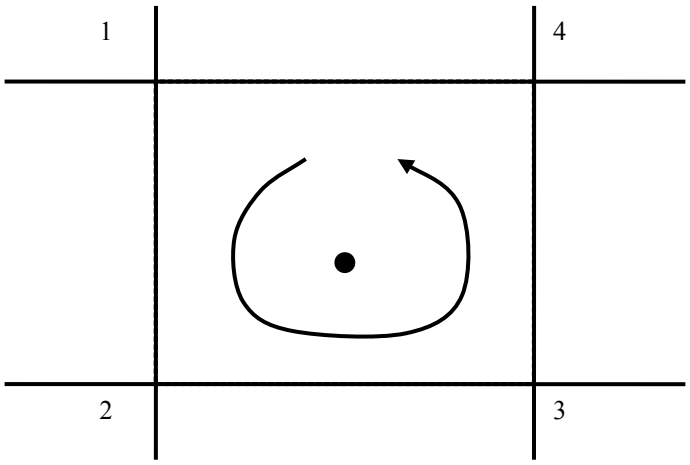


Fig. 4: Points sequence in order to have a vector sense pointing out of the vessel.

Even in relation to panels, NAVSTAB creates them from keel (water line zero) to last deck (last water line) and from stern to bow. Let us verify now how panels creation is made, looking at Fig. 5 which shows a parallelepiped vessel.
Initially, NAVSTAB generates the four points of the panel A in Fig. 5, enumerating in the sequence showed in Fig. 4. Pay attention that it begins at stern and in water line zero.
As vessels are generally considered to be symmetric, another panel, symmetric to panel A in relation to axis x, is created at the other side of the vessel. After finishing points organization in the panel A and its symmetric panel, NAVSTAB starts generating panel B. However, two points of this panel B and that also belong to panel A, they had been created before (when creating panel A). Thus, for panel B, only points number 3 and 4 represented in Fig. 4 are now generated.
For the panels between these first two water lines, the process is exactly the same. In other words, it will be created their points 3 and 4 only. The generated panels' first line ends when NAVSTAB arrives at panel C. For panel D, the correspondent points 2 and 3 had already been created with panel A. Therefore, only points 1 and 4 are now generated. For panel E, the unique missing point is number 4, once all other points have already been created. From this panel on, all other panels will just be constituted by the three existing points and a new one (point 4) created, until the process is over at the last water line on top.

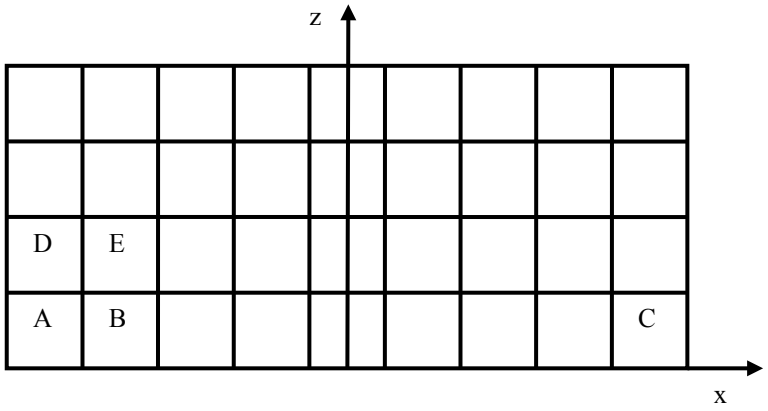


Fig. 5: Panels generation at a hull.

It is easy to realize at this moment that point 4 for panel A is the point 1 for panel B, 3 for D and 2 for E. Hence, the same point belongs to different panels at the same time.
At last, panels at bottom, stern and bow are created when necessary. The vessel is then completely "closed". It is important to remember that NAVSTAB considers a ship as symmetric body and, therefore, identical panels are always generated at the other side (symmetric in relation to axis x in Fig. 3), keeping the normal vector pointing out of the hull. To create the opposite panel, it is required a simple change in the order of the four points, changing point 2 with point 4 in Fig. 4.
As a result, the panel generation and interpolation phase can be summarized in:

- Receive vessel cotes;
- Divide vessel into many stations and water lines, not considering the existing ones;
- *Spline* functions interpolation for each coordinate y of all intermediate stations and water lines;
- Create panels between interpolated stations and water lines, defining a sequence of points with normal vector pointing out of the hull.

2.3 – Final Considerations about Panels Interpolation and Generation

The *spline* function is created with the only purpose of obtaining stations and water lines contours. Both are generated according to user's required precision (number of desired stations and water lines). For example, if user wants to divide a vessel into 20 stations, the program will divide it in 20 stations equally spaced. Their distance depends on vessel's length. The same happens for water lines (depends on depth).

Thus, to generate the required stations and water lines, NAVSTAB calculates *spline* functions which interpolate existing points and delineate the stations and water lines contours.

In relation to vessel's bottom panels, they will be created, when necessary, parallel to plan xy showed in Fig. 3. To better exemplify this case, take a look at Fig. 6. The considered vessel is symmetric and bottom panels are generated, comprehending only the flat part of water line zero (first water line). The same happens with stern and bow, when it is needed to "close" them. The Fig. 7 shows this case.

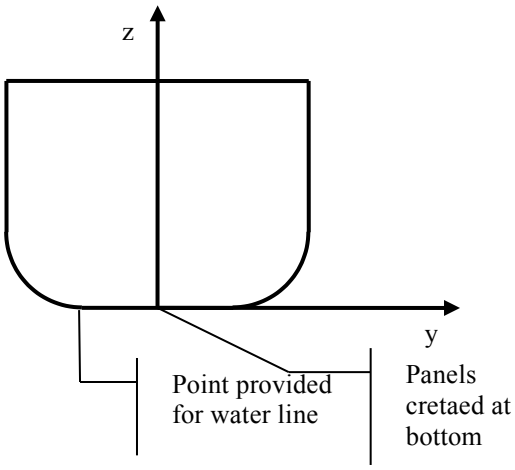


Fig. 6: Panels created at bottom.

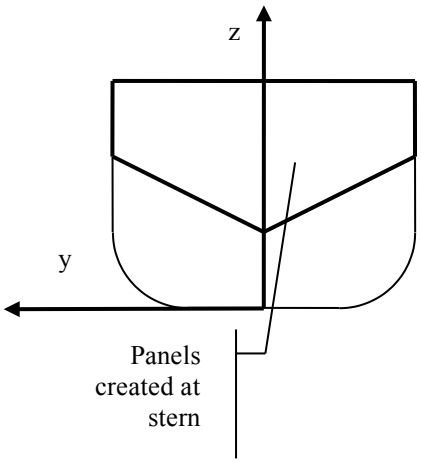


Fig. 7: Panels created at stern.

3 – Obtaining Hydrostatics Curves with Vectorial Calculus

According to Archimedes theorem, it is possible to calculate the actuating forces in an immersed body by using only its geometric description.

However, at this point, there is here a big problem: the calculation based on a three-dimensional geometry can become very complex while the body geometry becomes also more complex. Speaking of floating units geometry, it is almost impossible to describe it analytically because, generally, they are very irregular.

As a consequence, the geometric description of a floating unit into panels, for computational calculation of its main hydrostatic characteristics, becomes a very important tool for a naval project, trying to resolve the almost majority of all existing problems.

3.1 –Theory Explanation

Starting with what was mentioned before, the hydrostatic characteristics of floating units can be calculated based on their immersed geometry. Thus, let us consider a simple example to explain how vectorial calculus can provide those properties.

Consider a cube with a unitary edge whose location is given in relation to a coordinate system xyz, according to Fig. 8.

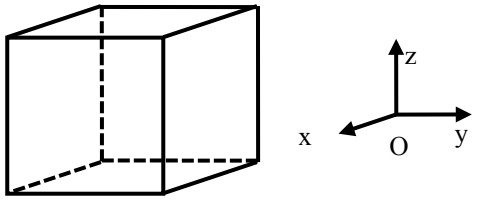


Fig. 8: Cube used for vectorial calculus exemplification.

Let us imagine now that for each cube surface there is a normal vector to it whose modulus is equal to the surface area and pointing out of the cube. Hence, it is easy to realize that the sum of all vectors modulus is equal to the area of cube surface and the vectorial sum of all vectors is equal to zero. From now on, each surface will be considered as a panel.
Now, let us consider that the position of the center of surface for all surfaces is known and the vector that has as modulus the surface area is positioned exactly at this point, as showed in Fig. 9.

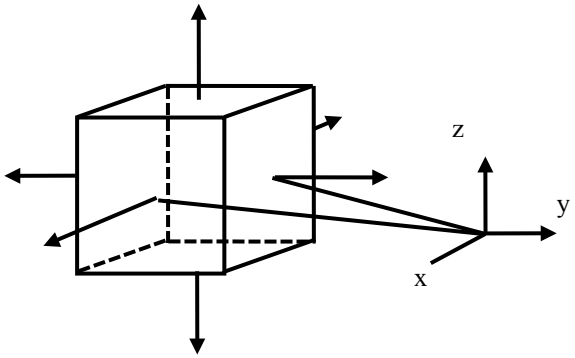


Fig. 9: Cube with the vectors positioned at the center of area for each panel.

Based on linear algebra, it is possible to show that if C_i is the center coordinate for each surface *i* in relation to an origin O and A_i is each vector whose modulus is equal to the surface area of the cube (with $i = 1,..., 6$), the parallelepiped volume will be expressed by:

$$V = \frac{\left(\sum_{i=0}^{6} A_i (C_i - O)\right)_x + \left(\sum_{i=0}^{6} A_i (C_i - O)\right)_y + \left(\sum_{i=0}^{6} A_i (C_i - O)\right)_z}{3} \tag{7}$$

Actually, the volume can be obtained by each individual part of this expression. In order to minimize numerical imprecision, the volume calculation is taken as an average of the vectorial sum in three directions. Extrapolating the obtained result for a generic geometrical shape (n surfaces or n panels), the solid's volume can be written as:

$$V = \frac{\left(\sum_{i=0}^{n} A_i (C_i - O)\right)_x + \left(\sum_{i=0}^{n} A_i (C_i - O)\right)_y + \left(\sum_{i=0}^{n} A_i (C_i - O)\right)_z}{3} \tag{8}$$

Considering the same presented principle for a solid's volume calculation, the other hydrostatic properties can be determinate for any body as will be shown later.

The reason why the vector must points out of vessel consists on vector-area signal utilization, after applying for hydrostatic properties formulation, as descript in the next topic.

3.2 – Calculation of Hydrostatic Properties of a Vessel

After creating vessel panels, NAVSTAB positions the coordinate system in water line and in the middle of the ship. To explain the reason for using this reference, let us continue analyzing the same cube of Fig. 8 but now, with the global reference repositioned, as showed in Fig. 10.

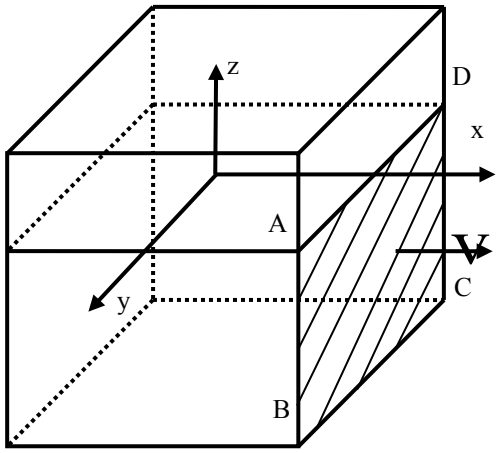


Fig. 10: Cube with the coordinate system repositioned in water line.

As water line is well defined, the program considers for calculation the immersed body only (coordinate z negative). Due to this, all vectors that point out of the body and that have as modulus the panels' area (the vector $\vec{V}$ of Fig. 10 represents one of these vectors), they consider now only the immersed area (panel ABCD), being positioned in the center of the panel (in the example, the same distance to the cube base and to water line) and the area equal to the immersed panel area (panel ABCD).

Using equation (7) for vector $\vec{V}$ in Fig. 10 only, it is noted that the correspondent volume to its face gives one half of total immersed volume. The other half is given by an opposed panel. Thus, considering the five immersed faces, the volume of the body underwater is calculated three times. This can justify equation (7).

The program does not create panels at water line with a vector pointing strictly to axis z positive sense. The Fig. 10 illustrates why it does not exists. The panel's vector at cube bottom can calculate the whole immersed volume.

This simple example with the cube can be extrapolated to a different kind of vessel. The theory used is exactly the same: coordinate system adoption at water line and in the middle of the ship, panels are generated according to required precision, normal vectors to each face are created and equation (8) is applied.

Let us analyze now the panel in Fig. 2. Before starting the vessel's properties calculation, other properties are calculated. Imagine the coordinates for the four points (corners) of the panel in Fig. 2 (p_1, p_2, p_3 e p_4, respectively) in the same sequence showed in Fig. 4.

$$\vec{p}_1 = (x_1,y_1,z_1);\ \vec{p}_2 = (x_2,y_2,z_2);\ \vec{p}_3 = (x_3,y_3,z_3);\ \vec{p}_4 = (x_4,y_4,z_4);$$
$$\vec{v}_1 = \vec{p}_2 - \vec{p}_1;\quad \vec{v}_2 = \vec{p}_4 - \vec{p}_1;\quad \vec{v}_3 = \vec{p}_4 - \vec{p}_3;\quad \vec{v}_4 = \vec{p}_2 - \vec{p}_3. \tag{9}$$

With these points, it is possible to determinate the projection of areas in three different directions xyz and also the panel's area by the following expressions:

$$\vec{A}^{(x,y,z)} = \frac{(v_1 \times v_2) + (v_3 \times v_4)}{2} \tag{10}$$

$$\left|A^{(x,y,z)}\right| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \tag{11}$$

With the vectorial calculus, the distance (C_i – O) between the center of the panel and the coordinate system origin can also be determinate, defining panel properties to be used.
Using equation (11), the wet surface can be calculated by adding the modulus of panels' areas. In other words:

$$S_W = \sum_{i=0}^{n} \left|\vec{A}_i^{(x,\,y,\,z)}\right| \tag{12}$$

Adding the projections of all panels' areas in xy plan, the water line plan area can be calculated as:

$$A_{WL} = \sum_{i=0}^{n} -\vec{A}_i^{z} \tag{13}$$

This formula is also applied for ships with bow or stern bulbs. In order to calculate LCF, it is only necessary to calculate an axis at water plan where the areas ahead and behind it are exactly the same. The following expression shows how to obtain it:

$$LCF = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(-\vec{A}_i^{z} * C^{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n} -\vec{A}_i^{z}} \tag{14}$$

The TCF can be obtained with a similar expression used to calculate LCF, only changing the axis used as a reference for the calculus:

$$TCF = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(-\vec{A}_i^{z} * C^{y}\right)}{\sum_{i=1}^{n} -\vec{A}_i^{z}} \tag{15}$$

For almost all vessels, TCF value shall be zero, once vessels are generally symmetric in relation to axis x. With these two properties, it is possible to determinate the longitudinal (I_L) and transversal (I_T) inertial moment. With vectorial calculus the own inertial moment of a panel can be calculated (I_i^L e I_i^T) and we can define the following expressions:

$$I_L = \sum_{i=1}^{n} \left(-\vec{A}_i^{z} * \left(\vec{C}_i^{x} - TCF\right)^2 + I_i^L\right) \tag{16}$$

$$I_T = \sum_{i=1}^{n} \left(-\vec{A}_i^{z} * \left(\vec{C}_i^{y} - LCF\right)^2 + I_i^T\right) \tag{17}$$

Another important property is the center of buoyancy. As it is situated at the underwater geometrical center of the floating unit, it can be easily obtained by the expression (in relation to the three axes):

$$LCB = C_B^x = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\vec{A}_i^x * \vec{C}_i^x\right) * \frac{C_i^x}{2}\right]}{Volume} \tag{18}$$

$$TCB = C_B^y = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\vec{A}_i^y * \vec{C}_i^y\right) * \frac{C_i^y}{2}\right]}{Volume} \tag{19}$$

$$KB = C_B^z = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\vec{A}_i^z * \vec{C}_i^z\right) * \frac{C_i^z}{2}\right]}{Volume} \tag{20}$$

At last, we can obtain, based on calculated properties, the longitudinal and transversal BM with the expressions:

$$BM_L = \frac{I_L}{V} \tag{21}$$

$$BM_T = \frac{I_T}{V} \tag{22}$$

With all these expressions and for different drafts, the hydrostatic curves of a vessel can be constructed.

3.3 – Obtaining Immersed Panels

In this topic it will be explained how immersed panels are searched. Basically NAVSTAB searches for panels that are completely under a considered water line. However, that could exist some of them which are not entirely under water line. For these special panels, a different process is adopted, once only immersed parts of these panels are considered for calculation.

Adopting again the panel in Fig. 4, we can easily identify twelve different cases where the water line can cross a panel. To better visualize all situations, take a look at Fig. 11.

Verify that all possibilities are represented in this figure (water line is represented by a dashed line). We can only have a panel with the following immersed vertices:

1. Points (1), (2), (3) or (4) only;
2. Points (2, 3 and 4); (1, 3 and 4); (1, 2 and 4); (1, 2 and 3);
3. Points (2 and 3); (1 and 4); (1 and 2); (3 and 4).

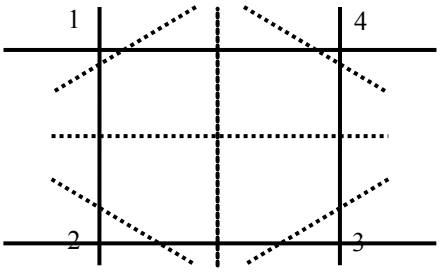


Fig. 11: Possible divisions of a panel by water line.

Thus, NAVSTAB verifies which vertices are immersed and from that moment on, it will consider only the part of the panel that is under water line, creating a new sequence of vertices that will be used to calculate panel's properties.
The panels can also be generated for each draft analyzed by NAVSTAB. Therefore, there are always immersed and emerged panels. An inconvenient would be creating them for each draft to be analyzed, taking more processing time.

3.4 – Implementation of Movements in Relation to xyz Axes

The objective of these movements implementation analysis is evaluating hydrostatic characteristics for floating units.
Although validation for these cases is not presented in this paper, this option is already available in NAVSTAB, representing a vessel possibility to move and rotate in relation to axes x, y and z, as follows:

- *surge* (s): translational movement in relation to x axis;
- *sway* (w): translational movement in relation to y axis;
- *heave* (h): translational movement in relation to z axis;
- *roll* (r): rotational movement in relation to x axis;
- *pitch* (p): rotational movement in relation to y axis;
- *yaw* (y): rotational movement in relation to z axis.

If all panels and their respective normal vectors are positioned in relation to a coordinate system and with a position vector X (each coordinate of panel's nodes), the rotation in relation to axes xyz (movements of roll, pitch and yaw, respectively) can be calculated if a matrix M to change system's reference is implemented. This matrix is given by:

$$M = \begin{bmatrix} \cos(p)\cos(y) & \cos(y)\sin(r)\sin(p) - \cos(r)\sin(y) & \sin(y)\sin(r) + \cos(y)\sin(p)\sin(r) \\ \sin(y)\cos(p) & \cos(y)\cos(r) + \sin(y)\sin(p)\sin(r) & \cos(r)\sin(p)\sin(y) - \cos(y)\sin(r) \\ -\sin(p) & \cos(p)\sin(r) & \cos(p)\cos(r) \end{bmatrix} \quad (23)$$

Thus, new panels points coordinate X' can be obtained by expression:

$$[X'] = [M].[X] \quad \textbf{(24)}$$

The changes in sway and surge movements have only a modification in points' coordinates, not affecting hydrostatic properties. The heave movement changes only draft position, modifying coordinate z. So, these three movements are not considered in matrix M. They are just added or subtracted from points' coordinates (translational movements).

4 – Results Comparison

NAVSTAB validation with results comparison allows a verification of the program accuracy. Therefore, there were made four different tests, with four different vessels and for different load situations (different drafts).
The first comparison and also the simplest one is with a barge, which all properties can be obtained manually and compared with the program's results. Next two comparisons are with

tankers whose cotes and hydrostatic curves were obtained in [5]. At last, it was made a test with a platform, comparing program's result with an analytical one.
This last test is actually a program adaptation to a different kind of floating unit. Thus, it was necessary to modify the program's code to adapt it to the platform data given. In this case, the interpolation is not used and the panels were previously specified.

4.1 – Barge comparison
The barge used in this comparison has the dimensions showed in Fig. 12.

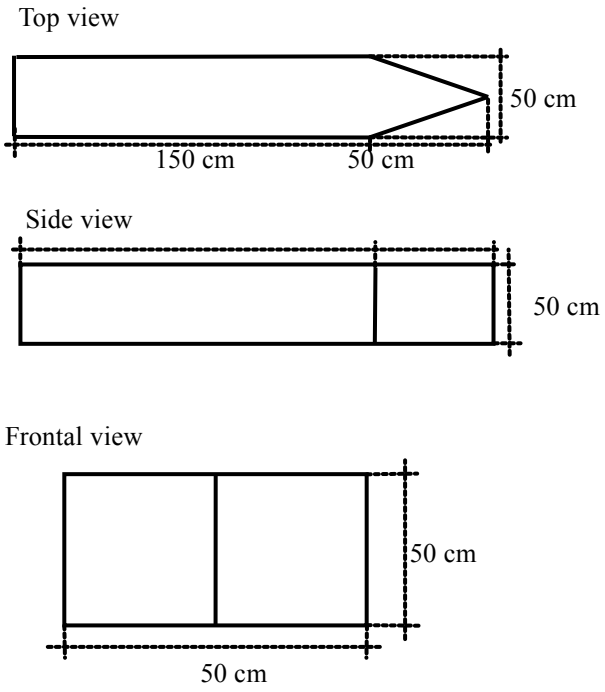


Fig. 12: Drawing of the barge used for first comparison.

Barge main dimensions are showed in Table 1.

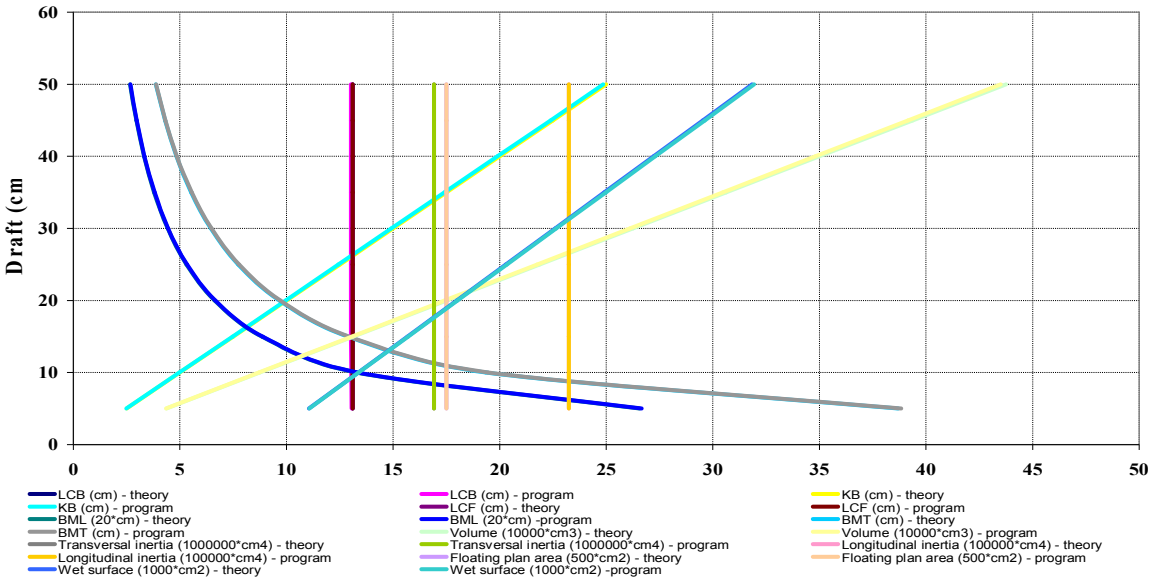
Table 1: Barge main dimensions.

Length	200 cm
Beam	50 cm
Depth	50 cm
Draft	30 cm

The barge cotes were specified to NAVSTAB after taking it in its drawing. As it is a simple vessel, it is not difficult to extract vessel's cotes. The results are showed in Table 2 and the graphic 1 shows hydrostatic curves obtained by NAVSTAB.
Theoretical values and those obtained after NAVSTAB calculation are very close, having as maximum deviation less than 1%. The vessel simple geometry permits that both results (theoretical and achieved) be quite similar.

Table 2: NAVSTAB results for a barge simulation in relation to theoretical ones.

	LCB (cm)			KB (cm)			LCF (cm)		
Draft	Theory	NAVSTAB	**Deviation**	Theory	NAVSTAB	**Deviation**	Theory	NAVSTAB	**Deviation**
5 cm	-11,90	-11,95	**0,42%**	2,50	2,49	**0,40%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
10 cm	-11,90	-11,96	**0,50%**	5,00	4,98	**0,40%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
15 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	7,50	7,46	**0,54%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
20 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	10,00	9,95	**0,50%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
25 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	12,50	12,43	**0,56%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
30 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	15,00	14,92	**0,54%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
35 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	17,50	17,4	**0,57%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
40 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	20,00	19,89	**0,55%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
45 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	22,50	22,38	**0,54%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
50 cm	-11,90	-11,97	**0,58%**	25,00	24,86	**0,56%**	-11,90	-11,90	**0,00%**
	BM_L (cm)			**BM_T (cm)**			**Immersed Volume (cm^3)**		
Draft	Theory	NAVSTAB	**Deviation**	Theory	NAVSTAB	**Deviation**	Theory	NAVSTAB	**Deviation**
5 cm	531,18	533,30	**0,40%**	38,69	38,84	**0,38%**	43750	43576	**0,40%**
10 cm	265,59	266,88	**0,48%**	19,35	19,44	**0,49%**	87500	87077	**0,49%**
15 cm	177,06	177,97	**0,51%**	12,90	12,96	**0,49%**	131250	130578	**0,51%**
20 cm	132,79	133,50	**0,53%**	9,67	9,72	**0,49%**	175000	174079	**0,53%**
25 cm	106,24	106,81	**0,54%**	7,74	7,78	**0,54%**	218750	217581	**0,54%**
30 cm	88,53	89,01	**0,54%**	6,45	6,48	**0,49%**	262500	261082	**0,54%**
35 cm	75,88	76,30	**0,55%**	5,53	5,56	**0,59%**	306250	304583	**0,55%**
40 cm	66,40	66,76	**0,54%**	4,84	4,86	**0,49%**	350000	348084	**0,55%**
45 cm	59,02	59,35	**0,56%**	4,30	4,32	**0,49%**	393750	391586	**0,55%**
50 cm	53,12	53,41	**0,55%**	3,87	3,89	**0,54%**	437500	435112	**0,55%**
	I_L (cm^4)			**I_T (cm^4)**			**Floating surface area (cm^2)**		
Draft	Theory	NAVSTAB	**Deviation**	Theory	NAVSTAB	**Deviation**	Theory	NAVSTAB	**Deviation**
5 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
10 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
15 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
20 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
25 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
30 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
35 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
40 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
45 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
50 cm	23239088	23239096	**0,00%**	1692708	1692708	**0,00%**	8750	8750	**0,00%**
	Wet surface (cm^2)								
Draft	Theory			NAVSTAB			**Deviation**		
5 cm	11059,0			11064,0			**0,05%**		
10 cm	13368,0			13383,1			**0,11%**		
15 cm	15677,0			15702,1			**0,16%**		
20 cm	17986,0			18021,2			**0,20%**		
25 cm	20295,0			20340,2			**0,22%**		
30 cm	22604,1			22659,3			**0,24%**		
35 cm	24913,1			24978,3			**0,26%**		
40 cm	27222,1			27297,4			**0,28%**		
45 cm	29531,1			29616,4			**0,29%**		
50 cm	31840,1			31932,5			**0,29%**		



Graphic 1: Theoretical and calculated hydrostatic curves for a barge.

4.2 – First Tanker Comparison

Main dimensions for the first tanker which was made a comparison with are showed in Table 3.

Table 3: First tanker main dimensions.

Length	180 m
Beam	28 m
Depth	16,8 m
Draft	10,5 m

The tanker cotes were obtained from [5]. The results and deviations are showed in Table 4. The hydrostatic curves are also presented as a graphic (see Graphic 2).

The values obtained by NAVSTAB are also very close to those showed in the reference. However, there is a deviation growth when increasing the draft. The reason for this is the missing information for stern and bow in the reference.

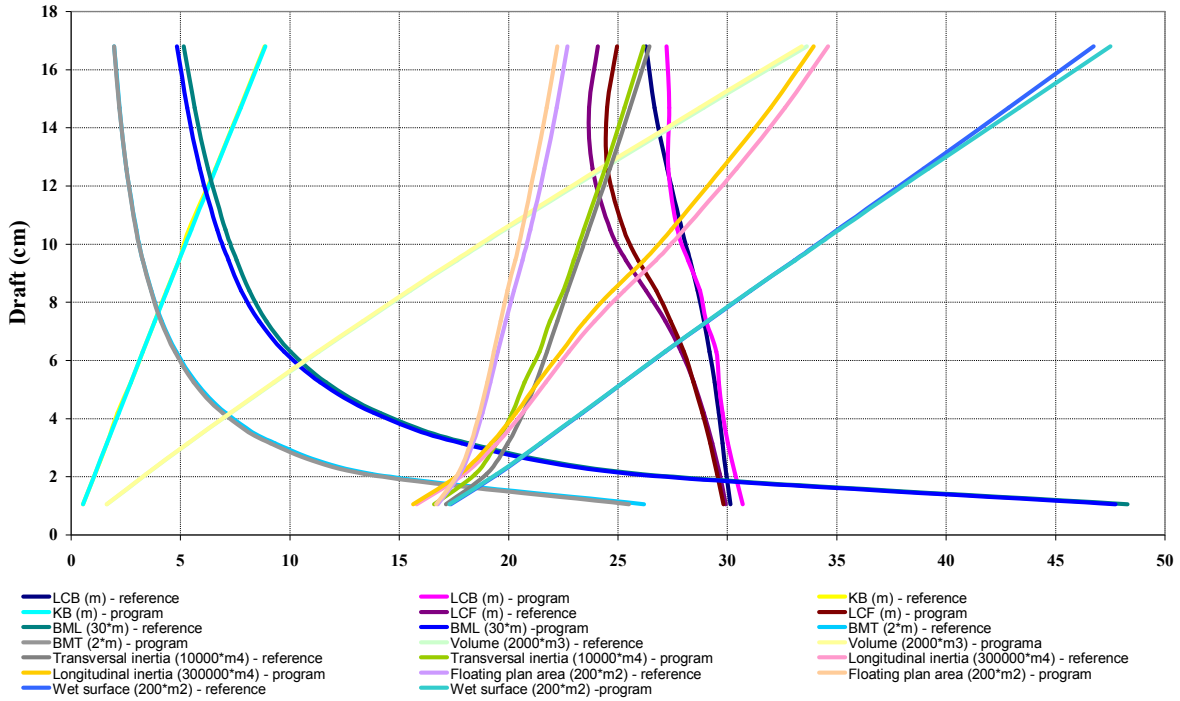
It is also important to say that LCB and LCF deviations are calculated in relation to ship's length.

Table 4: NAVSTAB results for first tanker simulation in relation to reference ones.

	LCB (m)			KB (m)			LCF (m)		
Draft	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**
1,05 m	5,13	5,70	**0,32%**	0,54	0,54	**0,00%**	4,90	4,82	**0,05%**
2,10 m	4,94	5,35	**0,23%**	1,09	1,09	**0,00%**	4,64	4,53	**0,06%**
3,15 m	4,78	5,03	**0,14%**	1,64	1,64	**0,00%**	4,31	4,21	**0,06%**
4,20 m	4,60	4,78	**0,10%**	2,13	2,18	**2,29%**	3,92	3,85	**0,04%**
5,25 m	4,41	4,61	**0,11%**	2,73	2,73	**0,00%**	3,45	3,45	**0,00%**
6,30 m	4,19	4,50	**0,17%**	3,27	3,28	**0,30%**	2,88	3,01	**0,07%**
7,35 m	3,93	4,03	**0,06%**	3,82	3,83	**0,26%**	2,16	2,41	**0,14%**
8,40 m	3,63	3,75	**0,07%**	4,37	4,38	**0,23%**	1,27	1,75	**0,26%**
9,45 m	3,29	3,20	**0,05%**	4,93	4,93	**0,00%**	0,35	0,92	**0,31%**
10,50 m	2,92	2,72	**0,11%**	5,38	5,49	**2,00%**	-0,35	0,27	**0,35%**
12,60 m	2,24	2,30	**0,03%**	6,6	6,62	**0,30%**	-1,17	-0,49	**0,38%**
14,70 m	1,67	2,34	**0,37%**	7,72	7,75	**0,39%**	-1,32	-0,50	**0,46%**
16,80 m	1,28	2,21	**0,52%**	8,85	8,88	**0,34%**	-0,92	-0,05	**0,49%**
	BM_L (m)			**BM_T (m)**			**Immersed Volume (m^3)**		
Draft	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**
1,05 m	1448,53	1432,34	**1,13%**	52,37	50,99	**2,71%**	3270	3254	**0,51%**
2,10 m	779,84	769,18	**1,39%**	27,46	26,84	**2,31%**	6912	6882	**0,44%**
3,15 m	544,88	535,50	**1,75%**	18,63	18,23	**2,19%**	10711	10665	**0,43%**
4,20 m	423,55	415,09	**2,04%**	14,14	13,85	**2,09%**	14616	14551	**0,44%**
5,25 m	349,71	341,55	**2,39%**	11,42	11,20	**1,96%**	18603	18516	**0,47%**
6,30 m	301,13	292,04	**3,11%**	9,60	9,50	**1,05%**	22664	22549	**0,51%**
7,35 m	267,76	258,02	**3,77%**	8,30	8,20	**1,22%**	26798	26662	**0,51%**
8,40 m	244,56	233,13	**4,90%**	7,32	7,29	**0,41%**	31008	30841	**0,54%**
9,45 m	227,14	215,64	**5,33%**	6,56	6,54	**0,31%**	35300	35108	**0,55%**
10,50 m	211,84	200,50	**5,66%**	5,96	5,94	**0,34%**	39670	39446	**0,57%**
12,60 m	187,67	176,51	**6,32%**	5,06	5,05	**0,20%**	48621	48326	**0,61%**
14,70 m	169,26	159,18	**6,33%**	4,42	4,40	**0,45%**	57826	57456	**0,64%**
16,80 m	154,34	145,31	**6,21%**	3,93	3,92	**0,26%**	67256	66801	**0,68%**
	I_L (m^4)			**I_T (m^4)**			**Floating surface area (m^2)**		
Draft	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**
1,05 m	4737623	4691888	**0,97%**	171284	165931	**3,23%**	3352	3340	**0,35%**
2,10 m	5390587	5332749	**1,08%**	189843	184746	**2,76%**	3555	3545	**0,28%**
3,15 m	5836355	5760329	**1,32%**	199585	194427	**2,65%**	3673	3661	**0,31%**
4,20 m	6190628	6101213	**1,47%**	206687	201611	**2,52%**	3760	3749	**0,30%**
5,25 m	6505929	6400446	**1,65%**	212498	207310	**2,50%**	3833	3822	**0,30%**
6,30 m	6825017	6724526	**1,49%**	217519	214107	**1,59%**	3902	3888	**0,35%**
7,35 m	7175495	7042970	**1,88%**	222298	218731	**1,63%**	3972	3957	**0,38%**
8,40 m	7583530	7425809	**2,12%**	226937	224988	**0,87%**	4048	4030	**0,43%**
9,45 m	8018312	7853745	**2,10%**	231731	229677	**0,89%**	4126	4114	**0,27%**
10,50 m	8403823	8228709	**2,13%**	236587	234441	**0,92%**	4196	4189	**0,17%**
12,60 m	9124958	8920958	**2,29%**	246187	244043	**0,88%**	4325	4321	**0,08%**
14,70 m	9787807	9593395	**2,03%**	255523	252947	**1,02%**	4439	4443	**0,09%**
16,80 m	10380263	10184069	**1,93%**	264354	261646	**1,03%**	4539	4548	**0,21%**

Table 4: NAVSTAB results for first tanker simulation in relation to reference ones (continuation).

	Wet surface (cm²)		
Draft	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**
1,05 m	3471,8	3458,0	**0,40%**
2,10 m	3903,5	3892,3	**0,29%**
3,15 m	4295,9	4286,8	**0,21%**
4,20 m	4675,5	4669,7	**0,12%**
5,25 m	5050,8	5048,5	**0,05%**
6,30 m	5431,3	5426,2	**0,09%**
7,35 m	5819,7	5815,9	**0,07%**
8,40 m	6214,8	6209,5	**0,09%**
9,45 m	6613,3	6619,3	**0,09%**
10,50 m	7007,0	7023,6	**0,24%**
12,60 m	7792,6	7838,5	**0,59%**
14,70 m	8571,6	8668,1	**1,11%**
16,80 m	9346,7	9502,1	**1,64%**



Graphic 2: Theoretical and calculated hydrostatic curves for the first tanker.

4.3 – Second Tanker Comparison

Main dimensions for the second comparison with a tanker are showed in Table 5.

Table 5: Second tanker main dimensions.

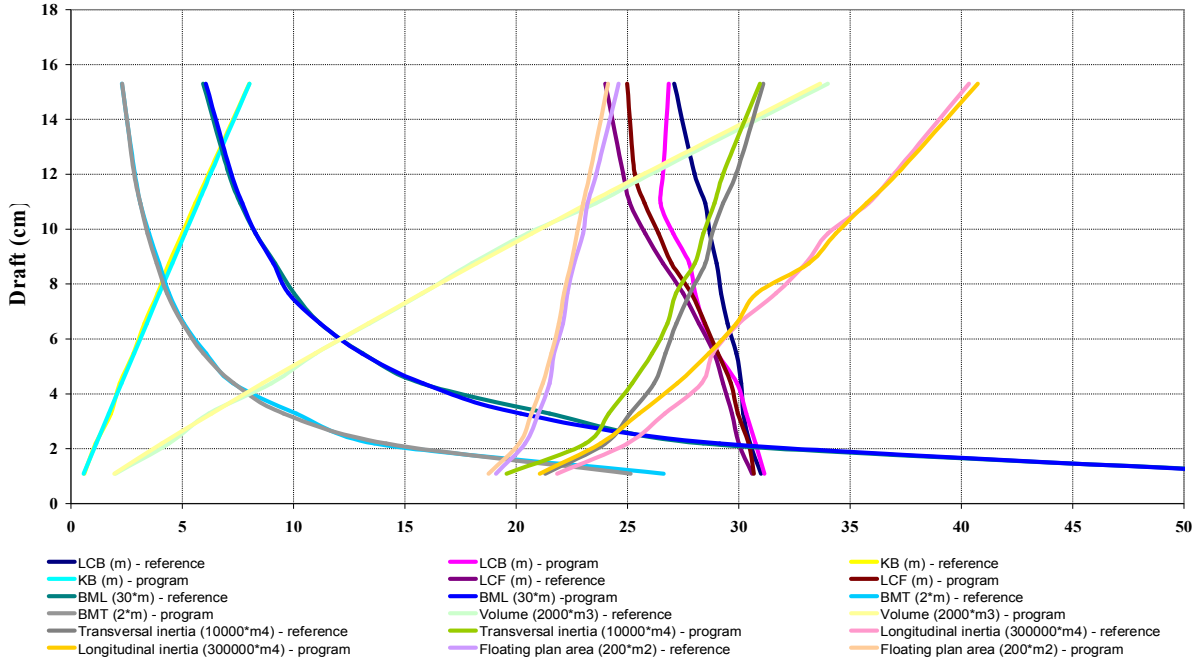
Length	187 m
Beam	29 m
Depth	17,5 m
Draft	10,95 m

The tanker cotes were also obtained from [5]. The results are showed in Table 6. The hydrostatic curves are also presented as a graphic (see Graphic 3).

The same analysis can be made for this second comparison with a tanker. The main difference in this second one case is that the cotes were taken directly from vessel's drawing, giving an additional deviation due to values lecture. However, the results are satisfactory.

Table 6: NAVSTAB results for second tanker simulation in relation to reference ones.

	LCB (m)			KB (m)			LCF (m)		
Draft	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**
1,09 m	6,00	6,15	**0,08%**	0,60	0,56	**7,14%**	5,60	5,58	**0,01%**
2,19 m	5,50	5,75	**0,14%**	1,10	1,13	**2,65%**	5,00	5,31	**0,17%**
3,28 m	5,20	5,34	**0,08%**	1,80	1,70	**5,88%**	4,70	4,74	**0,02%**
4,38 m	5,10	4,92	**0,10%**	2,20	2,27	**3,08%**	4,30	4,34	**0,02%**
5,47 m	4,90	4,03	**0,48%**	2,80	2,84	**1,41%**	3,90	3,76	**0,08%**
6,56 m	4,50	3,43	**0,59%**	3,30	3,41	**3,23%**	3,20	3,11	**0,05%**
7,66 m	4,20	3,03	**0,65%**	3,90	3,98	**2,01%**	2,50	2,44	**0,03%**
8,75 m	4,00	2,77	**0,68%**	4,40	4,55	**3,30%**	1,60	1,39	**0,12%**
9,84 m	3,70	2,06	**0,91%**	5,00	5,12	**2,34%**	0,80	0,64	**0,09%**
10,94 m	3,50	1,49	**1,12%**	5,59	5,70	**2,02%**	0,10	-0,07	**0,09%**
12,03 m	3,00	1,60	**0,78%**	6,20	6,28	**1,27%**	-0,20	-0,72	**0,29%**
13,10 m	2,70	1,70	**0,56%**	6,90	6,86	**0,58%**	-0,80	-1,14	**0,19%**
15,31 m	2,10	1,85	**0,14%**	8,00	8,02	**0,25%**	-1,00	-1,30	**0,17%**
	BM_L (m)			**BM_T (m)**			**Immersed Volume (m^3)**		
Draft	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**
1,09 m	1637,50	1623,01	**0,89%**	54,00	50,29	**5,89%**	4000	3893	**2,76%**
2,19 m	852,27	874,22	**2,51%**	27,27	28,31	**3,66%**	8800	8163	**7,81%**
3,28 m	645,16	605,85	**6,49%**	20,24	19,12	**5,87%**	12400	12634	**1,85%**
4,38 m	472,22	474,35	**0,45%**	14,56	14,64	**0,58%**	18000	17224	**4,51%**
5,47 m	393,18	392,11	**0,27%**	12,13	11,90	**1,99%**	22000	21924	**0,35%**
6,56 m	335,82	335,84	**0,01%**	10,15	10,03	**1,19%**	26800	26699	**0,38%**
7,66 m	300,63	293,12	**2,56%**	8,80	8,62	**2,06%**	31600	31540	**0,19%**
8,75 m	275,00	272,96	**0,75%**	7,92	7,69	**2,95%**	36000	36435	**1,19%**
9,84 m	248,78	248,91	**0,05%**	7,02	6,86	**2,40%**	41000	41415	**1,00%**
10,94 m	228,06	230,79	**1,18%**	6,22	6,22	**0,07%**	47137	46454	**1,47%**
12,03 m	212,64	216,01	**1,56%**	5,73	5,68	**0,84%**	52200	51573	**1,21%**
13,10 m	199,65	181,56	**1,99%**	5,24	4,60	**0,58%**	57600	56753	**1,49%**
15,31 m	177,94	1623,01	**0,89%**	4,57	50,29	**5,89%**	68000	67299	**1,04%**
	I_L (m^4)			**I_T (m^4)**			**Floating surface area (m^2)**		
Draft	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**	Ref. [5]	NAVSTAB	**Deviation**
1,09 m	6550000	6317771	**3,68%**	216000	195761	**8,81%**	3820	3755	**1,74%**
2,19 m	7500000	7135966	**5,10%**	240000	231124	**3,84%**	4080	4033	**1,17%**
3,28 m	8000000	7654384	**4,52%**	251000	241598	**3,89%**	4200	4150	**1,21%**
4,38 m	8500000	8170170	**4,04%**	262000	252115	**3,92%**	4300	4256	**1,02%**
5,47 m	8650000	8596681	**0,62%**	267000	260978	**2,31%**	4340	4335	**0,12%**
6,56 m	9000000	8966788	**0,37%**	272000	267888	**1,53%**	4420	4408	**0,27%**
7,66 m	9500000	9244907	**2,76%**	278000	271768	**2,29%**	4460	4459	**0,03%**
8,75 m	9900000	9945041	**0,45%**	285000	280207	**1,71%**	4520	4534	**0,30%**
9,84 m	10200000	10308734	**1,05%**	288000	284117	**1,37%**	4600	4595	**0,12%**
10,94 m	10750000	10720935	**0,27%**	293000	289046	**1,37%**	4640	4665	**0,53%**
12,03 m	11100000	11140295	**0,36%**	299000	293035	**2,04%**	4720	4729	**0,18%**
13,10 m	11500000	12218560	**0,97%**	302000	309534	**0,47%**	4800	4790	**0,21%**
15,31 m	12100000	6317771	**3,68%**	311000	195761	**8,81%**	4920	4909	**0,22%**



Graphic 3: Theoretical and calculated hydrostatic curves for the second tanker.

4.4 – Platform Comparison

The platform used for comparison is a semi-submersible proposed by ITTC for studies of wave forces, presented in [4]. It is composed by eight circular columns, two submersed pontoons and eight structural supports linking columns and other eight linking supports to open deck. The pontoons are rectangular and have their corners rounded. It has as characteristics: project draft of 20 meters and center of gravity position (KG) equal to 17,5 m. Both in relation to pontoon's base (keel). The Fig. 13 shows the platform discretization.

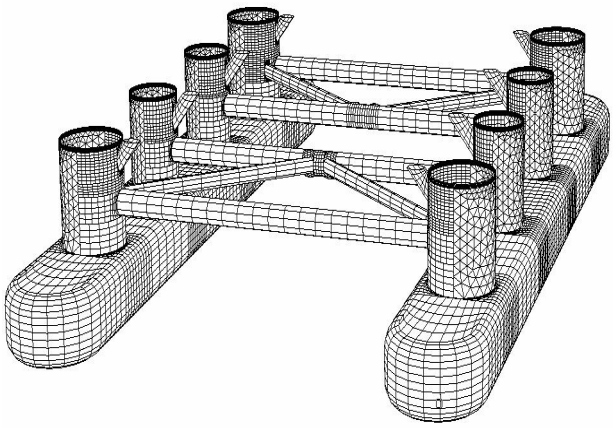


Fig. 13: Platform used for comparison.

The results for project draft and the theoretical ones are presented in Table 7. The coordinate system was positioned in the keel and in the longitudinal and transversal position center of the platform. Although reference system is in the water line and in the middle of the body, it was made a system translation for being possible to compare analytical results and the obtained ones.

Table 7: NAVSTAB results for platform simulation in relation to theoretical ones.

Characteristics	Theory	NAVSTAB	Deviation
KB (m)	6,34	6,29	**0,86 %**
LCB (m)	0,00	0,00	**0,00 %**
LCF (m)	0,00	0,00	**0,00 %**
Immersed Volume (m³)	34028	33677	**1,04 %**
BM_T (m)	13,65	13,54	**0,81 %**
BM_L (m)	14,26	14,24	**0,14 %**
Floating surface area (m²)	550,76	542,68	**1,49 %**
Wet surface (m²)	14913,62	14577,79	**2,30 %**

As the comparison made was only for project draft, the hydrostatic curves were not drawn. Actually, this test was made to show how flexible NAVSTAB is and how to apply a vectorial calculus in order to determinate the platform properties. The analysis method is valid for different kind of floating unit geometry. The results are considered to be satisfactory for all tested cases.

5 – Conclusion

The development of this project helped in a computational tool creation that is able to aid on floating units' project, from a barge one to a complex vessel or even a platform. This work was

developed in two distinguished parts. The first part was the interpolation method analysis and the second step was the vectorial calculus.
Dividing the project into different phases it permits a detailed analysis for each individual problem, once they have no directly relationship to be developed. Thus, it was possible to compile the two different parts in only one program, becoming possible to calculate the hydrostatic properties based on a vessel's cotes.
Still in this work, it is possible to add some other calculus, besides a code implementation. It can give more applicability to the tool. According to vectorial calculus theory, it can be applied in many different cases.

6 – Bibliography

[1] CLARKSON RESEARCH STUDIES, **Shipping Intelligence Network**, available at www.clarksons.net in March, 2005;

[2] R.S. Platou Shipbrokers a.s., **The Platou Report 2005**, available at www.platou.com in March, 2005;

[3] RUGGIERO, M.A.G., and LOPES, V. L. R., **Cálculo Numérico – Aspectos Teóricos e Computacionais,** published by Makron Books, 2nd. Edition;

[4] TAKAGI, M.; ARAI, S.I.; TAKEZAWA, S. TANAKA, K. and TAKARADA, N., (1985), **A Comparison of Methods for Calculating the Motion of a Semi-Submersible**, Ocean Engineering, Vol. 12, no. 1, pp 45-97, 1985;

[5] VERSLUIS, A. (1977), **Computer Aided Design of Shipform by Affine Transformation**, International Shipbuilding Progress, volume 24, number 274.

XIX Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária
24 a 28 de outubro de 2005, Guayaquil, Equador

Cálculo de Amortecimento em Linhas de Ancoragem

Julian de Freitas Hallai
Engenheiro Naval, Mestre
PETROBRAS
Engenharia de Dutos e Instalações
Rua General Canabarro, 500 9º andar,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
+55 21 3876 2076
julian@petrobras.com.br

Oscar Brito Augusto
Professor Assistente, Doutor
Depto de Engenharia Naval e Oceânica
da Escola Politécnica da USP
Av. Prof. Mello Moraes, 2231,
São Paulo, SP, Brasil
+55 11 3091 5340
obaugust@usp.br

RESUMO

As estruturas flutuantes ancoradas, expostas aos agentes ambientais, apresentam movimentos ressonantes de grandes amplitudes em baixas freqüências, que são fortemente influenciados pelo amortecimento.

Entre as várias contribuições ao amortecimento das estruturas *offshore*, o amortecimento em linhas de ancoragem foi sistematicamente desprezado até meados da década de 1980, quando resultados experimentais evidenciaram a relevância do cálculo da dissipação de energia devida às forças de arrasto atuantes sobre as linhas de ancoragem durante os movimentos da estrutura.

Este trabalho apresenta um método iterativo no domínio da freqüência para o cálculo do amortecimento em linhas de ancoragem. As linhas são discretizadas utilizando-se elementos de treliça. É proposta uma matriz de amortecimento para o elemento e são apresentadas correções para os efeitos de correnteza e dos movimentos em freqüência de onda superpostos aos movimentos ressonantes em baixa freqüência. O objetivo do trabalho é fornecer um método para as etapas iniciais de projeto, sendo mais rápido do que simulações no domínio do tempo e mais preciso do que as formulações analíticas quase-estáticas.

ABSTRACT

The accurate calculation of the energy dissipation due to the drag forces on mooring lines is essential in order to determine the low frequency motions of moored floating structures. An iterative frequency domain method to calculate the mooring line damping is proposed. Truss elements are used to model the mooring lines. The truss-element damping matrix is obtained as a closed-form expression and correction factors are used to include the current effects as well as wave frequency motions.

INTRODUÇÃO

As estruturas flutuantes ancoradas, expostas aos agentes ambientais (ondas, vento e correnteza), apresentam movimentos ressonantes de grandes amplitudes em baixas freqüências, que são fortemente influenciados pelo amortecimento.

Entre as várias contribuições ao amortecimento das estruturas *offshore*, o amortecimento em linhas de ancoragem foi sistematicamente desprezado até meados da década de 1980, quando os resultados experimentais apresentados por Huse (1986) evidenciaram a relevância do cálculo da dissipação de energia devida às forças de arrasto atuantes sobre as linhas de ancoragem durante os movimentos da estrutura.

Huse também propôs um método quase-estático com o objetivo de calcular o amortecimento nas linhas de ancoragem. Este método foi posteriormente aperfeiçoado por Liu; Bergdahl (1998) quando estes concluíram, baseados na não-linearidade geométrica inerente às equações de catenária, que é mais apropriado dividir o ciclo de oscilação em baixa freqüência em duas partes. Bauduin; Naciri (2000) propuseram uma forma mais precisa de determinação dos deslocamentos ao longo da linha e melhoraram ainda mais este método quase-estático.

Apesar de serem muito mais rápidos do que as mais precisas simulações no domínio do tempo, os métodos quase-estáticos exigem que as linhas de ancoragem sejam sempre descritas pelas equações de catenária durante o ciclo de oscilação, o que impede a utilização da abordagem quase-estática em situações quando o comportamento dinâmico da linha não pode ser desprezado.

Foi demonstrado por Huse; Matsumoto (1988) que a superposição de movimentos em freqüência de onda aos movimentos em baixa freqüência incrementa dramaticamente o amortecimento nas linhas de ancoragem.

O presente trabalho apresenta um método simplificado no domínio da freqüência que considera os efeitos dos movimentos em freqüência de onda e também da correnteza na dissipação de energia durante as oscilações das linhas de ancoragem e não exige o comportamento quase-estático das linhas. Adicionalmente, linhas heterogêneas são facilmente modeladas. O arrasto é linearizado através do cálculo de coeficientes de amortecimento equivalente iterativamente.

MATRIZ DE AMORTECIMENTO DO ELEMENTO DE TRELIÇA

O desenvolvimento da matriz de amortecimento do elemento de treliça é baseado nas seguintes hipóteses:

- A linha de ancoragem é discretizada em elementos de treliça bidimensionais;
- Os nós se movem harmonicamente, no plano vertical da linha, em regime permanente, de acordo com:

$$x_1 = -X_1 \cdot \cos(\omega \cdot t)$$
$$x_2 = -X_2 \cdot \cos(\omega \cdot t) \qquad (1)$$

- Os deslocamentos dos nós na direção do elemento são desprezíveis para efeito de cálculo da energia dissipada;

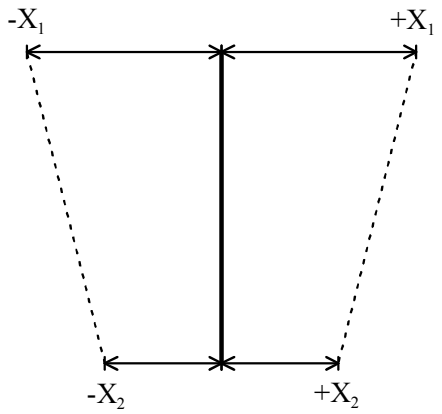


Figura 1: Deslocamento do elemento

- A velocidade varia linearmente ao longo do comprimento do elemento:

$$\dot{x}(l,t) = \dot{x}_2 + \frac{\dot{x}_1 - \dot{x}_2}{l_0} \cdot l \qquad (2)$$

- Apenas o amortecimento devido ao arrasto é considerado, sendo desprezados o amortecimento estrutural e a dissipação devida ao atrito da linha com o fundo;
- A força de arrasto é determinada através da equação de Morison. O arrasto tangencial é desprezado:

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_D \cdot D \cdot \dot{x}_n \cdot \left| \dot{x}_n \right| \qquad (3)$$

onde D é o diâmetro do elemento, C_D é o coeficiente de arrasto (admitido constante) e ρ_w é a massa específica da água. A velocidade perpendicular ao elemento é obtida por:

$$\dot{x}_n = \dot{x} \cdot \sec(\alpha) \qquad (4)$$

$$\alpha(t) = \arctan\left[\frac{(x_1 - x_2)}{l_0} \right] \qquad (5)$$

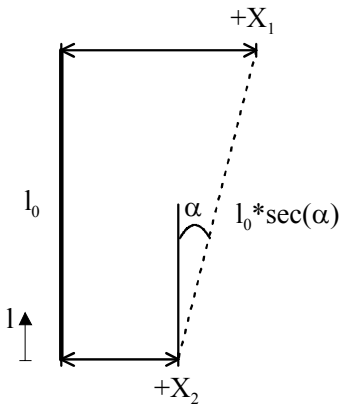


Figura 2: Variação do Comprimento

De acordo com as hipóteses acima, a energia dissipada no elemento durante um ciclo de oscilação é calculada por:

$$W_D = \int_0^{l_0} \left[\oint F_D \cdot dx \right] \cdot dl =$$
$$= \frac{\left(1/2 \cdot \rho_w \cdot C_D \cdot D \right) \cdot \omega^2 \cdot \left(X_1 + X_2 \right) \cdot \left(X_1^2 + X_2^2 \right)}{48 \cdot {l_0}^2 \cdot \Delta X^3} \cdot \qquad (6)$$
$$\cdot \left\{ 3 \cdot \left[{l_0}^2 + 6 \cdot \Delta X^2 \right] \cdot \operatorname{csc} h^{-1} \left[\frac{l_0}{\Delta X} \right] \cdot {l_0}^4 + \sqrt{{l_0}^2 + \Delta X^2} \cdot \Delta X \cdot \left[-3 \cdot {l_0}^4 + 16 \cdot \Delta X^2 \cdot {l_0}^2 + 4 \cdot \Delta X^4 \right] \right\}$$

A eq.(6) é válida quando $\Delta X \neq 0$, sendo $\Delta X = X_1 - X_2$. Quando o elemento desloca-se puramente em translação, a energia dissipada é calculada por:

$$W_D = \frac{\left(\rho_w \cdot C_D \cdot D \right) \cdot l_0 \cdot \omega^2 \cdot \left(X_1 + X_2 \right) \cdot \left(X_1^2 + X_2^2 \right)}{3} \qquad (7)$$

A energia dissipada durante um ciclo por um sistema de um grau de liberdade, sujeito ao amortecimento viscoso (linear) é obtida por:

$$W_D = \pi \cdot c \cdot \omega \cdot X^2 \qquad (8)$$

O coeficiente de amortecimento equivalente é calculado dividindo-se as equações (6) e (7) pela eq. (8), aplicada aos dois nós do elemento, resultando em:

$$c_{eq} = \frac{\left(1/2 \cdot \rho_w \cdot C_D \cdot D \right) \cdot \omega \cdot \left(X_1 + X_2 \right)}{48 \cdot {l_0}^2 \cdot \pi \cdot \Delta X^3} \cdot \qquad (9)$$
$$\cdot \left\{ 3 \cdot \left[{l_0}^2 + 6 \cdot \Delta X^2 \right] \cdot \operatorname{csc} h^{-1} \left[\frac{l_0}{\Delta X} \right] \cdot {l_0}^4 + \sqrt{{l_0}^2 + \Delta X^2} \cdot \Delta X \cdot \left[-3 \cdot {l_0}^4 + 16 \cdot \Delta X^2 \cdot {l_0}^2 + 4 \cdot \Delta X^4 \right] \right\}$$

quando $\Delta X \neq 0$ e

$$c_{eq} = \frac{\left(\rho_w \cdot C_D \cdot D \right) \cdot l_0 \cdot \omega \cdot \left(X_1 + X_2 \right)}{3 \cdot \pi} \qquad (10)$$

quando o movimento do elemento é uma translação pura.

Conforme esperado, o coeficiente de amortecimento equivalente depende da amplitude de deslocamentos dos nós. Por isso, é necessário calcular o amortecimento (e os deslocamentos) iterativamente.

A matriz de amortecimento do elemento é definida a partir de:

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{eq} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{eq} \end{bmatrix} \qquad (11)$$

Esta matriz, extremamente simples, dissipa a mesma energia que a eq.(6) (ou eq.(7), dependendo do movimento do elemento). Os graus de liberdade do elemento são definidos a partir da convenção apresentada na Figura 3:

Figura 3: Graus de Liberdade

A incorporação dos efeitos resultantes da superposição dos movimentos em freqüência de onda e da correnteza é feita corrigindo as equações (9) e (10) de acordo com as correções apresentadas nas próximas seções.

Hallai (2003) desenvolve tais correções a partir do caso unidimensional e compara o método proposto para o cálculo do amortecimento nas linhas de ancoragem com alguns métodos, no domínio do tempo e da freqüência, disponíveis na literatura.

MOVIMENTOS EM FREQÚÊNCIA DE ONDA

A adição dos movimentos em freqüência de onda aos movimentos em baixa freqüência aumenta dramaticamente a dissipação de energia devida ao arrasto nas linhas de ancoragem. Assim, é de suma importância a inclusão destes efeitos nas equações já desenvolvidas. O movimento de um sistema de um grau de liberdade pode ser então definido por:

$$x = -\left[X_W \cdot \cos(\omega_W \cdot t) + X_L \cdot \cos(\omega_L \cdot t)\right] \qquad (12)$$

onde as parcelas do lado direito da equação representam os movimentos em 1ª ordem (freqüência de onda) e em 2ª ordem (baixa freqüência), respectivamente.

Definindo ainda os adimensionais:

$$\Pi_1 = \frac{\omega_W}{\omega_L} \qquad \Pi_2 = \frac{X_W}{X_L} \qquad (13)$$

O aumento da dissipação de energia pode ser calculado por:

$$\Pi_3 = \frac{3 \cdot \Pi_1 \cdot \Pi_2}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{8 \cdot {\Pi_1}^2 \cdot {\Pi_2}^2} \right) \qquad (14)$$

A equação (14) é uma expressão aproximada, proposta por Nielsen; BindingbØ (2000). Apesar de aproximada esta equação é bastante precisa, geralmente apresentando, para valores típicos dos adimensionais, erro menor que 1%, conforme verificado por Hallai (2003).

Huse; Matsumoto (1989) já haviam concluído que a dissipação de energia é entre 2 e 4 vezes maior quando os movimentos em freqüência de onda são considerados. A partir da eq.(14) percebe-se que o aumento pode ser até maior do que 4, dependendo dos valores dos adimensionais.

A eq.(14) comprova também o aumento do amortecimento oriundo das vibrações induzidas por vórtices. Hallai (2003) obteve dissipação de energia 2 vezes maior para vibrações in-line e até 3,5 vezes maior para vibrações cross-flow.

Ao considerar os movimentos em freqüência de onda, o coeficiente de amortecimento equivalente é corrigido de acordo com:

$$\left(c_{eq}\right)_{\mathrm{LF+WF}} = \Pi_3 \cdot c_{eq} \qquad (15)$$

Π_3 pode ser calculado ao longo de todo o comprimento da linha iterativamente, pois os movimentos em freqüência de onda são admitidos como entrada, constantes, enquanto se determina os movimentos em baixa freqüência e o amortecimento, de forma iterativa.

CORRENTEZA

A seguir, a influência da correnteza, admitida constante, é investigada de forma análoga à influência dos movimentos em freqüência de onda. Quando a velocidade da correnteza é menor do que a amplitude de velocidade do sistema de um grau de liberdade considerado, o aumento na dissipação de energia é calculado por:

$$\Pi_5 = \frac{3 \cdot \Pi_4}{2} \cdot \mathrm{sen}^{-1}\left(\Pi_4\right) + \left(1 + \frac{{\Pi_4}^2}{2} \right) \cdot \sqrt{1 - {\Pi_4}^2} \qquad (16)$$

sendo:

$$\Pi_4 = \frac{V_C}{X \cdot \omega} \qquad (17)$$

Quando $\left|\Pi_4\right| \geq 1$, a correção é obtida por:

$$\Pi_5 = \frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \left|\Pi_4\right| \qquad (18)$$

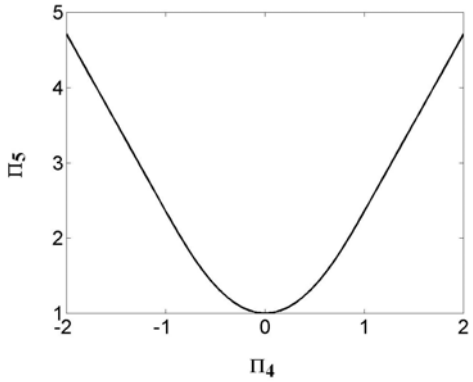


Figura 4: Efeito da Correnteza

A eq. (16) pode ser aproximada pela seguinte parábola:

$$\Pi_5 = \left(\frac{3 \cdot \pi}{4} - 1 \right) \cdot \Pi_4{}^2 + 1 \qquad (19)$$

Aplicando-se a correção adequada, em função da magnitude da correnteza, o coeficiente de amortecimento equivalente é dado por:

$$\left(c_{eq} \right)_{\text{cor}} = \Pi_5 \cdot c_{eq} \qquad (20)$$

Observa-se que a correnteza sempre aumenta a dissipação de energia, para quaisquer valores de velocidade. Ressalta-se ainda que a configuração estática de referência da linha de ancoragem já deve considerar os efeitos da correnteza no início da análise.

CORRENTEZA E MOVIMENTOS EM FREQÜÊNCIA DE ONDA

Os efeitos da correnteza e dos movimentos em freqüência de onda não podem ser simplesmente somados. Conforme já demonstrado, a dissipação de energia é uma função não-linear da velocidade do fluxo.

Assumindo, mais uma vez, que o movimento do sistema seja descrito pela eq.(12), quando $|V_C| \geq X_W \cdot \omega_W + X_L \cdot \omega_L$, o aumento na dissipação de energia é calculado por:

$$\Pi_6 = \frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \left(\Pi_1 \cdot \Pi_2 + \frac{\Pi_2}{27} + 1 \right) \cdot |\Pi_4| \qquad (21)$$

sendo, neste caso:

$$\Pi_4 = \frac{V_C}{X_W \cdot \omega_W + X_L \cdot \omega_L} \qquad (22)$$

A eq. (21) é uma expressão aproximada. A diferença entre a eq. (21) e a formulação exata, apresentada por Hallai (2003), é inferior a 0,20% dentro das faixas dos adimensionais apresentadas na Figura 5:

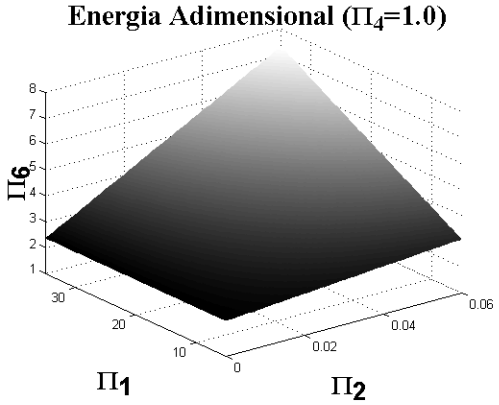


Figura 5: Efeito da Combinação Correnteza + Movimentos em Freqüência de Onda

Conforme esperado, quando $\Pi_1 = \Pi_2 = 0$ a eq. (21) é idêntica à eq. (18):

$$\Pi_6 = \frac{3 \cdot \pi \cdot |\Pi_4|}{4}. \qquad (23)$$

Quando $|V_C| < X_H \cdot \omega_H + X_L \cdot \omega_L$, a energia dissipada deve ser calculada através de integração numérica, pois ocorrem várias inversões no sentido da força de arrasto durante o ciclo de oscilação em baixa freqüência e a obtenção de uma solução analítica seria demasiadamente trabalhosa.

Como aproximação, é possível utilizar a própria eq. (21) quando $|\Pi_4| \to 1$ ou, desprezando a correnteza, a eq. (14) quando $|\Pi_4| \to 0$. Observa-se que ambas as abordagens fornecem resultados subestimados e, portanto, estão a favor da segurança.

De forma análoga às apresentadas nas seções anteriores, o coeficiente de amortecimento equivalente corrigido é calculado por:

$$(c_{eq})_{\text{LF+HF+cor}} = \Pi_6 \cdot c_{eq} \qquad (24)$$

MÉTODO ITERATIVO DE CÁLCULO DO AMORTECIMENTO

Conforme já explanado, a matriz de amortecimento desenvolvida depende do deslocamento do elemento; Por isso, tanto o amortecimento, como o deslocamento do elemento, devem ser calculados iterativamente. O procedimento adotado é resumido a seguir:

1. Como estimativa inicial, admite-se que os deslocamentos transversais (considerando as coordenadas locais dos elementos) são, por exemplo, 5% do comprimento do elemento. Este valor é absolutamente arbitrário;
2. Calculam-se os coeficientes de amortecimento dos elementos, obtendo-se a matriz de amortecimento do sistema;
3. Resolve-se o sistema no domínio da freqüência, obtendo os deslocamentos em regime permanente;

4. Repete-se o passo 2 com os novos deslocamentos e, posteriormente, o passo 3 com a nova matriz de amortecimento;

O procedimento acima é repetido até que a convergência seja alcançada.

A partir deste procedimento, foi desenvolvido um programa, em ambiente MATLAB, para análise de linhas de ancoragem utilizando o método dos elementos finitos no domínio da freqüência. O objetivo do programa é analisar a resposta da linha em regime permanente (*steady state*) sem e com amortecimento.

No caso dos movimentos bicromáticos, a correção devida aos movimentos em freqüência de onda pode ser calculada ao longo de toda a linha, para todos os elementos, baseando-se nos movimentos em baixa freqüência e em freqüência de onda em cada um dos nós ou pode ser utilizada uma mesma correção para todos os elementos, baseada nos movimentos do *fairlead*.

EXEMPLOS DE CÁLCULO

Na Tabela 1 são apresentadas as características das linhas de ancoragem calculadas como exemplo.

Tabela 1: Características das Linhas Analisadas

	Linha 1	Linha 2
Lâmina d'água (m)	82,5	500,0
Material da linha	Amarras	Cabo de aço
Diâmetro da linha (m)	0,14	0,13
Comprimento total (m)	711,3	4000,0
Peso no ar (N/m)	3586,5	800,5
Peso submerso (N/m)	3202,0	664,4
Rigidez axial EA (N)	1,69e9	1,30e9
Força no *fairlead* (kN)	549,9	1133,6
Comprimento Suspenso (m)	168,8	1747,0
Coeficiente de arrasto	3,2	1,8
Coeficiente de massa adicional	2,6	2,0

Estas configurações foram adotadas durante um estudo comparativo sobre análise dinâmica de linhas de ancoragem, cujos detalhes são fornecidos por Brown; Mavrakos (1999). Também foram analisadas por Liu; Bergdahl (1998) e por Bauduin; Naciri (2000).

Apesar de as duas linhas serem homogêneas, o método pode ser facilmente aplicado a linhas heterogêneas.

O amortecimento é calculado para várias combinações de amplitude e período de excitação imposta no *fairlead* das Linhas 1 e 2, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Casos de Excitação Calculados

Caso nº	Excitação (LF+WF)
1.1	10m*100s + 5,4m*10s
1.2	10m*100s
1.3	20m*100s
1.4	10m*200s
1.5	20m*200s
1.6	5,4m*10s
1.7	10m*100s + 8m*10s
1.8	10m*100s + 5,4m*13s
2.1	30m*330s + 5,4m*10s
2.2	30m*330s
2.3	50m*330s
2.4	30m*330s + 8m*10s
2.5	30m*330s + 5,4m*13s
2.6	5,4m*10s

Os casos 1.1, 1.7, 1.8, 2.1, 2.4 e 2.5 são excitações bicromáticas, que consideram os movimentos em freqüência de onda superpostos aos movimentos em baixa freqüência.

As Tabelas 3 e 4 apresentam o coeficiente de amortecimento das Linhas 1 e 2, respectivamente, calculados pelo método proposto.

Tabela 3: Coeficiente de Amortecimento (kN*s/m)

Caso nº	Domínio da Freqüência		M	B1	B2
	min.	max.			
1.1	102	119	-	123	115
1.2	12	18	14	-	-
1.3	25	37	29	-	-
1.4	6	9	7	-	-
1.5	12	18	14	-	-
1.6	72	105	96	-	-
1.7	145	178	-	176	169
1.8	79	92	-	93	89

Tabela 4: Coeficiente de Amortecimento (kN*s/m)

Caso nº	Domínio da Freqüência		M	B1	B2	B3
	min.	max.				
2.1	393	1927	-	2294	4329	1119
2.2	224	660	538	-	-	-
2.3	365	1095	896	-	-	-
2.4	459	2367	-	2788	5854	1271
2.5	410	1900	-	2185	3469	1089
2.6	39	157	437	-	-	-

Os resultados fornecidos pelo método proposto estão listados na seqüência:

- **M**: Excitação apenas em baixa freqüência;
- **B1**: Correção devida aos movimentos em freqüência de onda calculada ao longo de toda a linha, baseando-se nas amplitudes dos movimentos em baixa freqüência e em freqüência de onda em cada um dos nós.
- **B2**: Correção única para os movimentos em freqüência de onda baseando-se nas amplitudes dos movimentos em baixa freqüência e em freqüência de onda apenas no *fairlead*. Esta correção é utilizada ao longo de toda a linha.
- **B3**: Correção devida aos movimentos em freqüência de onda calculada de forma análoga à B1, porém utilizada apenas numa fração do comprimento da linha, a partir do topo.

Os movimentos em freqüência de onda são calculados e armazenados previamente e então adicionados ao longo da linha nos casos B1 e B3.

Os resultados são comparados com os fornecidos por Brown; Mavrakos (1999), baseados nas contribuições dos 15 participantes do estudo comparativo cujo objetivo foi estimar a incerteza no cálculo de tensão dinâmica e amortecimento em linhas de ancoragem. São fornecidos pelo estudo os valores extremos obtidos por métodos no domínio do tempo e da freqüência (média dos resultados mais (ou menos) um desvio padrão).

Os resultados monocromáticos (M) estão sempre dentro da faixa de resultados obtidos utilizando métodos no domínio da freqüência, exceto no caso 2.6.

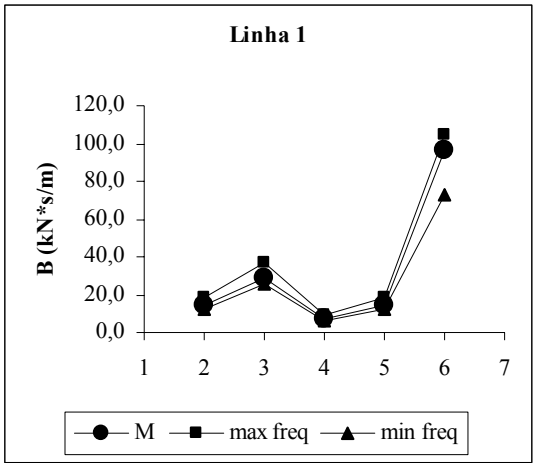


Figura 6: Resultados Monocromáticos (Linha 1)

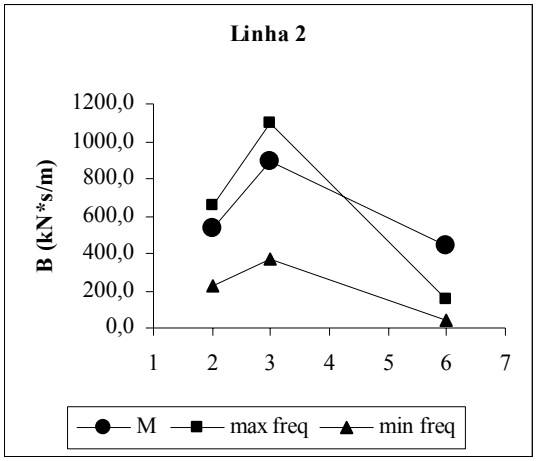


Figura 7: Resultados Monocromáticos (Linha 2)

Nos casos bicromáticos, para a Linha 1, o método B2 fornece resultados dentro da faixa de valores obtidos no domínio da freqüência, enquanto o método B1 fornece valores ligeiramente superiores. Percebe-se que ambos fornecem boas estimativas do amortecimento nesta linha de ancoragem.

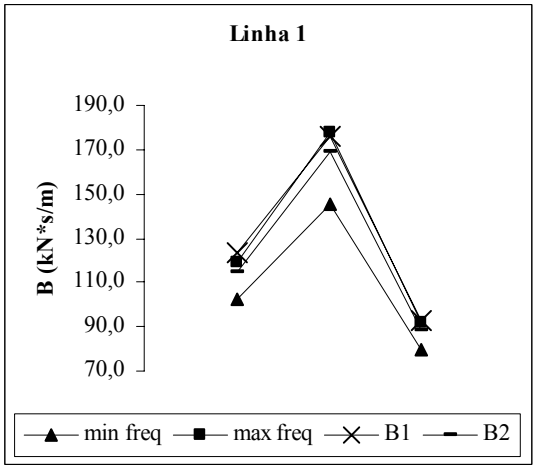


Figura 8: Resultados Bicromáticos (Linha 1)

Nos casos da Linha 2, a tendência se inverte: os maiores valores são obtidos com o método B2. O método B1 fornece valores ligeiramente superiores à média mais desvio padrão dos métodos no domínio da freqüência. O método B3 fornece bons resultados, aplicado a 40% do comprimento da linha.

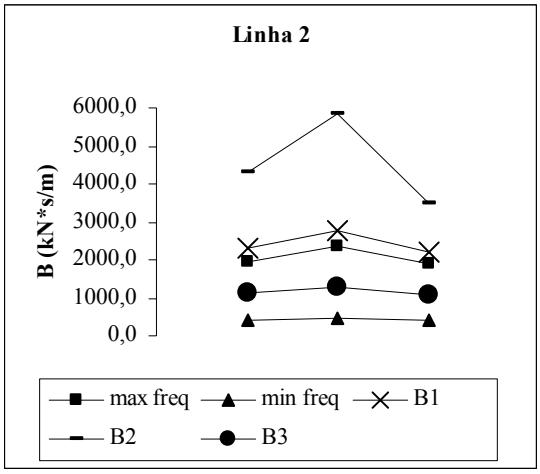


Figura 9: Resultados Bicromáticos (Linha 2)

Comparações mais sistemáticas ainda foram feitas com os resultados de Liu; Bergdahl (1998), que, além dos casos acima, compararam resultados quase-estáticos e obtidos através de um método no domínio do tempo numa faixa maior de freqüências e amplitudes de oscilação.

Entre todos os resultados apresentados por Hallai (2003), foram selecionadas duas tabelas representativas. Em cada uma delas, é variada apenas a freqüência de excitação em freqüência de onda.

As Tabelas 5 e 6 contêm os resultados obtidos por dois métodos quase-estáticos e um método no domínio do tempo, além do método proposto. A última linha de cada tabela contém o caso monocromático correspondente, em baixa freqüência. Ressalta-se que a comparação é de energia dissipada por ciclo de baixa freqüência ao invés de coeficientes de amortecimento da linha.

As análises no domínio do tempo (TD) foram feitas pelo programa MODEX enquanto os resultados fornecidos pelo método quase-estático proposto por Liu; Bergdahl (1998) estão na coluna QS21. A coluna QS1 fornece os resultados obtidos através do método pioneiro de Huse (1986).

Tabela 5: Energia Dissipada na Linha 1 (*10^6 J) sendo X_L=20m, T_L=200s, X_W=5,4m

T_W (s)	TD	QS1	QS21	B1
4	14,81	13,52	6,56	9,90
5	15,14	10,82	6,56	8,41
6	15,62	9,03	6,56	7,57
8	12,89	6,79	6,51	6,11
10	11,52	5,44	6,16	4,94
12	8,67	4,55	5,93	4,06
14	10,01	3,92	5,77	3,44
200	7,80	1,63	4,83	0,62
-	2,16	0,67	1,68	0,56

Tabela 6: Energia Dissipada na Linha 2 (*10^7 J) sendo X_L=10m, T_L=165s, X_W=5,4m

T_W (s)	TD	QS1	QS21	B3
8	1,27	5,47	1,80	1,13
10	1,27	4,38	1,80	1,11
12	1,21	3,65	1,81	1,10
13	1,29	3,38	1,81	1,09
14	1,30	3,14	1,81	1,08
16	1,17	2,75	1,81	1,05
18	1,23	2,45	1,81	1,03
165	1,24	1,19	1,24	-
-	0,34	0,33	0,34	-

Conforme esperado, o método B1 fornece para a Linha 1 menores energias dissipadas ao se aumentar o período de excitação em alta freqüência. Os métodos TD e QS1 também se comportam de acordo com a intuição, ao contrário do método QS21. Percebe-se observando a Figura 10 que o método no domínio do tempo não apresenta resultados monotonicamente decrescentes.

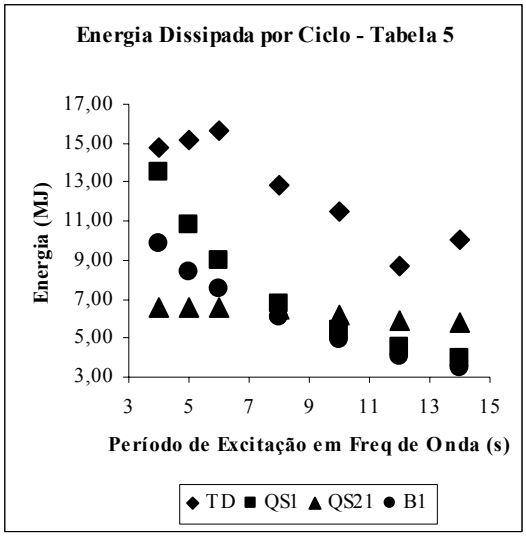


Figura 10: Energia Dissipada na Linha 1

É interessante notar que a dissipação de energia não varia de forma intuitiva em função do período de excitação nos casos analisados para a Linha 2; Tanto o método proposto como o método no domínio do tempo e o método quase-estático QS21 não fornecem menores valores de energia dissipada ao aumentar o período de excitação em freqüência de onda. Apenas o método QS1 apresenta esta tendência.

Percebe-se então que ambos os métodos quase-estáticos apresentam o mesmo comportamento tanto para a Linha 1 como para a Linha 2. Por outro lado, os métodos B1 e B3 parecem acompanhar a tendência dos resultados no domínio do tempo[1] obtidos para as duas linhas de ancoragem analisadas.

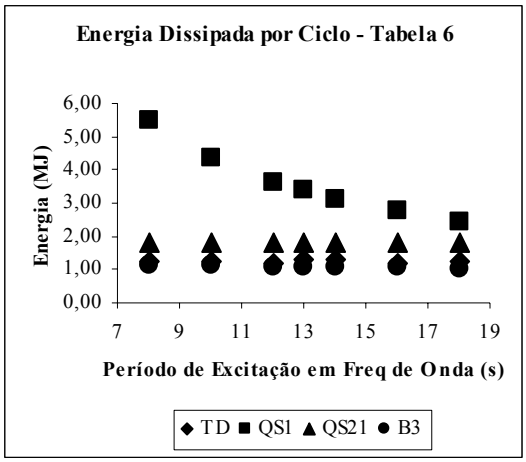


Figura 11: Energia Dissipada na Linha 2

CONCLUSÕES

Através deste trabalho, confirma-se mais uma vez a relevância do estudo do amortecimento nas linhas de ancoragem. O amortecimento limita os deslocamentos das linhas e, conseqüentemente, reduz as tensões e aumenta a vida em fadiga.

A influência da correnteza e dos movimentos em freqüência de onda foi claramente demonstrada. Não se deve pensar em calcular o amortecimento nas linhas desprezando estes dois fenômenos.

O método proposto mostrou-se de fácil aplicação e de baixo custo computacional. Infelizmente, não é possível utilizá-lo em programas comerciais de elementos finitos, sendo necessário desenvolver um programa específico para explorar o método. Porém mostrou ser superior aos métodos quase-estáticos e ainda dispõe da flexibilidade de modelagem inerente ao método dos elementos finitos. Considerando o baixo custo computacional, é adequado às etapas iniciais de projeto.

Investigações experimentais que incluíssem correnteza e ondas para o cálculo do amortecimento seriam enriquecedoras e serviriam de paradigma para a avaliação das correções sugeridas neste texto, bem como do método iterativo de cálculo do amortecimento nas linhas de ancoragem proposto.

[1] Na falta de resultados experimentais, admite-se como paradigma o método no domínio do tempo, apesar de este fornecer resultados irregulares para a Linha 1.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece o apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo (ANP) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) através do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT. Agradece ainda a permissão da PETROBRAS para publicação e apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BAUDUIN, C.; NACIRI, M. A Contribution on Quasi-Static Mooring Line Damping. **Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering,** v.122, p.125-133, 2000.

BROWN, D.T.; MAVRAKOS, S. Comparative Study on Mooring Line Dynamic Loading. **Marine Structures,** v.12, n.3, p.131-151, 1999.

HALLAI, J.F. **Amortecimento em Linhas de Ancoragem**. 2003. 85p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

HUSE, E. Influence of Mooring Line Damping upon Rig Motions. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 18., Houston, 1986. **Proceedings.** Paper 5204. p.433-438.

HUSE, E.; MATSUMOTO, K. Practical Estimation of Mooring Line Damping. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 20., Houston, 1988. **Proceedings.** Paper 5676. p.543-552.

____. Mooring Line Damping due to First and Second Order Vessel Motion. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 21., Houston, 1989. **Proceedings.** Paper 6137. p.135-148.

LIU, Y.; BERGDAHL, L. Improvements on Huse's Model for Estimating Mooring Cable Induced Damping. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING, 17., **Proceedings OMAE 1998**. New York: ASME, 1998.

NIELSEN, F.G.; BINDINGBØ, A.U. Extreme Loads in Taut Mooring Lines and Mooring Line Induced Damping: An Asymptotic Approach. **Applied Ocean Research,** v.22, n.2, p.103-118, 2000.

XIX COPINAVAL 2005

Cálculo de la navegación de altura empleando señales de posicionamiento global e imágenes meteorológicas.

Autor: MSc. Ing. Jorge Alberto Martín Ferrer[1] y MSc. Ing. José Luis Gil Rodríguez[2]

[1] Academia Naval "Granma",
Micro X, Alamar, Habana del Este, Ciudad de La Habana, Cuba
Teléfono: 93 9671 y Fax: 93 9676

[2] Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada
7a #21812 e/ 218 y 222, Rpto. Siboney, Playa. C.P. 12200
Ciudad de la Habana, Cuba
Teléfono: (+)537.835.3751
Oficina: (+)537.272.1670 ext 203
Fax: (+)537.273.0045
Email: jlgil@cenatav.co.cu;

Resumen
Por primera vez en Cuba se calculan las travesías óptimas para la navegación marítima de altura captando automáticamente los datos que ofrece un receptor GPS los que se entregan a diferentes algoritmos de cálculo de tranceptos. Las trayectorias obtenidas se combinan con imágenes satelitales meteorológicas para ilustrar gráficamente las trazas de la derrota ortodrómica o mixta que debe seguir el buque. Los procedimientos elaborados semiautomatizan la metodología que hoy existe, consistente en procedimientos manuales de cálculo. La semiautomatización de este proceso tiene en cuenta el acople automático del GPS con una computadora y la conversión a digital de los datos pertenecientes a una imagen que se recibe por radio. Por otra parte, la información que tradicionalmente se saca de una voluminosa cantidad de cartas de navegación, se sustituye por la programación de los algoritmos que le dan lugar a ellas. De este modo se presenta una nueva tecnología que se inicia con el acople del GPS – Computadora y la representación gráfica de la imagen meteorológica en el display de esta última, y culmina superponiendo las cuerdas de una derrota que tiene la peculiaridad de ser la trayectoria de mínima distancia del arco que se obtiene a partir del conjunto de algoritmos aplicados. La tecnología propuesta ha sido organizada en un software, actualmente en uso en la Academia Naval "Granma". La metodología está avalada por especialistas de navegación, el mando de la MGR, las cátedras de Cubierta, Radioelectrónica y Matemática, el Grupo Empresarial Geocuba, capitanes de buques de la economía nacional y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.
Palabras claves: Navegación de altura, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), imágenes meteorológicas satelitales, derrota ortodrómica.

Abstract:
For the first time in Cuba optimal voyages are calculated for marine great circle sailing capturing automatically the GPS data which are introduced to different algorithms of transepts calculation. The marine navigation trajectories obtained are combined with meteorological satellites images to illustrate graphically both, the orthodromic trajectories layout and/or combined trajectories that should follow the ship. The procedures elaborated semiautomatize the cuban methodology that today exists, consistent in manual procedures of calculation. The semiautomatization of this process take account the automatic electronic linkage between a GPS with a computer, and also the digital conversion of the image data received by radio. On the other hand, the information that traditionally is obtained from a voluminous quantity of impressed "sailing letters", is substituted by the computational programming of mentioned algorithms that generates a digital version of "sailing letters". In this way a new technology is presented that begins with the GPS–Computer linkage, the graphic representation of the meteorological image on the computer display, and it culminates superimposing on this image, the calculated marine trajectory that has the peculiarity of being the trajectory of minimum distance obtained from the applied

algorithms set. The proposed technology has been organized in a digital image processing software, at the moment in use in the "Granma" Naval Academy of Cuba. The methodology is endorsed by astronomic sailing specialists, the cuban marine, the Naval Academy Departments of Cubierta, Radio-electronic and Mathematics, the Geocuba Enterprise Group, captains of ships of the national economy and by the Ministry of Science Technology and Environment.

Cálculo de la navegación de altura empleando señales de posicionamiento global e imágenes meteorológicas.

1 Introducción

El trabajo que se presenta hace uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) considerando que es de gran exactitud en el posicionamiento de objetos situados en la superficie de la tierra, el aire y el mar. Ello hace posible el aprovechamiento de sus datos para ser usados en aplicaciones computacionales cuando un receptor GPS se acopla a una computadora (PC). En la navegación de altura este tipo de acople puede ayudar al cálculo de travesías óptimas captando automáticamente las coordenadas del buque que entrega el receptor GPS, transfiriéndolos a la computadora y aplicando diferentes algoritmos de cálculo de transeptos que unido a una imagen con información meteorológica ha podido dar lugar a una metodología de trabajo nueva para nuestro país.

2 Materiales y Métodos

2.1 Comunicación entre el receptor GPS y la PC

El receptor GPS es el encargado de realizar el procesamiento de la señal; elaborar un código en forma legible, con un formato o norma preestablecido por la Asociación Nacional de Electrónica Marina (NMEA), y transmitir su código a través de la salida del receptor cumpliendo con determinados parámetros.

Para la comunicación entre el receptor y el software soportado en la PC, se empleó el control MSComm a través del acoplamiento físico por el puerto serie con un conector DB9, tratados en la norma 61162-1 de la IEC (1998 –08,09,2000-07**)**. Este control envía asincrónicamente la señal del GPS, la cual se caracteriza por un bit de comienzo y uno de parada, un bit de paridad, el resto de datos, y controla cualquier error de comunicación. La utilización de los datos de interés provenientes del receptor con el formato NMEA – 0183 es el estándar para interfaces de equipos electrónicos marinos. La señal recibida se usa en dispositivos con interfaces de puerto serie asincrónicos que poseen los siguientes parámetros: Baud Rate : 4800, Data Bits : 8 (d7=0), Parity : None, Stop Bits : One (o más) (Martín, 2001; Scot, 2001; Casas, 2002; Fondevila, 2003).

El estándar NMEA – 0183 le permite además a los fabricantes individuales, definir sentencias propietarias. Estas sentencias comienzan con el carácter "$P" y su formato es variable (KGP,1997; Langley, 1997). Ejemplo de códigos propietarios para GPS del tipo:

- Garmin GPS-38, NMEA-0183 V. 1.5

  Formato estándar: GLL, RMB, RMC, WPL, BOD, XTE, VTG, BWC.

  Código Proprietario: PGRMM (map datum), PGRMZ (altitud), PSLIB (dgps).

- Garmin GPS-38, NMEA-0183 V. 2.0

  Formato estándar: GLL, RMB, RMC, WPL, BOD, GSA, GSV, RTE, GGA. Código Propietario: PGRME (error estimado), PGRMM, PGRMZ, PSLIB.

El siguiente ejemplo muestra el bloque de un conjunto de datos recibidos que se repite cada dos segundos durante la recepción, pero con otros valores:

$GPRMB,A,,,,,,,,,,,V*71
$GPGGA,033851,2305.847,N,08226.493,W,1,04,2.8,35.2,M,-21.6,M,,*41
$GPGSA,A,3,,05,07,09,10,,17,,,,,,4.6,2.8,3.6*33
$GPGSV,3,1,11,04,38,029,00,05,34,303,45,07,37,099,30,09,08,242,44*79
$GPGSV,3,2,11,10,48,201,38,13,11,071,00,17,24,265,46,24,53,325,30*7D
$GPGSV,3,3,11,28,06,156,00,29,01,183,00,30,06,320,30,,,,*40
$PGRME,6.1,M,10.5,M,12.1,M*2F
$GPGLL,2305.847,N,08226.493,W,033851,A*3B
$PGRMZ,116,f,3*1D
$PGRMM,WGS 84*06
$GPBOD,,T,,M,,*47
$PSLIB,,,K*23
$PSLIB,,,J*22
$GPRTE,1,1,c,0*07
$GPRMC,033853,A,2305.847,N,08226.494,W,000.0,360.0,281003,003.8,W

La aplicación selecciona del conjunto de datos almacenados en el buffer la cadena que presenta los códigos referentes a las variables siguientes:

- La posición en coordenadas geográficas (latitud y longitud). Cadena $GPGGA, $GPGLL, $GPRMC.
- El rumbo efectivo y la velocidad del buque: Cadena $GPBOD, $GPVTG.

Estos datos son utilizados para realizar los cálculos de la travesía del buque durante la navegación por círculo máximo ó navegación ortodrómica.

2.2 Navegación por Círculo Máximo

Con el empleo del receptor GPS se pueden obtener los datos necesarios para realizar la travesía interoceánica, como son las coordenadas del punto de salida de la embarcación. En cambio, el punto de llegada ó arribo se deben introducir de forma manual o seleccionándola de una lista de puertos con sus coordenadas predefinidas. A diferencia de la derrota **loxodrómica** que se realiza a través de un rumbo constante (línea recta), en la derrota **ortodrómica** la navegación tiene lugar siguiendo aproximadamente el círculo máximo o traza de menor distancia en la esfera.

En este último caso es necesario cambiar el rumbo constantemente para cada meridiano (vea el arco $\overset{\frown}{AB}$ en la Fig. 2.1 a)) (Bowditch, 1973 y 1995; Moreu, 1973). Dada esta dificultad, y por ser en la práctica la diferencia en grados para el cambio de rumbos muy pequeña, durante un tiempo prolongado, se navega siguiendo una línea quebrada por varias loxodrómicas, modificándose el rumbo una o dos veces por singladura o cada 200 o 300 millas, según el criterio establecido. Su trazado en la carta en proyección Mercator (Fig. 2.1 b)) se observa que aunque aparentemente mayor que la ortodrómica; no lo es en realidad por estar ploteada en una longitud más elevada a la que corresponde distancias menores (Alexandrovsky, 1995).

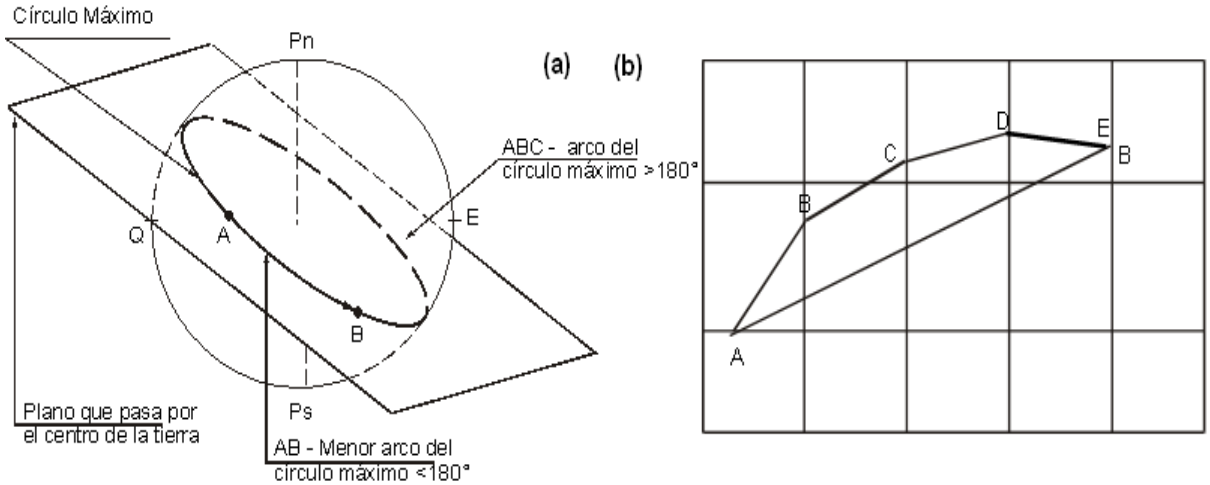


Fig. 2.1. a) Representación del círculo máximo en la superficie terrestre. Tomado de Iglesias et al., 2004. b) Representación gráfica de los puntos intermedios (ABCDE) convergiendo hacia el polo norte durante la navegación ortodrómica ($\overset{\frown}{AB}$) en el hemisferio norte. Las rectas entre los puntos ABCDE corresponden a líneas loxodrómicas que simulan el círculo máximo.

Como se refleja por el colectivo de autores de la Cátedra de Navegación de la Academia Naval ”Granma” (1980 y 1985), para un control constante de la veracidad de todos los parámetros relacionados con la ortodromia; se recomienda realizar el trazado de los cálculos, teniendo ante sí:

1. una representación esquemática sobre la esfera, ó
2. una carta gnomónica, ó
3. una *carta Mercator*.

En uno de estos medios se debe mostrar la posición de la ortodrómica, el ecuador, el meridiano de Greenwich 0 ó 180°, para evitar equivocaciones. Con la utilización del sistema computarizado NavOrt V – 3.0 que se ha creado, se pretende prescindir de estos medios, de tal forma que el navegante podrá comprobar la veracidad de los cálculos con sólo visualizar la imagen en un plano ó en la carta general en formato digital.

2.3 Trazado del arco de círculo máximo en la carta Mercator y cálculo de los rumbos para la navegación

Al obtener la posición del buque por observaciones (posición fija), al navegante siempre le es necesario, como plantean Alexandrovsky (1995) y Bowditch (1995), resolver la siguiente cuestión: ¿Será necesario corregir el rumbo de forma que el buque se mantenga en la derrota previamente propuesta?. Durante el trayecto entre los puntos de salida y llegada, el navegante realiza no menos de 12 – 15 observaciones (fundamentalmente astronómicas) para determinar la posición fija (control), en buques que no posean sistema de posicionamiento global.

La práctica demuestra, que la conducción real del buque por la ortodrómica, generalmente no se efectúa por los cálculos del ploteo previo. La causa de éste fenómeno radica fundamentalmente en la consideración incorrecta de la deriva y el abatimiento del buque debido al oleaje y al viento, lo que afecta la posición del buque. En Iglesias et al., (2004), se exponen diferentes métodos para realizar la navegación ortodrómica. Uno de ellos es empleando la corrección ortodrómica.

2.4 Navegación por arco de círculo máximo utilizando la corrección ortodrómica

Iglesias et al. (2004) plantea todo el procedimiento a seguir empleando este método. A pesar de ser éste un procedimiento en el que se adquiere habilidad con la práctica, se han realizado

estudios por comprobaciones a los libros de bitácora y en ejercicios de entrenamiento, que demuestran la presencia de errores humanos por equivocaciones en el cálculo de los parámetros para la entrada y durante la obtención de los valores de las tablas, así como en la aplicación de los signos a las correcciones, el exceso de confianza durante la aplicación del procedimiento y la rutina del mismo e influye además el agotamiento físico del personal debido a la cantidad de días en alta mar.

La Tabla 2.1 recoge la síntesis de la acumulación de los errores en un período de 19 años, para un promedio de 9 días de navegación interoceánica de un buque que navega a 18 nudos de velocidad. Se considera el promedio por horas de guardia de navegación de un oficial de puente según la rotación de las brigadas.

Tabla 2.1. Comportamiento de los errores por equivocaciones en el cálculo de la corrección ortodrómica y su aplicación para determinar el rumbo ortodrómico.

Día	Cantidad de Libros de Bitácora (se incluyen trazados de rutina y comprobaciones)		Por ciento de equivocaciones en las 4 horas de Navegación de su brigada.		
			primeras 2 horas	tercera hora	cuarta hora
1	-		0.0	0.3	0.7
2	-		0.1	0.5	1.0
3	-		0.1	0.8	1.1
4	-		0.2	1.0	1.3
5	-		0.3	1.5	1.9
6	-		0.5	2.0	2.5
7	-		0.6	2.6	3.0
8	-		1.0	3.0	3.3
9	-		1.1	3.3	5.2
Total	1350		3%	15%	20%
	Pérdidas	Espacio navegado	2 M	5 M	7.2 M
		Total	14.2 Millas en 4 horas.		

En la Fig. 2.3 se muestra el comportamiento de los errores según la Tabla 2.1, y se refleja el nivel ascendente que va adquiriendo la acumulación de los errores por equivocaciones en las etapas medias durante la ejecución de la guardia por parte del Oficial de Puente que lleva la derrota en la navegación ortodrómica. Se observa como la curva tiende a mantenerse en las etapas finales de la travesía, pero se infiere que la fatiga del personal influye en los cálculos que se tienen que realizar con un volumen grande de datos dispersos en varias fuentes.

Estos errores aunque no han constituido un peligro para la vida humana, la carga y la seguridad del buque debido a la extensión de agua por la que se navega, sí constituyen

pérdidas a la economía nacional por concepto de distancia - tiempo de navegación, lo que tiene que ver con el consumo de combustible, salarios, entrega tardía de la carga y otros conceptos propios de la actividad.

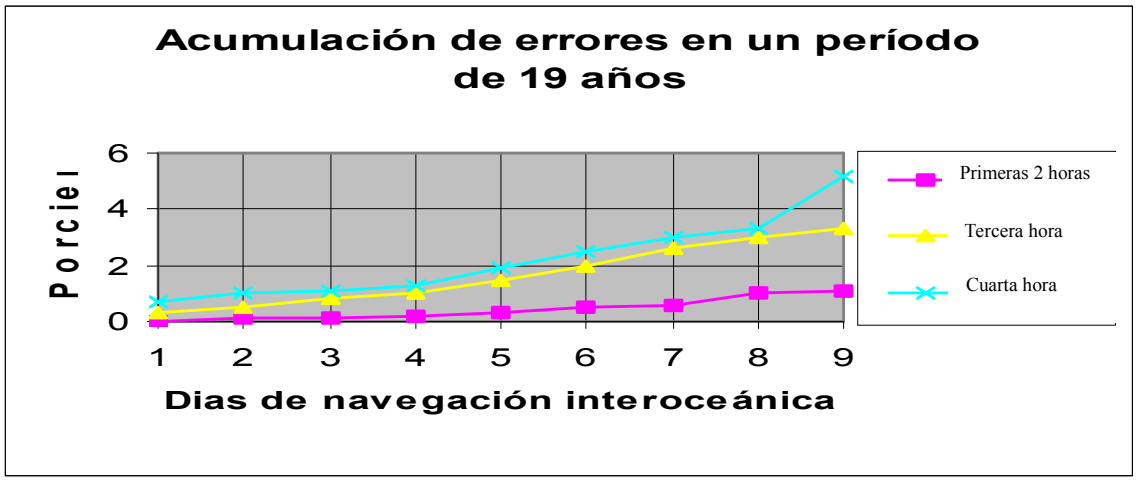


Fig. 2.3. Gráfico del comportamiento de los errores por equivocaciones en el cálculo de la corrección ortodrómica y su aplicación para determinar el rumbo ortodrómico.

Un ejemplo práctico en la que se refleja el tiempo de duración analizado en el ejemplo anterior, es la travesía desde La Habana, hasta Plymouth, reflejada en la Fig. 2.4.

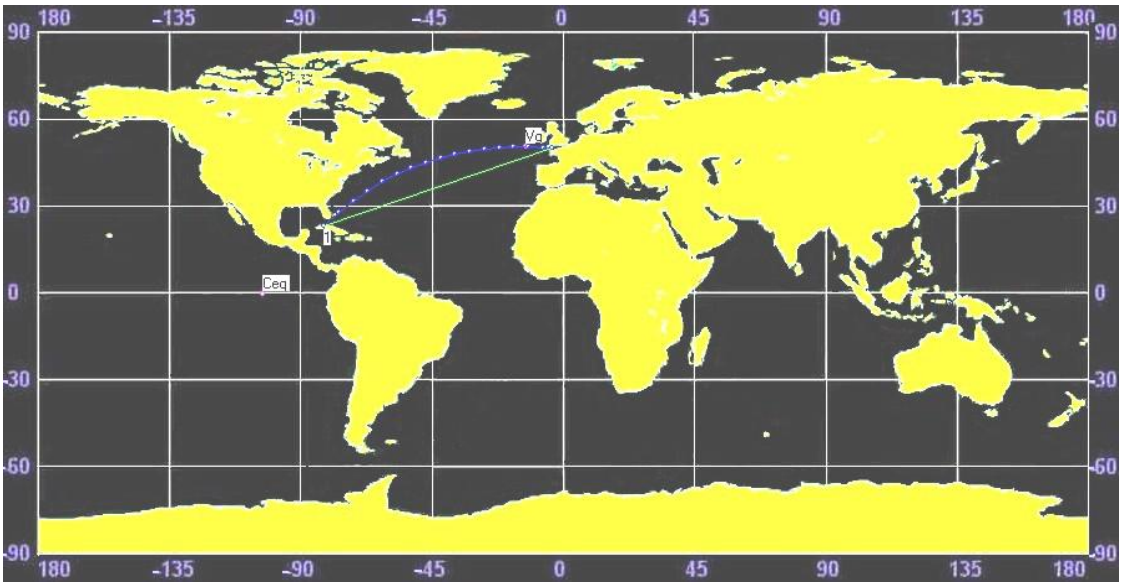


Fig. 2.4. Imagen que muestra la travesía desde la Habana, Cuba hasta Plymouth, Inglaterra.

Como este tipo de travesía se realiza para grandes distancias, se tienen períodos de navegación muy largos. A causa de ello, es posible que durante la navegación, las condiciones

hidrometeorológicas puedan empeorar, por lo que empleando las imágenes meteorológicas se controlan las posiciones intermedias y la navegación por los tramos o cuerdas.

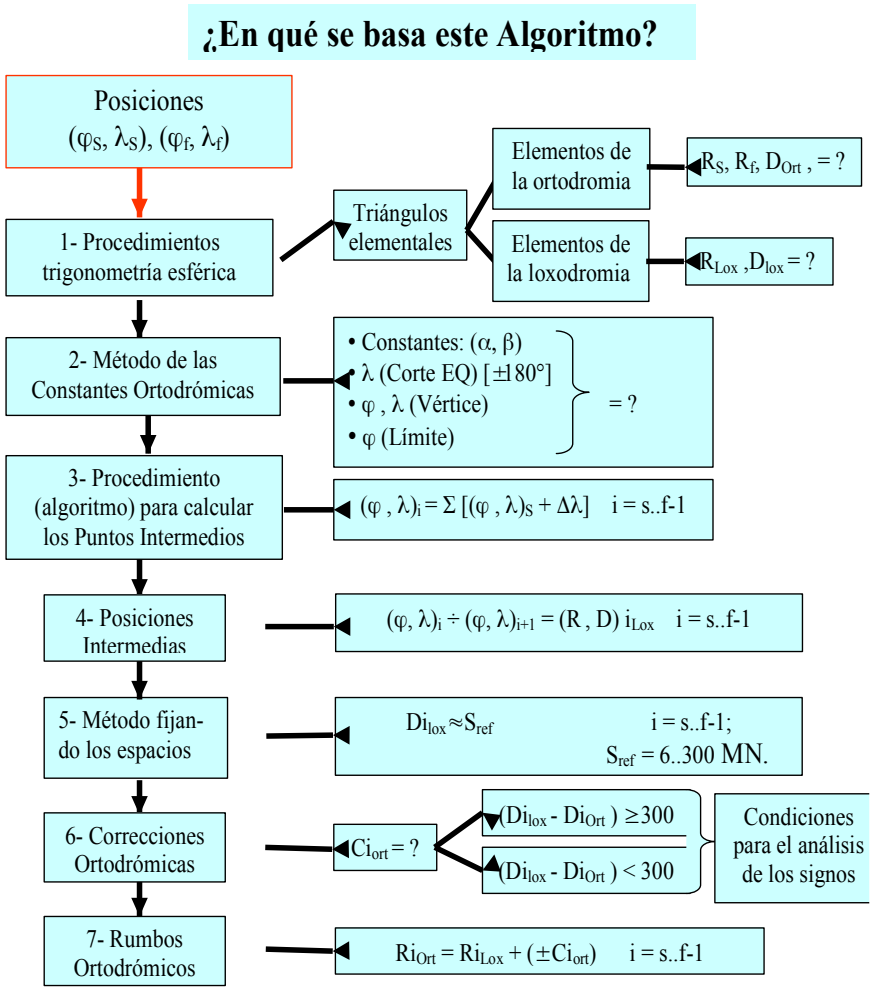


Fig.2.5 Algoritmo para el cálculo de la navegación ortodrómica o por círculo máximo , el cual se utiliza ade-más, para el caso de la na-vegación compuesta o mixta (esta se realiza hasta un paralelo límite). Las causas que propician la navegación mixta pueden ser:

Presencia en determinadas zonas de obstáculos móviles, como son:
* tormentas tropicales;
* derrames de hidrocarburos; * témpanos de hielos;
* minas a la deriva.

Presencia de obstáculos fijos: pequeñas islas.

Otros eventos restrictivos:
* cierre de zonas por conflictos de cualquier tipo;
* entrenamientos militares que se dan a conocer a través de los avisos a los navegantes y avisos radia-dos.

Considerando lo anteriormente expuesto, se dotó al sistema de un módulo de procesamiento de imágenes meteorológicas del tipo facsimil que son recibidas por radio y que por las características de la relación señal/ruido tienen baja calidad. La imagen meteorológica se recibe empleando el software WXSat. Este módulo posee varios opciones de tratamiento de la imagen (Zayas, 1998; Gil et al., 2002):

- Preprocesamiento, el cual realiza el filtrado digital en el dominio del espacio (media, mediana), y detectores de bordes que trabajan por convolución (norte y α-laplaciano).
- Mejoramiento, para realizar el control empleando una barra de herramientas desde donde se invocan diferentes técnicas como el brillo, contraste, saturación, gausiano, perfilar y absorber.

- Herramientas de manipulación, para realizar la conversión a gris, composición a falso color, descomposición en bandas, voltear horizontal y vertical, rotar en cualquier ángulo, negativo, relieve.

3 Resultados

El resultado puede ser resumido en una tecnología que está implementada para su uso práctico en el software NAVORT y que se muestra en la Fig. 2.6. De manera sintetizada se puede resumir en los siguientes pasos:

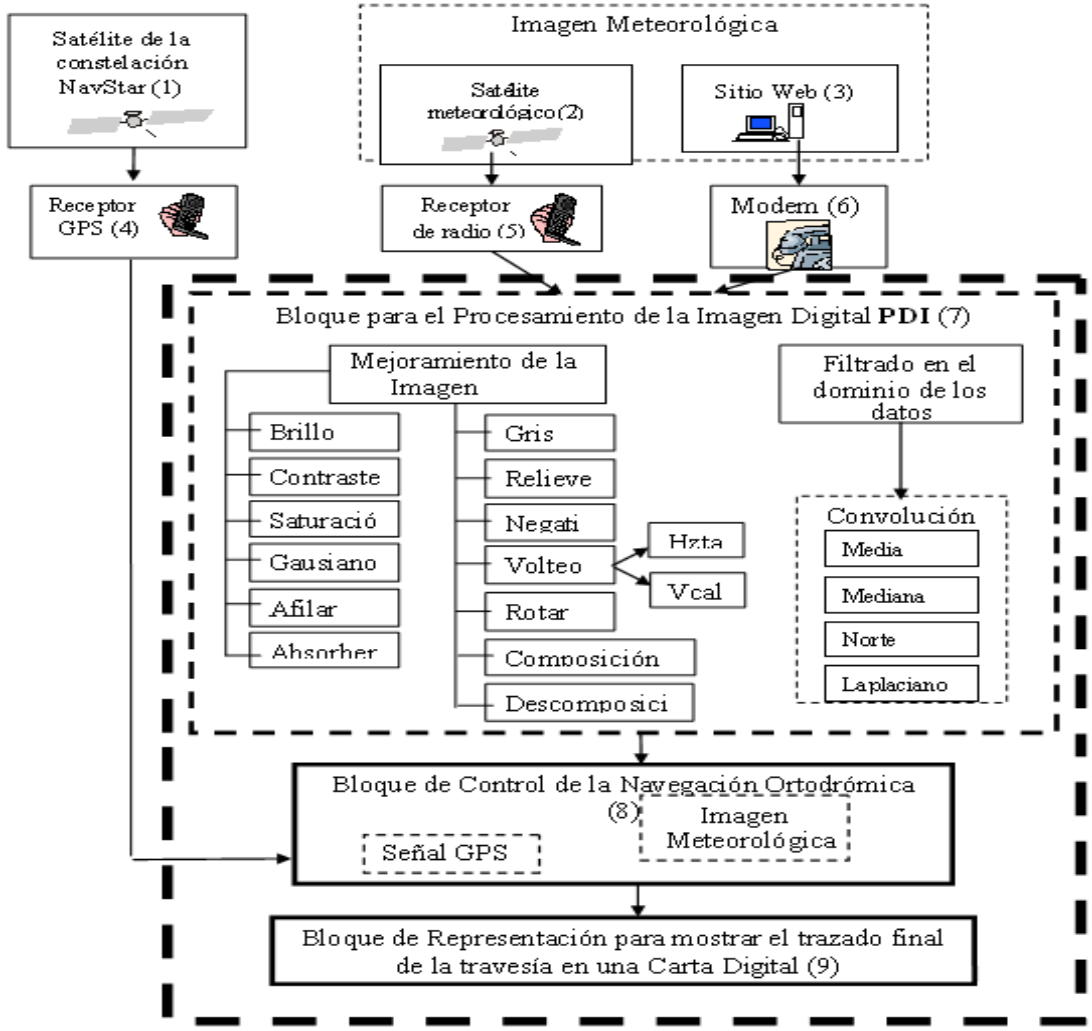


Fig. 2.6 Gráfico que refleja la tecnología que semiautomatiza la navegación ortodrómica controlada con el empleo de la señal de posicionamiento global y las imágenes meteorológicas.

Aplicando la tecnología propuesta se controla la navegación ortodrómica y mixta empleando la señal de posicionamiento global y las imágenes meteorológicas, aspecto este novedoso para

este tipo de travesía. Se recomienda el empleo de las carta náuticas en formato raster y vectorial para el ploteo y visualización de las travesías interoceánicas.

Bibliografía

1. Alexandrovsky V.V., 1995: "Navegación". MIR, URSS.
2. Bowditch Nathaniel, Edición 1973, 1995: "American Practical Navigator an Epitome of Navigation, Volume I, Defense Mapping Agency Center.
3. Casas, Luis Batista. 2002: "Características y empleo de la norma NMEA-0183". III Conf. Cient. de Ciencias Básicas y Específicas de los CEM de las FAR. ITM.
4. Colectivo de autores de la Cátedra de Navegación, 1985: "Fundamentos de la teoría de errores y su utilización en la navegación". Del 1993: "Navegación de estima, costera y electrónica". Tomo I y II. Academia Naval "Granma".
5. Dutton's, 1978: "Navigation".
6. Fondevila Ayala, J. 2003: "Sistemas satelitales de Navegación", Academia Naval "Granma", Imprenta Academia de las FAR General "Máximo Gómez Báez".
7. Gil, J.L.;E.B. García; R. Sánchez; M.B. Martínez, et. al., 2000: "Tn Estudio V1.1: Software para el tratamiento digital de imágenes. Ejemplo de aplicaciones y sus perspectivas", II Congreso Internacional de Geomática, Ciudad Habana, ISBN 959 – 7160-01-03, Cuba.
8. Gil, J.L.; E.B. García, M. Vega; y R. Sánchez. 2002: "Manual de Usuarios Tn Estudio V2.0", Publicado en la Imprenta de la Academia Naval "Granma" Cuba.
9. Iglesias Campillo, Mario; J.A. Martín Ferrer; E. González Rebellés, 2004: "Navegación", Edimar, GEOCUBA, Cuba.
10. Inmarsat, 1994: "Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima".ICH. Cuba.
11. KGP 95, 1997: "Manual del Usuario GPS", Japón.
12. Langley, R., June 1997: "GPS Receiver System Noise", GPS World.
13. Martín Ferrer, Jorge A, Nov. 2001: "Procesamiento de la señal de satélite con el software TabComp.exe V – 3.01". I Taller de procesamiento de señales e imágenes en la rama naval, Cuba.

14. Norma 61174, 1998-08: Maritime navigation and radiocomunication equipament and systems – Electronic chart display and information systems (ECDIC) – Operational and performace requeriments, methods of testing and required test result, IEC.
15. Solas' 74, 1974: "Convenio para la seguridad de la vida humana en el mar". OMI.
16. Scott, E.M., 2 Oct. 2001: "Nautical briefing, Information technology and the training needs of saefarers", The Nautical Institute, London UK, STW 33/INF.
17. Tamaya Calculator NC – 88, 1988: "Astro Navigation Piloting & Reckoning, Manual de Usuario". Tamaya & Company Limited, Tokyo, Japón.
18. Transas Marine Ltd., May 2001: "Navy-Sailor V - 3.2", Technical Reference Edition.

Cálculo dos Esforços Solicitantes em Embarcações Utilizando Planilha Eletrônica

Oscar Brito Augusto[1]

Resumo

No trabalho apresenta-se uma metodologia simples e prática para a obtenção dos esforços solicitantes primários em estruturas de flutuantes. O corpo flutuante é considerado como sendo uma viga, com peso equilibrado pelas forças de flutuação na presença de ondas, podendo a distribuição de pesos não ser simétrica em relação ao plano longitudinal do corpo, ocasionando, na condição de equilíbrio, banda e, eventualmente, trim. Para a sistematização, o manuseio, a visualização dos dados e dos gráficos, o cálculo do equilíbrio na onda e as demais operações necessárias, optou-se pelo uso de uma planilha eletrônica, o que torna o trabalho exeqüível apenas com o uso de um computador pessoal. Adicionalmente, apresenta-se uma metodologia para o cálculo do volume imerso do casco que pode ser facilmente estendida para o cálculo de curvas hidrostáticas e de estabilidade de corpos flutuantes.

Abstract

In the work, a simple and practical methodology is presented for the attainment of primary bending forces in ship structures. The floating body is considered as being a beam with weight balanced by the buoyancy in waves. The distribution of weights may be unsymmetrical relative to the body's longitudinal plan, heeling and eventually trimming the hull to the balance condition. For data systematization, data input, data visualization, data plot, balance calculation of the floating body and other necessary operations, it was used an Excel spread sheet, which is accessible for any engineer with a personal computer. Additionally, a methodology for hull submerged volume calculation is presented and it can easily be extended for hydrostatic and stability curves of floating bodies' computation.

[1] Prof. Associado do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Nomenclatura

A	área
A_b	área submersa da baliza
$b(x)$	força de flutuação
B	boca
BB	bombordo
BE	boreste
CA	centro de área
CG	centro de gravidade
D	pontal
dwt_c	peso da carga
$f(x)$	força líquida resultante: $b(x)$-$q(x)$
H_w	Altura da onda
$\overline{h}$	calado médio
$\overline{h}_b(x)$	calado médio na posição da baliza
$h(x)$	calado
h_{bb}, h_{be}	calado em BB e BE na baliza
K_B	altura do centro de flutuação
L	comprimento da embarcação
LCB	posição longitudinal do centro de carena
LCG	posição longitudinal do centro de pesos
M	momento fletor vertical da VN
Me_y, Me_z	momento de área relativa aos eixos
P_{emb}	peso da embarcação
$q(x)$	peso distribuído ao longo do eixo x
Q_j	peso concentrado
V	força cortante vertical da VN
VN	viga navio
(x, y, z)	sistema de coordenadas da embarcação
$(x, y, z)_{\nabla}$	coords. do volume de carena
$(x\ y, z)_{leve}$	coords. do CG do navio leve
$(x, y, z)_t$	coords. do centro de ∇_t
$(x, y, z)_G$	coords. do CG do navio carregado
y_{CA}, z_{CA}	coords . do centro de área da baliza
z_{LN}	altura do eixo neutro da seção transversal
α	ângulo de trim
γ	peso específico da água
γ_t	peso específico da carga no tanque t
θ	ângulo de banda
ϕ	ângulo de fase da onda
(ξ, ψ, ζ)	sistema referencial de coordenadas
μ	fator de comprimento de onda
Δ	deslocamento da embarcação
Δ_{leve}	peso do navio leve
∇	volume de carena
∇_t	volume de tanque/porão/compartimento

Introdução

O cálculo de esforços solicitantes, momento fletor e força cortante, em um navio em ondas é uma das importantes etapas ou do projeto ou da análise da estrutura de embarcações. Para esse propósito a embarcação é considerada como sendo um corpo rígido, com distribuição de pesos equilibrada pela distribuição de empuxo ao longo do eixo longitudinal do casco, gerando-se assim a curva de cargas da viga navio em equilíbrio livre.

A maior parcela do esforço do projetista neste procedimento está no cálculo da posição de equilíbrio da embarcação, posição esta que depende da geometria do volume imerso do casco.

Esse cálculo é geralmente feito com o auxílio de aplicativos computacionais específicos para estruturas navais que, por suas naturezas, são, geralmente, acessíveis a poucos.

No trabalho, apresenta-se uma alternativa simples, rápida e econômica para se resolver esse problema, alternativa que faz uso somente de uma planilha eletrônica, dessas comumente encontradas em aplicativos para automação de escritórios.

Para o cálculo dos esforços, o casco, discretizado, é descrito pela tabela de cotas de suas balizas e os pesos podem ser distribuídos ou concentrados ao longo do eixo da viga navio. Por simplicidade, adotou-se, para a flutuação, onda com perfil senoidal, o que não é restrição, pois este pode ser facilmente substituído por outro perfil, como o trocoidal, ou de um modo mais geral, um diferencial de altura relativamente ao calado médio parametrizado baliza a baliza.

Com a tabela de cotas da baliza e a altura da linha da superfície, utiliza-se a regra de integração trapezoidal para o cálculo da área imersa da baliza e, após o cômputo da área de todas as balizas, perfaz-se a integração das áreas ao longo do eixo, obtendo-se o volume imerso e a posição do seu centro.

O problema matemático a ser resolvido passa a ser: qual calado médio, ângulo de banda e ângulo de trim deve ter a embarcação de sorte a coincidirem-se a resultante das forças peso com a resultante das forças de empuxo bem como as coordenadas longitudinal e transversal do centro de volume imerso e do centro de gravidade da embarcação.

Utilizando-se as funções implícitas para o cálculo de extremos de funções disponíveis nas planilhas eletrônicas, os resultados são rapidamente encontrados e os diagramas de esforços solicitantes automaticamente desenhados.

Sistema de referência

Suponha que a embarcação está referenciada por um sistema ortogonal de coordenadas, onde o eixo x é paralelo à linha de base, partindo da extremidade da popa, com sentido para a proa. O eixo y, apontando para bombordo, BB, e o eixo z, completando o sistema positivamente orientado, conforme se ilustra na figura 1.

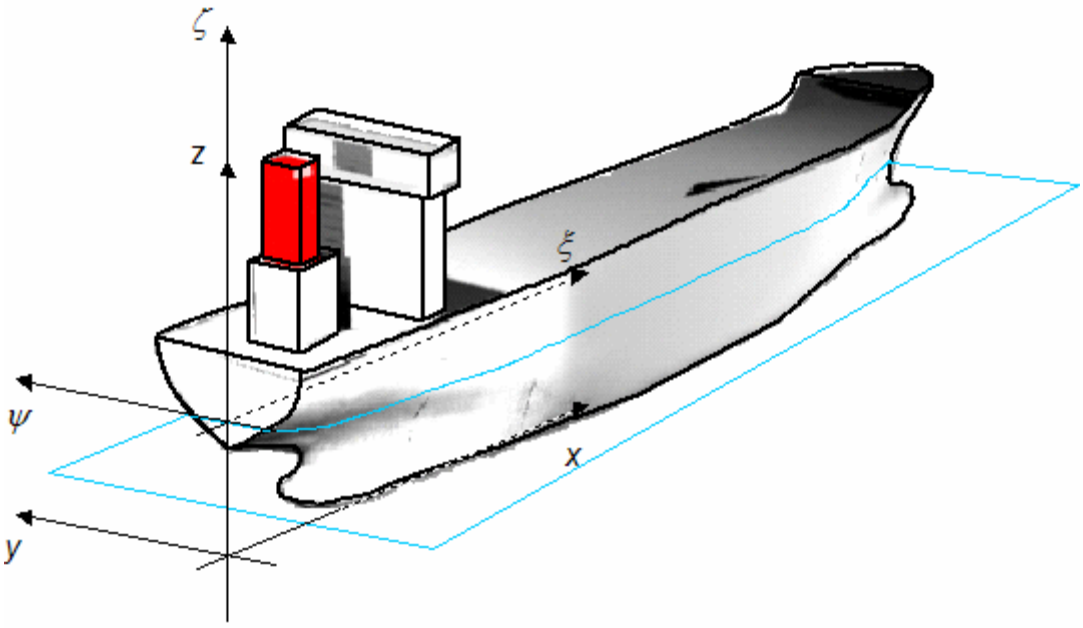


Figura 1. Sistemas de referência.

Para o cálculo de esforços solicitantes, adota-se, usualmente, mar unidirecional, com direção de propagação paralela ao plano longitudinal da embarcação. Nestas condições, suponha a existência de um sistema de coordenadas (ξ, ψ, ζ) fixo à superfície média da água, paralelo ao sistema (x,y,z) estando a embarcação sem trim nem banda, e com o eixo da direção da onda, ξ, paralelo ao eixo x. Para uma onda senoidal com amplitude H_w, a elevação da superfície pode ser definida como.

$$\eta(\xi) = \frac{1}{2} H_w sen(2\pi \frac{\xi}{\mu L} + \phi) \qquad (1)$$

sendo $\mu \in \Re$, um fator de escala para o comprimento da onda relativamente ao comprimento da embarcação e $\phi \in \Re$ um ângulo de fase.

Quando $\mu = 1$ e $\phi = \pi/2$, tem-se a onda de *tosamento* e para $\mu = 1$ e $\phi = -\pi/2$ tem-se a onda de *alquebramento*.

Sem introduzir erro significativo, pode-se admitir, para moderados ângulos de trim, que o calado, devido à perturbação da onda ao longo do comprimento da embarcação, seja definido por:

$$h(x) = \bar{h} + \frac{1}{2} H_w sen(2\pi \frac{x}{\mu L} + \phi) \qquad (2)$$

Propriedades de Áreas

Uma das rotinas fundamentais para a obtenção do volume imerso do casco é a de cálculo da área imersa da baliza. Este cálculo é elaborado levando-se em conta que a baliza será discretizada, formando um polígono fechado que compreende a linha da baliza propriamente dita e a linha correspondente à altura do calado na baliza em questão.

Observando-se a figura 3a, pode-se facilmente deduzir que a área do polígono fechado, descrito por n_p pontos, seguidos no sentido horário, tomando-se aleatoriamente um ponto de partida, pode ser dada por:

$$A = \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{n_p-1}(y_{n+1} - y_n)(z_{n+1} + z_n) + \frac{1}{2}(y_1 - y_p)(z_1 + z_p) \qquad (3)$$

Para dois pontos consecutivos, diga-se *n* e *n+1*, o termo $\frac{1}{2}(y_{n+1} - y_n)(z_{n+1} + z_n)$ corresponde à área do trapézio formado pela aresta *n*, *n+1*, as semi-retas que ligam verticalmente esses pontos ao eixo *y* e a semi-reta, no eixo *y*, correspondente à distância $(y_{n+1} - y_n)$. A guisa de exemplo, com os pontos *5* e *6*, conforme se vê na figura 3b, forma-se o trapézio, P_5, P_6 e os pontos y_5 e y_6 no eixo dos *y*.

Seguindo os pontos a partir de *2* e indo até *7* pela parte superior do polígono, o computo das áreas dos trapézios é positivo. Por outro lado, partindo-se de *7* e retornando a *2*, pela parte inferior do polígono, o computo das áreas é negativo. Caminhando sobre o circuito fechado, partindo-se de um ponto e retornando-se ao próprio, obtém-se a área contida no polígono.

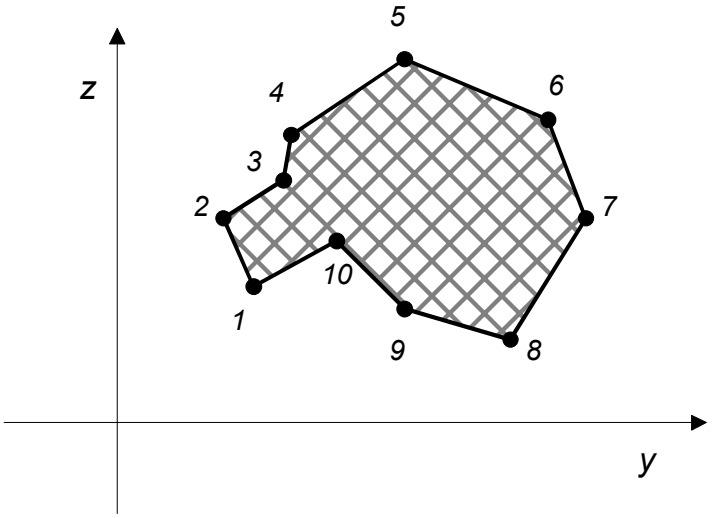


Figura 3a – Área de um polígono fechado.

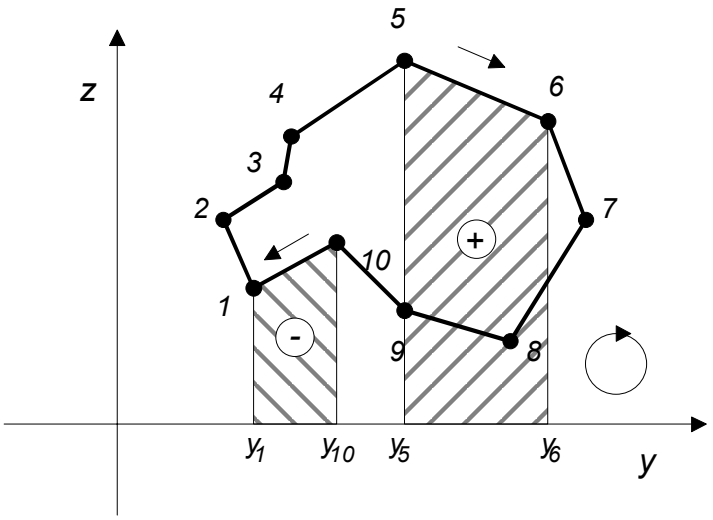


Figura 3b – Trapézios com área positiva ($\Delta y > 0$) e negativa ($\Delta y < 0$)

Com base no trapézio, figura 3b, pode-se facilmente deduzir o momento estático de área do polígono, em relação ao eixo *y*, como sendo:

$$Me_y = \frac{1}{6}\sum_{n=1}^{n_p-1}(y_{n+1}-y_n)(z_{n+1}^2+z_n z_{n+1}+z_n^2)+\frac{1}{6}(y_1-y_p)(z_1^2+z_p z_1+z_p^2) \qquad (4)$$

De forma análoga, o momento estático de área em relação ao eixo *z* é dado por:

$$Me_z = \frac{1}{6}\sum_{n=1}^{n_p-1}(z_n-z_{n+1})(y_{n+1}^2+y_n y_{n+1}+y_n^2)+\frac{1}{6}(z_p-z_1)(y_1^2+y_p y_1+y_p^2) \qquad (5)$$

Finalmente, as coordenadas do centro de área do polígono são obtidas por meio da equação (6),

$$(y_{CA}, z_{CA}) = \left(\frac{Me_z}{A}, \frac{Me_y}{A}\right) \qquad (6)$$

Cálculo do volume imerso do casco

Suponha haver uma embarcação em equilíbrio estático, com trim e banda, e que se tome uma baliza qualquer, na posição x_b, diga-se baliza *b*. No plano da baliza, a linha de calado será inclinada, conforme se mostra na figura 4a. Sendo a baliza descrita por pontos, pode-se definir o polígono que representa a área imersa da baliza, conforme se mostra na figura 4b.
Aplicando-se as equações de (*2*) à (*6*), obtém-se a área imersa A_b e as coordenadas do centro da área imersa $(y_{CA}, z_{CA})_b$ no plano *yz*.

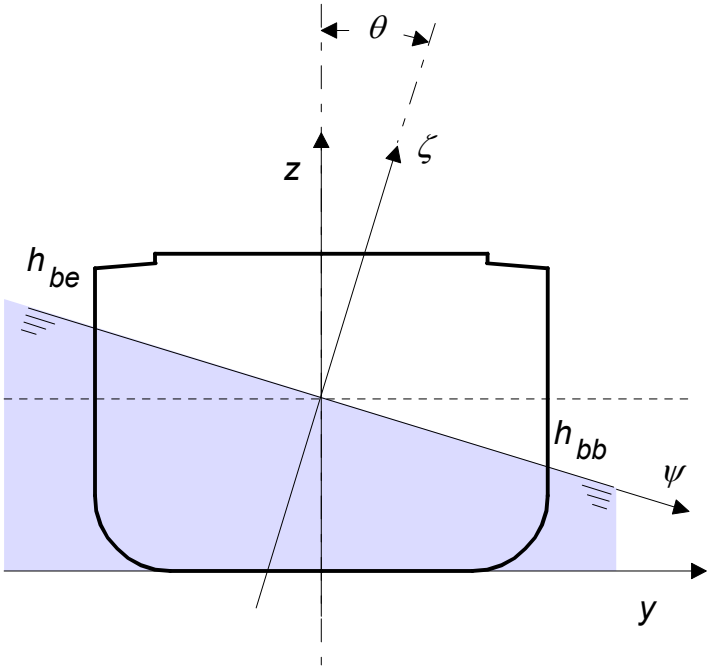


Figura 4a – Elevação da superfície da água na posição de uma baliza para a embarcação com ângulo de banda

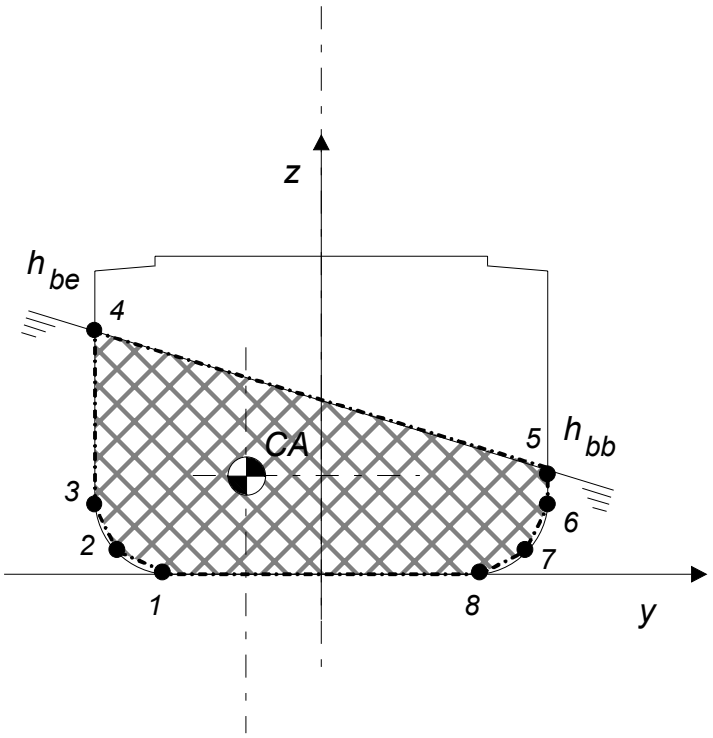


Figura 4b – Representação discretizada, em 8 pontos, da área imersa da baliza, com o centro da área deslocado para *BE*, devido ao ângulo de banda.

Efetuando os cálculos para todas as balizas da embarcação, obtém-se, pela regra trapezoidal de integração, o volume imerso do casco:

$$\nabla = \frac{1}{2}\sum_{b=1}^{n_B}(A_{b+1} + A_b)(x_{b+1} - x_b) \tag{7}$$

A posição longitudinal do centro do volume imerso do casco é obtida por:

$$x_\nabla = \frac{1}{2\nabla}\sum_{b=1}^{n_B}(A_{b+1}x_{b+1} + A_b x_b)(x_{b+1} - x_b) \tag{8}$$

Analogamente, obtém-se as demais coordenadas do centro de flutuação:

$$y_\nabla = \frac{1}{2\nabla}\sum_{b=1}^{n_B}(A_{b+1}y_{CA\,b+1} + A_b y_{CA\,b})(x_{b+1} - x_b) \tag{9}$$

$$z_\nabla = \frac{1}{2\nabla}\sum_{b=1}^{n_B}(A_{b+1}z_{CA\,b+1} + A_b z_{CA\,b})(x_{b+1} - x_b) \tag{10}$$

A distribuição dos pesos

Para fins de cálculo de esforços solicitantes, podem-se reunir os componentes de peso da embarcação em dois grandes grupos: um composto pelo *peso do navio leve*, Δ_{leve}, compreendendo todos os pesos da embarcação exceto os da carga e dos itens operacionais,

respectivamente, *peso da carga*, dwt_c e *peso operacional* dwt_{op}. Sem perda de generalidade, não se fará distinção entre dwt_c e dwt_{op}, tratando-se ambos de cargas.

Pelo principio de Arquimedes, o peso de um corpo flutuando é igual ao peso da água por ele deslocada:

$$P_{emb} = \Delta_{leve} + dwt = \Delta = \nabla\gamma \tag{11}$$

sendo γ o peso específico da água.

Optou-se por modelar a distribuição do peso do navio leve com:

1. pesos linearmente distribuídos para n_q regiões distintas da embarcação, com valor $(q_r)_i$, na posição a ré, com coordenada $(x_{qr})_i$, valor $(q_v)_i$, com coordenada $(x_{qv})_i$ à vante e altura do centro de pesos, $(z_q)_i$; e,

2. n_Q pesos concentrados Q_j , atuando na posição longitudinal x_{Qj} com respectivas alturas de seus centros de gravidade, z_{Qj}.

Peso do navio leve

Chamando de Δ_{leve} o peso do navio leve e (x_{leve}, y_{leve}, z_{leve}), as coordenadas do centro de gravidade desse peso; definem-se

$$\Delta_{leve} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n_q}(q_v + q_r)_i(x_{qv} - x_{qr})_i + \sum_{j=1}^{n_Q} Q_j \tag{12}$$

É razoável admitir que a distribuição de pesos do navio leve seja simétrica em relação ao plano de simetria longitudinal da embarcação, resultando $y_{leve} = 0$. Para as outras duas coordenadas, calculam-se:

$$x_{leve} = \frac{1}{2\Delta_{leve}}\left(\sum_{i=1}^{n_q}(q_v x_{qv} + q_r x_{qr})_i(x_{qv} - x_{qr})_i + 2\sum_{j=1}^{n_Q} Q_j x_{Qj}\right) \tag{13}$$

$$z_{leve} = \frac{1}{2\Delta_{leve}}\left(\sum_{i=1}^{n_q}(q_v + q_r)_i(x_{qv} - x_{qr})_i(z_q)_i + 2\sum_{j=1}^{n_Q} Q_j z_{Qj}\right) \tag{14}$$

Peso da carga

Por hipótese, porões, compartimentos e tanques serão destinados para o transporte de cargas, itens operacionais como óleo combustível, lubrificantes ou água doce e de lastro. Portanto, seus pesos dependerão do item transportado, definido por um peso específico e do volume ocupado. A título de simplicidade no tratamento da nomenclatura das equações e sem prejuízo para o entendimento, irá se utilizar a nomenclatura *tanque* quer para porão de carga, quer para compartimento e quer para tanque propriamente dito.

Para o cálculo do volume de tanques, irá se adotar a mesma metodologia utilizada para o cálculo do volume imerso do casco. Cada tanque deverá ter suas seções inicial e final discretizadas por pontos, conforme se mostra na figura 5.

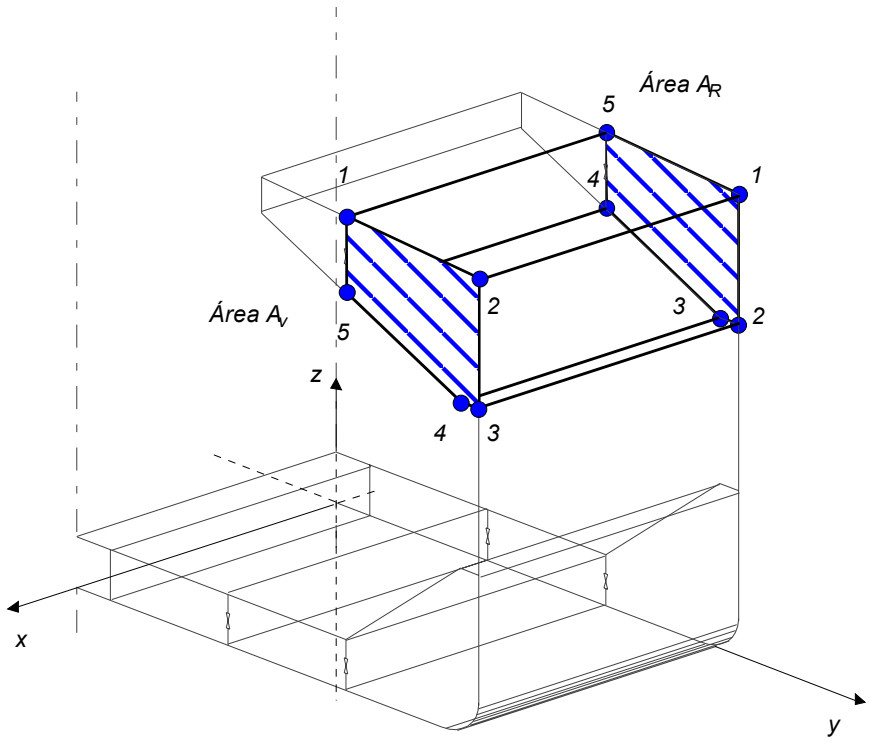


Figura 5 – Volume de um tanque

Tomando-se o tanque *t*, seja $(A_r)_t$ a área da seção transversal de ré do tanque, calculada pela aplicação da equação *2*. Sejam $(x_r, y_r, z_r)_t$ as coordenadas do centro de $(A_r)_t$, calculadas pela aplicação da equação *6*. De modo análogo, sejam $(A_v)_t$ e $(x_v, y_v, z_v)_t$ a área e as coordenadas do centro de área da seção transversal de vante do tanque.

Nestas condições, o volume do tanque será dado por:

$$\nabla_t = \frac{1}{2}(A_v + A_r)_t (x_v - x_r)_t \tag{15}$$

e as coordenadas de seu centro, (x_t, y_t, z_t)

$$x_t = \frac{(A_v x_v + A_r x_r)_t}{(A_v + A_r)_t} \tag{16}$$

$$y_t = \frac{(A_v y_v + A_r y_r)_t}{(A_v + A_r)_t} \tag{17}$$

$$z_t = \frac{(A_v z_v + A_r z_r)_t}{(A_v + A_r)_t} \tag{18}$$

Sendo o tanque *t* ocupado por carga com peso específico γ_t, calcula-se o peso total do navio com n_{tan} tanques carregados:

$$\Delta = \Delta_{leve} + \sum_{t=1}^{n_{tan}} \nabla_t \gamma_t \tag{19}$$

e o centro de gravidade do peso (x_G, y_G, z_G)

$$x_G = \frac{1}{\Delta}\left(\Delta_{leve} x_{leve} + \sum_{t=1}^{n_{tan}} \nabla_t \gamma_t x_t \right) \tag{20}$$

$$y_G = \frac{1}{\Delta}\left(\Delta_{leve} y_{leve} + \sum_{t=1}^{n_{tan}} \nabla_t \gamma_t y_t \right) \tag{21}$$

$$z_G = \frac{1}{\Delta}\left(\Delta_{leve} z_{leve} + \sum_{t=1}^{n_{tan}} \nabla_t \gamma_t z_t \right) \tag{22}$$

A título de ilustração, referenciando-se à nomenclatura usual da arquitetura naval, têm-se $KG = z_G$ e $LCG = x_G$, respectivamente, altura e posição longitudinal do centro de gravidade da embarcação.

Cálculo do equilíbrio em ondas

Para o cálculo do volume imerso e das coordenadas do centro desse volume, utilizando-se as equações de (*7*) a (*10*), será necessário definir a altura da onda H_w, o calado médio, $\overline{h}$, o ângulo de trim, α, e o ângulo de banda, θ. Porém, calado médio, trim e banda dependem da configuração de equilíbrio que a embarcação encontrará em função da distribuição dos pesos em seu interior.

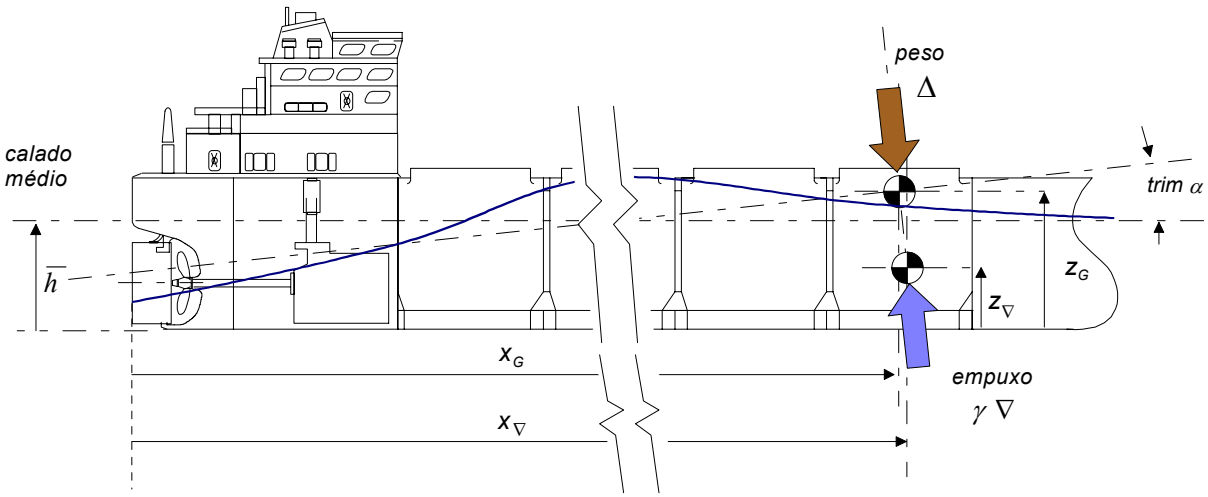


Figura 6a – Navio em equilíbrio longitudinal

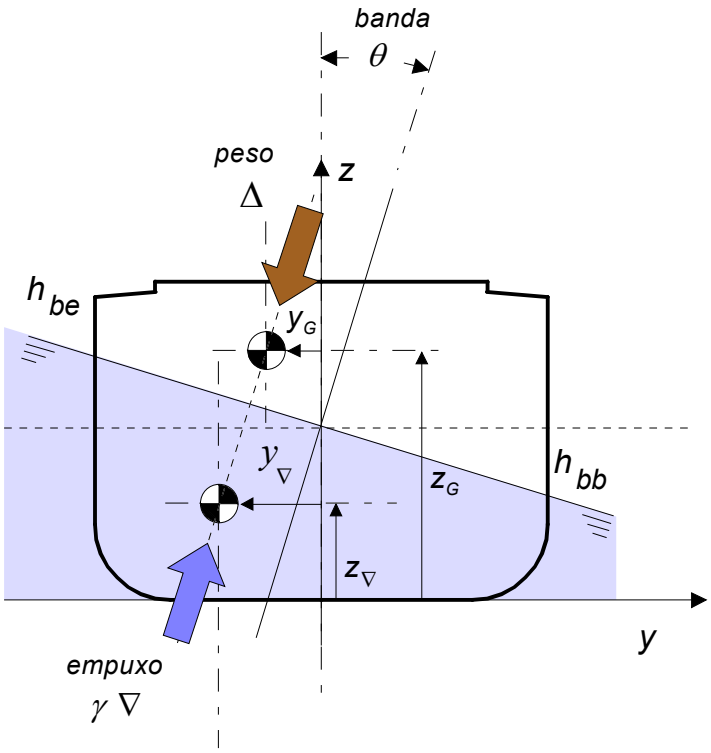


Figura 6b – Navio em equilíbrio transversal

Observando-se a figura 6, na condição de equilíbrio as quatro condições a seguir devem ser verificadas:

1. o peso da embarcação deve ser igual ao peso da água deslocada:

$$\Delta = \nabla\gamma \tag{23}$$

2. a posição longitudinal do centro de peso, x_G, e do centro de volume imerso, x_∇, figura 6*a*, devem satisfazer a relação:

$$x_G = x_\nabla - (z_G - z_\nabla)\tan\alpha \tag{24}$$

3. a posição transversal do centro de peso, y_G, e do centro de volume imerso, y_∇, figura 6*b*, devem satisfazer a relação:

$$y_G = y_\nabla + (z_G - z_\nabla)\tan\theta \tag{25}$$

Definida, pelo projetista, a altura de onda H_w, o problema a ser resolvido passa a ser: quais devem ser os valores de $\bar{h}$, α, e θ, para que as equações (*23*) a (*25*) sejam satisfeitas.

Dentre os diversos processos para se resolver esse problema, optou-se por um de otimização que minimize o erro quadrático médio dos atributos de equilíbrio, equações (*23*) a (*25*), ou seja, explicitamente, que se minimize a função:

$$f(\alpha,\theta,\bar{h}) = \\ = \left\{ \omega_x \left(\frac{x_G - x_\nabla + (z_G - z_\nabla)\tan\alpha}{L} \right)^2 + \omega_y \left(\frac{y_G - y_\nabla - (z_G - z_\nabla)\tan\theta}{B} \right)^2 + \omega_\Delta \left(\frac{(\Delta - \nabla\gamma}{\Delta} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \tag{26}$$

onde os parâmetros L, B e Δ foram arbitrariamente escolhidos para normalizar os termos da soma do radicando de (*26*) e (ω_x, ω_y, ω_Δ) são pesos, também arbitrários porém com valores positivos, que aceleram preferencialmente a convergência entre os termos.

Sendo $f(\alpha,\theta,\bar{h})$ não negativa, seu mínimo possui valor positivo ou nulo. Assim, se houver uma condição de equilíbrio estático, existirá o ponto $(\alpha^*,\theta^*,\bar{h}^*)$ que resulta em $f(\alpha^*,\theta^*,\bar{h}^*) = 0$. Além disso, tal condição só ocorrerá se os termos quadráticos do radicando da equação (*26*) forem identicamente nulos, o que satisfaz as equações (*23*) a (*25*).

Sem perda de generalidade do processo, pois qualquer biblioteca matemática que possua recursos para otimização de funções possa ser utilizada, optou-se pelo uso da planilha eletrônica Excel, que além de facilitar a sistematização dos dados, como tabulação dos pontos das balizas e dos porões de carga, permite a confecção dos gráficos e possui uma ferramenta de otimização baseada nos métodos *Quase-Newton* ou do *Gradiente Conjugado*, utilizado para resolver a equação (*26*).

Cálculo dos esforços solicitantes

Com a embarcação em equilíbrio, podem-se calcular os esforços solicitantes à flexão longitudinal da viga navio. Adotando-se a Teoria Simples de Vigas [2], com pequenas deflexões e no regime elástico, a distribuição de momentos fletores ao longo do eixo, *M(x)*, deve satisfazer a relação:

$$\frac{d^2M}{dx^2} = f(x) \tag{27}$$

onde *f(x)* é a carga transversal na viga, expressa por uma distribuição longitudinal de forças. Para a embarcação, ela é o valor líquido resultante da superposição da distribuição do peso *q(x)* e da flutuação *b(x)*. Pelo sistema de coordenadas adotado, as forças de flutuação são positivas e as de peso são negativas, conforme se define na figura 7.

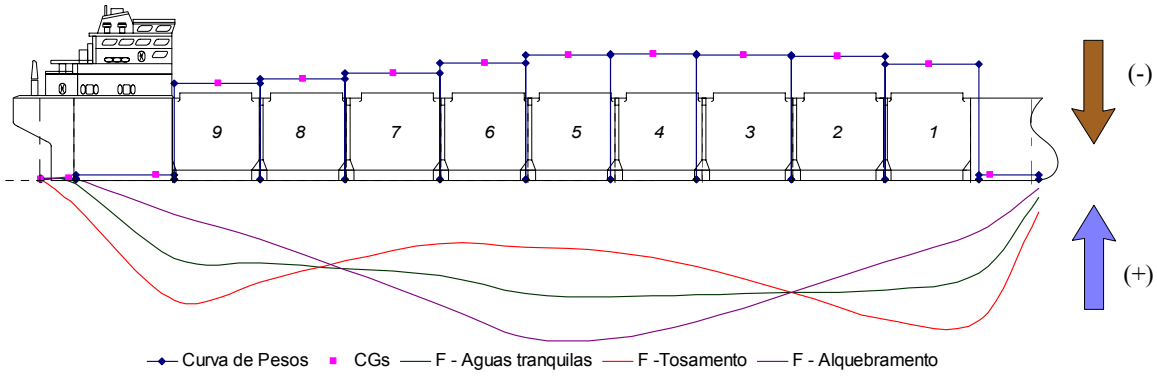


Figura 7 – Curva de distribuição de pesos e de flutuação da viga navio

A solução da equação (*27*) requer duas integrações. A primeira resulta na força cortante transversal vertical, *V(x)*, obtida pela imposição do equilíbrio em um elemento diferencial ao longo do comprimento, considerado como um corpo livre, conforme se ilustra na figura 8:

$$V + fdx - V - dV = 0 \tag{28.a}$$

ou

$$f = \frac{dV}{dx} \tag{29.b}$$

da qual resulta

$$V(x) = \int_0^x f(x)dx + \overbrace{C_0}^{=0} \tag{30}$$

Para embarcações, a constante de integração é sempre nula, pois inexiste força cortante nas extremidades da viga navio, podendo a viga navio ser considerada como uma viga com condições de contorno "*livre-livre*".

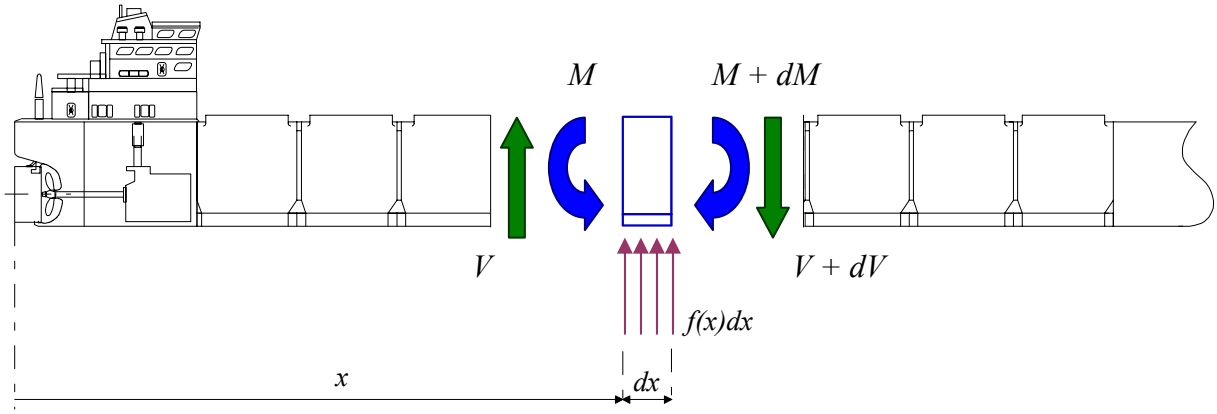


Figura 8 – Equilíbrio de um elemento diferencial de viga

O equilíbrio de momentos gera a equação:

$$M - Vdx - fdx\frac{dx}{2} - (M + dM) = 0 \tag{31}$$

O termo dx^2, por ser de segunda ordem, é desprezado, resultando:

$$V = -\frac{dM}{dx} \tag{32}$$

da qual resulta

$$M(x) = -\int_0^x V(x)dx + \cancel{C}^{=0} \tag{33}$$

A convenção de sinais para força cortante e para momento fletor é a mostrada na figura 8.

A força cortante, num ponto qualquer, é positiva se a integral, ou a força resultante acumulada devido a peso e flutuação, até o ponto, é positiva. Ou, de modo alternativo, com o sistema de referência adotado, pode-se dizer que a força cortante é positiva se ela tenta girar um elemento diferencial da viga navio, no sentido horário.

De modo análogo, o momento fletor num ponto qualquer é positivo, se a integral, ou o acumulo da força cortante, é negativo para aquele ponto. Ou, de modo alternativo, admitindo-se que o eixo neutro da viga navio ocupe localmente a coordenada z_{LN}, o momento fletor é positivo se ele provocar tração nas fibras com coordenada ($z - z_{LN}$) positivas. Para a viga navio isto significa *momento fletor de alquebramento*.

Dos modelos à prática. Na presente proposta determina-se a curva de cargas, a distribuição de forças cortantes e a distribuição de momentos fletores, nessa ordem, em cada coordenada de baliza, percorrendo-se os seguintes passos:

1. efetua-se a distribuição dos pesos ao longo do eixo x da viga navio.
2. define-se o perfil da onda (alquebramento ou tosamento) e sua altura H_w;
3. equilibra-se a embarcação na onda;
4. em cada posição de antepara, x_a, adiciona-se a flutuação, como sendo:

   $$b(x_a) = A_a \gamma \tag{34}$$

   onde A_a é obtido por interpolação entre as áreas das balizas a ré e a vante da antepara;
5. em cada posição de antepara, calcula-se a força cortante, implementando-se a integral da equação (*30*) como soma acumulada;
6. em cada posição de antepara, calcula-se o momento fletor, implementando-se a integral da equação (*33*) como soma acumulada.

Os passos de 1 a 6 são repetidos para as condições de carga e de ondas desejadas, obtendo-se uma envoltória de esforços solicitantes que pode ser utilizada para a análise ou para o projeto da estrutura primária da embarcação.

Exemplo de aplicação

Seja PNV2433 um navio hipotético conforme ilustrado na figura 9. Trata-se do navio graneleiro, de 150 000 toneladas de dwt e 270 m de comprimento. O arranjo de tanques a meio navio é mostrado na figura 10. Na tabela T1, apresentam-se as principais características da embarcação e na tabela T2, a tabela de cotas das balizas.

Tabela T1 - Dimensões Principais do Navio PNV 2433

Comprimento de linha d'água	LWL	270.361	m
Boca Moldada	B	43.000	m
Pontal Moldado	D	24.500	m
Calado de Projeto	H	17.0	m

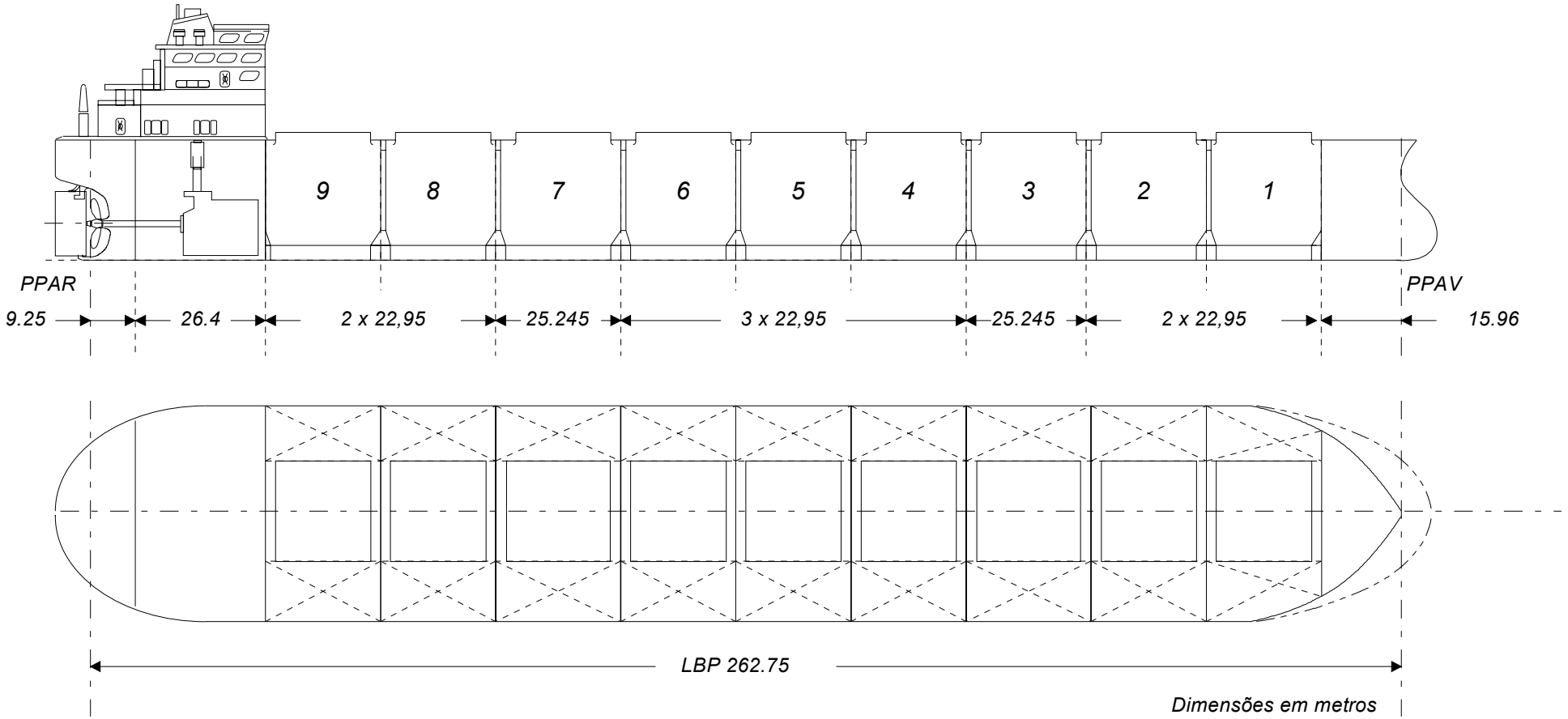


Figura 9 – Navio graneleiro PNV 2433

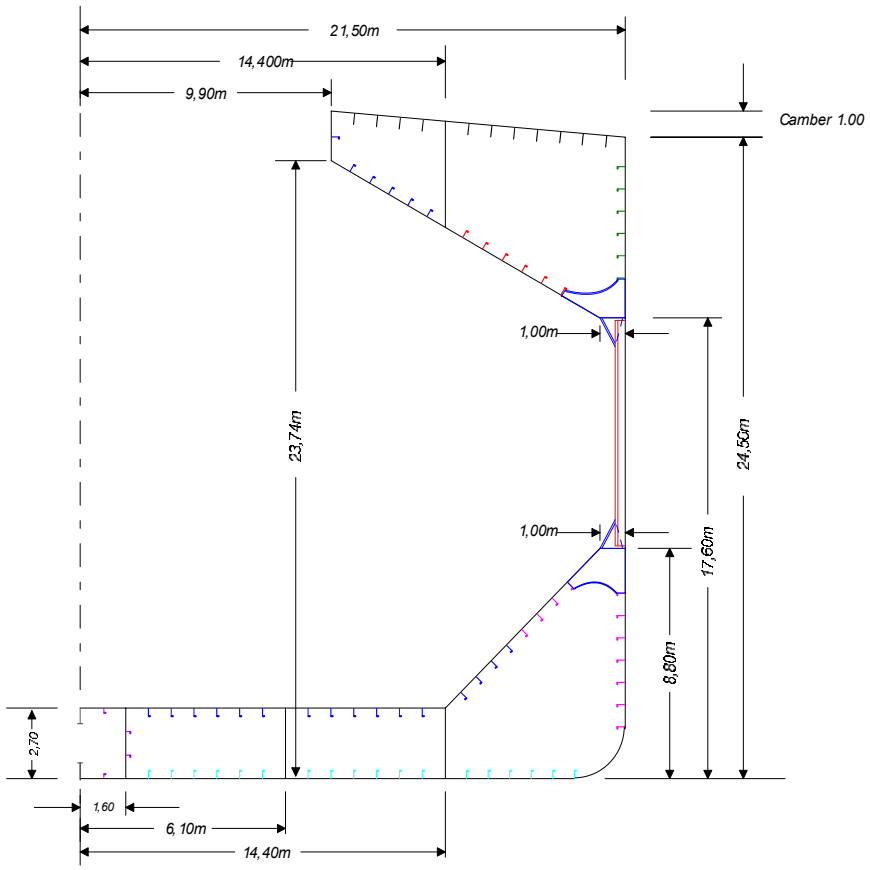


Figura 10 – Dimensões dos tanques na seção mestra

Tabela T2 - Tabela de cotas das balizas

Baliza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
x(m) / z(m)	273.5	272.7	271.4	270	268.2	263.0	249.8	236.7	223.5	210.4	197.2	184.1	170.9	157.8
24.0				1.3834	1.9645	3.3708	7.1742	11.4652	15.0338	18.0967	20.2876	21.5000	21.5000	21.5000
21.6				1.1087	1.6329	2.9007	6.6641	10.7825	14.3284	17.5891	19.9451	21.4192	21.5000	21.5000
19.2				0.8507	1.3599	2.4931	6.1589	10.1042	13.6682	17.0240	19.6371	21.3383	21.5000	21.5000
16.8				0.6495	1.1387	2.1600	5.6138	9.4584	13.0606	16.5439	19.3210	21.2252	21.5000	21.5000
14.4				0.4059	0.9584	1.8200	5.0561	8.8721	12.4229	16.0712	19.0719	21.0873	21.5000	21.5000
12.0				0.3198	0.8079	1.5600	4.6047	8.3444	11.9303	15.6586	18.7794	20.9673	21.5000	21.5000
9.6				0.1800	0.6233	1.3500	4.1214	7.7418	11.3852	15.1410	18.5643	20.7600	21.5000	21.5000
7.2				0.0000	0.8388	1.6800	3.6009	6.9966	10.7025	14.4689	18.1542	20.5523	21.5000	21.5000
6.0				0.8728	1.9578	2.4076	3.4420	6.6115	10.2062					
5.4			0.0000	1.5359	2.3409	2.7364	3.4426	6.3390	9.9580					
4.8		0.0000	1.0776	1.9889	2.6209	2.9252	3.4432	6.0664	9.7098	13.5223	17.2565	20.0447	21.4192	21.5000
3.6	0.0000	0.7708	1.5842	2.3063	2.7363	3.0234	3.5524	5.4414	8.7409					
2.4	0.0000	0.7198	1.5319	2.1965	2.5815	2.8665	3.3416	4.5763	7.7720	11.5077	15.5125	18.3065	20.2898	20.4000
1.2		0.0000	1.0498	1.6738	1.9115	2.2307	2.8775	3.5597	6.5368					
0.6			0.6539	1.1384	1.3268	1.5728	2.1054	2.8414	5.9192					
0.0			0.0000	0.4200	0.6400	0.8700	1.3333	2.1232	5.3016	8.8910	12.6941	15.7333	17.2970	18.0000
0.0				0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Baliza	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
x(m) / z(m)	144.6	131.5	118.3	105.2	92.0	78.9	65.7	59.2	52.6	46.0	39.4	26.3	13.1	0
24.0	-21.5000	-21.5000	-21.5000	-21.1767	-20.2876	-18.7794	-16.6989	-15.6565	-14.5489	-13.2843	-11.9624	-9.4172	-6.7895	-4.5263
21.6	-21.5000	-21.5000	-21.5000	-21.0150	-19.9350	-17.9992	-15.7921	-14.5361	-13.4156	-12.0503	-10.7508	-8.3444	-5.8179	-3.5956
19.2	-21.5000	-21.5000	-21.5000	-20.7934	-19.3768	-16.9740	-14.5489	-13.1249	-11.8032	-10.3991	-9.2221	-6.5890	-4.1614	-1.9374
16.8	-21.5000	-21.5000	-21.4192	-20.4373	-18.5843	-15.6586	-12.8305	-11.3062	-9.7098	-8.2469	-6.8816	-4.3635	-2.0055	0.0000
14.4	-21.5000	-21.5000	-21.2224	-20.0621	-17.7066	-14.2933	-10.8800	-9.1246	-7.3692	-5.8089	-4.3460	-1.9556	0.0000	
12.0	-21.5000	-21.5000	-21.0149	-19.4545	-16.5363	-12.7330	-8.9296	-7.0766	-5.1262	-3.4683	-2.0055	0.0000		
9.6	-21.5000	-21.5000	-20.6748	-18.6042	-15.1385	-10.9150	-6.9791	-5.0862	-3.1757	-1.5179	0.0000			
7.2	-21.5000	-21.2474	-20.0272	-17.3315	-13.3406	-9.1896	-5.1688	-3.1483	-1.4779	0.0000				
6.0														
5.4														
4.8	-21.5000	-20.7248	-18.8668	-15.6110	-11.3101	-7.2142	-3.2733	-1.5179	0.0000					
3.6														
2.4	-20.4000	-19.3879	-17.1500	-13.3741	-9.0850	-4.9982	-1.5422	0.0000						
1.2														
0.6														
0.0	-18.0000	-16.8771	-14.4323	-10.6192	-6.5578	-2.4046	0.0000							
0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000								

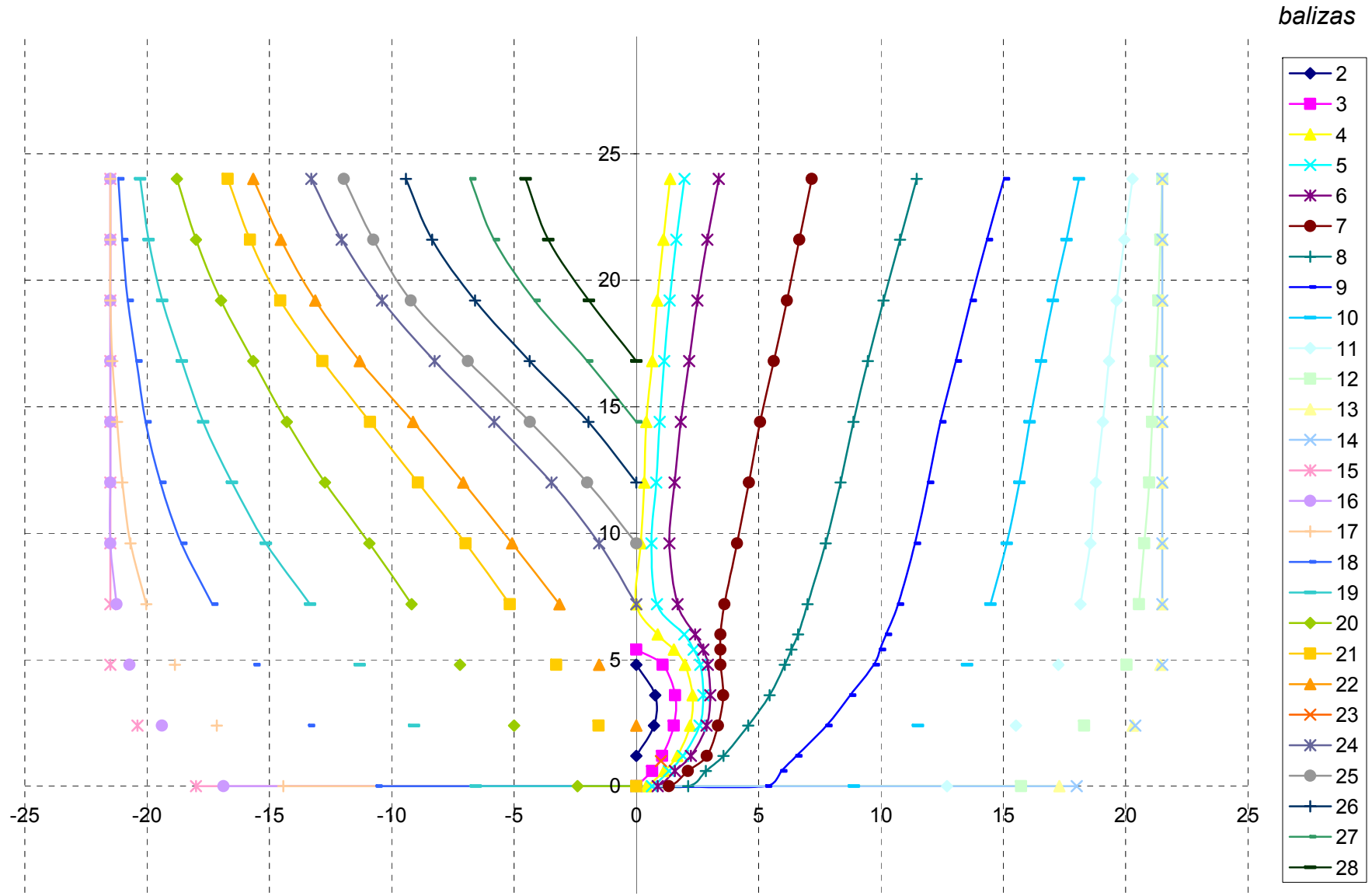


Figura 11 – Plano de balizas do graneleiro PNV 2433

Carregando-se os porões de 1 a 9 com carga de peso específico 0.769 tf/m^3 e adotando-se altura de onda igual a L/20, obtém-se, utilizando a planilha eletrônica desenvolvida, as curvas de esforços solicitantes mostradas nas figuras 12 e 13.

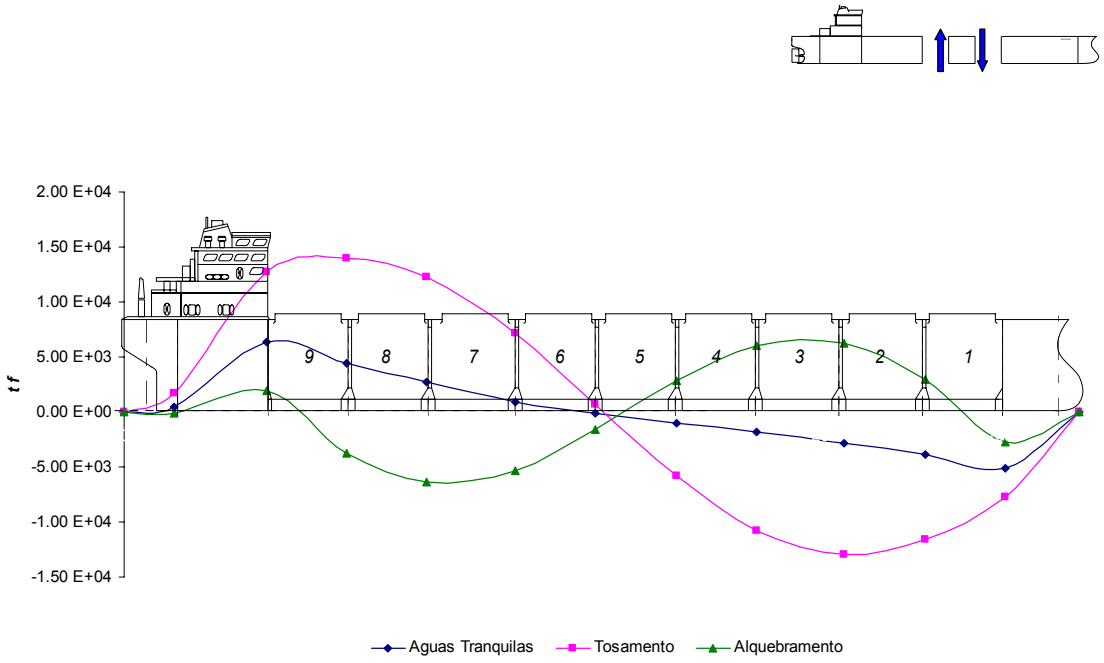


Figura 12 – Curvas Forças Cortantes

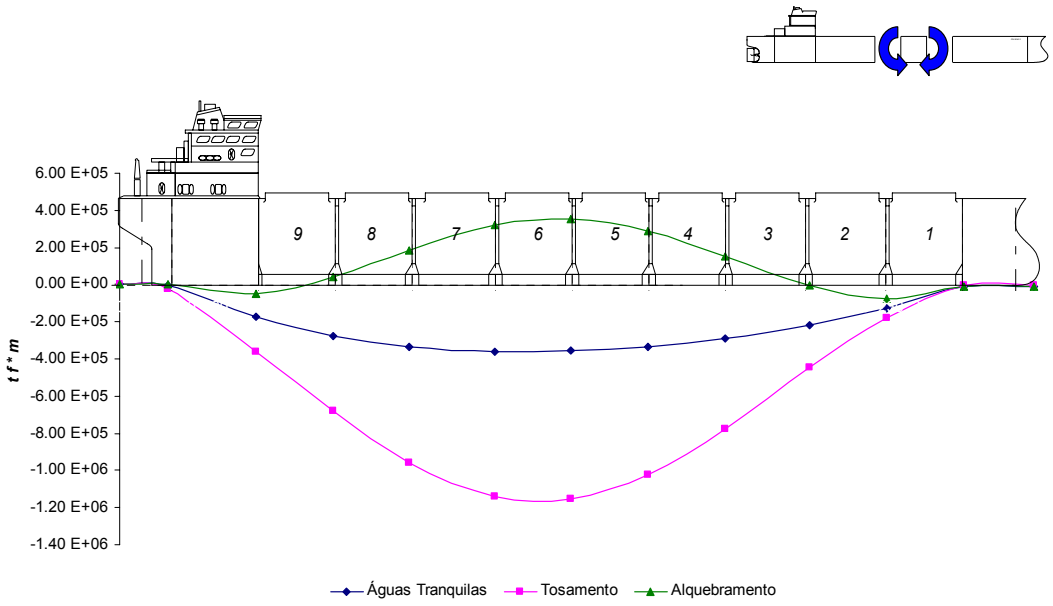


Figura 13 – Curvas Momentos Fletores

Conclusões

No trabalho apresentou-se uma formulação consistente para o cálculo do equilíbrio do navio em ondas e para o desenho dos diagramas de esforços solicitantes primários da viga navio. Tal formulação permite a programação em qualquer linguagem computacional bem como a utilização de bibliotecas de aplicativos de otimização para a busca iterativa da posição de equilíbrio. Não obstante, adotou-se a planilha eletrônica Excel, como ferramenta básica para a tarefa, por ser de fácil acesso, por permitir a sistematização dos dados e a confecção dos gráficos.

Como extensão do trabalho, pode-se calcular, a partir dos esforços solicitantes, as distribuições de tensões normais e de cisalhamento, ao longo de qualquer seção transversal da viga navio.

Além disso, outro potencial desenvolvimento é o de cálculo e de desenho das curvas hidrostáticas e de estabilidade do casco a partir dos conceitos de cálculo de volume apresentados.

A metodologia proposta foi aplicada em um exemplo de casco hipotético onde se verificou a validade dos modelos utilizados.

Referências

[1] Comstock, J., P., editor, *Principles of Naval Architecture*, SNAME, 1967, New York.

[2] Hughes, O. F., *Ship Structural Design, A Rationally-Based, Computer-Aided Optimization Approach*, SNAME, 1988, New Jersey.

[3] Eric Wells, *Desenvolvendo Soluções e Aplicações em Excel 7/Visual Basic*, Tradução Flavio Deni Steffen, Makron Books, 1997, São Paulo.

Anexo: Imagens da Planilha de Cálculo

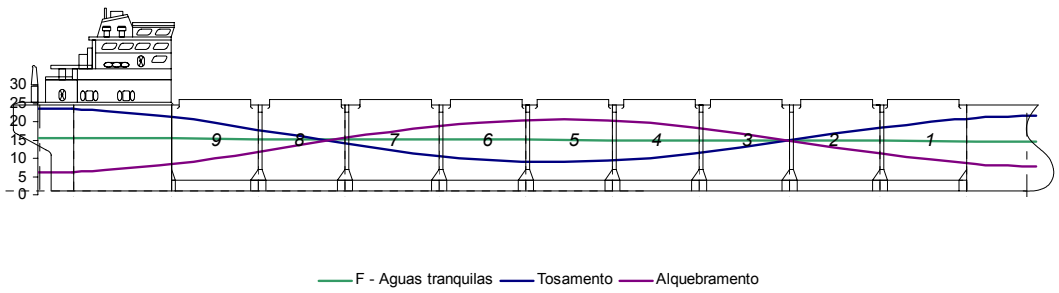
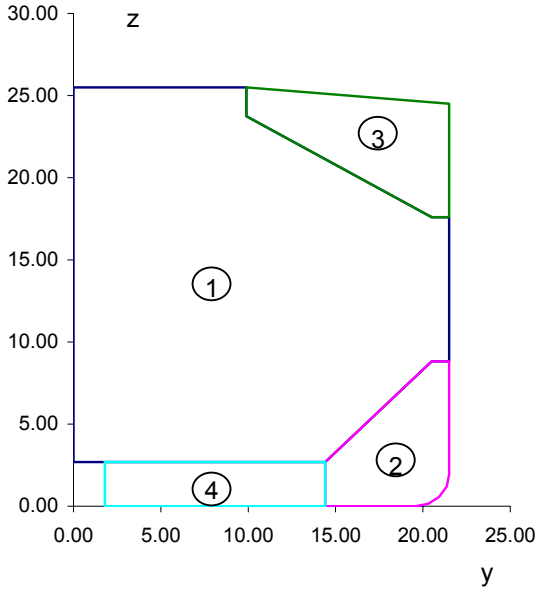


Figura 14 - Perfil de ondas

①

Area de Carga

	Node	y	z	Σ	My (Zca)	Mz (Yca)
	23	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00
LC		0.00	25.50	0.00	0.00	0.00
	12	9.90	25.50	252.45	3218.74	0.00
	13	9.90	23.74	252.45	3218.74	86.25
	16	20.50	17.61	471.61	5500.85	823.09
	8	21.50	17.61	489.22	5655.90	823.09
	7	21.50	8.82	489.22	5655.90	2854.67
	17	20.50	8.82	480.40	5617.01	2854.67
	20	14.40	2.70	445.26	5506.30	3795.94
	23	0.00	2.70	**406.38**	5453.81	3795.94
				Area Carga	**13.4**	**9.3**



②

Area de Lastro Bojo

Node	y	z	Σ	My (Zca)	Mz (Yca)
20	14.40	2.70	0.00	0.00	0.00
17	20.50	8.82	35.14	110.71	-941.27
7	21.50	8.82	43.96	149.61	-941.27
6	21.50	1.94	43.96	149.61	648.87
c	21.35	1.20	43.72	149.42	819.29
c	20.93	0.57	43.35	149.25	959.95
c	20.30	0.15	43.13	149.21	1049.34
5	19.56	0.00	43.07	149.20	1078.67
4	14.40	0.00	43.07	149.20	1078.67
20	14.40	2.70	**43.07**	149.20	798.74
			Area Lastro B	**3.5**	**18.5**

③

Area de Lastro Wing

Node	y	z	Σ	My (Zca)	Mz (Yca)
12	9.90	25.50	0.00	0.00	0.00
10	21.50	24.50	290.00	3625.48	128.85
8	21.50	17.61	290.00	3625.48	1721.30
16	20.50	17.61	272.39	3470.43	1721.30
13	9.90	23.74	53.24	1188.32	984.47
12	9.90	25.50	**53.24**	1188.32	898.22
			Area Lastro W	**22.3**	**16.9**

④

Area de Lastro Fundo

Node	y	z	Σ	My (Zca)	Mz (Yca)
2	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00
22	1.80	2.70	0.00	0.00	-4.37
20	14.40	2.70	34.02	45.93	-4.37
4	14.40	0.00	34.02	45.93	275.56
2	1.80	0.00	**34.02**	45.93	275.56
			Area Lastro F	**1.35**	**8.10**

Figura 15 - Áreas de tanques/porões na Seção Mestra

Tabela T3 - Propriedades de Área da Seção Mestra

Painel	TIPO	No i		No j		Esp.	Perfis		Area do Painel	Alt CA	M. Estático	Momento de Inercia		
		x	y	x	y		Quant	Area				Próprio	Transf.	Total
		mm	mm	mm	mm	mm		mm2		mm	mm3	mm4	mm4	mm4
1		0	0	1800	0	20	1	1779	37779	0	0	0	0	0
2		1800	0	8100	0	18.5	6	4268	142158	0	0	0	0	0
3		8100	0	14400	0	18.5	6	4268	142158	0	0	0	0	0
4		14400	0	19560	0	17	6	4268	113328	0	0	0	0	0
5	c	19560	0	21500	1940	20.5	0	0	62471	705	44039105.64	22268907358	31045704049	53314611407
6		21500	1940	21500	8820	20.5	7	3247	163769	5380	881077220	6.45992E+11	4.7402E+12	5.38619E+12
7		21500	8820	21500	17610	18.5	0	0	162615	13215	2148957225	1.04703E+12	2.83985E+13	2.94455E+13
8		21500	17610	21500	21850	20.5	4	5884	110456	19730	2179296880	1.65478E+11	4.29975E+13	4.3163E+13
9		21500	21850	21500	24500	22.5	2	5884	71393	23175	1654532775	41779778542	3.83438E+13	3.83856E+13
10		21500	24500	14400	25112	22.5	7	10800	235942.37	24806	5852786413	7364233231	1.45184E+14	1.45192E+14
11		14400	25112	9900	25500	22.5	4	10800	144825.66	25306	3664958230	1816886219	9.27454E+13	9.27472E+13
12		9900	25500	9900	23740	20	1	3871	39071	24620	961928020	10085527467	2.36827E+13	2.36928E+13
13		9900	23740	14400	21142	12.5	5	3781	83856.429	22441	1881822122	47166474032	4.223E+13	4.22771E+13
14		14400	21142	17900	19142	13	4	6904	80020.675	20142	1611776443	26673558455	3.24644E+13	3.24911E+13
15		17900	19142	20500	17610	14	2	6904	56056.985	18376	1030103150	10963924029	1.89292E+13	1.89401E+13
16		20500	17610	21500	17610	12.5	0	0	12500	17610	220125000	0	3.8764E+12	3.8764E+12
17		21500	8820	20500	8820	12.5	0	0	12500	8820	110250000	0	9.72405E+11	9.72405E+11
18		20500	8820	18570	6790	13	2	3247	42907.462	7805	334892739.3	14734779943	2.61384E+12	2.62857E+12
19		18570	6790	16460	4760	15	3	3247	53660.529	5775	309889553.2	18427472722	1.78961E+12	1.80804E+12
20		16460	4760	14400	2700	16.5	3	3871	59682.119	3730	222614303.8	21105586677	8.30351E+11	8.51457E+11
21		14400	2700	8100	2700	19	6	3871	142926	2700	385900200	0	1.04193E+12	1.04193E+12
22		8100	2700	1800	2700	19	6	3871	142926	2700	385900200	0	1.04193E+12	1.04193E+12
23		1800	2700	0	2700	19	1	1779	35979	2700	97143300	0	2.62287E+11	2.62287E+11
24		14400	25112	14400	21142	12.5	0	0	49625	23127	1147677375	65177888542	2.65423E+13	2.66075E+13
25		1800	0	1800	2700	15	2	1779	44058	1350	59478300	26765235000	80295705000	1.07061E+11
26		8100	0	8100	2700	12.5	0	0	33750	1350	45562500	20503125000	61509375000	82012500000
27		14400	2700	14400	0	12.5	0	0	33750	1350	45562500	20503125000	61509375000	82012500000
Tdf	t	0	2700	0	2700		1	3500	3500	2700	9450000	0	25515000000	25515000000
Tf	t		0	0	0	0	1	3500	3500	0	0	0	0	0
									2310163.8		25276273556	2.21383E+12	5.08921E+14	5.11135E+14

Area da Secao	4.620	m^2
Altura da LN	10.941	m
I_{LN}	469.16	m^4

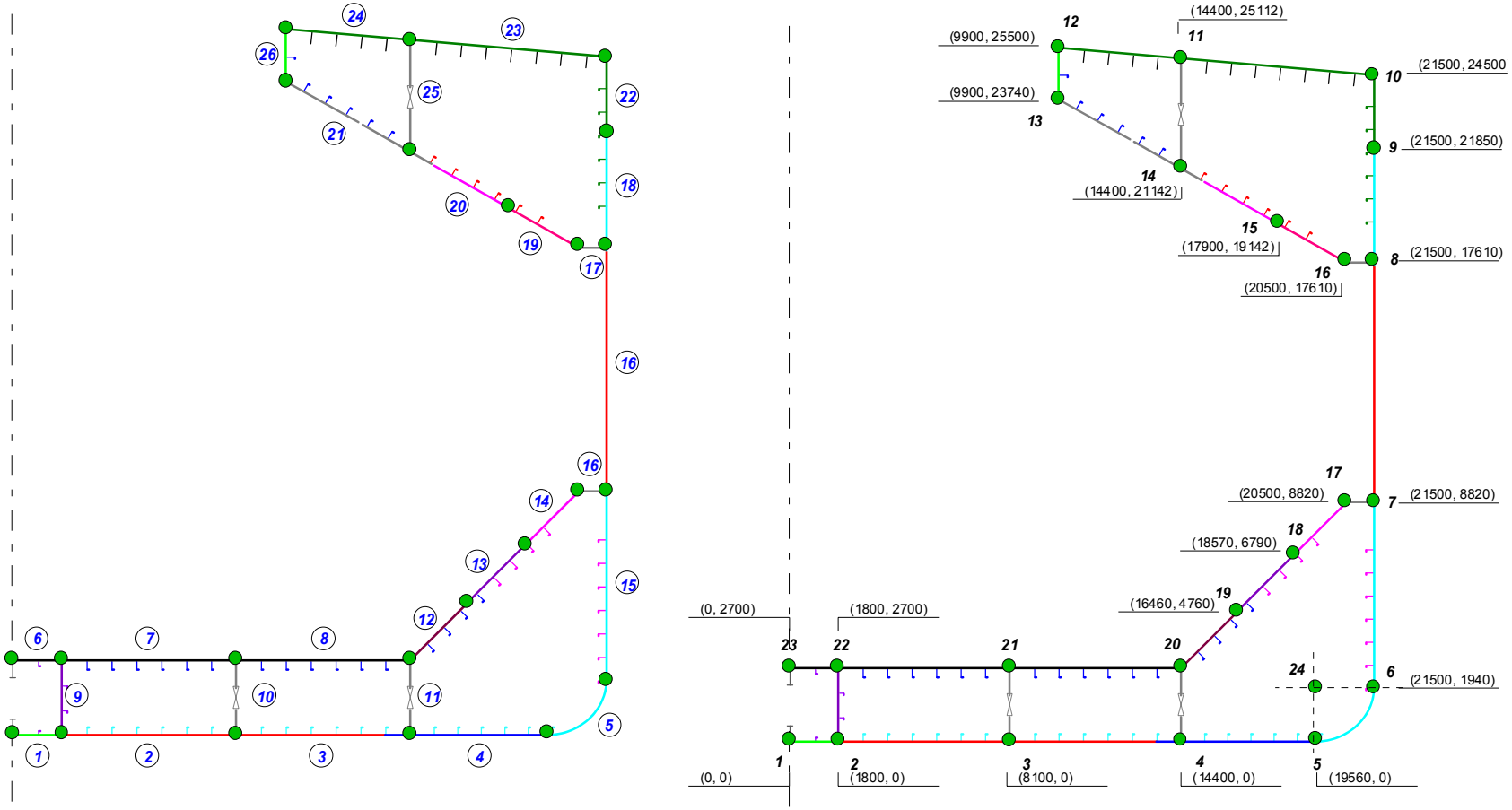


Figura 16 – Coordenadas nodais dos tanques na Seção Mestra

A INDÚSTRIA NAVAL PERUANA
ATUALIDADES E PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

Msc. Dewar Taylor Carnero Chavez
Dewar.chavez@poli.usp.br

Prof. Dr. Toshi-ichi Tachibana
tatibana@usp.br

Prof. Dr. Victor Obregon Pizarro
veop18@yahoo.com

Departamento de Engenharia Naval e oceânica - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo - Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 nº 380 - CEP - 05508-900 - São Paulo - SP – Brasil

ABSTRACT

The research examine this principal aspects related with the naval Peruvian industry, in they are boarded his historical aspects, the technological development his strategic military, political, economical and social importance of inside the industrial Peruvian scenery. The methodology employed in the research was of the type explorativo-descriptive due to lack of information it specifies in the area, the purpose of this study was of identify the intrinsic and extrinsic problems that the industry naval peruvian.

RESUMO

A pesquisa examina os aspectos principais relacionados com a indústria naval peruana, nela são abordados seus aspectos históricos, o desenvolvimento tecnológico a sua importância estratégica, militar, política, econômica e social do dentro do cenário industrial peruano. A metodologia empregada na pesquisa foi do tipo explorativo-descritiva devido à falta de informação especifica na área, o propósito deste segmento foi de identificar os problemas intrínsecos e extrínsecos que a indústria naval peruana.

1. INTRODUÇÃO

O grande potencial biológico do mar peruano deu origem ao desenvolvimento tecnológico da indústria naval peruana, sustentada principalmente na construção de navios tipo traineiras (*Trainers-Purse Seiner*[1])[**3**]. Nesse sentido, ao longo da sua história a indústria naval tem focalizado seu desenvolvimento tecnológico do setor pesqueiro desmerecendo pesquisas na área portuária, navios de transporte de cargas, navios de turismo, navios de pesca esportiva etc.. A alta dependência da indústria naval em relação ao setor pesqueiro além de histórica tem origem nas universidades, pois os lineamentos acadêmicos e tecnológicos são

[1] Também denominadas "*seining*". Originarias da Noruega, este tipo de rede é utilizado para a captura de espécies cujo costume é formar densos cardumes, sejam na superfície ou meia água; é geralmente empregada para a pesca de espécies pelágicas de superfície. O comprimento da rede utilizada no Peru e Chile (captura de anchoveta, jurel, e sardinha) varia, de 300 a 800 m., com uma altura que oscila entre 60 e 100 m. As operações de captura são realizadas por embarcações traineiras, (*Trainers- purse seiner*), dotadas de porões de até 900 toneladas, denominadas "bolicheras"

direcionados a satisfazer e otimizar as atividades pesqueiras.

A abertura de outros setores econômicos oferece grandes possibilidades de desenvolvimento, entre elas a construção de embarcações para a pesca esportiva, turismo ecológico, transporte de cabotagem e fluvial deve ser encaradas na formação dos futuros investimentos do setor. No entanto, ações nessa direção implicam mudanças nas políticas e estratégias comerciais, praticadas pela atual indústria naval. O Peru conta com excelentes áreas para explorar o turismo marítimo, o transporte de cabotagem no país e nações vizinhas. Os últimos avanços de integração com o Brasil apontam o transporte fluvial como a alternativa mais viável para o intercâmbio comercial.

2. ANTECEDENTES

Têm-se indícios que os antigos peruanos (culturas pré-incas) teriam desenvolvido embarcações que além de permitir a pesca de espécies pelágicas lhes permitiram fazer viagens a ilhas da Oceania e a ilha de Pádua (Chile), logicamente tais embarcações ao igual que navios europeus da época eram locomovidos pelo vento [**6**]. Até hoje se acredita que os antigos peruanos só usaram as embarcações para fazer comércio e pesca. No entanto, segundo o livro da "*Historia Marítima del Perú*" tomo II do autor *Hernam Buse* descreve que o império incaico possuía uma frota militar, ele narra uma expedição do Inca Tupac Inca Yupanqui (1471-1493), desde o porto menor de Quilca (Arequipa) às ilhas Chumbi e Nina Chumbi ao frente de 20.000 guerreiros em uma imensa frota de balsas. [**6**] [**7**]. A Figura mostra um bosquejo do navio utilizado pelo Inca Tupac Inca Yupanqui.

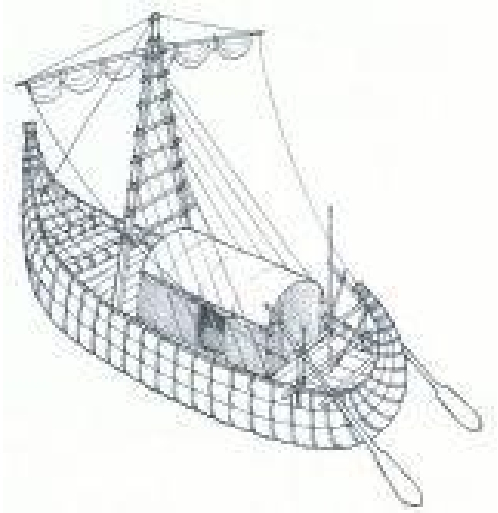


Fig. 1 Balsa de Tupac Innca Yupanqui

Durante os três séculos de dominação espanhola o Peru no conto com nenhum estaleiro. Assim, praticamente o consumo por produtos pesqueiros e a indústria pesqueira praticamente não existiu. A indústria naval limitava-se simplesmente a reparação de navios cargueiros "Galeões" [**7**].

Mesmo sendo o Peru um país de grande importância geopolítica e de grande atividade comercial, as construções dos navios "Galeões" (que transportavam as riquezas para Espanha) eram construídas na Espanha. As reparações de navios em portos de América Latina eram feitas no México e em Guayaquil.

No entanto, o Callao se tornou o centro de controle das rotas marinhas do Pacífico, sendo criada a "Armada de la Mar del Sur" no ano de 1580, cujo objetivo foi exercer o domínio efetivo no hemisfério do Pacifico Sul (Estreito de Magalhães-Panama), No ano de 1777 O Virrey Guirior, no Peru, estabelece a primeira Escola Náutica devido as constantes baixas e perdas do tesouro da coroa espanhola para os piratas e corsários. No ano de 1794 se instala a primeira Escola Náutica de América Latina baixo a condução do capitã, Agustín de Mendoza y Arguedas. [**7**].

Em 1760 cria-se o "Departamento Marítimo del Callao", criando-se também

as capitanias de portos subordinadas nos portos de Valparaíso e Concepción (atual Chile) e Guayaquil (atual Equador).

O Peru após proclamar sua independência da Espanha (1821) não contava com estaleiro algum. No entanto, o Peru era um dos poucos países do continente americano que gozava de certa tradição naval. O primeiro navio de guerra do Peru foi o "Sacramento", capturado dos espanhóis em 17 de março de 1821 e rebatizado com o nome "Castelli". No mesmo ano foram adicionados a esquadra peruana os navios bergantines espanhóis Belgrano (Guerrero) e Balcarce (Pazuela) e a Corbeta Limeña, no ano 1822 a goleta Macedônia, o Bergantin Coronel Spano e a fragata Protector.

No ano de 1856, o fragata peruano "Amazonas" foi o primeiro navio latino americano a dar a volta ao mundo, isso, acentuou, o prestígio da recente república do Peru. [**7**].

No ano de 1845 o presidente da época Marechal Ramon Castilla cria a *Factoria do Estado Peruano*, que posteriormente 1852 passou a se chamar de *Factoria de Bellavista*. No ano de 1868, esse grande complexo naval passaria a denominar-se *Factoria Naval de Bellavista*.

A Amazônia peruana permaneceu isolada durante todo o período da colônia e inícios da República. No ano de 1851 após assinatura do tratado de livre e navegação pelo Amazonas[2], o Marechal Castilla considerando a necessidade geopolítica da presença do estado na região amazônica estabelece a construção da *Factoria Naval de Iquitos*, pouco tempo depois se instala o quartel do regimento de infantaria nº 17. [**1**].[**8**]. A presença naval foi constituída na época pela fragata Arica; o bergatim próspero, os vapores Mormona e Pastaza e os exploradores Napo e Putumayo. Atualmente a Amazônia conta com um potencia naval de mais de 429 unidades. A Tabela 1. mostra o potencial naval da Amazônia peruana

POTENCIAL NAVAL AMAZONICO

NAVE	SIGLAS	UNIDADES
Motonave	MN	45
Revocador	E/F	119
bote fluvial	B/F	9
M. puchador	M/F	56
chata	CH	29
N. cisterna	B/C	93
Barcaça	B/Z	58
Draga		11
Posto flutuante		1
Militares	BAP	5
Investigaçao	BAP/HID	1
Asistenciais	BAP/HOSP	2
TOTAL		429

Tabela 1. Potencial naval da Amazônia peruana

Mesmo na época de glória do Cuacho (Borracha), finais do século XIX, a Amazônia peruana carecia de um porto para a atracação dos navios oceânicos. Hoje a Amazônia conta com mais de 146 pequenos varadeiros, 4 portos intermédios e um porto maior Iquitos. Junto ao porto de Iquitos se localizam as instalações da empresa nacional de responsabilidade privada "SIMA" Servicios Industriales de la Marina de Guerra del Perú, complexo industrial dedicado a atividades de construção e reparação de embarcações o qual conta com um dique flutuante de 600 Ton. (fig 2) Vista do porto de Iquitos.

[2] Tratado de livre navegação pelo amazonas, assinado em 1851 pelo Canciller Peruano Ferreyrros y seu similar brasileiro Duarte da Ponte

Figura 2 características do porto de Iquitos.

Em 1858, o Peru construiu a primeira doca flutuante e a segunda em 1866, e neste estaleiro são construídas as primeiras naves de guerra da América do Sul, o Monitor Victoria classe Richmond de Casa-mata, o qual foi desenhado e construído no Peru e o Blindado LOA clase Richmond de Casa-mata, desenhado em Inglaterra em 1854 e modificado no Peru no ano de 1864 [**7**].

Durante a Guerra do Pacífico até 1906 o poder e infra-estrutura naval peruana foram completamente destruídos. A *Factoria Naval de Bellavista* foi totalmente inutilizada. O surgimento da engenharia naval peruana se inicia novamente a partir de 1907 com a chegada dos dois cruzeiros exploradores denominados "*Almirante Grau*" e "*Coronel Bolognesi*". Navios construídos nos estaleiros ingleses *Vickers Sons e Maxin*. A indústria naval peruana ressurgiria, porém, dependente da *Armada de Guerra del Peru*. O surgimento da indústria naval peruana começaria seu desenvolvimento como indústria de manutenção. A partir desta época também impulsionou o desenvolvimento dos principais portos do pais mediante a criação de capitanias e instalações portuárias destacando por sua localização estratégia a de Paita, Salaverry, Chimbote, Mollendo e Ilo.

No ano de 1936 se construiu a primeira doca seca, bem como a estrutura física do *Departamento de Reparações do Arsenal da Marinha de Guerra do Peru*, No ano de 1950 o presidente Manuel A Odria, funda o que hoje é denominado SIMA (*Servicios Industriais de la Marina de guerra del Peru*). [**7**].

A partir de 1950 a indústria naval peruana inicia um novo rumo, a construção de navios, assim no ano de 1958 é lançado no Callao o BAP Zorritos com capacidade de 6000 TM. Tornando-se o primeiro navio tanque produzido na América do Sul. A construção do BAP Zorritos originou a indústria naval comercial e início do desenvolvimento da construção de navios de pesca.

Na década de 60 (do século passado) o Peru possuía aproximadamente 24 estaleiros dedicados a manutenção da frota pesqueira e construção de novas unidades. Desse total de estaleiros 40% se localizaram ao Norte do país, 50% no Porto do Callao e 10% no Sul. Nessa época o Peru tinha mais de 1.200 embarcações e 120 fábricas de farinha e óleo de pescado.[**4**]. A fig 3 mostra o potencial naval por região na década de 60.

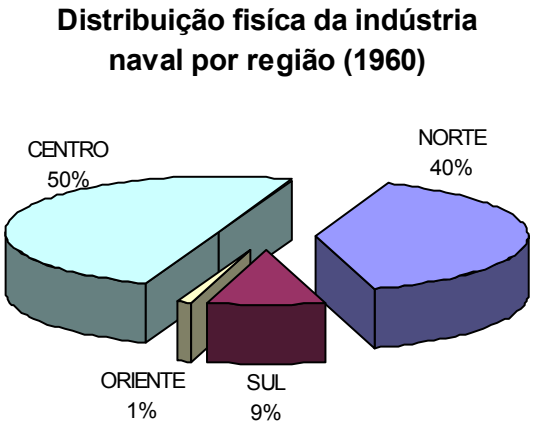


Fig 3 Estaleiros por região na década de 60.

No ano de 1973, A engenharia naval peruana se torna mais ambiciosa e assina um convenio com estaleiro italiano *Cantieri Navali Riuniti* para a construção de 4 fragatas tipo Lupo dois de eles construídos na Itália e os outros dois no SIMA. As fragatas construídas no peru foram a BAP Montero entregada em 1984 e o BAP Mariategui em 1986. A construção de esses navios permitiu conhecer a dimensão como industria do ramo alcançada pelo SIMA porem demonstrou também a limitação tecnológica da industria naval peruana, pois, alem desses projetos ter atrasado 5 anos em relação ao planejado mostrou também a carência de profissionais especializados na área e de matérias primas para o desenvolvimento deste tipo de unidades. [**7**].

3. ATUALIDADE

Após 1973 a industria pesqueira peruana se viu afetada pelo fenômeno "El Niño[3]" reduzindo drasticamente a produção de farinha e óleo de peixe, procedente da pesca da anchova peruana "*Engraulis ringer*"; cuja produção natural decaio de 20 milhões de toneladas / ano para 4 milhões de toneladas / ano. Na época a demanda por embarcações de pesca contribuía com 90 % dos ingressos econômicos da industria naval. A crise da anchova peruana provocou uma serie de impactos econômicos e sociais que afeto a industria de CHD[4] (consumo Humano direto) especialmente a Pesca artesanal. A industria de CHI[5] (Consumo Humano Indireto) ficou seriamente comprometida com o setor bancário. Esses acontecimentos somados ao informe técnico do IMARPE (*Instituto del Mar Peruano*) sobre a sobre-exploração da anchova para fins industriais facilitou a estatilização da indústria e comercialização de farinha e óleo de peixe.

No ano de 1974, das 1200 embarcações (bolicheras), 470 delas as mais modernas foram a realizar operações de pesca no Chile e no Equador. Assim mesmo, 42 das fabricas de farinha e óleo de peixe se trasladaram em ambos os paises. Os investimentos direcionados a renovação da frota desapareceram, começa assim a pior crises da industria naval peruana. No ano de 1979 o governo estatiza o maior estaleiro pesqueiro peruano "Pisca" e é criado o estaleiro SIMA-Chimbote. A estatização do estaleiro provocou a desarticulação do setor naval privado e desde a época até meados da década de 90, 58% dos grandes estaleiros fecharam, no caso dos pequenos estaleiros somente 26% permaneceram ainda produtivos, porém, com seus investimentos comprometidos.

A industria pesqueira peruana desde mediados do século XX esteve sustentada na exploração da anchova e a produção de farinha e óleo de peixe. Sendo assim 94% da frota pesqueira esta constituída por embarcações tipo traineira americana das quais somente 2% possuem sistemas de refrigeração abordo. Nos últimos anos as empresas dedicadas a construção e manutenção de navios tem reduzido seus ingressos em mais de 50%; o setor naval no pais fatura aproximadamente U.S $ 14

[3] El Niño: fenômeno atmosférico que consiste na aparição de correntezas de águas cálidas que atravessam o Oceano Pacífico Oriental, deslocando a corrente de água fria de Humboldt (corrente fria do Peru) e ocasionando distorções no sistema bio-aquático marinho que inclui até verões, ou fazendo mais cálidos os outonos, invernos e primaveras. Do mesmo modo, a longo prazo, apresenta flutuações seculares de mudança global, processos de aquecimento e esfriamento na Terra.

[4] C.H.D: Denominação dos produtos pesqueiros destinados ao consumo humano direto e não para a alimentação animal. (fresco, congelado, adobados, conservas, desidratados, etc.).

[5] C.H.I. Denominação dos produtos pesqueiros destinados a elaboração de alimentos balanceados destinados à alimentação de crustáceos, peixes, gado, frango, porcos, entre outros.

milhões de dólares liderados principalmente pelo SIMA [**9**].

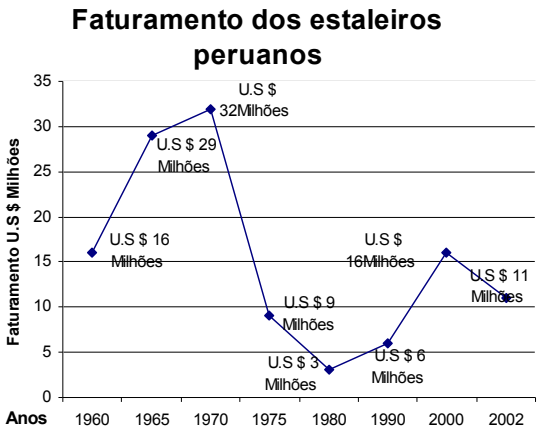


Fig 4 Comportamento econômico da Industria naval Peruana (só estaleiros).

Durante o período de 1995 até 1999 existia um regime direcionado a construção de navios, nesse período foram construídas 240 embarcações. A inícios de 2001 o governo peruano emitiu uma norma para a redução da frota pesqueira a qual teria contraído ainda mais o setor naval.

Atualmente o mercado da industria naval é liderado pela empresa de *Servicios Iindustriales da Marina de Guerra* SIMA seguido de Construcciones Maggiolo S.A., Astilleros Paita S. A. (Aspasa), Industrias Navales S.A (INASA) e Varadero de Ilo. A empresa que realiza maiores projetos é o SIMA-Chimbote devido a sua estratégica localização no porto de Chimbote.

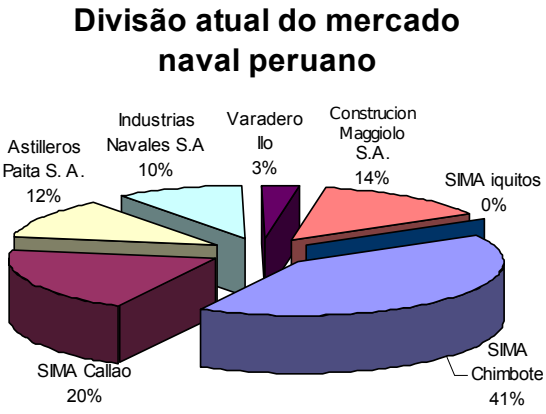


Fig 5 Divisão comercial atual do mercado naval peruano.

Hoje a atividade pesqueira se esta diversificando, tendo mostrado um notável aumento da captura direcionada à produção de itens de maior valor agregado o que tem conduzido a implementação de sistemas de conservação abordo nas embarcações [**2**].

No tocante ao transporte marítimo o Peru no ano de 1991 privatizou a CPV (Companhia Peruana de Vapores) e o transporte marítimo peruano caio em 92,18%. A crise naval se acentuo ainda mais no 1998 devido ao fenômeno atmosférico "El Niño" nos últimos 6 anos 75% das SUTES perderam trabalhos [**9**].

3.1 Causas da crise na indústria naval peruana

Políticas

- Excessiva influencia do poder militar da marinha sobre as atividades produtivas da industria naval.
- Favoritismo político exercido pelo poder publico para a empresa de *Servicios Industriales de la Marina de Guerra* SIMA – PERÚ, através de *dumping* (distorção nos preços, sub-valoração de cotizações) e adjudicação irregular de projetos estratégicos, prejudicando desta maneira o setor industrial privado.
- Geração de normas e leis protecionistas favorecendo as instituições do governo.

Infra-estrutura técnica

- As reformas produzidas pelo governo (estatização década de 1970 e privatizações na década de 90) influenciaram nas tendências do mercado. A paralisação do setor provocou variações nos custos de mão de obra e custos operacionais.

- A crise no setor provocou a perda de equipamento devido à obsolescência. Assim mesmo nos últimos anos não houveram investimento em equipamentos modernos. Os investimentos priorizaram aquisições de itens multiusos e não específicos da área naval, a grande maioria direcionada a atender o setor mineiro e a construção civil.

- Os técnicos e profissionais que atuam na área não possuem formação acadêmica na área naval.

Econômicos

- Existe carência de investimentos privados e públicos na área de construção naval, é evidente uma falta de políticas claras que facilitem investimentos no setor.

- Os custos de produção naval peruana são até 15% maiores que estaleiros de paises vizinhos.

- Projetos de embarcações pesqueiras e /ou unidades da cadeia produtiva da pesca constituem o 85% das atividades dos estaleiros. Constituídos principalmente por tarefas de reconstrução ou manutenção.

- Inexistência de projetos na área de embarcações de laser, turismo e desportivas.

Social

- A forte crise do setor tem motivado a fuga de talentos navais para outros setores produtivos ou imigrado ao estrangeiro.

- O desemprego no setor atinge o 75% das PEA pesqueira.

- A baixa produção pesqueira afetada pelos fenômenos Atmosféricos " El Niño" e "La Niña" tem obrigado ao recurso humano a imigração de centros pesqueiros as grandes cidades.

Pesquisas e ensino

- Ausência de escolas e institutos de pesquisa voltados para geração de novos técnicos e especialistas.

- As poucas Faculdades não possuem instalações com infra-estrutura e equipamentos de ponta que ajudem a complementar o conhecimento teórico transmitido pelos professores.

- Os programas acadêmicos priorizam o desenvolvimento tecnológico na área naval pesqueira, mal se conhece sobre a importância econômica e social do transporte fluvial para o desenvolvimento da região amazônica e integração do país.

4. PERSPECTIVAS

A globalização econômica esta obrigando as organizações a mudar suas estratégias de competência; no caso da industria naval as coisas não são diferentes. Um dos principais fatores, que tem conduzido para a corrida generalizada à globalização, tem sido o fenômeno das privatizações e da desregulamentação comercial (reduzindo ou desmantelando os monopólios), portanto, tem contribuído para o aumento da fluidez dos mercados e da concorrência.

A globalização no Peru gerou um problema muito serio para industria naval, a maior empresa de transporte marítimo foi privatizada no ano de 1991 e grande parte desta frota realiza suas operações de manutenção em outros paises principalmente o Chile. Após a privatização da CPV a industria naval peruana perdeu a sua segunda fonte de ingressos e afeto também os investimentos em infra-estrutura e capacitação de pessoal.

Conforme os lineamentos políticos e técnicos estabelecidos pelo governo a frota pesqueira do Peru deve de ser substituída por outra ecologicamente aceitável e dotados de melhores tecnológicas se espera que nos próximos anos a atividade pesqueira cresça 3% ano, não em níveis de captura mas sem em níveis de valorização. Da mesma forma a introdução ao mercado de novos produtos e necessidades do mercado mundial possibilitaram o desenvolvimento de projetos de embarcações mais modernas.

O litoral peruano constitui um ecossistema marinho excepcionalmente rico em recifes, algas e ictiofauna muito diversificada. A grande riqueza ictiológica tem possibilitado o surgimento do Eco-turismo marinho atividade que esta em crescimento. O desenvolvimento de projetos de embarcações de laser se apresenta como uma alternativa para o crescimento do setor naval peruano.

A localização geográfica do Peru e sua importância geopolítica e econômica para a integração de física da América do Sul, assim como as pretensões brasileiras de exportar a soja pelo oceano pacifico, se apresenta como uma potencial fonte de recursos para a industria naval, principalmente a portuária. Os estudos realizados pelo IIRSA (Integração da infra-estrutura de América do Sul), apontam o desenvolvimento de hidrovias e o transporte fluvial pelo rio Amazonas e afluentes; como o meio mais econômico de integração comercial entre Peru e Brasil. O desenvolvimento do transporte fluvial facilitara para o Brasil a saída da produção de soja, através dos portos peruanos de Paita e Bayobar, assim mesmo possibilitará o transporte de fosfato de Bayovar para o Brasil.

A descoberta de petróleo pela empresa Petro-Tech (capitais estadunidenses e Argentinos), frente a costa do deserto de Sechura (100 Km ao norte de Lima), constitui uma importe fonte para o desenvolvimento de projetos na área naval. No entanto, é necessário formar alianças com paises tradicionalmente exploradores de petróleo na plataforma continental. O Brasil se apresenta como a mais viável opção para a consolidação de convênios desta natureza. Por outro lado a similitude entre o português e espanhol facilitaria o intercambio de tecnologia entre o peru e o Brasil segundo dados revelados pela empresa o potencial desta exploração proporcionaria mais de1200 barreis de petróleo dia de cru leviano.

O descobrimento de grandes bacias de gas no Peru na localidade de Camiseia oferecem grandes perspectivas de desenvolvimento à industria naval peruana. O projeto inclui a produção e distribuição de 11 trilhões de pés cúbicos de gás natural e 600 milhões de barris de líquidos de gás natural associado (LGN). O gás é para ser consumido localmente e os LGN são destinados à exportação pelo porto de Pisco.

A globalização, a crise econômica do setor naval na América latina, as privatizações das empresas de navegação, as fusões de empresas e a desregularização do transporte marítimo tem imposto mudanças em todos os eixos da industria naval e tem possibilitado alianças estratégias entre grêmios de trabalhadores, instituições de pesquisa e universidades etc. A necessidade de manter-se no mercado competitivo tem possibilitado o intercambio de estudantes e professores a outros paises com a finalidade de aperfeiçoar as técnicas atualmente utilizadas no mercado. O desenvolvimento alcançado pelo setor de comunicação tem facilitado o intercambio de informações o que tem contribuído muito para a consolidação de convênios entre instituições produtivas e acadêmicas.

5. CONCLUSÕES

As tendências do mercado são alentadoras em relação a industria naval peruana No entanto, existe uma carência

tecnológica e de recursos humanos que deve ser suprida através de convênios internacionais com paises com tecnologia , ou tradicionalmente vinculados ao transporte fluvial, transporte de laser e exploração e produção *offshore* principais pontos a ser explorado nos próximos anos.

Não existe industria naval privada no Peru, a crise na década de 80 e o protecionismo por parte do governo para a empresa de *Servicios Industriales de la Marina de Guerra del Peru* tem causado a desaparição dos grandes estaleiros privados.

A difícil situação econômica e social que caracteriza os países eufemisticamente chamados emergentes ou "em desenvolvimento" exige reflexão e análise críticas quanto a investimentos nas diversas áreas produtivas. No setor naval o protecionismo a empresa de *Servicios Industriales de la Marina de Guerra del Peru* somada ao risco de instabilidade política constitue outro fator de impedimento aos investimentos produtivos de longo prazo. As preocupações de potenciais investidores tendem a elevar o famigerado "risco país" contribuindo para a deterioração do clima de negócios.

Os resultados apontam que a industria naval, historicamente sempre manteve uma estreita relação com a industria pesqueira peruana, dados estatísticos mostram um similar comportamento em quanto a sua produção.

As políticas de desenvolvimento sempre acompanharam interesses militares mantendo um forte vinculo com o poder militar a partir da década de 70;. Em quanto a produção naval, 86% é direcionada a construção de navios pesqueiros e reparos eventuais de navios cargueiros; O peru conta com uma frota pesqueira de 814 embarcações; 70% das embarcações tem mais de 30 anos de vida útil; 96% são embarcações tipo traineiras das quais 54% sofreram alterações nas suas características inicias. 90% das operações de reparação são efetuadas por uma só empresa.

E evidente a falta de investimentos na industria naval referente à pesquisa e desenvolvimento em navios diferentes a militares e pesqueiros.

Os empresários navais não relacionam o potencial do setor turismo ao desenvolvimento da industria naval.

O Perú no obstante seja uma potencia na construção de navios de pesca seus preços estão acima da meia internacional devido a tecnologia defasada e obsolescência de seus equipamentos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] CAPITANIA DE LA MARINA DE GUERRA DEL PERU. " Pesquisa in situ " entrevista pessoal com capitania de Iquitos, 2003-2004. Peru.

[2] CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN EMPRESARIAL SOBRE IBEROAMÉRICA (CIDEIBER) "Actividades de sector primario - Sector pesqueiro disponível em "http://www.cideiber.com/infopaises/Peru/Peru-04-04.html. Accesado 10 de outubro de 2003.

[3] FAO World Review Of Fisheries And Aquaculture: *In the State of World Fisheries and Aquacultur*e, 2004. Roma-Itália:FAO-ONU, 2004. 166 p.

[4] FERRE, M; NATIVIDAD, G "El futuro del pesquero peruano" In Revista da Escuela de direccion de la Universidad de Piura", pp-22-33 ,Junho, Piura 2002

[5] GLOVAL COMPETITION FORUM (GCF) INTERNATIONAL BAR ASSOCIATION´S "Evaluación de las condiciones para el desarrollo de la actividad empresarial del estado en la

construcción y reparación naval, así como en la industria metalmecánica: Caso Sima Perú S.A." disponível na pagina http://www.globalcompetitionforum.org/s_america.htm#peru acessado em maio de 2005

[6] HEYERDAHL KNUT H. "Modus Vivendi within Polynesian Archaeology in Relation to the Connection Easter Island - Peru" disponivel in http://www.kon-tiki.no/Research/Tucume/modus/modus6.html acessado em abrilde 2005

[7] MARINA DE GUERRA DEL PERU "Resenha histórica da marinha de Guerra del Peru" Disponível em http://www.marina.mil.pe/ Acessado o dia 12, 14, 20, 25, de maio de 2005.

[8] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E A CULTURA - "Tratados e Acordos internacionais" Disponível em www.mct.gov.br/legis/tratados.htm acesso janeiro de 2005.

[9] OANNES FORO HISPANO AMERICANO DE INTERCAMBIO DE INFORMAÇÃO SOBRE TEMAS DO MAR "Astilleros Peruanos redujeron sus ingresos en 50 % en los ultimos años" disponível na pagina http://listas.rcp.net.pe/pipermail/oannes/20010205/000990.html Acessado maio de 2005.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas do Departamento de Engenharia Naval pelo incentivo em desenvolver o presente tema, assim como as diversas autoridades e grêmios da área naval peruana destacamos o apoio da empresa de *Servicios Industriales de la Marina de Guerra del Peru* (SIMA) que forneceram informações úteis para o desenvolvimento do trabalho.

Os autores agradecem a colaboração da *Facultad de Ingenieria Pesquera de la Universidad de San Agustín de Arequipa* (UNSA), e da *Facultad de Ingenieria Naval de la Universidad de Ingenieria* (UNI) de pelo levantamento bibliográfico proporcionado.

Os autores agradecem ao pessoal técnico e acadêmico do Instituto Pan-americano de Engenharia Naval e Oceânica (IPIN) pela oportunidade de mostrar nosso trabalho.

Os autores agradecem a empresa aérea **COPA AIRLINES** que patrocínio o transporte dos autores a Sede do Congresso na cidade de Guayaquil no Equador

A LOGÍSTICA DO CONTÊINER VAZIO – UMA NOVA ABORDAGEM

LOGÍSTICA DO CONTÊINER VAZIO, UMA NOVA ABORDAGEM.

Professora Ms. Líria Baptista de Rezende, liria@usp.br
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Av. Presidente Altino, 386 apto 11
Jaguaré, São Paulo – SP cep 05323-000
Tel (11) 3763-5115
Cel (11) 8361-6111

Professor Dr. Marco Antonio Brinati, mabrinat@usp.br
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento Engenharia Naval e Oceânica
Fone: (0xx11) 3091-5540 R. 258

RESUMO

O problema de contêineres vazios é comum nas empresas de transporte e está relacionados com o desequilíbrio entre o fluxo de mercadorias conteinerizadas num sentido e no outro do comércio entre duas regiões e o seu equacionamento constitui uma tarefa relevante tendo em vista os custos direta ou indiretamente envolvidos.

Este trabalho examina a logística do contêiner vazio, de acordo com a ótica de uma companhia de navegação, que se defronta com o desbalanceamento entre a demanda e a oferta de contêineres vazios para atender seus contratos de exportação ao longo dos portos da rota. Quando a demanda de um tipo específico de contêineres, num dado porto, é maior do que a oferta, a empresa pode prover contêineres adicionais por meio da transferência de contêineres vazios do mesmo tipo, via marítima ou terrestre, a partir de portos em que a oferta é maior que a demanda, ou por meio de aluguel *(leasing)* de novos contêineres.

O objetivo do trabalho é elaborar um modelo de planejamento logístico para auxiliar a empresa de navegação a tomar decisões referentes ao reposicionamento e *leasing* de contêineres vazios, as ofertas de contêineres vazios, de cada tipo, nos portos da rota, bem como o espaço disponível nos navios da frota para o transporte de contêineres vazios, são restrições do modelo enquanto que o custo envolvido com o reposicionamento dos contêineres vazios e o *leasing* de novos contêineres é a função objetivo do modelo.

O presente estudo dá continuidade ao trabalho de Barco, B.L. (A logística do contêiner vazio. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 106 p, Mar. 1998), explorando as sugestões por ele apresentadas para aperfeiçoamento do modelo original.

O modelo matemático desenvolvido foi implementado computacionalmente por meio do pacote computacional GAMS – General Algebraic Modeling System. Ele foi aplicado ao estudo do reposicionamento dos contêineres vazios de uma empresa de navegação, utilizando os dados de 2 cenários diferentes; o primeiro é o mesmo empregado no estudo anterior de Barco, o outro é mais recente, corresponde ao segundo semestre de 2002. A análise dos resultados de uma série de testes computacionais, com a alteração dos principais parâmetros mostrou a consistência do modelo; alguns desses resultados são mostrados no presente trabalho.

Introdução e Objetivos

A adoção do contêiner como acondicionador de cargas teve maior significado a partir de 1956, quando começou a ser utilizado em navios mistos na costa oeste dos E.U.A. Naquela época já foram percebidas as vantagens da utilização do contêiner, tais como a rapidez de carga e descarga do navio e a facilidade da transferência de um modal de transporte para outro (BARCO, 1998).

Com o tempo, os transportadores descobriram outras vantagens: proteção da carga transportada contra roubos, perdas e avarias, diminuindo assim o preço do seguro, simplificação das embalagens, melhor aproveitamento dos espaços dos navios e redução dos fretes devido ao aumento do tamanho médio dos navios e da propulsão, melhora da produtividade das operações portuárias e conseqüente aumento da rotatividade dos navios pela redução de tempo no porto.

O tamanho dos contêineres não era padronizado. Existiam várias dimensões, como o CONEX (*Container Express Service)* com 8'x 6'x 6' criado pelo exército americano para fins de logística militar; os contêineres de 24'x 8'x 8' utilizados e idealizados pela Matson para o transporte por contêineres para o Hawaí e os de 35'x 8'x 8'utilizados pela companhia de navegação Sealand Inc (SOUZA, 1998).

Para facilitar o manuseio e acomodação nos navios, as dimensões dos contêineres foram padronizadas pela ISO (International Standard Organization) em 1968.

Os comprimentos padronizados são os de 10, 20, 30 e 40 pés. Os mais utilizados são os de 20 e 40 pés.

O volume relativo de carga geral transportado em contêineres vem crescendo aceleradamente, saltando de 27% em 1990 para mais de 41% em 1996 e para 46% previstos para 1999 (VELASCO, 1998). Como o contêiner é uma embalagem dispendiosa e não descartável deve ser considerado o seu remanejamento para sucessivas reutilizações, do que decorre a necessidade de um controle de estoque. Assim, pode-se prever o desbalanceamento da distribuição dos contêineres vazios, possibilitando seu envio de um porto de oferta para outro de demanda.

O problema dos contêineres vazios é comum nas empresas de transportes e está relacionado ao desequilíbrio (*imbalance*) entre as quantidades de contêiner que entraram e que saíram, constituindo uma tarefa relevante devido aos custos envolvidos, direta ou indiretamente, como espaço, armazenamento, aluguel, etc. Sampaio (2001) classifica o problema de gerenciamento de contêineres vazios (PGCV) como um problema típico de logística reversa, associado à movimentação e à falta de interação entre a distribuição e o transporte dos contêineres cheios e a distribuição e o transporte dessas unidades, quando vazias para serem reutilizadas.

Como os contêineres estão vazios, todo esse processo de reposicionamento representa custos, sem receitas adicionais da operação. Com isso, a movimentação deve ser efetuada de modo a minimizar custos.

A solução é enviar contêiner de um ponto onde há excesso de oferta de contêineres vazios para outro onde há excesso de demanda de contêineres vazios. Isto pode ser conseguido sabendo-se quando e onde haverá a oferta e a demanda de contêineres vazios. No caso de uma empresa de navegação, as informações podem ser obtidas por meio dos itinerários dos navios (*schedules*) e previsões de pedidos de transporte fornecidas pela área comercial.

O objetivo da pesquisa é elaborar um modelo de planejamento logístico para auxiliar a empresa de navegação a tomar decisões referentes ao reposicionamento e *leasing* de contêineres vazios; os excessos de oferta ou de demanda de contêineres vazios, de cada tipo, nos portos da rota, bem como o espaço disponível nos navios para transporte de contêineres

vazios, serão restrições do modelo enquanto que o custo envolvido com reposicionamento, *leasing* e estocagem de contêineres vazios será a função objetivo do modelo.

O ponto de partida para o modelo aqui desenvolvido é o trabalho de Barco (1998). As mudanças neste realizadas visam tornar o modelo mais representativo das condições reais que acondicionam a logística do contêiner vazio. As principais alterações foram o tratamento de navios com dupla passagem pelos portos e a mudança na restrição de capacidade dos navios para o transporte de contêiner vazio que passou dos 10% fixos para a quantidade real observada em cada trecho. Outra alteração, também relevante, diz respeito à introdução de um prazo de antecedência para a chegada de um contêiner vazio a um porto tendo em vista o seu embarque carregado num navio. Cada uma destas alterações será explicada com detalhes no decorrer do trabalho.

Panorama e entraves

Com o aumento das frotas de contêineres devido ao rápido crescimento da conteinerização (método para se transportar mercadorias em contêineres), torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, tanto para a movimentação e armazenagem quanto para um controle dos fluxos de carga.

Normalmente, as quantidades de cargas exportadas e importadas não estão em equilíbrio nos portos, ou seja, pode faltar contêiner de um dado tipo em um porto e sobrar em outro.

A logística busca responder as questões:

- Como suprir a demanda de contêineres vazios nos portos?
- Quando iniciar o transporte?
- Qual o porto de origem e o de destino?
- Como fazê-lo: de navio, caminhão ou leasing?

Questões típicas da logística são relevantes, tais como programação, fechamento de carga, data de partida do navio, rotas, seleção do tipo de modal/ transportador, contrato de frete, gerenciamento privado da frota; nível de estoques de contêineres vazios nos portos e depósitos; disponibilidade destes contêineres, (pois o equipamento pode estar avariado em reforma ou em alguma outra condição que impeça sua utilização imediata), previsão da demanda e oferta de vazios ao longo do período planejado e a grande quantidade de elementos que fazem parte do gerenciamento de tráfego e transporte. (CRAINIC; GENDREAU; DEJAX, 1993) e (KOPICK et al., 1993)

Conhecendo as informações descritas, definem-se os portos de origem, oferta, e portos de destino, demanda, onde os contêineres vazios serão reposicionados por navio, caminhão ou ainda poderão ser alugados, visando sempre o menor custo.

Os contêineres vazios só poderão ocupar o navio se houver espaço vago (*slots)*, ou seja, um CV nunca poderá ocupar o espaço de um outro contêiner com carga.

O sistema apresenta alguns imprevistos difíceis de quantificar, tais como:

- A previsão da área comercial exagerada;
- O cancelamento de carga;
- Quebra de guindastes de movimentação de contêineres (portainer);
- Greve de trabalhadores dos portos ou de empresas que prestam serviços para os portos;
- Avaria do próprio equipamento e tempo de reparo;
- Demora na devolução dos contêineres vindos de importação;
- Fiscalização das autoridades;
- Mudança do schedule dos navios. (CRAINIC; GENDREAU; DEJAX, 1993)

Essas incertezas podem ser contornadas ao se utilizar um estoque de segurança sendo que isto elevará o custo de estocagem do contêiner, porém evitará a perda de frete.
Lai; Lam; Cham (1995) classificam os contêineres em três tipos de acordo com a aquisição:

- Próprio; quando não utilizado, é armazenado nos depósitos do armador ou de terceiros. Os depósitos de terceiros cobram uma taxa diária de armazenagem
- *Leasing* em curto prazo, inferior a três anos; quando não utilizado, é devolvido para a companhia de leasing em operação denominada *drop-off*. A devolução é sujeita a um limite máximo mensal que varia de porto para porto. Uma outra opção é o armazenamento em depósitos para uso posterior.
- *Leasing* em longo prazo, mais de três anos; o tratamento é semelhante ao do contêiner próprio, uma vez que não são permitidas devoluções dentro de um prazo que, dependendo do contrato, varia normalmente de três a cinco anos.

Os valores do *leasing* e do *per diem,* aluguel cobrado por dia pelas empresas locadoras de contêineres, são negociados com as agências; não existe um valor fixo, depende da quantidade de contêiner e do tempo estipulado, quanto maior o prazo pretendido e a quantidade de contêineres, menor serão os preços.
A tarifa de movimentação portuária também não tem um valor fixo, é feito um acordo junto ao porto para lotes de contêineres movimentados.

Em virtude de os portos terem uma demanda sazonal o estoque mínimo mantido de contêineres vazios é calculado segundo séries históricas.

O sistema de contêineres de uma empresa marítima é composto de dois tipos principais de movimentos, que devem ser controlados, descritos a seguir:

1. Movimentos comerciais – contêineres carregados ou cheios, diretamente geradores de lucro e de contêineres vazios e que correspondem a operações comerciais da empresa, importação e exportação. A princípio, todo movimento comercial de contêineres cheios gera, quase que automaticamente, um movimento vazio.
2. Os movimentos técnicos – reequilíbrio de unidades vazias entre os depósitos, movimentos de contêineres alugados ou avariados etc... (SAMPAIO, 2001).

Comentários

A metodologia de resolução por meio de modelagem matemática linear proposta no presente trabalho baseia-se na dissertação de Barco (1998), que é específico para o problema do contêiner vazio e tem como objetivo a minimização dos custos. O modelo proposto difere do modelo Particular de Barco (1998) na questão do tratamento da capacidade do navio, nos navios com dupla passagem pelos portos e no estabelecimento de estoque mínimo nos portos, que Barco (1998) garante colocando a quantidade de contêineres vazios necessários para o estoque mínimo como demanda em um navio fictício. Outra implementação no modelo proposto é a inserção de uma janela de tempo entre a chegada do contêiner vazio nos portos e sua utilização o que torna o modelo mais adequado à realidade. O tratamento da restrição de capacidade do navio foi inspirado no trabalho de Ono (2001)

O problema do reposicionamento do contêiner vazio

Considere uma empresa de navegação cuja frota de navios porta contêineres opere, por exemplo, numa rota Europa (América do Norte) – América do Sul (Costa Leste), com *schedules* definidos.

A situação mais provável é que, num dado porto da rota, exista desbalanceamento entre a quantidade de contêineres cheios, de um dado tipo e tamanho, que os navios trazem ao porto, daqui para frente chamados de contêineres de importação, e a quantidade de contêineres cheios, do mesmo tipo e tamanho, que os navios retiram do porto, doravante denominados contêineres de exportação.

Dado este desbalanceamento, para que não sobrem contêineres num dado porto, mais precisamente no terminal de contêineres da empresa na região de influência do porto, e não faltem contêineres vazios para atender a demanda de exportação em outro porto, a empresa procura reposicionar os contêineres vazios.

O reposicionamento dos contêineres vazios pode ser realizado por meio dos próprios navios da frota, utilizando espaço ocioso nos navios, ou por meio de caminhões. Outra alternativa a ser considerada é o aluguel de contêineres vazios para atender a demanda da exportação. Convém observar que a própria viabilidade do aluguel de contêineres está condicionada à existência da oferta de contêineres vazios na região. (No caso em que haja um desbalanceamento generalizado no transporte marítimo entre a exportação e importação de um dado tipo de contêiner, num porto, e que não haja desbalanceamento em sentido contrário no transporte terrestre destes contêineres, é pouco provável que haja oferta de contêineres vazios deste tipo de contêiner.)

Sem o reposicionamento ou o aluguel de contêineres vazios, a oferta de um tipo k num porto i, num dia t, associado ao carregamento de um navio n, depende:

- do estoque de contêineres vazios após a saída do navio anterior;
- da quantidade de contêineres vazios que retornaram vazios dos clientes de importação após a passagem do último navio;
- da quantidade de contêineres que vieram do reparo após o último navio.

Por sua vez, a demanda de contêineres vazios do tipo k, no porto i, no dia t em que passa o navio n é igual à demanda de exportação de contêineres cheios do tipo k, no navio n, a partir do porto i.

O problema do reposicionamento dos contêineres vazios pode, então, ser definido. Dado um horizonte de planejamento, com os correspondentes *schedules* dos navios, e conhecidas as ofertas e demandas de contêineres vazios, de cada tipo, em cada porto da rota, pretende-se determinar a configuração, envolvendo o transporte marítimo (utilizando os navios da frota) e transporte terrestre, para reposicionamento dos contêineres vazios da empresa, e o aluguel de contêineres novos, que minimize o custo da empresa.

O modelo matemático

Índices e conjuntos

Como base para a elaboração do modelo, definem-se os seguintes índices e conjuntos a serem utilizados nas variáveis e parâmetros:

- $\boldsymbol{n}$: para indicar os navios pertencentes à companhia que participam do processo e $\boldsymbol{N}$ o conjunto de navios no horizonte de planejamento;
- $\boldsymbol{i,j,l}$: para indicar portos e $\boldsymbol{I}$ o conjunto de portos no horizonte de planejamento;
- $\boldsymbol{k}$: para indicar o tipo de contêiner e $\boldsymbol{K}$ o conjunto de tipos de contêineres;
- $\boldsymbol{t}$: para indicar a unidade de tempo (nos exemplos apresentados, a unidade é medida em dias) e $\boldsymbol{T}$ o conjunto dos dias.

Parâmetros

Os parâmetros do modelo são:

- $\mathbf{C1_{i,k,j}}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo *k* do porto *i* para o porto *j* por meio de navios;
- $\mathbf{C2_{i,k,j}}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo *k* do porto *i* para o porto *j* por meio rodoviário;
- $\mathbf{C3_{i,k}}$: custo unitário de *leasing* para contêineres vazios, do tipo *k* no porto *i*.
- $\mathbf{C4_{i,k}}$: é o custo unitário de estocagem, por uma unidade de tempo para contêineres vazios do tipo *k* no porto *i*.
- $\mathbf{TEMP_{t,n,i}}$: é o intervalo de tempo entre a passagem do navio *n*, que passa na data *t* no porto *i*, e o navio antecessor a este. Caso não exista um antecessor a este navio, este tempo é calculado a partir do primeiro dia do período de análise.
- $\mathbf{SUC_{i,n,t}}$: é o conjunto de portos sucessores ao porto *i* na passagem do navio *n* na data de índice *t*.
- $\mathbf{EST_{t,n,i,k}}$: é o estoque de contêineres vazios do tipo *k*, na data *t*, no porto *i*, na passagem do navio *n*.

Variáveis de decisão

Para elaborar o modelo matemático correspondente ao problema enunciado, o primeiro passo é identificar corretamente as variáveis de decisão do problema. A primeira vista, esta tarefa parece simples – as variáveis de decisão seriam:

1. a quantidade de contêineres vazios, de cada tipo *k*, transportada para cada navio *n* entre os portos *i* e *j*.
2. a quantidade de contêineres vazios, de cada tipo *k*, transportada por caminhão do porto *i* ao porto *j* para atender a demanda de exportação no navio *n*.
3. a quantidade de contêineres vazios de cada tipo *k*, alugada no porto *i* para atender a demanda de exportação no navio *n*.

É necessário um cuidado adicional para especificar as variáveis de decisão, face ao aspecto particular dos *schedules* dos navios. Dado um horizonte de planejamento, ainda que a duração de uma viagem redonda de um navio seja menor do que a amplitude do intervalo, o navio poderá passar mais de uma vez por algum porto. Por exemplo, é comum a passagem pelo porto de Santos de um navio vindo da Europa, deixando lá os contêineres de importação e seguindo para portos mais ao sul; ao retornar ele passa novamente por Santos para carregar os contêineres de exportação.

Considerando a possibilidade de ocorrer mais de uma passagem do navio por dado porto, dentro do horizonte de planejamento, as variáveis de decisão mencionadas devem ter um índice adicional associado ao dia de sua passagem.

Assim, as variáveis serão designadas por:

- $\mathbf{X_{t,n,i,j,k}}$, variável inteira não negativa que indica a quantidade de contêineres do tipo *k* embarcadas no porto *i*, no dia *t*, no navio *n,* com destino ao porto *j*,
- $\mathbf{W_{t,n,i,j,k}}$, variável inteira não negativa que indica a quantidade de contêineres do tipo *k* despachadas por caminhão, na data *t*, do porto *i*, com destino ao porto *j*, para atender a demanda de exportação do navio *n*;
- $\mathbf{Y_{t,n,i,k}}$, variável inteira não negativa que indica a quantidade de contêineres do tipo *k* alugados no porto *i* para atender a demanda de exportação do navio *n* no dia *t*.

Convém observar que, por analogia com a variável $\boldsymbol{X}$, também para a variável $\boldsymbol{W}$, o índice *t* especifica o dia em que o contêiner vazio é retirado do porto *i*, mas o seu valor está diretamente ligado à data da passagem do navio *n* no porto *j*. A data representada pelo índice *t* é formada pelo tempo de viagem mais o prazo de antecedência. Isto é, se o navio n vai fazer escala no porto j no dia t', o dia t em que o caminhão deve sair do porto i levando contêiner vazio para o porto j é obtido por meio da expressão: t=t-'(tvc_{ij} + prazo) em que tvc_{ij} é o tempo de viagem por caminhão entre os portos i e j e prazo é o intervalo de tempo necessário para que um contêiner vazio entregue no porto i possa ser ovado (carregado) para exportação.

Além das variáveis de decisão $\boldsymbol{X}$,$\boldsymbol{W}$ e $\boldsymbol{Y}$, que caracterizam as decisões a serem tomadas, introduz-se ainda a variável:

- $\boldsymbol{EST_{t,n,i,k}}$: é o estoque de contêineres do tipo *k*, no porto *i*, depois da passagem do navio *n* no dia *t*.

Cabe mencionar que, com a forma escolhida para indexar as variáveis de decisão $\boldsymbol{X}$, incluindo um índice adicional *t* em relação à notação utilizada por Barco (1998), desaparecem as indefinições que o conduziram a substituir, na implementação computacional de seu modelo, cada navio por dois outros: navio sul, para o trecho da viagem no sentido sul e navio norte, para o trecho da viagem no sentido norte.

Tendo em vista aperfeiçoar o modelo matemático de Barco (1998), explicitando a variação dos índices nas diversas somatórias e levando em conta as dificuldades encontradas por Ono (2001) ao trabalhar com navios porta contêineres em rotas cíclicas, é conveniente introduzir o conceito de portos antecessores e sucessores de um porto *i* na rota de um navio *n*, como se expõe a seguir, respeitando o *schedule* de cada navio.

Considerando que, numa viagem de um navio porta contêiner, os portos da costa brasileira sejam visitados tanto no sentido sul, quando o navio vem da Europa (ou Estados Unidos) ou no sentido norte, quando o navio retorna para a Europa, e que alguns portos brasileiros sejam visitados duas vezes, para a modelagem matemática do problema de reposicionamento de contêineres vazios, é relevante definir, para um dado navio *n* e um dado porto *p*, quais são os portos antecessores e quais os portos sucessores. Isto é, de que portos o navio *n* pode levar contêineres vazios para o porto *p* e para que portos o navio *n* pode levar contêineres vazios disponíveis no porto *p*. Se o navio n visita o porto *p* duas vezes, é necessário especificar os antecessores e sucessores, em cada uma das visitas. Isto é, é preciso definir o dia *t* de cada visita e, então, definir para o navio *n* quando de sua passagem pelo porto *p* no dia *t*, quais são os portos antecessores e quais os portos sucessores.

Convém ainda mencionar que o estabelecimento dos portos antecessores e sucessores não deve ser uma simples consulta aos *schedules* dos navios, mas deve eliminar movimentações de contêineres que, a priori, são ineficientes ou não têm sentido. Assim, por exemplo, se o navio *N* vai passar pelo porto de Santos no sentido sul e no sentido norte e depois passar pelo porto de Salvador, este deve ser considerado sucessor de Santos somente na segunda passagem. Da mesma forma, se na viagem sul, o navio *N* passou por Suape, este porto deve ser considerado anterior de Santos somente na primeira passagem. Também Santos na segunda passagem não é sucessor de Santos na primeira passagem

Convém enfatizar que o procedimento descrito vale para uma rota cíclica genérica e se aplica a todos os portos da rota, desde que sejam conhecidas as previsões de embarque e desembarque em cada porto.

Para que um contêiner vazio não ocupe o espaço de um contêiner cheio e necessário conhecer a capacidade ociosa do navio entre um porto e outro. Para tanto é preciso ter: uma

matriz de carregamento do navio quando este chega ao primeiro porto; uma matriz para cada porto brasileiro de carga e descarga do contêiner cheio. Com isso sabe-se a quantidade de espaços vagos no navio que poderão ser ocupados por contêineres vazios.

Função objetivo

O modelo tem como função objetivo a minimização dos custos de realocação de contêineres vazios, com o comprometimento de total atendimento das demandas. A função objetivo é composta por quatro parcelas:

- A primeira parcela refere-se ao custo unitário de movimentação de contêineres vazios efetuada por navio multiplicado pela quantidade de contêineres vazios movimentada por navio

$$\sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{j\in SUC(i,n,t)}\sum_{k\in K} C1_{i,j,k}\cdot X_{t,n,i,j,k} \quad \textbf{(3.1)}$$

- A segunda parcela refere-se ao custo unitário de movimentação de contêineres vazios por meio rodoviário multiplicado pela quantidade de contêineres vazios movimentada por meio rodoviário.

$$\sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{\substack{j\in I\\ i\neq j}}\sum_{k\in K} C2_{i,j,k}\cdot W_{t,n,i,j,k} \quad \textbf{(3.2)}$$

- A terceira parcela refere-se ao custo unitário para aquisição de contêineres vazios por *leasing* multiplicado pela quantidade de contêineres vazios alugados

$$\sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{k\in K} C3_{i,k}\cdot Y_{t,n,i,k} \quad \textbf{(3.3)}$$

- A quarta parcela refere-se ao custo unitário de estocagem de contêiner vazio multiplicado pela quantidade de contêineres vazios estocados e pelos dias que os contêineres ficarão estocados.

$$\sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{k\in K} C4_{i,k}\cdot EST_{t,n,i,k}\cdot TEMP_{t,n,i} \quad \textbf{(3.4)}$$

A função objetivo é assim calculada:

$$= \sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{j\in SUC(i,n,t)}\sum_{k\in K} C1_{i,j,k}\cdot X_{t,n,i,j,k} + \sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{\substack{j\in I\\ i\neq j}}\sum_{k\in K} C2_{i,j,k}\cdot W_{t,n,i,j,k} + \sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{k\in K} C3_{i,k}\cdot Y_{t,n,i,k} + \sum_{t\in T}\sum_{n\in N}\sum_{i\in I}\sum_{k\in K} C4_{i,k}\cdot EST_{t,n,i,k}\cdot TEMP$$

(3.5)

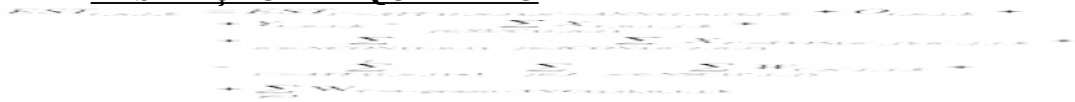
em que:

- $\mathbf{C1_{i,k,j}}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo *k* do porto *i* para o porto *j* por meio de navios;
- $\mathbf{C2_{i,k,j}}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo *k* do porto *i* para o porto *j* por meio rodoviário;
- $\mathbf{C3_{i,k}}$: custo unitário de leasing para contêineres vazios, do tipo *k* no porto *i*.
- $\mathbf{C4_{i,k}}$: é o custo unitário de estocagem, por uma unidade de tempo para contêineres vazios do tipo *k* no porto *i*.
- $\mathbf{TEMP_{t,n,i}}$: é o intervalo de tempo entre a passagem do navio *n*, que passa na data *t* no porto *i*, e o navio antecessor a este. Caso não exista um antecessor a este navio, este tempo é calculado a partir do primeiro dia do período de análise.
- $\mathbf{SUC_{i,n,t}}$: é o conjunto de portos sucessores ao porto *i* na passagem do navio *n* na data de índice *t*.

- **$EST_{t,n,i,k}$**: é o estoque de contêineres vazios do tipo *k*, na data *t*, no porto *i*, na passagem do navio *n*.

Restrições

RESTRIÇÃO DE EQUILÍBRIO



(3.6)

$t \in T, n \in N, i \in I, k \in K$

em que:

- **$EST_{t,n,i,k}$**: é o estoque de contêineres vazios do tipo *k*, do porto *i,* após a passagem do navio *n* na data *t*.
- **$ATT_{t,n,i}$**: é o índice do dia da passagem no porto *i* do navio que precede imediatamente o navio *n* em sua passagem por este no dia *t*;
- **$ANN_{t,n,i}$**: é o índice do navio que precede imediatamente o navio *n* em sua passagem pelo porto *i* no dia *t*;
- **$O_{t,n,i,k}$** : representa a diferença entre a oferta e a demanda de contêineres vazios para atender a demanda de exportação de contêineres cheios do tipo *k* no porto *i*, pelo navio *n* no dia *t*. Este parâmetro representa essencialmente um balanço entre os contêineres que voltaram ao porto de clientes de importação ou do reparo, tornando-se disponíveis para os clientes de exportação, e os contêineres necessários para atender a demanda de exportação neste porto. (No caso de aplicação sucessiva do modelo, o parâmetro $O_{t,n,i,k}$ deve levar em conta reposicionamentos de contêineres vazios previamente programados). O parâmetro pode ser positivo, significando que há um excesso de oferta de contêineres vazios, ou negativo, significando que há um excesso de demanda;
- **$Y_{t,n,i,k}$** : é a quantidade de contêineres vazios do tipo *k* alugados, no porto *i* para atender a demanda do navio *n,* no dia *t;*
- **SUC (i,n,t)**: é o conjunto de portos sucessores do porto *i* na rota do navio *n* após sua passagem no dia *t*;
- **$X_{t,n,i,j,k}$**: é a quantidade de contêineres vazios do tipo *k* embarcados no navio n no porto *i* para o porto *j* na data *t*.
- **prazo**: é o prazo de antecedência com que um contêiner vazio deve chegara um porto tendo em vista o seu carregamento num dado navio.
- **TVIS (n,i)**: é o dia em que o navio *n* visita o porto *i* (no caso de dupla passagem, haverá dois valores para $TVIS_{n,i}$);
- **NCON (t,n,i)** = $\{n' \in N: ATT_{t,n,i} - prazo < TVIS_{n',i} \leq t - prazo\}$ representa o conjunto de navios que podem trazer contêineres vazios para atender especificamente a demanda do navio *n* no porto *i* no dia *t*
- **ANT(i,n,t)**: é o conjunto de portos antecessores do porto *i* na rota do navio *n*, por ocasião de sua visita no dia *t*. (Convém enfatizar que a definição de conjunto de portos antecessores leva em conta os comentários mencionados na seção);
- **JCON(n',t,n,i)** $=\{j \in I : j \in ANT_{i,n',t'= TVISn',i}\}$ Convém observar que, para um navio n', o dia t' deve pertencer ao intervalo $[ATT_{t,n,i}$–prazo, t-prazo], conforme explicitado na definição do conjunto $NCON_{t,n,i}$.
- **TVC(i,j)**: é a duração da viagem de caminhão do porto *i* ao porto *j*;
- **NSC(t',i,j)**= $\{n' \in N : TVIS_{n',j} = t' + TVC_{i,j} + prazo$;

- $\mathbf{W_{t,n,i,j,k}}$: é a quantidade de contêineres do tipo *k* despachadas por caminhão, na data *t*, do porto *i*, com destino ao porto *j*, para atender a demanda de exportação do navio *n*.

RESTRIÇÃO DO ESPAÇO OCUPADO PELOS CONTÊINERES VAZIOS

Para cada navio *n*, no trecho a partir de cada porto, em que ele passa no instante *tvis (n,l*), eventualmente passando duas vezes, impõe-se que os contêineres vazios somente possam ocupar o espaço não utilizado pelos contêineres cheios, medido em TEUs.
Essa restrição tem a finalidade de evitar uma perda de receita excessiva causada pela substituição de contêineres cheios (geram frete) por contêineres vazios.

A restrição pode ser assim formulada:

$$\sum_{j \in SUC(l,n,t=tvis(n,l))} \sum_{k \in K} C(k) X_{t=tvis(n,l),n,l,j,k} + \sum_{i \in ANT(n,l,t=tvis(n,l))} \sum_{j \in SUC(l,n,t=tvis(n,l))} \sum C(k) X_{t=tvis(n,l),n,i,j,k} \leq CA_{n,l} \quad \textbf{(3.7)}$$

$n \in N, l \in I$, todo $TVIS_{n,l}$

-
- Ck é o espaço em TEUs ocupado por um contêiner do tipo *k* (para contêineres de 20 pés, este parâmetro assume valor 1 e, para contêineres de 40 pés, valor 2);
- $CA_{n,l}$ é o espaço disponível, em TEUs, no navio *n* destinado ao transporte de contêineres vazios quando ele sai do porto *l.*

RESTRIÇÃO DE ESTOQUE MÍNIMO

$$EST_{t,n,i,k} \geq EST_{i,k}^{MIN} \quad \textbf{(3.8)}$$

- $EST_{i,k}^{MIN}$: é o estoque mínimo de contêineres do tipo *k* que deve ser mantido no porto *i*.

Essa restrição tem a finalidade de garantir que o estoque mínimo do porto *i* para o contêiner do tipo *k* seja atendido.

Conhecendo–se as características básicas do problema, foi desenvolvido um modelo de programação linear, que aloca os contêineres com base nas informações obtidas. O modelo foi compilado de acordo com as normas de uma empresa de navegação. Para a tomada de decisão, são considerados os custos logísticos envolvidos, como armazenagem, transporte e aluguel. Novamente deve-se enfatizar que não se consegue atribuir todos esses custos com facilidade, pois alguns deles não são diretos e outros podem variar com o período e com a quantidade transportada, mas o modelo deve ser ajustado para que ele aponte a melhor opção.

A tabela apresentada a seguir apresenta uma parte dos resultados da comparação do estoque de contêineres antes dos reposicionamentos serem programados na primeira coluna e o estoque previsto com os reposicionamentos programados na segunda coluna. Observa-se que as demandas foram atendidas, pois não há mais estoques negativos.

Estoque ANTES do Reposicionamento							
DIA	NAVIO	PORTO	DC-20	RF-20	DC-40	HC-40	RH-40
	inicio	FOT	86	0	58	46	0
6	FMAN	FOT	53	0	64	48	0
16	LEBL	FOT	-35	0	85	53	1
22	FLAM	FOT	-4	0	106	66	2
24	FMAC	FOT	11	0	113	71	2
26	FMAN	FOT	54	0	128	81	3
	inicio	ITJ	21	3	156	115	6
16	SEAXP	ITJ	-25	0	122	327	-51
24	MAVAN	ITJ	-52	0	99	360	-58
29	ALHAM	ITJ	-97	0	57	346	-77
	inicio	MAO	413	0	213	168	2
24	FSAN	MAO	603	1	148	-113	1
28	FLAM	MAO	709	3	105	-286	3
	inicio	MCZ	0	0	0	0	0
8	FMAN	MCZ	0	0	0	4	0
27	FMAC	MCZ	1	0	0	28	0
	inicio	PEC	34	3	24	25	95
23	SEAXP	PEC	23	-1	-11	-1	38
25	CASMA	PEC	23	-1	-13	-4	32
31	MAVAN	PEC	24	-2	-14	-16	13
	inicio	PNG	33	1	9	66	5
10	MAVAL	PNG	47	2	-4	108	0
15	SEAXP	PNG	68	3	-21	169	-5
16	SEV	PNG	72	3	-22	173	-5
20	PEARG	PNG	84	3	-24	200	-8
21	MAVAN	PNG	101	3	-26	231	-11
23	LBB	PNG	105	3	-26	239	-12
27	ALHAM	PNG	114	3	-29	255	-15
28	CSHAM	PNG	126	3	-34	265	-17
30	PRN	PNG	144	3	-41	280	-20
31	MANEW	PNG	165	3	-49	298	-24

Estoque DEPOIS do Reposicionamento							
DIA	NAVIO	PORTO	DC20	RF20	DC40	HC40	RH40
	inicio	FOT	86	0	58	46	0
6	FMAN	FOT	89	0	59	39	0
16	LEBL	FOT	89	0	48	44	0
22	FLAM	FOT	120	0	69	57	1
24	FMAC	FOT	135	0	76	62	1
26	FMAN	FOT	178	0	91	72	2
	inicio	ITJ	21	3	156	115	6
16	SEAXP	ITJ	24	0	92	322	51
24	MAVAN	ITJ	24	0	67	355	70
29	ALHAM	ITJ	24	0	25	341	51
	inicio	MAO	413	0	213	168	2
24	FSAN	MAO	603	1	148	150	1
28	FLAM	MAO	709	3	105	150	3
	inicio	MCZ	0	0	0	0	0
8	FMAN	MCZ	0	0	0	0	0
27	FMAC	MCZ	1	0	0	24	0
	inicio	PEC	34	3	24	25	95
23	SEAXP	PEC	23	2	6	9	38
25	CASMA	PEC	23	2	6	9	32
31	MAVAN	PEC	24	2	6	9	13
	inicio	PNG	33	1	9	66	5
10	MAVAL	PNG	49	2	45	92	6
15	SEAXP	PNG	49	3	45	153	6
16	SEV	PNG	53	3	45	146	6
20	PEARG	PNG	65	3	50	173	15
21	MAVAN	PNG	49	3	48	204	12
23	LBB	PNG	49	3	48	212	11
27	ALHAM	PNG	58	3	50	228	8
28	CSHAM	PNG	70	3	45	238	6
30	PRN	PNG	88	3	53	253	10
31	MANEW	PNG	109	3	45	271	6

Conclusões sobre os resultados obtidos

Este trabalho foi realizado sob a ótica de uma empresa de navegação, avaliando todo o sistema logístico de reposicionamento do contêiner vazio. Esse sistema compreende a rede física envolvida (sistema de distribuição e transporte), além dos custos de transporte, armazenagem e *leasing*. O reposicionamento de contêineres vazios é um problema que ganhou importância em virtude dos custos envolvidos, a redução nestes custos faz diferença na rentabilidade das empresas e garante uma maior competitividade das mesmas frente à concorrência.

O reposicionamento de contêineres vazios é necessário quando há desbalanceamento entre a quantidade de contêineres cheios, que os navios trazem ao porto e a quantidade de contêineres cheios que os navios retiram do porto.

Dado este desbalanceamento, para que não sobrem contêineres num porto, mais precisamente no terminal de contêineres da empresa na região de influência do porto, e não faltem contêineres vazios para atender a demanda de exportação em outro porto, a empresa procura reposicionar os contêineres vazios.

O reposicionamento dos contêineres vazios pode ser realizado por meio dos próprios navios da frota, utilizando espaço ocioso nos navios, ou por meio de caminhões. Outra alternativa a ser considerada é o aluguel de contêineres vazios para atender a demanda de exportação.

Logo, o estudo para reposicionar contêineres vazios de portos onde há oferta de contêineres vazios para portos onde há demanda, controlar estoques e escolher o tipo de transporte ou *leasing* deve ser efetuado de modo a minimizar custos.

O modelo proposto neste trabalho dá continuidade à dissertação de Barco, B. L. (A logística do contêiner vazio, 1998). O ponto de partida para Barco, foi o trabalho de Crainic, Gendreau e Dejax (*Dynamic and stochastic models for the allocation of empty containers*), cujo modelo inclui na rede física os portos, os depósitos em terra, os clientes de demanda, os clientes de oferta e os arcos de conexão. Também foram levados em consideração a demanda e oferta de contêineres vazios externas ao sistema. O modelo considera as dimensões tempo e espaço, por isso a rede física é vista de acordo com os períodos de tempo. O objetivo é a minimização dos custos com a necessidade de atender a demanda, podendo introduzir novos contêineres no sistema.

Segundo Barco, o modelo de Crainic, Gendreau e Dejax é bastante complexo para ser aplicado a um caso real, devido à dificuldade de obtenção dos dados de entrada. Já o modelo de Barco mostra-se de fácil utilização, sendo aplicado à um caso real.

As mudanças realizadas por Barco em relação ao modelo descrito anteriormente começam pela rede física adotada. Na dimensão tempo, Barco somente identifica para cada porto os instantes em que há passagem de navios. Os clientes de oferta e demanda são representados pelos portos como pontos de oferta e demanda para cada tipo de contêiner. Os depósitos também são considerados portos. Ao contrário de Crainic, Gendreau e Dejax, Barco considera em seu trabalho mais de um tipo de contêiner.

A meta do trabalho objeto deste artigo foi aperfeiçoar o modelo de Barco (1998), tornando-o mais representativo da realidade. A modelagem continuou baseando-se na passagem dos navios pelos portos e não houve alteração da rede física considerada. As mudanças introduzidas foram as seguintes:

- No tratamento dos navios com dupla passagem pelos portos. Barco um navio que faz uma viagem norte-sul e posteriormente sul-norte como sendo dois navios distintos; com isto o espaço reservado ao transporte de contêineres vazios é dividido em duas partes iguais, uma atribuída ao navio na viagem sul e outra na norte. Daí decorre a atribuição de apenas metade da capacidade do navio destinada aos contêineres vazios quando o navio escala duas vezes num mesmo porto. Isto pode fazer com que o atendimento de uma demanda tenha um custo mais alto a ser atendida por um caminhão ou *leasing*. No presente trabalho, os navios com dupla passagem mantêm-se os mesmos ao visitar um porto pela segunda vez.
- No tratamento da capacidade do navio. Em cada trecho da viagem, Barco considera que os contêineres poderiam ocupar até 10% dos espaços *(slots*) do navio; portanto, ele não se preocupa em saber a quantidade de *slots* preenchidos com contêineres cheios em cada trecho da viagem. No presente trabalho, o espaço reservado aos contêineres vazios é aquele não ocupado por contêineres cheios. Desta forma, para cada trecho da viagem tornou-se necessário identificar os contêineres cheios e vazios presentes no navio, tarefa que é relativamente complexa no caso de navios em rota cíclica, e/ou com dupla passagem em portos da rota (e com foi contornado no trabalho de Barco com a intodução do navio sul, navio norte).
- Estabelecimento de um estoque mínimo de contêineres vazios nos portos. Barco não considerou estoque mínimo de contêineres vazios nos portos.
- Inserção de uma janela de tempo entre a chegada de um contêiner vazio nos portos e sua liberação para ser utilizado. Barco considerou que um contêiner vazio que chegava num determinado porto estava liberado para ser utilizado pelo próximo navio. Esta condição funciona muito bem quando existe um certo intervalo de tempo entre a chegada de um contêiner vazio num navio e a

chegada do próximo navio, mais quando dois navios chegam a um porto num mesmo dia ou quando o intervalo de tempo entre as chegadas dos mesmos é pequena, esta hipótese torna-se irreal. No presente trabalho o contêiner só será liberado para determinado navio após cumprir um prazo em dias, ou seja, o contêiner vazio tem que chegar ao porto com um prazo de antecedência para poder embarcar cheio num determinado navio.

Essas alterações no modelo implicaram dificuldades não triviais em sua implementação computacional, principalmente na questão que se refere ao tratamento de duas passagens de um mesmo navio em um mesmo porto numa mesma viagem e no tratamento da passagem de mais de um navio em um mesmo dia em um mesmo porto.

A avaliação das Variações de parâmetros do modelo também foi bastante útil para examinar a consistência do modelo.

Foram utilizados dois cenários chamados:

- Cenário Barco. O cenário Barco foi feito com dados colhidos por Barco, em uma empresa de navegação. Neste caso não havia dados referentes ao transporte de contêineres cheios em cada trecho da viagem e, portanto, foi utilizada a mesma restrição de capacidade adotada por Barco, (capacidade disponível do navio fixada em 10%). Para este cenário foram examinadas 4 variações nos parâmetros de custos; a partir da análise comparativa dos resultados, conclui-se pela consistência do modelo e principalmente de sua implementação computacional.
- Cenário Atualizado. O cenário Atualizado foi elaborado com dados atuais da empresa de navegação. Neste caso foram colhidos dados referentes ao transporte de contêineres cheios em cada trecho da viagem e, portanto, foi feita a mudança na restrição de capacidade disponível no navio, como descrito anteriormente. Para este cenário a partir dos resultados obtidos para a configuração padrão, foi feita uma modificação nos parâmetros aos espaços disponíveis para contêineres vazios em diversos trechos da viagem, constatando-se então a consistência da restrição de capacidade introduzida na modelagem.

Não houve preocupação em comparar os resultados dos dois modelos porque, embora busquem representar o mesmo processo real eles o fazem com diferentes graus de aproximação. O presente modelo a partir de sugestões feitas no trabalho em que o outro modelo foi proposto descreve melhor a realidade. Também a comparação para uma única base de dados poderia ser pouco relevante.

A necessidade de refazer um modelo matemático para ser mais adequado à realidade trouxe questões que não foram exploradas pelos trabalhos anteriores, como, por exemplo, o tempo de espera de contêineres até a sua disponibilidade de uso e a questão de disponibilidade de capacidade do navio, isso relacionado à continuidade da rota.

Comentários sobre o emprego do modelo

O modelo proposto neste trabalho mostrou ser mais adequado para a aplicação em casos reais do que os trabalhos anteriores; servindo como ferramenta de apoio para a tomada de decisão nos reposicionamentos de contêineres vazios de uma companhia de navegação. A aplicação do modelo pode ser efetuada considerando o período de planejamento de quatro semanas, no entanto, ao se adaptar num período de quatro de semanas há dificuldade de obter boas estimativas diferentes às últimas semanas do período, com isso, o sistema deverá ser atualizado semanalmente e inserida uma outra semana.

Outra questão de relevância é o tamanho do modelo: apesar do baixo tempo de processamento, o número de parâmetros e variáveis envolvidos é extremamente grande. É possível, então, que o aumento excessivo do número de elementos dos índices levem a um modelo de porte não suportável em microcomputadores, dado o requerimento de armazenagem do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRáFICAs

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial.** São Paulo, 1995. Ed Atlas S.A.

BARCO, B. L. **A logística do contêiner vazio**. Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 106 p, Mar. 1998.

BOURBEAU, B., CRAINIC, T. G.; GENDRON, B. **Branch-and-bound parallelezation strategies applied to a depot location and container fleet management problem**. Parallel Computing, 2000, v.26, pp 27-46.

BROOKE, A.; KENDRICK, D.; MEERAUS, A. **Gams – Sistema Geral de Modelagem Algébrica**. Ed. Edgard Blücher, 1997.

CHOONG, SOOK TYING; COLE, MICHAEL H.; KUTANOGLU, ERHAN. **Empty container management for intermodal transportation networks.** Transportation Research, part E 38, p. 423-438, Feb. 2002.

CRAINIC, TEODOR GABRIEL; DEJAX, PIERRE; GENDREAU, MICHEL. **Modelling the container fleet management problem using a stochastic dynamic approach**. Centre de recherche sur les transports – Publication #685, Feb 1990.

CRAINIC, T. G.; GENDREAU, M. DEJAX, P. J. **Dynamic and stochastic models for the allocation of empty containers**. Operational Research, v.41, n.1, p.102-126, Jan./Feb., 1993.

DEJAX, PIERRE J.; CRAINIC, TEODOR GABRIEL. **Models for empty freight vehicle transportation logistics**. Paper presented at EURO VIII, Lisbon, Portugal, September 1986.

DEJAX, PIERRE J.; CRAINIC, TEODOR GABRIEL. **A review of flows and fleet management models in freight transportation.** Operations Research Society of America, 1997, v.21, n.4, pp 227-247.

ERLENKOTTER, D. **Dual-based procedure for uncapacitated facility location.** Operations Research, 1978, v.26, n.6, pp. 992-1009.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; LAAN, R. D. E. van der, NUNEN, J. A. E.E. van, WASSENHOVE, L.N. van. **Quantitative models for reverse logistics: A review.** European Journal of Operational Reesearch, n. 103, pp. 1-17, 1997

FLOREZ, H. **Empty-container repositioning and leasing: an optimization model.** Tese de D. Sc., Instituto Politécnico de Nova Yorque, NY, EUA.

GEOFFRION, A.M. The purpose of mathematical programming is insight, not numbers. **Interfaces** V.7, no. 1, jan.-feb.. 1976b, p. 81-93.

HEE, K. M. VAN & WIJBRANDS, R. J. **Decision support system for container terminal planning.** European Journal of operational Research, v.34, pp. 262-272.

HINO, C. M. **Métodos heurísticos para elaboração de planos de estivagem de navios porta-contêineres**. Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 221 p, Set. 1999.

KOPICKY, R. J.; BERG, M. J.; LEGG, L.;DASAPPA, V. E MAGGIONI, C. **Reuse and recycling: Reverse logistics opportunities.** Council of logistics Management, 2803, 1993. Butterfield Road Oak Brook, IL 60521.

LAI, K. K.; LAM, K.; CHAM, W. K. **Shipping container logistics and allocation.** Journal of the Operational Research Society, v.46, n.6, p. 687-697.

MENDES, ANDRÉ B.; FERNANDES, MARCELO; ONO, RICARDO T. **Transporte marítimo internacional de contêineres**. (2001). Trabalho final apresentado à USP na disciplina pro-5810. São Paulo, dez 2001

OLIVEIRA, R. C. F.; RODEIRO, P. F.; BARCO, B. L.; BRINATI, M. A. **A logística do contêiner vazio: adaptação e melhoria**. Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de Engenheiro. São Paulo, 41 p, Dez.1998.

ONO, R. T. **Estudo de viabilidade do transporte marítimo de contêineres por cabotagem na costa brasileira.** Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 2001.

ROBINSON, G. L. Sistema de controle e gerenciamento de contêineres em terminais marítimos. Tese de mestrado IME. Rio de Janeiro, 1986.

SAMPAIO, Léa Maria Dantas. **Alocação de contêineres vazios para a logística reversa do transporte de carga.** Dissertação de Mestrado apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do título de mestre. Rio de Janeiro, março de 2001.

SOUZA, A. A. R. **Terminais de Contêineres/Unitização.** In: Relatórios Internos, Câmara Brasileira de Contêineres, Rio de Janeiro, RJ. 1998.

VELASCO, L. O. M.; TEIXEIRA Lima, E. **"Logística e Contêineres no Brasil"**. Informe Infra-Estrutura BNDES, n.26, maio/98.

WHITE, W. W. **Dynamic transshipment network: an algorithm and its appication to the distribution of empty containers**. Networks, n.2, p.211-236, 1972.

Algoritmo Numérico Alternativo para el cálculo de Esloras Inundables de un artefacto Naval utilizando el método Shirokahuer

José Carlos Villagómez Rosales
Asociación Peruana de Estudiantes de Ingeniería Naval
Escuela Profesional de Ingeniería Naval
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional de Ingeniería
Lima-Perú

Email: pepevillagomez@yahoo.es
Telf: 364-8257 / Celular: 98922484

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el diseño y la implementación de un algoritmo numérico para calcular las esloras inundables de un artefacto naval empleando el Método Shirokahuer. Se presenta una variación del método de iteraciones sucesivas tradicional que permite controlar con mayor eficiencia las variables y condiciones del método encontrando una solución más exacta del valor de la eslora inundable buscada. Se presentan también los resultados numéricos de la implementación del algoritmo a un buque tipo mercante de 134m de eslora. El punto de partida es la geometría del artefacto naval sobre el cual se realizan todos los cálculos numéricos y la incógnita buscada es la magnitud de la eslora inundada en una flotación crítica del artefacto naval.

Algoritmo Numérico Alternativo para el cálculo de Esloras Inundables de un artefacto Naval utilizando el método Shirokahuer

INTRODUCCIÓN

En Ingeniería Naval es de suma importancia el estudio y análisis del compartimentaje de un artefacto naval cuneado éste ha sufrido una avería que involucre pérdida de flotabilidad y riesgo de hundimiento, con el objetivo de salvaguardar la carga embarcada, aún más si se trata de vidas humanas.

Los principales peligros para los barcos durante la navegación consisten en la colisión con otro barco o las varadas. La importancia de la subdivisión del casco es notoria, puesto que evita, o trata de evitar, la perdida del barco por cualquiera de los accidentes antes dichos.

Es evidente que si, los mamparos transversales son suficientemente resistentes para poder estar sometidos a la presión del agua que pueda actuar sobre ellos, cuando uno de los compartimentos adyacentes está en comunicación con el mar, la cantidad de agua que puede entrar en el barco estará limitada por el tamaño del compartimiento inundado.

Sin embargo, si la avería da lugar a que uno de dichos mamparos quede inutilizado, la cantidad de agua que podrá penetrar se extenderá a dos compartimentos adyacentes, pero limitada a la capacidad de ambos. Por lo tanto, la seguridad de un barco ante la posibilidad de una avería de la importancia de la clase citada depende de que esté proyectado para que pueda permanecer a flote con uno o dos compartimentos adyacentes cualesquiera inundados, o con un mayor numero de compartimentos, si resultan afectados por la avería más de un mamparo estanco.

Los primeros pasos en la evolución en el estudio sistemático de esta importante área de la Ingeniería Naval se remontan a Inglaterra a mediados del siglo XIX. Con el fin de las guerras napoleónicas se produce un aumento de tráfico marítimo, lo que intensificó la perdida de buques y vidas humanas provocando preocupación por las consecuencias morales y económicas que esto podría producir.

En 1836, se reúne un comité parlamentario británico para analizar las causas de las mismas criticando severamente las condiciones de construcción y navegación de ese entonces. El comité propuso la creación del departamento de Marina (Marine Board) siendo gran parte de sus disposiciones y reglamentaciones recogidas en la ley de marina mercante de la legislación británica en 1854. Ya en esta ley, se obliga a los buques de más de 100 toneladas de arqueo a que estuviesen divididos en mamparos, de los que debía haber uno en cada extremo de las cámaras de máquinas, independientemente de otro en la parte de popa y el de colisión.

Otro importante aporte del “Board of Trade” a través del “Comité de 1890” fueron las recomendaciones sobre la forma en que los buques debían ser subdivididos para que pudiesen flotar en caso de avería en tiempos relativamente buenos, con dos compartimentos con comunicación al mar. Éste comité recomendaba que las esloras inundables en cualquier punto debían dar la longitud máxima de dos compartimentos adyacentes, teniendo su sección transversal media en el punto considerado, obteniéndose – en este comité – la curva de esloras inundables, no por cálculo sino mediante un modelo a escala.

En la Conferencia internacional de 1914, se aprueba el método empírico para el cálculo de esloras inundables propuesto por el profesor WELCH, presidente del comité británico desde 1912 a 1915.

Posteriormente, en el Convenio internacional para la seguridad en la vida humana en el mar de 1929 se considera para el cálculo de esloras inundables seguir un método directo o bien emplear un método aproximado aceptado internacionalmente.

Entre los métodos directos para el cálculo de esloras inundables se hace una distinción entre los métodos gráficos, como el de Shirokahuer, y métodos matemáticos como los de ABBEL e IKUSHIMA.

En la actualidad para este análisis se ha generalizado y ha sido ampliamente difundido el empleo del Método Shirokahuer. En este trabajo se presenta un algoritmo alternativo para el cálculo de esloras inundables utilizando el método Shirokahuer, describiéndose detalladamente las bases teórico matemáticas para su implementación y aplicación. En segundo lugar, se muestran resultados numéricos obtenidos de la implementación del modelo numérico de esloras inundables para una embarcación tipo buque mercante de 150m de eslora y 22m de manga.

ALGORITMO NUMERICO PROPUESTO

El modelo de solución numérica parte de las condiciones iniciales del problema planteado: encontrar la eslora inundable, es decir, la ubicación de los limites longitudinales del compartimiento inundado de volumen conocido 'v' y centro de gravedad conocido 'X_w' que produce una determinada flotación crítica.

Por lo tanto, los datos iniciales para la solución están dados por:

1. La forma de la embarcación. Este dato se obtiene básicamente de la Tabla de Puntos de la embarcación que permite determinar – a manera de coordenadas – la superficie del casco que queremos analizar.
2. El volumen del compartimiento inundado 'v'. Este volumen es hallado por diferencia de desplazamientos entre el artefacto naval luego de la inundación, es decir, en la flotación crítica y su desplazamiento inicial.

$$\Delta_{compartimiento} = \Delta_{inund} - \Delta_{inicial}$$

3. La posición del centro de gravedad G del compartimiento inundado definida por la distancia Xw a la sección media del artefacto naval que es obtenida despejando ésta de la ecuación de equilibrio de momentos estáticos.

$$X_w = \frac{X_{inund}.\Delta_{inund} - X_{inicial}.\Delta_{inicial}}{\Delta_{compartimiento}}$$

Donde:

$X_{inund\ y}\ \Delta_{inund}$: Centro de gravedad con respecto a la sección media y desplazamiento en condición de inundación.
$X_{inicial}.\ \Delta_{inicial}$: Centro de gravedad con especto a la sección media y desplazamiento en condición inicial.
Xw : Posición del centro de gravedad del compartimiento inundado con respecto a la sección media
$\Delta_{compartimiento}$: Desplazamiento del compartimiento inundado.

4. La flotación crítica de inundación a la que haremos el análisis: Se determina en base al puntal, la línea de subdivisión y la línea margen de la embarcación de acuerdo al procedimiento de *Shirokahuer.*

$$\boldsymbol{H = 1.6D - 1.5T}$$

Donde:

H: Parámetro del método Shirokahuer necesario para definir la geometría de la inundación.
D: Definida por la distancia de la linea base a la linea margen.
T: Lìnea de subdivisión.

La flotación de inundación define la curva de áreas respectiva. Ésta muestra en el eje de ordenadas el valor numérico del área de la sección transversal de la embarcación por debajo de la flotación analizada y en el eje de las abscisas se representa la eslora del buque.

De este modo, la integral de la función de áreas, o equivalentemente el área bajo la curva de áreas desde un limite inferior 'a' situado hacia popa del artefacto naval hasta un limite superior 'b' situado a proa representará el valor numérico del volumen moldeado de un compartimiento de banda a banda limitado físicamente por dos mamparos estancos teóricos colocados en 'a' y 'b' respectivamente. Luego, conocida la posición del centro de gravedad G del compartimiento inundado con respecto a la sección media (X_w) es posible ubicarla longitudinalmente en la gráfica de curva de áreas.

Para encontrar el valor numérico de la eslora inundable es preciso encontrar justamente los limites 'a' y 'b' que cumplan las siguientes condiciones:

- *Condición de volumen fijo*: El volumen, o lo que es equivalente, el área bajo la curva debe ser igual numéricamente al valor del volumen del compartimiento inundado 'v' que es un dato inicial.
- *Condición de centro de gravedad fijo*: La abscisa del centro de gravedad G del compartimiento inundado debe coincidir con la abscisa del centro geométrico del área bajo la curva.

Se mostrará el procedimiento para el análisis de cada una de éstas restricciones por separado, relacionándolas posteriormente para encontrar la solución final.

CONDICION DE VOLUMEN FIJO

Como ya se ha mencionado, el volumen es equivalente al área bajo la curva. Esta relación nos permite manipular las áreas para controlar el volumen del compartimiento.

Sea un compartimiento hipotético limitado longitudinalmente por 'a' y 'b' distanciados dVx y dVy a la abscisa X_w respectivamente.

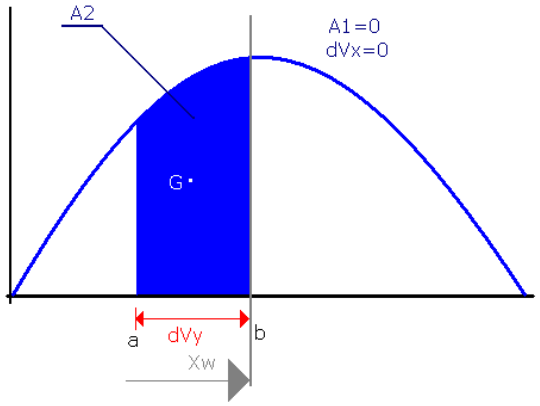
Deberá cumplirse la siguiente relación:

$$A_1 + A_2 = v$$

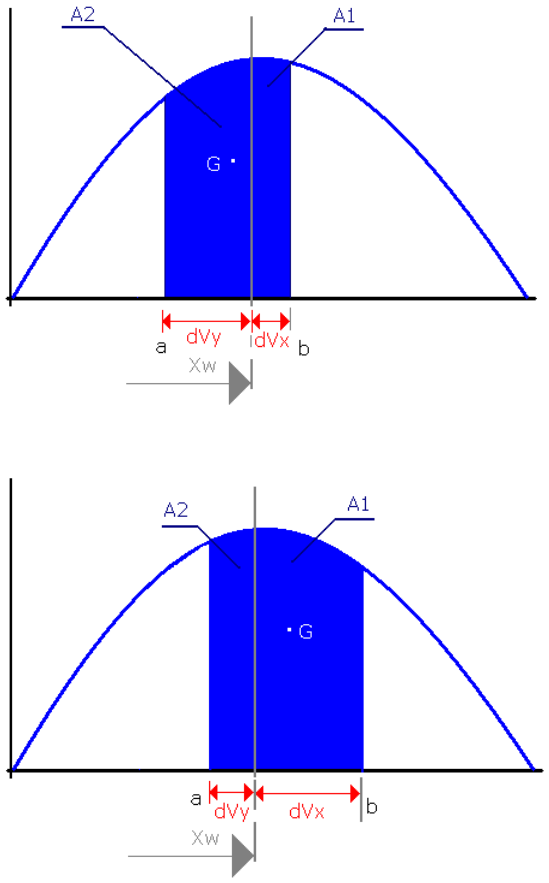
En donde:

- A_1: Valor numérico del área bajo la curva de áreas para una flotación crítica desde la abscisa Xw hasta 'a'.
- A_2: Valor numérico del área bajo la curva de áreas para una flotación critica desde la abscisa Xw hasta 'b'.
- v: Valor numérico del volumen del compartimiento inundado.

El algoritmo genera un compartimiento inicial de volumen 'v' cuyo limite delantero situado en 'a' coincide con la posición del centro de gravedad G del compartimiento buscado (ver figura). Para este caso particular se debe verificar que A1=0 y A2=v. Obviamente, el centro de gravedad 'G' de este compartimiento inicial de prueba no coincidirá con G. Se registran las magnitudes de las distancias dVx1 (en este caso es cero) y dVy1.



El paso siguiente es desplazar la pared delantera una distancia dVx2 a partir de la abscisa Xw. (Fig 1b). Con dVx2 definido, el algoritmo calcula el área A1. Asi, es posible hallar el valor de A2. Conocido A2 el modelo calcula por integraciones sucesivas el valor de dVy2. Luego, se incrementa a un valor dVx3 y repitiendo el procedimiento se consigue el valor de dVy3.



Para cada valor de dVx se encuentra un único valor de dVy. Progresivamente se incrementa el valor de dVx y mediante la rutina explicada se van consiguiendo los valores de dVy respectivos, ordenándolos en la tabla siguiente.

dVx_1	dVy_1
dVx_2	dVy_2
...	...
dVx_n	dVy_n

Puede apreciarse en la figura que ha medida que el valor de dVx aumenta dVy disminuye. Esto puede entenderse gráficamente como que si el volumen "flotara" de izquierda a derecha. Este volumen constante se desplaza por la curva de áreas variando su forma pero no su magnitud, definiendo además sus límites longitudinales. De aquí se desprende que la longitud de este compartimiento flotante para esta condición estará dada por:

$$L = dVx + dVy$$

En el análisis de esta condición no nos ocupamos del centro de gravedad del compartimiento generado que obviamente cambiará de posición a medida que el volumen se desplace hacia la derecha del gráfico.

La restricción de volumen fijo nos deja únicamente como objetivo verificar la segunda condición del problema, es decir, que el punto G sea efectivamente el centro de gravedad del compartimiento inundado.

CONDICION DE CENTRO DE GRAVEDAD FIJO

Por definición matemática el centro de gravedad de cualquier cuerpo es el punto en el cual los momentos estáticos de primer orden en todo el cuerpo se anulan. Es decir:

$$\Sigma M_G = 0$$

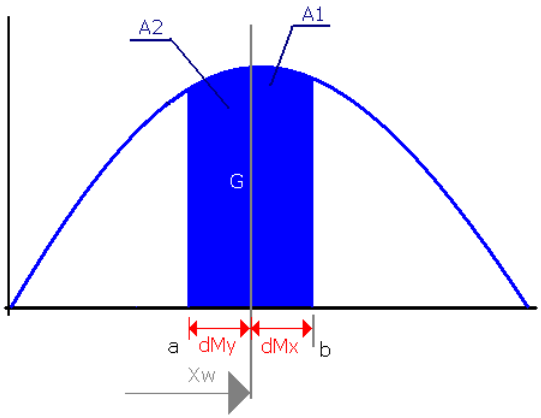
En nuestro caso, esta restricción matemática nos lleva a pensar que si tenemos un compartimiento hipotético como el mostrado en la figura limitado longitudinalmente por 'a' y 'b' a una distancia dMx y dMy de la abscisa X_w respectivamente, para que el punto G sea efectivamente la abscisa del centro de gravedad del volumen entre 'a' y 'b' deberá cumplirse la siguiente relación.

$$M_{A1} = M_{A2}$$

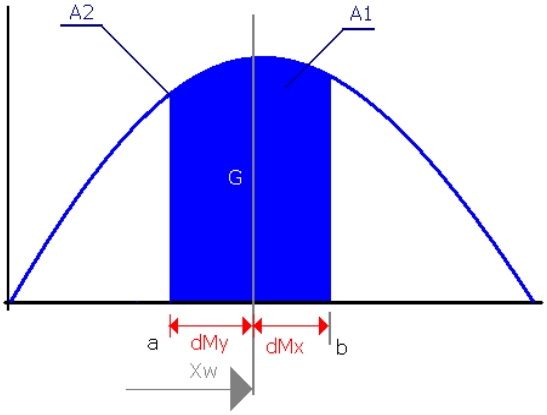
En donde:

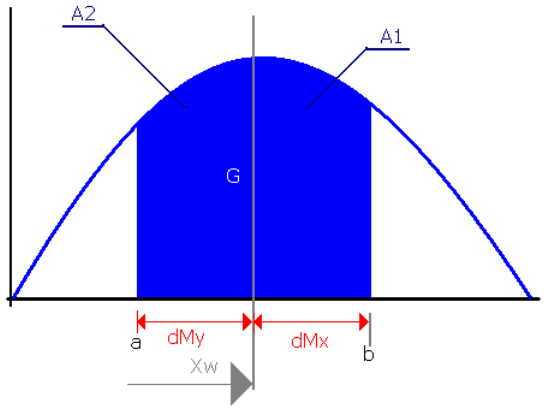
- M_{A1}: Valor numérico del momento estático de primer orden del área A1 con respecto a G.
- M_{A2}: Valor numérico del momento estático de primer orden del área A2 con respecto a G.

El modelo genera inicialmente con una distancia de dMx_1 un área A1 cuyo momento estático de primer orden respecto a G es MA1. Conocido este valor, el algoritmo calcula la distancia dMy_1 que produzca un área A2 cuyo momento de inercia MA2 sea igual – según la expresión x – a MA1. Se registran los valores numéricos de éstas variables.



Luego, se hace un incremento del límite a una distancia dMx_2, obteniéndose los respectivos nuevos valores de MA2 y dMy_2. Se repite el procedimiento incrementando progresivamente la variable dMx y obteniendo los valores respectivos de dMy.





Los resultados de dMx y dMy son ordenados de la siguiente forma:.

dMx_1	dMy_1
dMx_2	dMy_2
…	…
dMx_n	dMy_n

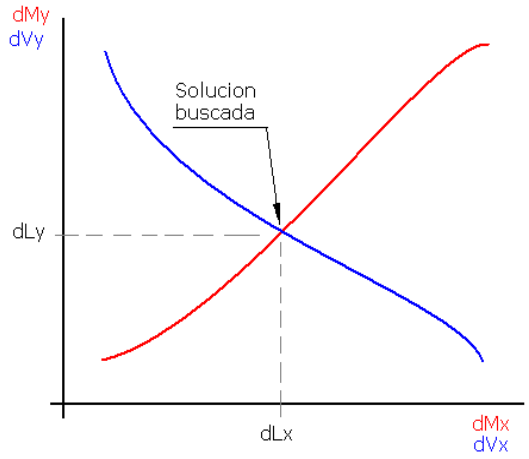
A diferencia del casco anterior, es lógico pensar que los valores de dMy van incrementándose a medida que se incrementan los valores de dMx también. Esto se debe a que los valores de momentos estáticos de primer orden MA1 van aumentando y el área reflejada A2 deberá ser mayor también para compensar el aumento del momento estático. Esto puede observarse gráficamente como si el compartimiento hipotético fuera "expandiéndose" longitudinalmente conservando invariable la posición de su centro de gravedad. De aquí se desprende que la longitud de este compartimento 'expandido' para esta condición será dada por:

$$L = dMx + dMy$$

En el análisis de esta condición no se toma en cuenta el volumen que toma el compartimiento – que obviamente va aumentando – sino que conserve su centro de gravedad estático.

En el estudio realizado hasta ahora de ha analizado cada una de las condiciones por separado. Ahora se mostrará cómo relacionarlas para llegar a la solución final. Las tablas que resultaron de analizar cada condición deben considerarse respuestas parciales del problema. Sin embargo, la eslora inundable buscada es aquella que cumple las dos condiciones mencionadas.

Es posible graficar, tomando como datos iniciales los datos obtenidos en las tablas en el eje de abscisas los valores de dVx y dMx y en el eje de las ordenadas los valores correspondientes de dVy y dMy cada uno de estos.



Es decir, obtendremos dos curvas en una misma gráfica. La primera curva es dVy en función de dVx y representa la relación que deben tener estas dos variables – que son las distancias a los extremos del compartimiento inundado a proa y popa respectivamente- para cumplir la condición de volumen fijo constante. La segunda curva es dMy en función de dMx y muestra la relación que deben tener estas dos variables para que su centro de gravedad se ubique precisamente en G.

En la intersección de ambas curvas se encuentra el valor de dLx que cumple con ambas condiciones. El paso siguiente es hallar el valor de dLy que corresponde a la intersección. Como se había mencionado antes, el valor de la eslora inundable buscada será:

$$L = dLx + dLy$$

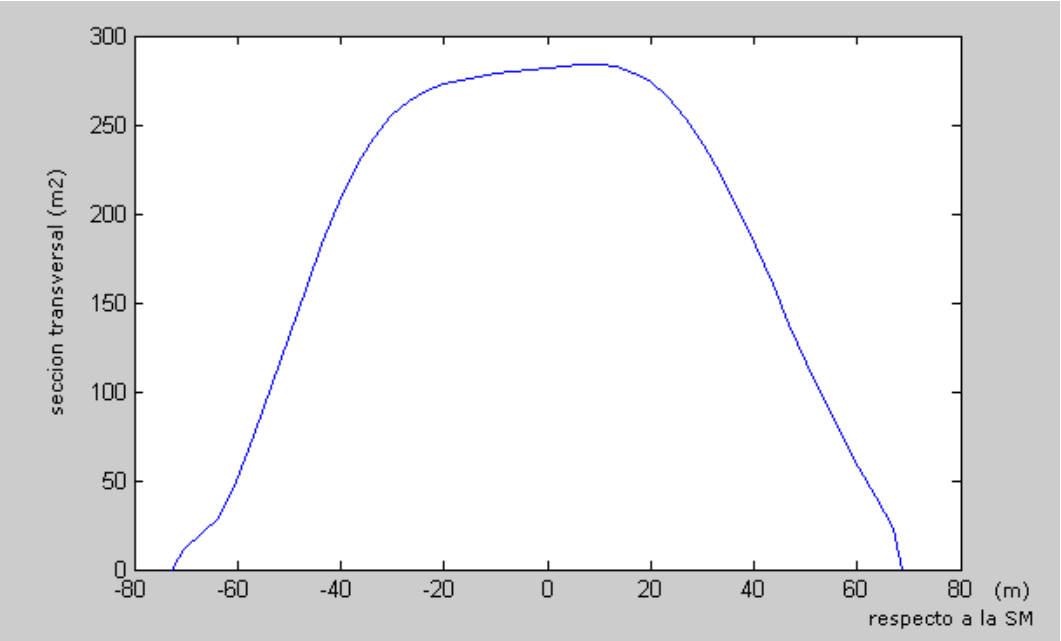
Donde dLx y dLy son las longitudes hasta los extremos del compartimiento inundado a proa y popa del artefacto naval respectivamente relativos al centro de gravedad del mismo; y L es la magnitud de la eslora inundable buscada.

RESULTADOS

El algoritmo se implementó y aplicó a un buque mercante de las siguientes características.

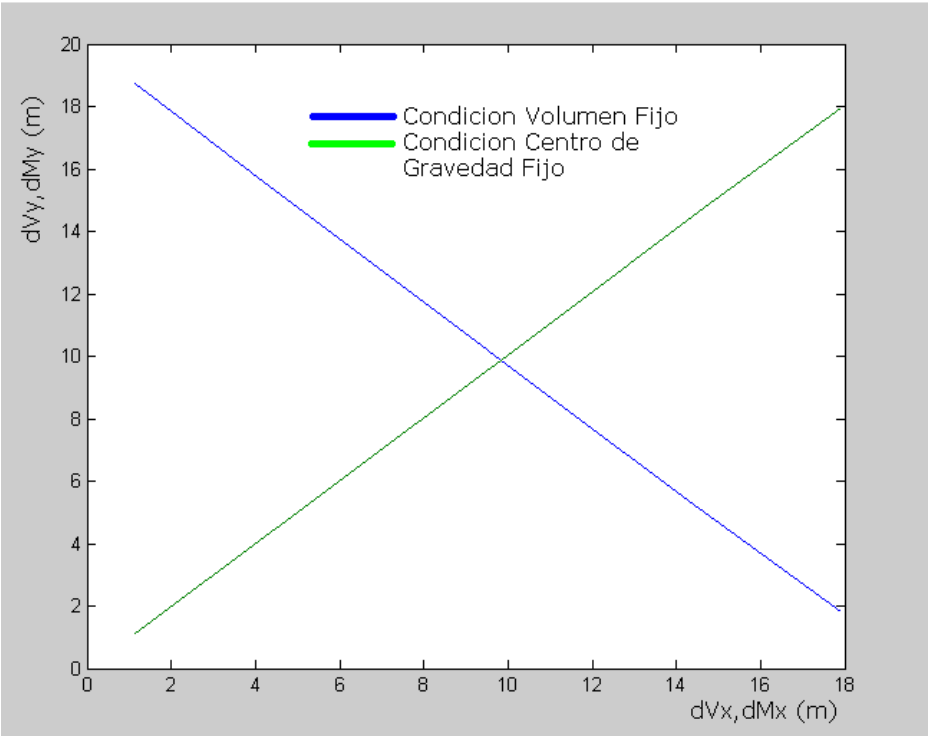
Eslora	**126m**
Manga	**22,8m**
Puntal	**17m**
Línea de subdivisión	**10.1m**
Calado de inundación a proa	**11.342m**
Calado de inundación a popa	**13.492m**

Para estas dimensiones y características de la embarcación podemos calcular los desplazamientos antes y después de la inundación. El desplazamiento inicial se obtiene a partir de las curvas hidrostáticas de la embarcación para el calado de subdivisión obteniendo el valor de 21 000 Ton, mientras que el desplazamiento después de la inundación se puede calcular a partir de las curvas de Bon Jean con los calados de inundación a proa y popa de la embarcación obteniéndose de este modo la curva de áreas para esta flotación crítica (figura) cuya integración total es equivalente al valor del desplazamiento después de la inundación 26 560 Ton.



Así, el valor numérico del compartimiento inundado 'v' se obtiene reemplazando la expresión (1) los valores numéricos de los desplazamientos resultando v=5556,8 m^3. A su vez empleando la expresión (2) obtenemos la distancia de la sección media al centro de gravedad del compartimiento inundado X_w igual a 2,20m.

La figura siguiente muestra la gráfica que relaciona los espaciamientos longitudinales (dx en el eje de abscisas y dy en el eje de las ordenadas) que cumplen por separado la condición de volumen fijo y la condición de centro de gravedad fijo.



Cada punto de las curvas representadas cumple una condición. Es lógico entonces inferir que la solución buscada será su intersección. Para el buque y la inundación analizada encontramos los valores correspondientes a la intersección de dLx = 9,8m y dLy = 9,88m. Por lo que, utilizando la expresión (x) la eslora inundable buscada será:

$$L = 9{,}8 + 9{,}88 = 19{,}68\ m$$

CONCLUSIONES

Se ha logrado implementar un algoritmo alternativo utilizando el método Shirokahuer para el cálculo de esloras inundables de una embarcación. A diferencia del

procedimiento usual de iteraciones sucesivas, este algoritmo utiliza un 'barrido' de todas las posibles soluciones analizando cada una de las dos restricciones desarrolladas, para finalmente encontrar la solución general interceptando gráficamente las dos curvas de soluciones parciales, hallando así la eslora inundable buscada.

La principal diferencia con el método de iteraciones sucesivas, es el control de cada una de las dos condiciones planteadas independientemente una de la otra. En la medida que se asegure la exactitud de cada uno de estos análisis independientes, se garantizará la exactitud del resultado final.

Del algoritmo descrito pueden desprenderse a su vez otros procedimientos para obtener las esloras inundables, sin embargo, se requerirá hacer análisis similares al desarrollado en el presente trabajo. Es posible realizar un 'barrido parcial' modificando las variables para cumplir una condición y consecutivamente evaluarlas hasta cumplir la otra y viceversa.

A nivel local, los estudios en compartimentación de naves y esloras inundables no son difundidos, perdiendo de esta manera una herramienta importante de diseño y arquitectura naval para optimizar, en futuros proyectos, las condiciones de seguridad de la embarcación y sus espacios útiles de acuerdo al tipo de servicio para el cual son fabricadas. Este trabajo intenta contribuir en la línea de la implementación tecnológica gradual y el desarrollo de tecnología propia en el ámbito naval, en miras a aportar con el avance científico y el desarrollo del Perú.

REFERENCIAS

[1] Edward Lewis, "Architecture and Naval Design", 1996 SNAME Society of Naval Architects and Marine Engineers.

[2] Javier Gonzalez, "Teoría del buque",1980 Universidad Politécnica de Madrid. Tomo I.

[3] Godino Gil, Teoría del buque y sus aplicaciones.

Algoritmo para Resolução do Problema de Programação do Transporte de Suprimentos para Unidades Marítimas de Exploração de Petróleo

Sérgio Renato Carmo Brejon
Doutorando
Depto. de Engenharia Naval, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
Endereço: R. Fernando A. Sta. Cruz Oliveira, 71 casa 28 - Vila SF2 - Butantã
CEP 05386-290, São Paulo - SP - Brasil
Telefone: 55-11-91021466
email: sergiobrejon@uol.com.br

Marco Antônio Brinati
Professor Titular
Depto. de Engenharia Naval, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 2231 - Prédio de Engenharia Mecânica e Naval
CEP 05424-970, Cidade Universitária, São Paulo - SP - Brasil
Telefone: 55-11-30915350
email: mabrinat@usp.br

RESUMO

Nas atividades de prospecção e produção de petróleo em campos marítimos são desenvolvidas uma série de tarefas. Um grupo de tarefas se refere ao transporte de suprimentos para as unidades de prospecção e produção, de modo a garantir que os suprimentos solicitados cheguem à unidade marítima solicitante na quantidade correta, dentro dos horários solicitados. A definição da composição de uma frota a ser empregada para atender a demanda das unidades marítimas e a determinação de quais embarcações da frota serão utilizadas para atender essa demanda de transporte num período específico de tempo, bem como a determinação dos roteiros dessas embarcações, delineiam um problema de transporte com características bem particulares. Esse problema é chamado de problema de dimensionamento e programação do transporte de suprimentos para unidades marítimas de exploração de petróleo (Problema de Transporte de Suprimentos).

Esse trabalho tem como objetivo propor um procedimento para a resolução do Problema de Transporte de Suprimentos no seu aspecto operacional de programação do transporte (PTS-P). Esse problema é descrito, analisado e classificado, sendo caracterizado como um Problema de Roteirização e Programação de Veículos com Restrição de Janela de Tempo (PRPVRJT).

Por ser o PTS-P um problema restrito e pouco estudado, para o qual quase não existem procedimentos específicos de solução, a estratégia adotada foi o estudo de procedimentos de solução para problemas de roteirização com restrições de janela de tempo, com objetivo de identificar um procedimento que pudesse ser adaptado. Escolheu-se a heurística de inserção I1 de Solomon (1987), que foi adaptada para a resolução do PTS-P. O algoritmo

adaptado, chamado de APTSP, foi implementado em linguagem computacional. Seu desempenho foi comparado com o algoritmo ADPOFS anteriormente proposto por Brinati, Mesquita e Becker (1993), tendo sido possível melhorar a solução para o cenário em escala reduzida testado. O algoritmo também foi testado para resolução de um cenário em escala semi-real.

Palavras-chave: roterização; roteirização de embarcações; heurística; algoritmo para programação de transporte

ABSTRACT

In open sea oil fields there are various tasks developed in offshore units used for drilling and production activities. Some tasks relate to supply transportation from land to the offshore units, making sure that all the requested supplies arrive at the right destination in the right time windows. Determining the maritime fleet size and composition necessary to attend the demand of supplies, and determining the schedules of each boat in the fleet in a certain period of time defines a very particular transportation problem. This problem is named fleet sizing and transportation scheduling of supplies to offshore units (Supply Transportation Problem).

This work presents a heuristic computerized procedure to solve the scheduling component of the Supply Transportation Problem (PTS-P). The problem is defined, analyzed and classified as a Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Windows (VRSPTW). The PTS-P is a very particular problem and has not been wide studied in the literature. To overcome this, it was adopted the strategy of researching procedures to solve the VRSPTW, looking for a procedure that could be adapted. The insertion heuristic I1 from Solomon (1987) was chosen, and adapted to resolve the schedule component of the Supply Transportation Problem. The adapted algorithm named APTSP was implemented in computational language. It's performance was compared to the ADPOFS algorithm early developed by Brinati, Mesquita et Becker (1993), with some improvements being reported in a small size scenario. The APTSP algorithm was also tested in a scenario's size near the size found in the real problem.

Keywords: routing; ship routing; heuristic.

1. Descrição do Problema de Transporte de Suprimentos

Na sua busca por auto-suficiência de petróleo, o Brasil tem feito prospecções no seu subsolo terrestre e no subsolo de sua plataforma continental. Atualmente, a maior parte do petróleo produzido no Brasil vem de campos marítimos, e a tendência é que essa participação aumente nos próximos anos. Nas atividades de prospecção e produção de petróleo em campos marítimos utilizam-se unidades marítimas diversas, como plataformas fixas, plataformas flutuantes e navios-sonda. Utilizam-se também embarcações de apoio, como navios de transporte de suprimentos, navios de combate a incêndio, rebocadores etc. As embarcações de apoio podem ser especializadas (por exemplo, uma embarcação que só faz transporte de suprimentos) ou de uso misto (por exemplo, uma embarcação de combate a incêndio que também é utilizada no transporte de suprimentos). Plataformas e navios-sonda (chamadas de unidades marítimas) são unidades envolvidas diretamente nas atividades de prospecção e produção, e necessitam de uma série de suprimentos: água, óleo diesel, alimentos, cimento, lama, tubos de perfuração, tubos de produção, além de materiais e equipamentos variados. O transporte desses produtos é realizado por embarcações de transporte de suprimentos com características operacionais diversas (tipo, tamanho, velocidade e capacidade de carga variados), considerando que a frota utilizada é totalmente afretada (contratada de terceiros).

As embarcações de transporte de suprimentos podem ser especializadas, como por exemplo um Supridor de Óleo, que só faz o transporte desse tipo de carga, ou podem transportar cargas múltiplas, como por exemplo os PSV (Pipe Supply Vessel). Existem ainda outras embarcações de apoio com atividades especiais, como por exemplo os RAS (Reboque e Manuseio de Âncoras) e embarcações de combate à incêndio, que também podem ser utilizadas no transporte de suprimentos. Uma das características principais dessa demanda de transporte decorre da necessidade de se garantir o provimento de alguns suprimentos em datas específicas. As atividades de produção e prospecção necessitam de um fluxo de suprimentos específico para cada fase das mesmas. Por exemplo, durante a perfuração de um poço necessita-se de uma grande quantidade de lama e produtos químicos. Esses produtos são utilizados dentro do poço, formando uma coluna que equilibra a pressão do gás dentro das rochas perfuradas, evitando o escape desse gás. Por restrições de espaço e de estabilidade, os suprimentos não podem ser armazenados em grande quantidade nas próprias unidades marítimas, devendo ser transportados regularmente a partir de um ponto de apoio no continente, ou base. O não atendimento da demanda de uma unidade marítima envolvida na prospecção ou produção de petróleo pode causar a interrupção do trabalho executado a bordo, podendo gerar uma grande perda econômica.

Esse panorama delineia um problema de transporte com características bem particulares. No nível tático-estratégico o problema consiste em definir, entre as embarcações disponíveis, uma composição para a frota a ser empregada para atender a demanda das unidades marítimas. No nível operacional o problema consiste em determinar quais embarcações da frota serão utilizadas para atender a demanda de transporte num período específico de tempo, e os roteiros dessas embarcações (Brinati, Mesquita e Becker,1993). Trata-se de um problema bastante específico e de ocorrência restrita, já que poucos países além do Brasil exploram o petróleo na plataforma continental, necessitando para isso

utilizar embarcações para transportar suprimentos do continente para as unidades marítimas de exploração. Os trabalhos de Brinati et al (1991), Brinati, Mesquita e Becker (1993) e Botter, Souza e Borges (1996) descrevem esse problema em detalhes. A ordem de grandeza do problema real na Bacia de Campos era de cerca de 50 embarcações para o atendimento de cerca de 60 unidades marítimas (Botter, Souza e Borges, 1996).

O problema pode ser resumido pelas seguintes características:

- a base tem uma localização geográfica determinada;
- cada unidade marítima tem uma localização geográfica determinada;
- a frota é composta de múltiplas embarcações;
- cada embarcação tem características operacionais próprias, com custos fixos e variáveis também próprios;
- cada embarcação pode transportar cargas diversas cargas, em tanques/silos dedicados ou no convés;
- cada embarcação tem uma capacidade específica de cada tipo de carga e de carga total
- cada embarcação tem uma velocidade de serviço própria;
- cada embarcação tem um consumo de combustível e água potável próprio, que depende do tipo de operação (navegação, manobras, carga/descarga);
- a velocidade de transferência de cargas de tanques e silos das embarcações para as unidades marítimas está restrita à capacidade das bombas de cada embarcação;
- a velocidade de transferência de cargas de convés das embarcações para as unidades marítimas está restrita à capacidade dos guindastes de cada unidade marítima;
- cada carga tem características próprias em termos de fator de estiva, categoria (carga de convés ou de tanques e silos) e perecibilidade (tempo máximo de transporte);
- cada pedido de transporte (requisição) é caracterizado por um destino (unidade marítima requisitante), pelos tipos e quantidades de carga, pela data de entrega de cada carga e pela data em que cada carga fica disponível na base;
- as embarcações ficam indisponíveis quando termina o afretamento ou quando está previsto algum reparo;
- o problema é afetado por vários fatores aleatórios, como por exemplo o estado de mar, que pode alterar os tempos de viagem, e filas na base, que podem alterar os tempos de carregamento na base.

Em função dessas características, um procedimento de solução do Problema de Transporte de Suprimentos no seu aspecto operacional de programação do transporte (PTS-P) deve gerar os roteiros e a programação das embarcações considerando que:

- todas as requisições devem ser atendidas;
- as janelas de tempo dos clientes devem ser respeitadas, ou seja, as cargas não devem ser entregues antes ou depois do prazo estabelecido pelas unidades marítimas;
- a duração das viagens deve considerar a autonomia das embarcações (os tanques de óleo diesel e água para consumo próprio são os mesmos para atender a demanda);
- a duração das viagens também deve considerar as janelas de tempo das próprias embarcações (início e fim de afretamento, e períodos de indisponibilidade para manutenção)
- a alocação de cargas às embarcações deve respeitar as características das mesmas, em termos de limite de capacidade global de carga e de limite de capacidade de cada tipo específico de carga;

- as unidades marítimas só podem ser visitadas por uma única embarcação por dia.

Algoritmo proposto por Brinati, Mesquita e Becker (1993)
O Problema de Transporte de Suprimentos foi estudado originalmente por Brinati, Mesquita e Becker (1993). Em seu trabalho intitulado de "Dimensionamento e programação do transporte de suprimentos para unidades marítimas de exploração de petróleo", os autores apresentam e detalham o Problema de Transporte de Suprimentos. Os autores propõem também um procedimento de resolução, denominado algoritmo para dimensionamento e programação da frota de supridores (ADPOFS), que foi desenvolvido a partir das idéias básicas do algoritmo ADARTW proposto por Jaw et al (1986) para o Problema de Coleta e Entrega com Restrição de Janela de Tempo ("dial-a ride"). Segundo os autores, o algoritmo foi implementado e testado em cenários grandes, envolvendo 40 unidades marítimas, 60 embarcações e 2400 requisições para um período de 4 meses. A título de ilustração, o trabalho apresenta um exemplo numérico de pequena escala, envolvendo 5 unidades marítimas, 3 embarcações e 200 requisições para um período de 30 dias.

No item 6 (revisão bibliográfica) será analisada uma série de algoritmos propostos para a solução de problemas de roteirização e programação de veículos com restrição de janela de tempo, buscando-se identificar algum outro algoritmo que possa ser adaptado para a resolução do PTS-P. Antes, porém, será feita uma revisão sobre os problemas de roteirização.

2. Parâmetros que caracterizam um Problema de Roteirização

Os problemas de roteirização de veículos podem ser classificados em diversas categorias e tipos. Os vários problemas diferem entre si em aspectos relacionados ao tipo de operação, ao tipo de carga, ao tipo de frota utilizada, à localização dos clientes, ao tipo de restrições, ao tipo de função objetivo, e vários outros fatores.

A operação (ou serviço) executada no cliente pode ser de coleta ou entrega. Na primeira, a visita ao cliente é marcada pela coleta de mercadorias ou pessoas (é o que ocorre respectivamente na coleta de lixo e no transporte de passageiros por ônibus fretados que levam os passageiros ao trabalho). Na segunda, a visita ao cliente é marcada pela entrega de mercadorias ou pessoas. A carga a ser transportada pode ser de um único tipo, ou de vários tipos. A frota utilizada no transporte pode ser composta por um único veículo ou por vários veículos. Os veículos empregados podem ser todos iguais, ou podem ter capacidades, desempenhos, custos fixos e custos operacionais diferentes. Os veículos podem carregar um único tipo de carga ou podem levar vários tipos. Os veículos podem ser guardados (ou consertados, abastecidos, etc.) em um único depósito, ou então podem escolher entre vários depósitos existentes. Os clientes podem estar localizados de maneira dispersa ou ao longo das vias de transporte (por exemplo, é o que ocorre respectivamente na entrega urbana de encomendas e na entrega urbana de cartas). Além disso, os clientes podem exigir condições de serviço diversas, por exemplo, que sejam visitados num determinado horário, ou que sejam visitados por um único veículo por dia. Diversas restrições podem ser relevantes. Por exemplo, restrições da via ao veículo, como limite de peso permitido e altura máxima; ou

proibições de conversões à esquerda em entregas urbanas, por razões de segurança de trânsito. O objetivo a ser atingido na resolução do problema também pode variar. Por exemplo, pode-se desejar diminuir os custos fixos, operacionais ou totais. Ou pode-se tentar otimizar uma função de custo que incorpore também a satisfação do cliente.

A seguir serão listados os parâmetros mais relevantes e comuns, segundo Bodin e Golden (1981), Bodin et al. (1983), Assad (1988) e Ronen (1988):

- tipo de operação (coleta ou entrega, coleta/entrega simultaneamente, coleta (ou entrega) com carga retorno);
- tipo de carga (única , múltiplas cargas, necessidade de veículo especial para efetuar o transporte);
- tipo de demanda (determinística, estocástica);
- localização da demanda (localizada em arcos, em nós, ou localizada em arcos e nós);
- restrições junto aos clientes (necessidade ou não de atender toda a demanda, existência de clientes com prioridade, existência de janelas de tempo, tempo máximo permitido para carga/descarga, necessidade ou restrição de serviço em algum dia específico da semana);
- tamanho da frota (um único veículo, vários veículos);
- tipo de frota (homogênea, heterogênea, veículos especiais dedicados a um ou mais tipos de carga);
- localização dos veículos (em um único depósito, em vários depósitos);
- restrições dos veículos (autonomia, capacidade de carga, tipo de carga, restrições de carga e descarga);
- jornada de trabalho (duração, horário de almoço/interrupções, permissão para viagens de mais de um dia);
- número de tripulantes por veículo;
- pagamento dos tripulantes (por jornada de trabalho, por produtividade, jornada e horas extras);
- estrutura da rede (direcionada , não direcionada, mista, euclidiana);
- duração de rotas (imposta e igual para todas as rotas, imposta e diferente para cada rota, não imposta);
- restrições aos veículos (limite de peso, de altura, largura e comprimento do veículo; restrições de carga e descarga; número de rotas permitido por veículo);
- outras restrições (balanceamento da rota , pontos de parada/descanso, proibição de contornos a esquerda por questões de segurança, obrigatoriedade de se utilizar rotas pré-determinadas);
- estrutura de custos (custos variáveis , custos fixos);
- objetivos (minimizar custos variáveis, minimizar soma de custos fixos e variáveis, minimizar duração das rotas, minimizar a frota, maximizar função de utilidade baseada no nível de serviço e/ou satisfação e/ou prioridades dos clientes, balanceamento de rotas, minimizar o uso de frota contratada).

A seguir será visto como os problemas de roteirização são classificados em função dos diversos parâmetros aqui relacionados.

3. Classificação de Problemas de Roteirização de Veículos

Problemas de roteirização de veículos pertencem a uma categoria ampla de problemas de pesquisa operacional conhecida como Problemas de Otimização de Rede. Nessa categoria encontram-se problemas clássicos, como Problema de Fluxo Máximo, Problema do Caminho Mais Curto, Problema de Transporte, Problema de Designação (Golden, Ball e Bodin, 1981).

Uma das dificuldades de se modelar e resolver um problema de roteirização advém da grande quantidade de parâmetros que podem influenciar esse tipo de problema, conforme já foi descrito anteriormente. A classificação dos problemas de roteirização permite uma melhor compreensão dos aspectos mais relevantes, que devem ser considerados com maior atenção quando da proposição de algum procedimento de solução.

Os problemas são classificados em três categorias principais (Bodin e Golden, 1981 ; Bodin et al, 1983):

- Problemas de Roteirização de Veículos, onde não há restrições temporais por parte dos clientes (ou seja, não há nenhum horário pré-estabelecido), nem relações de precedência entre os clientes (ou seja, nenhum cliente precisa ser atendido especificamente antes ou depois de algum determinado cliente). Num problema desse tipo apenas os aspectos espaciais são levados em consideração, e o objetivo é construir um conjunto de rotas viáveis e de menor custo.
- Problemas de Programação de Veículos, quando a definição das rotas deve levar em consideração os horários pré-estabelecidos para cada atividade a ser executada (horário limite para chegada e nos pontos de demanda, horário limite para saída dos pontos de demanda, ou também o instante programado para outras tarefas como por exemplo horário de saída do depósito, parada para reabastecimento, etc.). Nesse tipo de problema, a elaboração das rotas leva em consideração, além dos aspectos espaciais do problema, também os aspectos temporais.
- Problemas Combinados de Roteirização e Programação de Veículos, quando existe algum tipo de restrição de precedência e/ou janela de tempo. Relações de precedência ocorrem, por exemplo, quando a entrega de uma mercadoria deve ser precedida pela sua coleta. Janelas de tempo são restrições horárias normalmente associadas ao intervalo desejado para que um dado serviço seja executado num cliente. Podem existir outros tipos de janela de tempo, como por exemplo o intervalo de tempo que um veículo fica disponível, ou o intervalo de tempo em que o depósito (ou depósitos) fica disponível aos veículos. Em problemas combinados tanto os aspectos espaciais quanto temporais são levados em consideração. Segundo Bodin e Golden (1981) os problemas que ocorrem na prática normalmente estão nessa categoria.

A descrição de problemas típicos de cada uma das três categorias principais de problemas de roteirização de veículos pode ser encontrada em Bodin et al (1983). A descrição dos problemas combinados, em particular, pode ser consultada em Solomon e Desrosiers (1988).

A classificação de um problema específico leva em consideração os parâmetros citados anteriormente. Em cada uma dessas três categorias encontramos alguns problemas típicos, com formulações propostas, e eventualmente com algoritmos de solução já desenvolvidos.

Como se pode perceber pela grande quantidade de parâmetros, nem todas as combinações possíveis levam a algum problema já abordado na literatura, para o qual já exista uma modelagem proposta, e para o qual já tenha sido desenvolvido algum algoritmo de solução.

Os problemas de roteirização envolvendo embarcações, em particular, são pouco estudados na literatura. Ronen (1993) faz uma revisão bibliográfica de trabalhos que tratam dos problemas de roteirização e programação aplicados especificamente a embarcações. Ronen classifica os problemas de roteirização de embarcações em cinco grupos:

- Dimensionamento/composição e alocação de frota
- Problema combinado de roteirização e armazenagem
- Velocidade ótima de cruzeiro
- Programação de embarcações
- Problemas especiais

O PTS-P não se assemelha aos problemas revisados por Ronen nessas cinco classes. A mais próxima é a classe de programação de embarcações, mas a mesma se refere à programação de embarcações em rotas já determinadas (rotas comerciais), e não abrange o aspecto temporal referente à existência de janelas de tempo nos clientes.

4. Caracterização do problema de Transporte de Suprimentos no seu aspecto operacional de programação do transporte como um Problema de Roteirização e Programação de Veículos com Restrição de Janela de Tempo (PRPVRJT)

A classificação de um problema de roteirização nem sempre é clara e precisa, pelo grande número de parâmetros existentes e pela falta de padronização. O Problema de Transporte de Suprimentos no seu aspecto operacional de programação do transporte pode ser classificado como pertencente à categoria de Problemas Combinados de Roteirização e Programação de Veículos. Essa classificação pode ser justificada pelo fato de que tanto os aspectos espaciais como temporais são relevantes, e a solução do problema deve elaborar os roteiros das embarcações respeitando as janelas de tempo dos clientes e dos próprios veículos. Dentro da categoria de Problemas Combinados de Roteirização e Programação de Veículos, o problema que mais se assemelha ao PTS-P é o Problema de Roteirização e Programação de Veículos com Restrição de Janela de Tempo (PRPVRJT), ou "vehicle routing and scheduling problem with time windows" (VRSPTW).

O PTS-P pode ser considerado uma extensão do PRPVRJT, pois é caracterizado por uma série de restrições adicionais que não estão presentes no PRPVRJT. Dada a inexistência de algoritmos para problemas com restrições específicas, a busca de um procedimento de solução será feita a partir do estudo de algoritmos de solução propostos para o PRPVRJT. No capítulo seguinte será feita uma revisão bibliográfica de uma série de algoritmos propostos para a solução do PRPVRJT. Também serão estudados os trabalhos referentes ao Problema de Coleta e Entrega com Restrição de Janela de Tempo (PCERJT), que é uma extensão do PRPVRJT. Se no Problema de Transporte de Suprimentos também ocorresse o transporte de suprimentos entre as unidades marítimas, então o mesmo poderia efetivamente ser classificado como um PCERJT, porém o transporte só ocorre entre a base e as unidades marítimas, não configurando relação de precedência do tipo coleta/entrega

entre as unidades marítimas.

As restrições adicionais que estão presentes no Problema de Transporte de Suprimentos podem ser visualizadas seguindo-se o esquema de classificação para problemas de roteirização e programação de veículos proposto por Desrochers, Lenstra e Savelsbergh (1990). A idéia básica dos autores é que o esquema sirva de orientação na fase inicial de desenvolvimento de um sistema de roteirização, ou seja, durante a compreensão dos aspectos relevantes do problema em estudo e sua modelagem. O esquema proposto, segundo os autores, permite classificar a maioria dos modelos já considerados na literatura, servindo como ferramenta para esclarecer a grande variedade de parâmetros existentes nos problemas de roteirização e programação de veículos. Os principais parâmetros abordados nesse esquema estão agrupados em quatro categorias:

- ENDEREÇOS, referente aos parâmetros relacionados aos clientes e aos depósitos
- VEÍCULOS, referente aos parâmetros relacionados à frota
- CARACTERÍSTICAS DO PROBLEMA, referente aos parâmetros relacionados à rede, ao tipo de serviço, às restrições entre endereços, às restrições entre endereços e veículos, e às restrições entre veículos
- OBJETIVO, referente ao tipo de otimização que se procura obter

Segundo esse esquema, o Problema de Transporte de Suprimentos pode receber a seguinte classificação:

ENDEREÇOS

- número de depósitos: um (1)
- tipo de demanda: localizada nos nós, só entregas, demanda determinística
- restrições de programação nos endereços: múltiplas janelas de tempo
- restrições na seleção dos endereços: todos endereços com demanda devem ser visitados

VEÍCULOS

- número de veículos: variável (de acordo com as condições do problema em cada momento)
- restrições de capacidade: veículos com diferentes capacidades
- restrições de carga: veículos com compartimentos dedicados
- restrições na programação: diferentes janelas de tempo para os veículos
- restrições de duração de rota: diferentes autonomias para cada veículo

CARACTERÍSTICAS DO PROBLEMA

- tipo de rede: euclidiana, não direcionada
- tipo de estratégia de serviço: é permitida divisão de demanda com mais de uma visita desde que em dias diferentes, não há cargas de retorno, veículo pode fazer várias rotas consecutivas, rotas começam e terminam no depósito
- restrições entre endereços: não há restrições de precedência, não há restrições entre depósito e clientes, não há restrições entre clientes
- restrições entre endereços e veículos: entre depósito e veículos (tempos de carregamento), entre clientes e veículos (tempos de descarga e tipo de carga que o veículo pode levar, restrição de uma unidade marítima só permitir a visita de 1 embarcação por dia
- restrições entre veículos: não existem restrições entre veículos

OBJETIVO

- minimizar soma de: custos variáveis (dependentes da duração das rotas) e custos fixos

5. Problemas de Roteirização : a necessidade de se gerar um procedimento informatizado específico

A proposição de um procedimento informatizado para um problema qualquer pode gerar a seguinte pergunta: O que se ganha nesse processo de informatização? O aumento de velocidade do processo de resolução de um problema por si só pode não ser uma boa justificativa, principalmente se o computador apenas permitir obter o resultado errado de maneira mais rápida! Para responder a essa pergunta no contexto particular de problemas de roteirização, pode-se consultar o trabalho de Sutcliffe e Board (1991). Nesse trabalho os autores analisam os benefícios gerados pela utilização de procedimentos informatizados para roterização de veículos (somente foram analisados trabalhos teóricos publicados, dos quais apenas alguns se referiam a casos reais, com resultados efetivamente alcançados na prática).

Utilizando análise de regressão, Sutcliffe e Board tentam correlacionar o benefício atingido com as características dos problemas resolvidos. Os autores concluem que quanto mais complexo o problema (por exemplo, maior número de clientes, veículos e rotas, e a presença de janelas de tempo), maior o benefício alcançado. Como benefícios principais, os autores apontam:

- a obtenção de rotas mais curtas e mais rápidas;
- menor número de veículos empregados;
- menores custos;
- a empresa torna-se menos dependente da pessoa responsável pela roteirização (roteirista)
- aumento da produtividade do roteirizador em relação ao processo manual;
- melhoria do processo de registro das operações efetuadas;
- promoção de uma melhor compreensão do processo de roteirização;
- melhor controle da função de transporte na empresa;
- capacidade de se efetuar análises de sensibilidade;
- capacidade de se testar hipóteses (“what-if”);
- capacidade de decidir entre operar uma frota própria ou contratar frota de terceiros;
- benefícios para os motoristas (programação de horários adequados);
- benefícios para os clientes (melhor nível de serviço).

Se a informatização do procedimento de roteirização parece justificável, então se poderia simplesmente utilizar um pacote comercial de roteirização, ou apenas alterar algum algoritmo existente para contemplar a estrutura de dados particular do problema a ser resolvido. Golden, Bodin e Goodwin (1986) por outro lado analisam pacotes comerciais disponíveis para utilização em microcomputadores. Os autores concluem que os *softwares* de roteirização podem gerar grandes economias, mas que há um grande campo a ser pesquisado, pois muitas necessidades e problemas específicos não são bem tratados pelos pacotes existentes, demandando soluções específicas (grifo nosso). Rosseau (1988), e Assad (1988) também comentam a necessidade de soluções específicas para cada tipo de problema. Assad ainda acrescenta que as empresas que desenvolvem pacotes comerciais não se interessam em oferecer procedimentos específicos para cada aplicação, por não ser comercialmente vantajoso, ou simplesmente por não dispor de recursos ou conhecimento

para tanto. Essa necessidade de soluções específicas surge da grande variedade de problemas, como foi visto na classificação dos problemas de roteirização, e das características específicas de cada problema. Bodin et al. (1983) comentam a esse respeito que a maioria dos problemas de roteirização compartilham objetivos comuns (como redução de custos, redução de frota, etc.) mas que as diferentes característcas e hipóteses de cada problema levam a diferentes modelagens, com diferentes métodos de resolução.

Dificuldade de se resolver problemas práticos de roteirização

Segundo Bodin (1990), muitos dos problemas descritos na literatura modelam de maneira simplificada os problemas reais. Schrage (1981) cita uma série de características que ocorrem na prática, tais como janela de tempo, múltiplos tipos de carga e múltiplos tipos de veículos, que podem ser incorporadas ao se tentar uma modelagem mais realista dos problemas práticos. Bott e Ballou (1986) citam uma lista ainda mais compreensiva de restrições que ocorrem na prática.

Mas problemas de roteirização de veículos são problemas combinatórios complexos e de difícil resolução (Magnanti, 1981). Segundo Lenstra e Rinnooy Kan (1981), "... quase todos os problemas de roteirização e programação de veículos são NP-hard e portanto improváveis de serem resolvidos em tempo polinomial". Para que isso fique claro, é necessário definir o que é um problema de classe NP-hard e um problema de classe P. Um problema é dito de classe P quando se conhece um algoritmo para sua solução cuja complexidade computacional é uma função polinomial do tamanho do problema (tal algoritmo é dito polinomial). Um problema é dito de classe NP-hard quando todos os algoritmos conhecidos para sua solução são não polinomiais (Bodin et al., 1983). Como o VRP por si só é NP-hard (Lenstra e Rinnoy Kan, 1981), a incorporação de restrições para tornar o problema modelado mais próximo do problema real só vem aumentar a complexidade do modelo e de um algoritmo de solução.

Por um lado é óbvio que a modelagem matemática de um problema deve incorporar os aspectos relevantes do mesmo, tornando o modelo o mais próximo possível da realidade. Por outro lado, isso pode se tornar inútil, já que um modelo mais próximo da realidade não garantirá a existência de um procedimento que gere soluções melhores. Isso é particularmente verdadeiro para problemas de roteirização. Os problemas de roteirização encontrados na prática são em geral NP-hard (Bodin et al., 1983). Segundo Solomon e Desrosiers (1988), o VRSPTW também é NP-hard, por ser uma extensão do VRP. Em função disso, muitas vezes a aplicação de métodos de solução exata é inviável, sendo frequente a utilização de algoritmos do tipo heurístico para a resolução de problemas de roteirização mais complexos (Christofides, Mingozzi e Toth, 1979; Magnanti, 1981; Bodin et al., 1983; Golden e Assad, 1986; Solomon e Desrosiers, 1988; Haimovich, Rinnooy Kan e Stougie, 1988; Ballou, 1989; Powers, 1989; Bodin, 1990; Cunha, 1996). Desrochers, Desrosiers e Solomon (1992) colocam ainda que enquanto os algoritmos heurísticos tem sido efetivos na resolução de uma ampla variedade de problemas de tamanho e restrições próximos da realidade, os métodos exatos têm ficado bastante atrás.

Silver, Vidal e de Werra (1980) citam uma definição de heurística proposta por Nicholson, que define uma heurística como um procedimento "... para resolver problemas de maneira

intuitiva, no qual a estrutura do problema pode ser interpretada e explorada inteligentemente para obter soluções razoáveis". Ballou (1989) cita uma definição proposta por Hinkle e Keuhn, que propõe que "uma heurística ... é um processo de racionalização... que procura uma solução satisfatória ao invés de uma solução ótima. A heurística, que reduz o tempo gasto na procura da solução de um problema, compreende uma regra ou procedimento computacional que restringe o número de alternativas de solução para um problema, de maneira análoga ao processo humano de tentativa e erro utilizado para obter soluções para problemas para os quais não existem métodos exatos de solução". O fato de heurísticas quase nunca oferecerem soluções exatas não é suficiente para descartar sua utilização, particularmente para os problemas de roteirização, onde muitos dos algoritmos de solução são de natureza heurística. Segundo Ballou (1989), existem heurísticas que conseguem obter resultados muito próximos dos obtidos por métodos exatos. Na verdade, existem uma série de fatores que, se presentes no problema a ser resolvido, podem tornar recomendável a utilização de heurísticas como procedimento de solução (Zanakis e Evans, 1981; Silver, Vidal e de Werra, 1980; Ballou, 1989) :

- não se conhecem métodos exatos de solução;
- algum método exato é conhecido, mas é proibitivo do ponto de vista computacional;
- o método heurístico é mais simples e fácil de compreender em comparação com outros procedimentos, facilitando sua implementação e utilização, bem como permitindo uma melhor compreensão das variáveis e parâmetros mais importantes do problema, servindo inclusive um instrumento de aprendizado;
- os dados disponíveis são inexatos ou limitados, de modo que os erros cometidos na obtenção desses dados supera o erro causado pela não-otimalidade da heurística;
- o modelo a ser resolvido é apenas uma simplificação do problema real, não se justificando um grande esforço para se resolver de maneira exata o problema simplificado;
- necessidade de se resolver o problema continuamente, o que pode tornar vantajosa a utilização de um procedimento que tenha menor custo computacional.

6. Revisão Bibliográfica

Entre os trabalhos pesquisados na revisão bibliográfica, escolheu-se a heurística de inserção I1 de Solomon, no trabalho de Solomon (1987), como o procedimento para ser adaptado para resolução do Problema de Transporte de Suprimentos. Pelas características específicas do Problema de Transporte de Suprimentos, ressalta-se que nenhum dos algoritmos pode ser aplicado diretamente, devendo ser adaptado adequadamente. Os trabalhos revisados estão relacionados no quadro 1.

Quadro 1 - Trabalhos examinados na revisão bibliográfica

Referência	Problema	Abordagem
1. Solomon (1987)	VRSPTW	Heurísticas de construção
2. Solomon, Baker e Schaffer (1988)	VRSPTW	Heurística de melhoria (troca de arcos)
3. Desrochers, Desrosiers e Solomon (1992)	VRSPTW	Método exato (geração de colunas)
4. Koskosidis, Powell e Solomon (1992)	VRSPSTW	Heurística (baseada em

		programação matemática)
5. Balakrishnan (1993)	VRSPSTW	Heurísticas de construção
6. Potvin e Rousseau (1993)	VRSPTW	Heurística de construção paralela de rotas
7. Van Der Bruggen, Lenstra e Schuur (1993)	SVPDPTW	Heurística de construção e melhoria (troca de arcos)
8. Thompson e Psaraftis (1993)	VRSPTW	Heurística de melhoria (transferência cíclica)

- As referências (2) e (8) apresentam procedimentos de melhoria. Isso significa que, em princípio, a utilização de qualquer um deles numa primeira etapa fica automaticamente descartada, pois são adequadas apenas para a melhoria de soluções iniciais. Ou seja, esses algoritmos não eliminam o primeiro passo, que é a busca inicial de uma solução viável.
- A referência (3) apresenta um método exato promissor. Por hora, o tamanho dos problemas resolvidos (25 clientes) inviabiliza a adaptação para o Problema de Transporte de Suprimentos, que além de contar com maior número de pontos de demanda incorpora uma série de restrições adicionais, que só viriam a degradar o desempenho do algoritmo.
- A referência (4) apresenta um procedimento heurístico de difícil implementação, e que para o caso de problemas com janela de tempo que não podem ser violadas não apresentou resultados superiores aos alcançados por Solomon (1987).
- A referência (5) tem como vantagem a simplicidade das heurísticas apresentadas, aplicadas a problemas de roteirização com janelas de tempo que podem ser quebradas mediante o pagamento de uma penalidade. Porém os algoritmos propostos não apresentaram resultados adequados para problemas onde não se permite a quebra de janelas de tempo.
- A referência (6) apresenta uma modificação da heurística de inserção I1 de Solomon, utilizando a mesma para gerar soluções iniciais. A modificação introduzida se refere à abertura de várias rotas simultaneamente, em número igual ao número de rotas existentes na solução gerada pela heurística I1, mas os resultados obtidos não permitem concluir se o procedimento proposto é superior à heurística I1, e também não permitem concluir a sensibilidade do algoritmo em relação à qualidade da solução inicial. Especificamente para o caso de problemas caracterizados por agrupamento de clientes, que é o caso também do Problema de Transporte de Suprimentos, obtiveram-se resultados piores que a heurística I1.
- A referência (7) apresenta um procedimento de construção e melhoria que, porém, não pode ser comparado adequadamente, já que a modelagem se restringia a somente um veículo, e o algoritmo foi aplicado a um conjunto de problemas diverso do conjunto de problemas de Solomon (1987).

A escolha da heurística I1 de Solomon se justifica não só pelos resultados alcançados, mas também pela simplicidade do método proposto e aparente facilidade de adaptação para incorporação de restrições adicionais. Segundo Cunha (1996) as heurísticas propostas por Solomon (1987) têm sido bastante utilizadas em aplicações práticas, devidamente adaptadas para as peculiaridades de cada problema.

No próximo item será apresentado de maneira detalhada o algoritmo da heurística de inserção I1 de Solomon apresentada na referência (1), bem como o algoritmo modificado e adaptado para o PTS-P.

7. Descrição do algoritmo adaptado para resolução do PTS-P

A partir do algoritmo básico correspondente à heurística I1 de Solomon foi elaborada uma versão adaptada para a resolução do PTS-P. Na proposição do algoritmo adaptado foram consideradas simplificações e hipóteses para o PTS-P, descritas adiante.

- Os aspectos probabilísticos inerentes à operação não são considerados; dessa maneira os tempos de deslocamento das embarcações dependem apenas da velocidade da embarcação e da distância a ser percorrida, e independem das condições de mar. Também não são consideradas as filas para carga na base e descarga nas unidades marítimas.
- Os tempos de carregamento e descarregamento de uma embarcação não levarão em consideração a existência de filas. O tempo de carregamento (preparação na base) será considerado como constante, dependendo apenas do tipo de embarcação. O tempo de descarregamento em cada unidade marítima será calculado considerando a quantidade de carga a ser descarregada e as taxas de descarregamento. Para cargas de convés, a velocidade de descarregamento é um parâmetro da unidade marítima, para cargas a granel armazenadas em tanques e silos a velocidade de descarregamento é um parâmetro da embarcação.
- É permitido o descarregamento simultâneo de cargas de convés e de tanques/silos, caso estejam sendo entregues na mesma unidade marítima (as cargas de convés utilizam os equipamentos de descarga das unidades marítimas, e as cargas de tanques e silos utilizam os equipamentos de descarga da embarcação).
- O tempo de manobra para atracação das embarcações nas unidades marítimas será considerado como um parâmetro que não depende da interação entre embarcação e unidade marítima, nem depende das condições de mar, sendo considerado como um parâmetro que depende apenas da embarcação.
- Somente serão consideradas as embarcações dedicadas exclusivamente ao transporte de suprimentos.
- As embarcações terão uma data inicial de disponibilização e serão considerados períodos de indisponibilidade (para atividades de manutenção, por exemplo).
- Os tanques de diesel e água das embarcações, utilizados para transporte de carga para as unidades marítimas, são os mesmos utilizados para consumo próprio.
- As capacidades de cada tipo de carga e a capacidade total carga de cada embarcação são parâmetros conhecidos, dependentes de cada embarcação.
- Não serão considerados aspectos relativos à estabilidade das embarcações, tanto no que se refere às combinações de carga que poderiam afetar à estabilidade, quanto no que se refere à ordem de descarregamento, que poderia causar o mesmo efeito.
- As janelas de tempo das requisições serão consideradas como sendo o período de 1 dia (24 horas), ou seja, as requisições devem ter o atendimento iniciado em qualquer momento desse dia.

- Com relação à disponibilização das cargas, admitir-se-á que cada requisição estará disponível na base numa certa data. Assim, para que uma requisição seja alocada a um roteiro ela deve estar disponível antes do instante que o veículo deixa a base para executar aquele roteiro.
- Não serão consideradas restrições relativas à perecibilidade de cargas (tempo máximo em percurso).
- Todas as requisições de mesma janela de tempo (mesma data de entrega) para uma mesma unidade marítima devem ser atendidas por uma mesma embarcação (uma unidade marítima não pode receber a visita de mais de uma embarcação por dia).

Alguns dos pontos acima, mesmo representando simplificações para o Problema de Transporte de Suprimentos, ainda assim conferem à heurística adaptada uma complexidade maior que a da versão original. As principais alterações introduzidas em relação à heurística original para levar em conta esse aumento de complexidade se referem a:

- Agrupamento de requisições de mesmo dia e mesmo destino, com objetivo de evitar atendimento por mais de uma embarcação (restrição da unidade marítima receber a visita de somente uma embarcação por dia);
- Utilização de frota não homogênea, com múltiplos tipos de carga, velocidades e custos operacionais;
- Introdução de um critério de seleção da embarcação a ser utilizada. Ao se iniciar uma nova rota, será escolhida a embarcação disponível que apresentar menor custo variável unitário estimado (custo de combustível por tonelada transportada);
- Introdução de um critério de desempate no critério de inicialização 2: caso haja duas ou mais requisições com a mesma data para início de atendimento, seleciona-se a undade marítima mais distante;
- Teste de limite de distância temporal entre o início da janela de tempo do cliente que está sendo inserido e o fim da janela de tempo do último cliente da rota ($e_u - l_m > d$ dias, $d \geq 0$) que tenta evitar inserções de requisições no fim da rota que venham a causar excesso de espera para atendimento. Assim, essas requisições nem são consideradas para a inserção nesse momento podendo, porém, ser inseridas posteriormente. Isso também permite restringir o número de requisições candidatas a cada inserção;
- Restrição múltipla de capacidade de carga, considerando as diferentes capacidades de cada tipo de carga para cada embarcação;
- Restrição dupla de autonomia (água e combustível), considerando consumos diferentes para as diversas condições de operação (navegação, manobras, carga/descarga), e considerando que os tanques de carga também são utilizados para consumo próprio;
- Restrição de data de disponibilização das requisições na base;
- Restrição de janela de tempo da embarcação (datas de disponibilização e períodos de indisponibilidade).

Os principais passos do algoritmo adaptado são descritos adiante, resumidamente. Preliminarmente, para se estimar o custo variável unitário de cada embarcação, o algoritmo será processado considerando cada embarcação isoladamente no atendimento das requisições, como se essa embarcação fosse única disponível para atendimento. Os roteiros gerados para cada embarcação isoladamente irão gerar o custo variável por tonelada efetivamente transportada, que será utilizado como critério para escolha de embarcações pelo algoritmo. No primeiro passo agrupam-se as requisições para o mesmo dia e mesma

unidade marítima da requisição candidata. Em seguida, escolhe-se o veículo disponível de menor custo variável unitário estimado. A requisição a ser inserida para iniciar a rota é escolhida utilizando um dos critérios de inicialização, respeitando as restrições de:

- restrição de limite de distância temporal;
- restrição múltipla de capacidade de carga: carga de convés (área e tonelagem), carga de cada tanque/silo (volume) e carga total (tonelagem);
- restrição dupla de autonomia (diesel e água);
- restrição de viabilidade temporal das requisições na rota (janela de tempo);
- restrição de data de disponibilização de carga na base;
- restrição de janela de tempo da embarcação (data inicial de disponibilização e períodos de disponibilidade).

Para escolha da próxima requisição, verifica-se para cada requisição não atendida a viabilidade de inserção em todas as posições da rota, examinando-se todas as restrições mencionadas acima. Calcula-se para cada requisição u a melhor posição viável de inserção na rota já construída e o correspondente custo c_1 ; a seguir calcula-se a função c_2 para cada requisição para cada uma dessas requisições, e insere-se a requisição u* que maximiza se a função c_2 . Essa rotina é repetida até não ser mais possível inserir nenhuma requisição na rota em construção nem abrir uma nova rota. O algoritmo APTSP fica escrito da seguinte maneira (as alterações introduzidas em relação à heurística original foram destacadas em negrito):

ALGORITMO APTSP
Rotina "Agrupamento de requisições"
agrupa requisições de mesma janela de tempo e mesma unidade marítima
Fim-Rotina
Repete enquanto houver alguma requisição não alocada
executa rotina "Agrupamento de requisições"
executa rotina "Escolha do veículo"
executa rotina "Inicialização de rota"
repete enquanto for possível inserir alguma requisição na rota em construção
executa rotina "Escolha da requisição e da posição de inserção"
insere requisição na rota em construção
fim-repete
Fim-Repete
Rotina "Escolha do veículo"
seleciona embarcação disponível com menor custo variável unitário estimado
Fim-Rotina
Rotina "Inicialização de rota"
escolhe a requisição candidata para abrir a nova rota utilizando um dos critérios
critério 1 - requisição não atendida de cliente mais distante, de maior d_{oi} **(em caso de empate, escolhe a de menor l_i)**
critério 2 - requisição não atendida com menor valor de l_i **(em caso de empate, escolhe a de maior d_{oi})**
verifica viabilidade de inserção da requisição
executa rotina "Testes de viabilidade de inserção"
caso não seja possível, escolhe outra requisição candidata e repete o processo
fim-verifica
Fim-Rotina
Rotina "Escolha da requisição e da posição de inserção"
repete para cada requisição ainda não alocada
executa rotina "Testes de viabilidade de inserção"

calcula c_1 para cada posição viável

$c_1(i, u, j) = \alpha_1 c_{11}(i, u, j) + \alpha_2 c_{12}(i, u, j)$ $\alpha_1 + \alpha_2 = 1,$ $\alpha_1 \geq 0, \alpha_2 \geq 0,$

onde $c_{11}(i, u, j) = d_{iu} + d_{uj} - \mu d_{ij}$, $\mu \geq 0$

$c_{12}(i, u, j) = b_{j/u} - b_j$

fim-calcula

calcula melhor posição viável de inserção da requisição u

$c_1(i(u), u, j(u)) = \min [c_1 (i_{p-1}, u, i_p)]$

fim-calcula

fim-repete

escolhe requisição u* a ser inserida

$c_2(i(u^*), u^*, j(u^*)) = \max [c_2(i(u), u, j(u))]$

onde $c_2(i, u, j) = \lambda d_{0u} - c_1(i, u, j),$ $\lambda \geq 0$

fim-escolhe

Fim-Rotina

Rotina "Testes de viabilidade de inserção"

verifica limite de distância temporal

se $e_u - l_m > d$ dias, **$d \geq 0$**

então não considera a inserção da requisição u na rota em construção

fim-verifica

verifica disponibilidade da requisição na base

verifica viabilidade de cada posição de inserção

repete para cada posição de inserção entre as requisições i_{p-1} e i_p da rota (i_0, ... ,i_m) em construção, com $1 \leq p \leq m$

verifica restrições de autonomia múltipla (diesel e água)

verifica restrição de capacidade do veículo

verifica se a embarcação está habilitada a levar o tipo de carga

verifica capacidade de carga de convés (tonelagem e área)

verifica capacidade de carga de cada tanque (volume)

verifica capacidade de carga total (tonelagem)

fim-verifica

verifica viabilidade temporal (janela de tempo das requisições)

verifica disponibilidade da embarcação (janela de tempo da embarcação)

fim-repete

fim-verifica

Fim-Rotina

8. Implementação Computacional do Algoritmo APTSP

O algoritmo APTSP para resolução do Problema de Transporte de Suprimentos foi implementado em linguagem Visual Basic. A plataforma utilizada foi microcomputador padrão PC, em sistema operacional Windows 95. A base de dados foi implementada em banco de dados relacional formato MDB (Acess). O tempo de execução para o cenário em escala reduzida utilizado nos testes foi da ordem de 2 minutos para a melhor solução encontrada.

8.1. Descrição do cenário em escala reduzida utilizado para testes

Para efeitos de testes, considerou-se um cenário em escala reduzida, o mesmo apresentado originalmente por Brinati, Mesquita e Becker (1993). Desse modo além da análise de consistência do desempenho do algoritmo APTSP, será possível também comparar o desempenho do mesmo com o algoritmo ADPOFS desenvolvido por Brinati, Mesquita e Becker. O cenário do exemplo numérico é o seguinte:

- horizonte de programação de 30 dias (de 01/01/91 a 31/01/91);
- atendimento de 5 unidades marítimas (PA06, PA07, PCH01, PCH02, PA27) a partir de 1 base (Macaé);
- utilização de 4 embarcações (Astro Agulha, Astro Curimã, Astro Cação e Maersk Detector), sendo que 1 delas (Astro Curimã) não está disponível (portanto utilização efetiva de apenas 3 embarcações);
- necessidade de atendimento de 200 requisições no período de programação;
- todas as requisições com janela de tempo para início de atendimento com duração de 1 dia inteiro (das 00:00 horas de um dia às 00:00 horas do dia seguinte);
- cada requisição disponível na base com uma determinada antecedência em relação à data de início de janela de tempo de atendimento (por exemplo, todas as cargas do tipo rancho disponibilizadas com 3 dias de antecedência);
- as requisições se restringem a apenas 2 tipos de cargas de tanques/silos (água e diesel) e 3 tipos de cargas de convés (convés, rancho e tubos);
- previsão de um período de indisponibilidade para a embarcação Astro Agulha, com duração de 5 dias
- hipótese de uso especializado da embarcação Astro Cação (só pode ser utilizada para transporte de rancho);
- todas as embarcações disponíveis na base prontas para partida no dia anterior ao primeiro dia de programação, com exceção do Astro Agulha, disponível inicialmente a partir do dia 01/01/91 às 6:30 horas.

8.2. Análise dos resultados obtidos no cenário em escala reduzida

Os resultados obtidos foram comparados com o resultado obtido originalmente por Brinati, Mesquita e Becker (1993) com seu algoritmo ADPOFS, conforme relacionado na tabela 1. Essa tabela mostra para cada embarcação, o custo variável total no período (considerando-se apenas o custo de combustível), a carga total transportada, a distância total percorrida, o custo por tonelada transportada e o número total de viagens realizadas. Esses indicadores de desempenho também são relacionados para a frota, para a qual se acrescenta o número requisições não atendidas no período. O custo variável total no período foi calculado considerando os tempos de navegação, tempos de atracação e tempos de descarga nas unidades marítimas, e os correspondentes consumos de combustível de cada embarcação nessas condições de operação.

Tabela 1 - Desempenho econômico-operacional das embarcações da frota de acordo com o algoritmo ADPOFS de Brinati, Mesquita e Becker, para o cenário em escala reduzida

Parâmetro	Unidade	Astro Agulha	Astro Cação	Maersk Detector	Frota
Custo variável total no período	US$	24.677,57	4.683,98	48.052,15	77.413,70
Carga total transportada	ton	2903,00	84,00	6671,00	9658,00
Distância total percorrida	milhas	1661,40	693,96	1831,02	4186,38
Custo variável por tonelada	US$/ton	8,50	55,76	7,20	8,01
Número de viagens realizadas	unid	10	5	10	25
Requisições não atendidas	unid	-	-	-	8

Análise paramétrica

O algoritmo APTSP foi executado variando-se os parâmetros (μ , λ , α_1 , α_2), os critérios de inicialização e o critério de limite de distância temporal. Foram utilizados os valores μ = (0 ou 1), λ = (0 ou 1), α_1 = (0 ou 1), α_2 = (0 ou 1). O algoritmo foi processado com essas combinações de parâmetros, com critério de limite de distância temporal d igual a 1,5 ou 4 dias, para o critério de inicialização 1, e d igual a 1,0 ; 1,5 ; 2,0 ou 4,0 dias para o critério de inicialização 2. Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 2 a 7 a seguir.

Tabela 2 – Resultados com critério de inicialização 1, critério de limite de distância temporal d = 1,5 dias, variando os parâmetros μ , λ , α_1 , α_2

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 1 , 0)	57	15	12,68
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 1 , 0)	57	15	12,68
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 1 , 0)	42	17	11,60
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 1 , 0)	51	15	12,25
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 0 , 1)	4	31	8,11
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 0 , 1)	4	31	8,01
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 0 , 1)	4	31	8,11
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0 , 1)	4	31	8,01

Tabela 3 – Resultados com critério de inicialização 1, critério de limite de distância temporal d = 4,0 dias, variando os parâmetros μ , λ , α_1 , α_2

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 1 , 0)	73	13	13,74
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 1 , 0)	73	13	13,74
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 1 , 0)	75	13	14,69
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 1 , 0)	75	13	14,69
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 0 , 1)	18	19	9,02
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 0 , 1)	14	20	8,97
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 0 , 1)	18	19	9,02
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0 , 1)	14	20	8,97

Tabela 4 – Resultados com critério de inicialização 2, critério de limite de distância temporal d = 1,0 dias, variando os parâmetros μ , λ , α_1 , α_2

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 1 , 0)	78	16	13,76
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 1 , 0)	78	16	13,76
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 1 , 0)	40	17	11,18
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 1 , 0)	41	18	11,19
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 0 , 1)	6	36	8,15
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 0 , 1)	6	36	8,08
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 0 , 1)	6	36	8,15
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0 , 1)	6	36	8,08

Tabela 5 – Resultados com critério de inicialização 2, critério de limite de distância temporal d = 1,5 dias, variando os parâmetros μ , λ , α_1 , α_2

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 1 , 0)	66	15	12,33
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 1 , 0)	66	15	12,33
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 1 , 0)	59	16	12,88
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 1 , 0)	38	17	10,88
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 0 , 1)	4	31	8,11
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 0 , 1)	4	31	8,01
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 0 , 1)	4	31	8,11
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0 , 1)	4	31	8,01

Tabela 6 – Resultados com critério de inicialização 2, critério de limite de distância temporal d = 2,0 dias, variando os parâmetros μ , λ , α_1 , α_2

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 1 , 0)	66	14	12,29
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 1 , 0)	66	14	12,29
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 1 , 0)	55	13	12,03
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 1 , 0)	45	15	11,16
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 0 , 1)	11	21	8,51
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 0 , 1)	7	22	8,39
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 0 , 1)	11	21	8,51
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0 , 1)	7	22	8,39

Tabela 7 – Resultados com critério de inicialização 2, critério de limite de distância temporal d = 4,0 dias, variando os parâmetros μ , λ , α_1 , α_2

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 1 , 0)	72	12	13,65
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 1 , 0)	69	13	13,42
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 1 , 0)	75	13	14,69
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 1 , 0)	75	13	14,69
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 0 , 0 , 1)	18	19	9,02
(μ , λ , α_1 , α_2) = (0 , 1 , 0 , 1)	14	20	8,97
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 0 , 0 , 1)	18	19	9,02
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0 , 1)	14	20	8,97

Efeito dos parâmetros α_1 e α_2

Os parâmetros α_1 e α_2 ponderam respectivamente o acréscimo de distância e o acréscimo de tempo na função de custo c_1 em cada inserção. Nas tabelas 2 a 7 verifica-se que para mantidos iguais os outros parâmetros do algoritmo , quando (α_1 , α_2) = (0 , 1) os resultados são bem melhores do que quando (α_1 , α_2) = (1 , 0). Ou seja, quando apenas o acréscimo de tempo é considerado os resultados são bem melhores do que quando apenas o aspecto de acréscimo de distância é considerado, mantidos inalterados os outros parâmetros.

Esses resultados corroboram os resultados originais para a heurística I1 relatados por Solomon (1987), que conclui que as soluções com (α_1 , α_2) = (0 , 1) apresentaram melhores resultados do que aqueles com (α_1 , α_2) = (1 , 0), principalmente em problemas com grande número de clientes alocados por veículo (que não é o caso do Problema de Transporte de Suprimentos) e/ou alta densidade de clientes com janela de tempo (que é o caso do Problema de Transporte de Suprimentos, com 100% de clientes com janela de tempo). Quando $\alpha_2 = 0$ o algoritmo gera rotas com maior proporção de tempos de espera, demonstrando incapacidade de lidar adequadamente com os aspectos temporais do problema. A tabela 8 detalha o efeito dos parâmetros α_1 e α_2 . Manteve-se constante o critério de inicialização 2, o valor de limite de distância temporal d = 1,5 dias e o valor do parâmetro $\mu = 1$, combinação que gerou melhores resultados. Aproveitou-se para variar o parâmetro λ , utilizando-se os valores λ = 1, 2 ou 3.

A melhor solução foi obtida com (μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,9 , 0,1), conforme destacado na tabela 8. Esses valores serão utilizados no detalhamento do efeito do limite de distância temporal d feita adiante. Esses resultados mostram a robustez do algoritmo. Para o critério de inicialização 2, critério de distância temporal = 1,5 dias, μ = 1 , λ = 2 , $\alpha_1 > 0$ e $\alpha_2 > 0$, foram sempre obtidos melhores resultados que os do algoritmo ADPOFS, com redução de custo e redução do número de requisições não atendidas. Isso sugere que na utilização do algoritmo APTSP para resolução de um problema real não é necessário testar várias combinações dos parâmetros para cada programação a ser executada. Basta apenas realizar uma calibragem inicial do algoritmo para um dado cenário, determinando o critério de inicialização e os valores de μ e de λ . Para realizar a programação, basta variar os

valores de α_1 , α_2 e d ao se executar o algoritmo, escolhendo-se a melhor solução obtida.

Tabela 8 – Resultados com critério de inicialização 2, critério de limite de distância temporal d = 1,5 dias, $\mu = 1$, variando os parâmetros λ , α_1 , α_2

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0,9 , 0,1)	4	31	7,94
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,9 , 0,1)	**4**	**31**	**7,79**
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 3 , 0,9 , 0,1)	8	30	8,19
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0,8 , 0,2)	4	31	7,83
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,8 , 0,2)	4	31	7,83
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 3 , 0,8 , 0,2)	4	30	8,06
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0,5 , 0,5)	4	31	7,86
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,5 , 0,5)	4	31	7,88
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 3 , 0,5 , 0,5)	4	31	7,92
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0,2 , 0,8)	4	31	7,92
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,2 , 0,8)	4	31	7,87
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 3 , 0,2 , 0,8)	4	31	7,92
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 1 , 0,1 , 0,9)	4	31	8,01
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,1 , 0,9)	4	31	7,96
(μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 3 , 0,1 , 0,9)	4	31	7,93

Efeito do critério de inicialização de rotas

O critério de inicialização 2, que escolhe como primeiro cliente aquele cuja janela de tempo vence primeiro e que, portanto, prioriza o aspecto temporal para a inicialização da rota, proporcionou melhores resultados. Isso pode ser verificado comparando-se os resultados da tabela 2 com os da tabela 5 e os da tabela 3 com os da tabela 7. Essa comparação está resumida na tabela 9.

Tabela 9 – Comparação entre os critérios de inicialização 1 e 2

Parâmetros	Melhor critério de inicialização
d = 1,5 dias, (α_1 , α_2) = (0 , 1)	critério 1 e 2 se equivalem
d = 1,5 dias, (α_1 , α_2) = (1 , 0)	critério 2
d = 4,0 dias, (α_1 , α_2) = (0 , 1)	critério 1 e 2 se equivalem
d = 4,0 dias, (α_1 , α_2) = (1 , 0)	critério 2

Quando (α_1 , α_2) = (1 , 0) , o critério de inicialização 2 gera soluções melhores que o critério 1 (porém ambas sempre piores do que quando (α_1 , α_2) = (0 , 1)), o que pode ser creditado à priorização do aspecto temporal na abertura de rotas que serão construídas levando em conta apenas aspectos espaciais a partir da 2ª requisição inserida. Quando (α_1 , α_2) = (0 , 1) , os critérios de inicialização 1 e 2 se equivalem. Aparentemente, uma possível decisão errada na escolha da 1ª requisição pelo critério 1 é revertida pelo desempenho superior com os parâmetros (α_1 , α_2) = (0 , 1), porém os testes realizados não permitem concluir esse aspecto de modo decisivo.

Efeito do critério de limite de distância temporal d

O critério de limite de distância temporal (d) tem como objetivo restringir o número de requisições candidatas à inserção a cada momento durante a construção de uma rota, diminuindo o tempo de processamento. Evita também que se insira no fim da rota uma requisição que esteja distante temporalmente, o que pode piorar a qualidade da solução.

Os melhores resultados foram obtidos para d entre 1 e 2 dias. Para entender esse efeito, considere que a ordem de grandeza do tempo de ida e volta da base para uma unidade marítima é de cerca de 11 a 15 horas para o Astro Cação e Astro Agulha, e de 9,2 a 12,5 horas para o Maersk Detector. Considere também que o tempo de preparação na base é de 12 horas para o Astro Cação, 18 horas para o Astro Agulha e 24 horas para o Maersk Detector. Assim o tempo total de ida e volta mais a preparação na base é da ordem de 0,95 a 1,04 dias (23 a 25 horas) para o Astro Cação, 1,20 a 1,29 dias (29 a 31 horas) para o Astro Agulha e 1,38 a 1,52 dias (33,2 a 36,5 horas) para o Maersk Detector.

A cada momento, durante a construção da rota, as restrições a serem analisadas são restringidas pelo valor de d. Por exemplo, quando d fica próximo de 1 restringe-se o problema, já que somente serão consideradas requisições próxima no tempo, e o algoritmo fica míope, perdendo a capacidade de enxergar adiante. Para valores de d maiores, têm-se um efeito inverso, pois o algoritmo estará olhando "muito longe" no tempo, eventualmente inserindo uma requisição distante no tempo para aproveitar a capacidade residual da embarcação (que não pode ser utilizada para requisições anteriores que demandariam maior espaço ou causariam alguma quebra de restrição), o que causará aumento no tempo de espera. Ou seja, nem sempre lotar a embarcação leva a uma melhor solução.

Para d da ordem de 1,5 dias consegue-se uma ponderação entre esses efeitos. Isso faz sentido, pois é como se, a cada momento, ao se decidir pela inserção de uma nova requisição fosse necessário decidir entre voltar para a base, gerando um acréscimo de tempo da ordem de 1,0 a 1,5 dias (dependendo da embarcação) considerando os tempos de ida/volta/preparação na base, ou inserir a requisição na rota. Se essa requisição gerar um tempo de espera de mais de 1,5 dias, provavelmente a volta para a base e inserção da requisição em uma nova rota geraria uma solução melhor, com menor número de requisições não atendidas e menor custo.

Nas tabelas 2 a 7 percebe-se claramente que, conforme d aumenta, ocorre uma diminuição no número de viagens (que se tornam mais longas e com maiores tempos de espera). O número de requisições não atendidas também cresce, assim como o custo por tonelada. A tabela 10 detalha o efeito do critério de limite de distância temporal, variando-se o valor de d, e mantendo-se constantes o critério de inicialização 2 e os valores dos parâmetros $(\mu , \lambda , \alpha_1 , \alpha_2) = (1 , 2 , 0,9 , 0,1)$, que geraram a melhor solução até então.

Tabela 10 – Resultados com critério de inicialização 2, valores dos parâmetros $(\mu , \lambda , \alpha_1 , \alpha_2) = (1 , 2 , 0,9 , 0,1)$, variando-se o limite de distância temporal d

Parâmetros	Número de requisições não atendidas	Número de viagens realizadas	Custo variável por tonelada para toda a frota (US$/ton)
d = 1,0	6	36	8,04
d = 1,2	**0**	**35**	**7,84**
d = 1,3	**0**	**35**	**7,84**
d = 1,4	**7**	**29**	**7,50**
d = 1,5	4	31	7,79
d = 1,6	4	32	8,17
d = 1,7	15	21	8,06
d = 2,0	23	21	8,40
d = 4,0	25	17	8,55

Com o valor de d = 1,2 ou 1,3 dias conseguiu-se melhorar a solução obtida, com atendimento de todas as requisições. Essa solução será detalhada adiante.

Detalhamento da melhor solução alcançada para o cenário em escala reduzida

A melhor solução foi alcançada com o critério de inicialização 2 , com os valores dos parâmetros (μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,9 , 0,1) e critério de limite de distância temporal d = 1,2 ou 1,3 dias. Considerou-se como melhor solução aquela que permitiu atender o maior número de requisições com o menor custo variável por tonelada transportada para a frota como um todo.

Tabela 11 - Desempenho econômico-operacional da frota de acordo com o algoritmo APTSP para o cenário em escala reduzida. Critério de inicialização 2, d = 1,3 dias, (μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,9 , 0,1)

Parâmetro	Unidade	Astro Agulha	Astro Cação	Maersk Detector	Frota
Custo variável total no período	US$	25.914,92	8.357,77	46.235,45	80.508,14
Carga total transportada	ton	3718,00	132,00	6418,00	10268,00
Distância total percorrida	milhas	1943,25	1461,28	2094,32	5498,85
Custo variável por tonelada	US$/ton	6,97	63,32	7,20	7,84
Número de viagens realizadas	unid	12	11	12	35
Requisições não atendidas	unid	-	-	-	0

Comparando o desempenho do algoritmo APTSP com o algoritmo ADPOFS, obteve-se um aumento na quantidade de requisições atendidas, **de 96% para 100%**, simultaneamente obtendo uma redução de custo variável por tonelada transportada de **2,12 %**. Para um nível de serviço próximo ao do obtido com o algoritmo ADPOFS, com **96,5%** de requisições atendidas, a redução de custo variável por tonelada transportada obtida com o algoritmo APTSP foi de **6,36%** (vide tabela 10, com d = 1,4 dias).

Considerações sobre a importância de um algoritmo parametrizável / Utilização do algoritmo APTSP para dimensionamento da frota

É interessante destacar que o algoritmo APTSP foi implementado de maneira a se poder variar os parâmetros utilizados de modo bastante simples, por meio de edição das telas de entrada do programa. Esse é um recurso bastante importante para *softwares* de roteirização, que devem ter uma interface amigável com o usuário, que permita interação e aprendizado. Segundo Ball e Magazine (1981), a interação homem e computador parece ser essencial no desenvolvimento de um algoritmo plenamente utilizável, e o papel de cada um ainda está por ser definido.

Waters (1990) comenta que "... é reconhecido que *softwares* bem desenvolvidos permitem que o ser humano desempenhe um papel importante... de modo que sua habilidade leve a melhorias ou permita transformar soluções inaceitáveis em soluções utilizáveis na prática". O trabalho de Potvin, Lapalme e Rousseau (1990), por exemplo, aborda o desenvolvimento de um sistema especialista para roteirização no qual a interação com o usuário desempenha papel fundamental.

Em função desses conceitos, o algoritmo foi implementado de modo a facilitar a alteração dos diversos parâmetros com objetivo de se testar hipóteses. Por exemplo, pode-se facilmente alterar:

- os parâmetros μ , λ , α_1 , α_2
- o critério de inicialização de rotas
- o parâmetro para conversão de tempo em distância
- o número de dias para critério de limite de distância temporal
- inclusão de novas embarcações
- os parâmetros de cada embarcação (capacidade de carga, velocidade, tipo de carga que a embarcação pode transportar, etc.)
- permitir ou não que a unidade marítima receba a visita de mais de uma embarcação no mesmo dia

Para se verificar na prática a importância desse tipo de recurso, analisou-se o exemplo numérico em questão com o objetivo de se inferir uma possível intervenção que pudesse melhorar a solução obtida. A análise da solução obtida, em particular das rotas formadas, das cargas transportadas em cada viagem, das janelas de tempo e do desempenho operacional de cada embarcação, permitiu identificar que pelo fato da embarcação Astro Cação ser uma embarcação especialista no transporte de carga tipo rancho, e as outras duas (Astro Agulha e Maersk Detector) poderem transportar qualquer tipo de carga, isso poderia estar comprometendo a qualidade da solução. É fácil verificar que a embarcação Astro Cação trabalhou com grande ociosidade, mesmo quando todas as requisições foram atendidas.

Para testar essa hipótese, as embarcações Astro Agulha e Maersk Detector foram proibidas de transportar carga tipo rancho, podendo, porém, continuar transportando qualquer outro tipo de carga. Porém, isso não permitiu melhores resultados, pois surge novamente o problema do atendimento do grupo de requisições: qualquer grupo constituído por 1 requisição de carga tipo rancho e outras de tipo diverso não poderia ser atendido, já que nenhuma embarcação pode levar simultaneamente uma carga tipo rancho e outra carga que não seja tipo rancho nesse novo cenário.

Para superar essa limitação, a rotina de agrupamento de requisições foi alterada, mantendo todas as requisições de rancho como requisições individuais, agrupando somente as requisições de cargas tipo diesel, água, convés e tubos. Tal alteração corresponde a relaxar a restrição da unidade marítima receber a visita de apenas uma embarcação no mesmo dia, pois será permitida uma visita para atendimento de rancho e outra para atendimento das demais cargas em conjunto. A tabela 12 apresenta os resultados obtidos nesse novo cenário.

Nesse novo cenário, obteve-se uma redução de custo variável por tonelada transportada de **5,41%** para a embarcação Maersk Detector, de **10,04%** para o Astro Agulha e de **10,66%** para o Astro Cação, o que é um indicador que os roteiros dessas embarcações foram melhores. Por outro lado, o desempenho da frota como um todo piorou, com um aumento de 4,84% no custo variável por tonelada transportada, o que se explica pela maior utilização do Astro Cação, que tem custo operacional muito maior. É o mesmo efeito que ocorre no transporte urbano quando se utilizam veículos de pequeno porte (kombi, furgão) quando poderia-se utilizar veículos maiores (trucks e carretas, por exemplo). Para melhorar o desempenho da frota não basta, portanto, apenas melhorar o desempenho individual de cada embarcação, mas sim escolher as embarcações mais adequadas e utilizá-las de maneira mais eficiente.

Tabela 12 - Desempenho econômico-operacional da frota de acordo com o algoritmo APTSP para o cenário em escala reduzida, considerando a proibição das embarcações Astro Agulha e Maersk Detector transportarem carga tipo rancho, e eliminando a restrição de visitas às unidades marítimas Critério de inicialização 2, d = 1,3 dias, (μ , λ , α_1 , α_2) = (1 , 2 , 0,9 , 0,1)

Parâmetro	Unidade	Astro Agulha	Astro Cação	Maersk Detector	Frota
Custo variável total no período	US$	22.609,97	18.666,98	43.107,33	84.384,29
Carga total transportada	ton	3607,00	330,00	6331,00	10268,00
Distância total percorrida	milhas	1720,08	3131,93	1934,08	6786,06
Custo variável por tonelada	US$/ton	6,27	56,57	6,81	8,22
Número de viagens realizadas	unid	12	22	12	46
Requisições não atendidas	unid	-	-	-	0

Esse raciocínio poderia ser estendido no caso de dimensionamento da frota, quando se busca determinar a quantidade adequada de embarcações para um dado cenário, escolhendo aquelas embarcações que melhor se adaptam ao perfil de pedidos (tipos de carga, perfil de demanda por unidade marítima, janelas de tempo) e a distribuição geográfica dos clientes. Apesar do algoritmo APTSP não ter sido desenvolvido com o objetivo de dimensionar a frota, o mesmo pode ser utilizado como um sistema de simulação, testando várias hipóteses de perfil de frota e verificando a que mostra melhor desempenho.

8.3. Testes do algoritmo APTSP num cenário em escala semi-real

O algoritmo ADPOFS desenvolvido por Brinati, Mesquita e Becker (1993) foi testado com sucesso, segundo os autores, em cenários grandes, envolvendo 40 unidades marítimas, 60

embarcações e 2400 requisições para um período de 4 meses. Para verificar a mesma aplicabilidade do algoritmo APTSP realizou-se um teste piloto num cenário em escala semi-real envolvendo 30 unidades marítimas, 8 embarcações, 900 requisições com dois tipos de carga de tanques/silos (água e diesel) e um tipo de carga de convés (somente convés), para um período de 30 dias. Para esse cenário, o tempo de processamento foi de cerca de 2 horas e 10 minutos. Esse resultado mostra a aplicabilidade prática do algoritmo em problemas próximos da escala do problema real. O tempo de processamento foi um pouco elevado, podendo porém ser reduzido com a introdução adequada de um novo critério para limitar as requisições candidatas à inserção, semelhante ao critério de limite de distância temporal. Esse critério poderia ser, por exemplo, um agrupamento prévio das requisições para posterior roteirização.

9. Considerações Finais

A implementação computacional do algoritmo APTSP se mostrou satisfatória para o cenário em escala reduzida, e também para o cenário em escala semi-real. Do ponto de vista de qualidade da solução, o desempenho do algoritmo APTSP foi comparado com o do algoritmo ADPOFS anteriormente proposto por Brinati, Mesquita e Becker (1993), tendo sido possível melhorar a solução para o cenário em escala reduzida testado. A análise paramétrica efetuada mostrou que os resultados obtidos forma bastante consistentes, e mostrou também a robustez do algoritmo. Na implementação do algoritmo foi dada ênfase no desenvolvimento de uma interface amigável, com várias telas de entrada de dados e com vários parâmetros facilmente alteráveis pelo usuário. Foi ressaltada a importância teórica desse aspecto, demonstrada por um exemplo prático.

Como próximo passo nessa linha de pesquisa, sugere-se tentar melhorar o desempenho do algoritmo APTSP testando-se novas funções de custo, incluindo aspectos relativos à plena lotação das embarcações (priorizar pedidos que completem a embarcação numa rota), e aspectos relativos ao tempo de espera total da rota. O critério de limite de distância temporal também poderia ser refinado, com um valor de distância temporal d diferente para cada embarcação.

Sugere-se também o desenvolvimento de uma estratégia de solução baseada numa heurística de varredura com orientação temporal, do tipo da heurística originalmente desenvolvida por Gillet e Miller (1974) e adaptada para problemas com restrição de janela de tempo por Solomon (1987). A adaptação feita por Solomon utilizou a heurística original de varredura de Gillet e Miller para o primeiro estágio de agrupamento, utilizando a seguir a heurística I1 para roteirização. O algoritmo APTSP incorpora, de certo modo, esse conceito. O critério de limite de distância temporal atua como um critério de agrupamento por proximidade temporal (e não espacial), com roteirização utilizando a heurística I1. Não é exatamente uma estratégia de agrupamento e roteirização porque a cada inserção o grupo formado muda dinamicamente. De qualquer modo, essa é uma estratégia a ser testada, e que deve atingir bons resultados porque na distribuição espacial dos pontos de demanda nos campos de petróleo há agrupamentos naturais, em função da existência de vários pontos de perfuração e prospecção (unidades marítimas) concentrados em cada campo de petróleo. Essa estratégia deve também permitir reduzir o tempo de processamento na resolução de

um problema em escala real.

Independente do procedimento de solução a ser desenvolvido, o mesmo pode ser complementado pelo desenvolvimento de um procedimento de melhoria baseado na heurística de melhoria Thompson e Psaraftis (1993). Esse procedimento foi aplicado ao conjunto de problemas proposto por Solomon (1987), partindo das soluções iniciais geradas pela heurística I1 de Solomon, tendo se mostrado bastante promissor.

Um outro aspecto bastante interessante a ser desenvolvido é a interação entre um programa de simulação e um roteirizador, como por exemplo nos trabalhos de Botter, Souza e Borges (1996) e Borges (1998). O roteirizador pode ser inserido no programa de simulação, configurando uma metodologia de solução híbrida heurística/simulador (Bowersox e Closs, 1989). Isso poderia facilitar a visualização das soluções obtidas, proporcionando uma melhor compreensão do problema nos seus aspectos de estrutura espacial, estrutura temporal, restrições envolvidas e estrutura das soluções geradas. O programa de simulação também permite incluir alguns dos aspectos aleatórios do problema e analisar a influência dos mesmos na qualidade da solução obtida. Esse é um aspecto bastante importante, já que os impactos dos fatores aleatórios no problema podem definir se uma estratégia de solução baseada em simulação é mais adequada (Bowersox e Closs, 1989).

Referências

ASSAD, A. "Modeling and implementation issues in vehicle routing". In GOLDEN, B.; ASSAD, A. (eds), "Vehicle Routing : Methods and Studies". North-Holland, Amsterdam, p.7-45, 1988.

BALAKRISHNAN, N. "Simple heuristics for the vehicle routeing problem with soft time windows". Journal of the Operational Research Society, v.44, n.3, p. 279-287, 1993.

BALL, M. ; MAGAZINE, M. "The design and analysis of heuristics". Networks, v.11, n.2, p.215-219, 1981.

BALLOU, R. H. "Heuristics: Rules of thumb for logistics decision making". Journal of Business Logistics, v.10, n.1, p122-132, 1989.

BODIN, L.; GOLDEN, B. "Classification in vehicle routing and scheduling". Networks, v.11, n.2, p.97-108, 1981.

BODIN, L. ; GOLDEN, B.L. ; ASSAD, A. , BALL, M. "Routing and scheduling of vehicles and crews : The state of the art". Computers and Operations Research, v.10, n.2, 1983

BODIN, L. D. "Twenty years of routing and scheduling". Operations Research, v.38, n.4, p.571-579, 1990.

BRINATI, M. A. ; BOTTER, R. C. ; ROQUE, J. R. R. ; GOUVEA, M. T. ; SOUZA, R. L.; CARNEIRO, P. B. R. "Aplicação de heurísticas de roteamento para o dimensionamento de uma frota de transporte marítimo". Anais EPUSP, Série Cadernos de Engenharia Naval e Oceânica, São Paulo, v.1, p.141-155, 1991.

BRINATI, M. A. ; MESQUITA, M. A. ; BECKER, R. "Dimensionamento e programação do transporte de suprimentos para unidades marítimas de petróleo". 13º Congresso Panamericano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária, Caracas, 1993.

BORGES, M. J. A. "Modelagem de um sistema de transporte marítimo de suprimentos: aplicação à Bacia de Campos". Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em engenharia - Departamento de Engenharia Naval, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

BOTT, K. ; BALLOU, R. H. "Research perspectives in vehicle routing and scheduling". Transportation Research, v.20A, n.3, p.239-243, 1986.

BOTTER, R. C. ; SOUZA, R. L. ; BORGES, M. J. A. “Simulação de um sistema de transporte offshore de suprimentos para a bacia de Campos”. 16º Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval, Rio de Janeiro, 1996. Anais SOBENA, Rio de Janeiro, 1996.

BOWERSOX, D. J. ; CLOSS, D. J. “Simulation in logistics: A review of present practice and a look to the future”. Journal of Business Logistics, v.10, n.1, p133-148, 1989.

CHRISTOFIDES, N. ; MINGOZZI, A. ; TOTH, P. “The vehicle routing problem”. In CHRISTOFIDES, N. ; MINGOZZI, A. ; TOTH, P. ; SANDI, C. (eds), “Combinatorial optimizations”. John Wiley & Sons, New York, p. 315-337, 1979.

CUNHA, C. B. “Uma contribuição para o para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais”. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

DESROCHERS, M. ; LENSTRA, J. K. ; SAVELSBERGH, M. W. P. “A classification scheme for vehicle routing and scheduling problems”. European Journal of Operational Research, v.46, n.3, p.322-332, 1990.

DESROCHERS, M. ; DESROSIERS, J. ; SOLOMON, M. “A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows”. Operations Research, v.40, n.2, p.342-354, 1992.

GILLET, B. ; MILLER, L. “A heuristic algorithm for the vehicle dispatching problem”. Operations Research, v.22, n.2, p.340-349, 1974.

GOLDEN, B. ; BALL, M. ; BODIN, L. “Current and future research directions in network optimization”. Computers and Operations Research, v.8, n.2, p. 71-81, 1981.

GOLDEN, B. L. ; ASSAD, A. A. “Perspectives on vehicle routing : exciting new developments”. Operations Research, v.34, n.5, p.803-810, 1986.

GOLDEN, B. L. ; BODIN, L. ; GOODWIN, T. “Microcomputer-based vehicle routing and scheduling software”. Computers and Operations Research, v.13, n.2/3, p.277-285, 1986.

HAIMOVICH, M. ; RINNOOY KAN, A. H. G. ; STOUGIE, L. “Analysis of heuristics for vehicle routing problems”. In GOLDEN, B. ; ASSAD, A. (eds), “Vehicle Routing : Methods and Studies”. North-Holland, Amsterdam, p.47-61, 1988.

JAW, J. J. ; ODONI, A. R. ; PSARAFTIS, H. N. ; WILSON, N. H. M. “A heuristic algorithm for the multi-vehicle advance request dial-a-ride problem with time windows”. Transportation Research, v.20B, n.3, p.243-257, 1986.

KOSKOSIDIS, Y. A. ; POWELL, W. B. ; SOLOMON, M. M. “An optimization-based heuristc for vehicle routing and scheduling with soft time windows constraints”.

Transportation Science, v.26, n.2, p.69-85, 1992.

LENSTRA, J. ; RINNOOY KAN, A. “Complexity of vehicle routing and scheduling problems”. Networks, v.11, n.2, p.221-227, 1981.

MAGNANTI, T. “Combinatorial optimization and vehicle fleet planning: perspectives and prospects”. Networks, v.11, n.2, p.179-213, 1981.

POTVIN, J-Y ; LAPALME, G. ; ROUSSEAU, J-M. “Integration of AI and OR techniques for computer-aided algorithmic design in the vehicle routing domain”. Journal of the Operational Research Society, v.41, n.6, p. 517-525, 1990.

POTVIN, J-Y.; ROUSSEAU, J-M. “Parallel route building algorithm for the vehicle routing and scheduling problem with time windows”. European Journal of Operational Research, v.66, n.3, p.331-340, 1993.

POWERS, R. F. “Optimization models for logistics decisions”. Journal of Business Logistics, v.10, n.1, p106-121, 1989.

RONEN, D. “Perspectives on pratical aspects of truck routing and scheduling”. European Journal of Operational Research, v.35, n.2, p.137-145, 1988.

RONEN, D. “Ship scheduling : The last decade”. European Journal of Operational Research, v.71, p.325-333, 1993.

SCHRAGE, L. “Formulation and structure of more complex/realistic routing and scheduling problems”. Networks, v.11, n.2, p.229-232, 1981.

SILVER, E. ; VIDAL, R. ; DE WERRA, D. “A tutorial on heuristics methods”. European Journal of Operational Research, v.5, p.153-162, 1980.

SOLOMON, M. “Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints”. Operations Research, v.35, n.2, p.254-265, 1987.

SOLOMON, M. M. ; BAKER, E. K. ; SCHAFFER, J. R. “Vehicle routing and schedulling problems with time windows constraints : efficient implementations of solution improvement procedures”. In GOLDEN, B.; ASSAD, A. (eds), “Vehicle Routing : Methods and Studies”. North-Holland, Amsterdam, p.85-105, 1988.

SOLOMON, M. M. ; DESROSIERS, J. “Time window constrained routing and scheduling problems”. Transportation Science, v.22, n.1, p.1-13, 1988.

SUTCLIFFE, C. ; BOARD, J. “The ex-ante benefits of solving vehicle-routeing problems”. Journal of the Operational Research Society, v.42, n.2, p. 135-143, 1991.

THOMPSON, P. M. ; PSARAFTIS, H. N. “Cyclic transfer for the multivehicle routing and scheduling problems”. Operations Research, v.41, n.5, p.935-946, 1993.

VAN DER BRUGGEN, L. J. J. ; LENSTRA, J. K. ; SCHUUR, P. C. “Variable-depth search for the single-vehicle pickup and delivery problem with time windows”. Transportation Science, v.27, n.3, p.298-311, 1993.

WATERS, C. D. J. “Expert systems for vehicle scheduling”. Journal of the Operational Research Society, v.41, n.6, p. 505-515, 1990.

ZANAKIS, S. H. ; EVANS, J. R. “Heuristic ‘optimization’: why, when and how to use it”. Interfaces, v.11, n.5, p.84-91, 1981.

ANÁLISE DA COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA MARÍTIMA BRASILEIRA

Prof. Dr. Rui Carlos Botter
Professor do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP – Brasil.
E-mail: rcbotter@usp.br

Prof. MSc. Delmo Alves de Moura
Doutorando pelo Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP - Brasil.
Professor do Curso de Administração da Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado (FECAP) – Brasil.
E-mail: delmo@fecap.br

Resumo

Este trabalho tem por objetivo analisar a competitividade da indústria marítima brasileira em diversos agrupamentos industriais (*clusters*). Visa analisar a cadeia de suprimentos da Indústria Marítima Brasileira e os fatores de podem fortalecer sua competitividade no cenário internacional, necessária à sua sobrevivência e maior inserção no ambiente do setor marítimo da economia globalizada.

Nos meados da década de 60, o Governo brasileiro patrocinou um esforço verdadeiramente gigantesco para viabilizar um programa de construção naval como veículo para deflagrar um processo de fortalecimento e expansão dos nossos estaleiros e empresas de navegação marítima.

O modelo não permitiu a consolidação das indústrias nacionais neste setor por um período longo. Além disso o mundo mudou radicalmente sob o impacto da aceleração do processo de globalização da economia.

Hoje, e principalmente no caso brasileiro, já não é mais possível pensar em uma política de exploração do uso do mar centrada exclusivamente nos interesses dos estaleiros de construção naval e nas empresas de navegação conforme a visão tradicional. Esses segmentos continuam importantes pois fazem parte de uma das maiores cadeias de

negócios da economia mundial, mas a agressividade da concorrência internacional no setor marítimo e a obrigatoriedade de gerar emprego e renda no âmbito da economia nacional obrigam, da mesma forma que em outros países, a ampliar a visão para cobrir todas as alternativas que a exploração do uso do mar oferece, como meio de transporte ou como fonte de riqueza, considerando com igual importância toda e qualquer oportunidade de produzir e vender, ou seja, de agregar valor e comercializar essa agregação onde for possível, com foco no próprio país e no mercado internacional.

Este trabalho analisará o sistema produtivo brasileiro, tanto em termos de cadeia produtiva quanto de exploração de mercados comuns, sistema esse que envolve diversas unidades econômicas empenhadas na produção de bens e serviços para a exploração do uso do mar como meio de transporte ou como fonte de riqueza.

Busca-se analisar a capacidade de auto-organização do setor privado, analisar o papel do Governo brasileiro neste processo, cabendo ao mesmo, de acordo com sistemática própria colaborar na mobilização e apoiar os esforços com políticas e investimentos públicos que maximizem os impactos sobre o próprio setor marítimo e sobre a economia nacional como um todo.

Summary

The present work aims to analyze the competitiveness of Brazilian maritime industry, the supply chain and the aspects that can strengthen its competitiveness in the international scenario, important to its survival in the maritime sector of global economy.

In the 1960s, Brazilian Government sponsored huge efforts in a program of naval construction as a vehicle to enable a process of expansion of our shipyards and maritime navigation companies. The sustainability of such effort is based on a kind of well-matched destinies of navigation and naval construction; facilitation of interest and term; exemption and subsidies; reserve of freight, goals of nationalization; and the strong government intervention, without the suitable link with productivity.

The consequences are well known, the model failed for its own frailty and because of the global crisis during the 1970s in the navigation and construction area. Besides, the whole world has radically changed under the impact of the acceleration of the global economy.

Nowadays, mainly in Brazil, it is no longer possible to think of exploration of the sea simply through the interest of construction shipyards and navigation companies. These sectors are still very important because they are part of an important chain of business in the global economy, but for the fierce competition in maritime area and the obligation to creating work and income in Brazil, it is necessary to enlarge the view to comprehend all the alternatives the exploration of the use of the sea offers us, like means of transportation or source of wealth, equally considering each opportunity for producing and selling its products - in other words, adding and trading value wherever it is possible, focusing the country and the international market.

This work will analyze the diversified Brazilian production system, entirely inter-related (both in terms of productive chain and exploration of common markets). This system includes several economic units working on the production of goods and service to exploration of the sea as means of transportation or source of wealth.

It tries to analyze the existence, or not, of the partnerships, with great emphasis on the capacity of auto-organization of private sector; analyze the Government stakeholder, concerning to them, according to their own systems (of Forums of Competitiveness), collaborating in the mobilization and support to the efforts with political actions and public investments to maximize the impact over maritime area and domestic economy as well.

1. Introdução

O Brasil já esteve entre os maiores produtores mundiais na área da construção naval na década de setenta, ficando em segundo lugar, enquanto o Japão era o primeiro. Naquela época a Coréia do Sul iniciava seus primeiros passos rumo a um crescimento vertiginoso, e hoje possui uma posição privilegiada, sendo uma das grandes potências industriais na área da construção naval mundial (SERRA, 2002a).

Ao longo destes últimos trinta anos o Brasil perdeu drasticamente sua parcela de mercado mundial, comparada com a década de setenta e sua posição entre os países considerados de classe mundial no setor marítimo.

No segmento da construção naval na década de 1970, o Brasil gerou empregos e renda para milhares de trabalhadores em diversas regiões do país. Na atual conjuntura econômico-financeira mundial o Brasil possui pouca expressão na área da indústria marítima, porém o estudo em análise possibilitará avaliar se o Brasil possui condições

de voltar a recuperar esta atividade industrial, de comércio e prestação de serviços gerando mão-de-obra qualificada, alavancando a economia do país e contribuindo com a balança comercial, reduzindo ao máximo ou eliminando a importação de peças, componentes e produto final acabado, na área da indústria marítima. O estudo permitirá analisar se o Brasil possui condições de passar a categoria de importador destes produtos para ser um forte concorrente na exportação da indústria marítima ao longo dos anos.

Uma necessidade do setor marítimo é analisar a vantagem que o Brasil pode obter, em ganhos reais de competitividade permanentes numa indústria com níveis de produção e emprego sustentáveis ao longo prazo. È realizado de forma macro um plano de estudo da cadeia da indústria marítima brasileira, importante para o interesse geral do setor marítimo brasileiro (análise de alguns setores - *clusters* - da indústria marítima nacional). Desta forma, será possível comparar a competitividade da indústria marítima brasileira num ambiente globalizado.

O presente trabalho busca analisar os mecanismos de promoção industrial e comercial, e de apoio à formação e fomento de recursos humanos, à pesquisa e desenvolvimento tecnológico, e à pesquisa e desenvolvimento de métodos e processos gerenciais e de gestão de políticas públicas relacionadas ao setor marítimo da construção naval e transporte marítimo.

Busca-se identificar obstáculos e oportunidades que se apresentam diante do desenvolvimento da indústria marítima brasileira (construção naval), pesquisando os fatores que colaboram para a geração de empregos, em território nacional, e redução de *déficit* na balança comercial e de serviços.

A pesquisa relata o cenário atual da indústria marítima nacional, analisa os pontos relevantes do setor para explorar e prover oportunidades latentes para o crescimento da indústria marítima brasileira, permitindo, desta forma, obter vantagem competitiva perante os concorrentes considerados de classe mundial (empresas consideradas líderes de mercado no segmento), assim como levantar os pontos considerados de baixa competitividade para indústria marítima brasileira, visando sua melhoria para projetar o Brasil no cenário internacional do segmento marítimo.

O Brasil busca desenvolver-se em atividades que aumentem sua capacidade de competição no setor produtivo no mercado mundial, visando gerar emprego, ocupação e renda, aumentando as exportações, competição com serviços internacionais e desenvolvimento tecnológico e regional.

Uma enorme oportunidade está na indústria marítima brasileira que envolve diversos segmentos específicos (*clusters*). Neste cenário é fundamental ser competitivo para fazer frente às empresas internacionais possuindo fatores críticos de sucesso que garantam novos mercados ou, pelo menos, construir barreiras de entrada no mercado nacional para poder tornar as empresas brasileiras, ou instaladas no território nacional, competitivas frente aos competidores de classe mundial.

2. Análise do Mercado Mundial da Construção Naval

O governo brasileiro apostou no segmento da construção naval e viabilizou diversos projetos, incentivando os estaleiros nacionais e gerando mão-de-obra especializada para o setor. Em meados da década de 60, o Governo patrocinou um esforço verdadeiramente gigantesco para viabilizar um programa de construção naval como veículo para deflagrar um processo de fortalecimento e expansão dos estaleiros e empresas de navegação marítima. Os pilares de sustentação de tal esforço residiram numa espécie de atrelamento dos destinos da navegação aos da construção naval; facilitação de juros e prazos; isenções e subsídios; reserva de carga; metas de nacionalização; e forte intervencionismo estatal, sem que houvesse um vínculo adequado com a produtividade.

Na década de 70 o Brasil situava-se como a segunda potência mundial na área da construção naval. Hoje o Brasil possui uma parcela insignificante do mercado mundial da construção marítima. Ele perdeu drasticamente espaço, no cenário global, para países como a Coréia do Sul, China, Cingapura entre outros (FERRAZ, et al., 2002; SERRA, 2004b).

Os resultados são conhecidos: o modelo faliu ao sabor de suas próprias fragilidades, e da crise que se instalou em âmbito mundial, durante a década de 70, nos setores da navegação e da construção naval. Além disso o mundo mudou radicalmente sob o impacto da aceleração do processo de globalização da economia.

Hoje, e principalmente no caso brasileiro, já não é mais possível pensar em uma política de exploração do uso do mar centrada exclusivamente nos interesses dos estaleiros de construção naval e nas empresas de navegação conforme a visão tradicional. Esses segmentos continuam importantes pois fazem parte de uma das maiores cadeias de negócios da economia mundial, mas a agressividade da concorrência internacional no setor marítimo e a obrigatoriedade de gerar emprego e renda no âmbito da economia

obriga, da mesma forma que em outros países, a ampliar a visão para cobrir todas as alternativas que a exploração do uso do mar oferece – como meio de transporte ou como fonte de riqueza -, considerando com igual importância toda e qualquer oportunidade de produzir e vender, ou seja, de agregar valor e comercializar essa agregação onde for possível, no país e no exterior.

Os norte-americanos já construíram, em média, 20 navios comerciais por ano em seus estaleiros. No final da década de 90 os Estados Unidos construíram apenas 1% dos navios comerciais, em relação à demanda mundial. Dois pontos principais contribuíram para tal fato ocorrer, são eles: baixa produtividade, quando comparado aos melhores produtores mundiais, e elevados custos dos materiais (peças, componentes, equipamentos etc.) Peças componentes e equipamentos são fatores relevantes que alteram significantemente a composição total dos custos de fabricação de uma embarcação (LAMB et al., 1999).

As empresas da Coréia do Sul, japonesas e chinesas, principalmente as coreanas, obtiveram um significativo aumento de mercado mundial nos últimos vinte anos, oferecendo embarcações com o tempo de desenvolvimento menor, com qualidade de produto e com preços bem competitivos, tornando-se, nos dias atuais, um padrão de referência como empresas consideradas de classe mundial para o setor (melhores empresas no segmento que servem de modelo de comparação para as demais que atuam no mesmo setor ou não).

2.1 Descrição da Cadeia de Suprimentos dos Principais *Players*

Alguns países asiáticos cresceram vertiginosamente no segmento marítimo mundial. Ao longo dos últimos trinta anos eles souberam explorar o mercado mundial da construção naval, interferindo de forma agressiva na fatia de mercado mundial norte-americano e européia. Países como o Japão e Coréia do Sul, além de outros integrantes do complexo denominado “Tigres Asiáticos” possuem um forte elo e ajuda mútua entre os integrantes da cadeia de suprimentos da indústria marítima, como forma de obterem vantagem competitiva para seus negócios (FERRAZ, et al., 2002; SERRA, 2004a).

No Japão os fornecedores da indústria marítima, muitas vezes, são quase 100% nacionais e existe o relacionamento de longo prazo no campo trabalhista entre as partes (estaleiros e fornecedores). Com o crescimento vertiginoso da Coréia do Sul, no segmento da construção marítima, os japoneses estão estudando sua cadeia de

suprimentos para permanecerem competitivos frente a grande concorrência do setor (LAMB et al., 1999).

Algumas empresas japonesas reconhecendo a forte concorrência no setor focaram suas estratégias no gerenciamento da cadeia de suprimentos, como parte de sua melhoria contínua de processos. A empresa Sumitomo focou na inovação do sistema de produção e fornecimento globalizado de menores custos para suas embarcações. Diversas ações foram implantadas para reduzir o custo dos projetos e aumentar a integração com seus fornecedores (LAMB et al., 1999).

A empresa italiana Fincantieri, especialista na construção de embarcações de cruzeiro, conduziu uma explícita análise de sua competência técnica para classificar o que, para ela, é considerada competência essencial de seu negócio. A empresa se focou no projeto das embarcações, na arquitetura naval, construção do casco e na integração com os clientes. Todo o restante foi terceirizado e ela buscou no mercado quem possuía maior competência essencial para lhe fornece peças, componentes, serviços etc. Ela classificou seus fornecedores em quatro grupos: estratégicos, alavancadores, gargalos e não críticos. Eles avaliaram estes fornecedores numa matriz de impacto do lucro versus risco de fornecimento. Desta forma, a empresa pode avaliar, com detalhes, quais fornecedores seriam essenciais para terem um relacionamento de longo prazo e que agregassem valor ao seu negócio, para desenvolverem um trabalho mais próximo melhorando o gerenciamento de sua cadeia de suprimentos (LAMB et al., 1999).

As empresas japonesas, os estaleiros, são mais resistentes para adquirir produtos que eles podem fabricar. Quando eles adquirem produtos manufaturados é, muitas vezes, em razão de restrição de capacidade do que redução de custos. Porém, algumas alterações a este modelo já surgem no mercado japonês, pois estão permitindo a inserção de fornecedores coreanos com produtos de baixo custo (LAMB et al., 1999).

Empresas como Sumitomo e Tsuji procuram utilizar times de fornecedores que são freqüentemente empregados para solucionar problemas, desenvolver projetos conjuntamente, eliminar desperdícios e criar possíveis soluções tecnológicas ou mapas de soluções. Desta forma, os fornecedores destas empresas são responsáveis em gerenciar uma gama de fornecedores de segundo e terceiro níveis que não fornecem diretamente para os estaleiros.

O Brasil apresenta diversas dificuldades de integrar Câmaras Setoriais visando minimizar os problemas oriundos dos diversos segmentos que permitem planejar e mapear, de forma concatenada, os entraves que impossibilitam o crescimento nacional e

internacional de todos os agentes integrantes do setor marítimo brasileiro. È essencial colocar o país no lugar que ele possuía na década de 70, quando apenas ficava atrás do Japão na área da construção naval mundial, gerando empregos e divisas e desenvolvimento para a nação brasileira.

Diversos componentes para abastecimento da indústria marítima brasileira, atualmente são importados. Existe um problema crônico neste setor, pois algumas empresas nacionais que poderiam fornecer peças e componentes (navipeças) para o mercado nacional não os fazem por falta de escala de produção deste segmento (FERRAZ, et al., 2002).

Existem problemas relacionados ao desenvolvimento de produtos para o setor, em virtude da escassez de recursos financeiros provenientes de programas de financiamento conveniente ou até mesmo de recursos financeiros próprios das empresas que estão no setor. As empresas que atuam neste setor estão, atualmente, atreladas aos recursos provenientes do principal cliente a Petrobrás.

Problemas provenientes na reestruturação do parque industrial (planta fabril e localização), sistema de produção propriamente dito (tecnologia), sistema de informação, aquisição de máquinas e equipamentos para ampliar e prover produtos com qualidade assegurada e de maior valor agregado são fatores que impedem a competitividade da cadeia de suprimentos nacional competir de igual posição com seus concorrentes oriundos de países considerados de classe mundial como Japão e Coréia, no segmento marítimo (THANOPOULOU; RYOO; LEE, 1999).

Há necessidade de proteção de mercado e investimento maciço no desenvolvimento de política educacional para sustentar a formação de muitos técnicos, engenheiros, e profissionais especializados na área. Para um país obter vantagem competitiva e poder disputar o mercado globalizado é de suma importância que sua mão-de-obra esteja ao nível de profissionais de ponta neste segmento, quando comparados com as grandes empresas que atualmente dominam este mercado (SERRA, 2004).

O ambiente da construção naval internacional está caracterizado pelo excesso de capacidade. A conseqüência lógica deste fato é a competição acirrada que envolve toda a cadeia de suprimentos mundial do setor. Os estaleiros possuem poder de barganha e, muitas vezes, estas forças são suficientes para definir a permanência dos melhores do setor, voltados a oferecer ao mercado custos competitivos, prazo de entrega, qualidade, tecnologia e serviços pós-venda, como fatores de decisão de entre produzir uma

embarcação no país, parte dela ou imposta totalmente o produto acabado (LINDEN, 2001; PORTER, 1986; PRAHALAD; HAMEL, 1990).

No Brasil não existe a integração entre os elos da cadeia produtiva, com raras exceções, que permite, no atual momento, ao Brasil ser competitivo no segmento da indústria naval mundial, Porém, em alguns segmentos específicos da construção naval o país poderá se tornar competitivo, como a empresa nacional Embraer o é no seu segmento de atuação.

3. Análise Atual do Setor Naval Nacional

O setor naval nacional abrange diversos segmentos específicos, conforme figura 1, e certamente o Brasil poderia se especializar em alguns deles se tornando competitivo mundialmente. Exemplo de referência a ser analisado e extraído as melhores práticas deveria ser a empresa de construção aérea nacional Embraer.

A Indústria Marítima Brasileira necessita aglomerar de forma sistêmica, todos os agentes capazes de intervir na exploração do uso do mar e vias navegáveis interiores como meio de transporte ou como fonte de riqueza, buscando conferir a esse conjunto a competitividade necessária à sua sobrevivência e maior inserção no ambiente do setor marítimo da economia globalizada; ambiente esse extremamente competitivo e dominado pelos países do Primeiro Mundo que dispõem da capacidade de conquistar e manter mercados com base em: conhecimento, tecnologia, criatividade, capital e organização.

Para a exploração de petróleo, a empresa nacional de exploração de energia, PETROBRAS, trouxe ao mercado suas necessidades por embarcações de unidades flutuantes de processamento e armazenagem de óleo (FPSO), tendo definido inicialmente que 40% dos equipamentos teriam que ser comprados no mercado nacional. As chamadas encomendas locais constituem uma obrigação usualmente imposta pelos países que autorizam a atuação das companhias estrangeiras na exploração de petróleo em suas plataformas continentais; mas ocorre que nos países do terceiro mundo essa obrigação acaba sendo inócua, simplesmente porque os mesmos não dispõem de indústria para absorver as parcelas mais substanciais e lucrativas das encomendas associadas a todo o plano da exploração *offshore*, e assim obter uma parcela melhor da riqueza existente em seu próprio solo;

Sob o impacto do abrandamento dos juros, prazos e demais condições de financiamento pelo Fundo de Marinha Mercante (FMM) e do surto da exploração de petróleo *offshore* passaram a surgir encomendas de navios a estaleiros nacionais. Sem dúvida tais encomendas já estão gerando impactos apreciáveis sobre a economia brasileira, mas esses impactos poderiam ser muito amplificados e tornados mais duradouros caso dispuséssemos de uma base industrial já mobilizada e organizada para maximizar a nossa agregação de valor na construção desses navios.

Outros exemplos poderiam ser alinhados no que diz respeito à navegação, à indústria de pesca, a dragagem, a fabricação de equipamentos marítimos, a indústria portuária, de recreação e turismo marítimo, a indústria de serviços marítimos, a militar naval etc.

4 – Relação dos Clusters Marítimos

A Indústria Marítima Brasileira abrange complexos produtivos, conforme mostrados na figura 1, complexos esses que, por sua vez, são integrados por um número variável de segmentos produtivos.

Figura 1

A organização esboçada na figura 1, está calcada no conceito de *cluster* industriais. Também não houve a preocupação de ser completo na apresentação dos diversos segmentos produtivos de cada complexo produtivo *cluster*, daí foram listados apenas os segmentos considerados mais sugestivos. Assim sendo, a organização construída no presente trabalho deverá ser revista e aperfeiçoada em decorrência de estudos

posteriores, principalmente para adequar-se à sistemática de funcionamento dos Fóruns de Competitividade (LANGEN, 2002; IGLIORI, 2001).

Schmitz (1997), segundo IGLIORI, 2001, chama a atenção para o fato de que, apesar da ocorrência de clusters não garantir os ganhos econômicos (crescimento, competitividade), facilita o aparecimento de características que habilitam tais ganhos, são sintetizados os seguintes tópicos:

- *a- Divisão do trabalho e especialização entre as empresas.*
- *b- Surgimento de fornecedores de matérias-primas, equipamentos e peças de reposição.*
- *c- Surgimento de agentes comerciais que levam os produtos para mercados distantes (nacionais e internacionais).*
- *d- Surgimento de fornecedores de serviços especializados (técnicos, financeiros e contábeis).*
- *e- Surgimentos de trabalhadores com habilidades específicas para o setor.*
- f- *Surgimentos de ações conjuntas entre os produtores locais de dois tipos: cooperação entre firmas individuais ou cooperação entre grupos de firmas por meio de associações e consórcios.*

5 – Desenvolvimento de Plano de Ação para o Setor

A base conceitual do Plano de Desenvolvimento da Indústria Marítima Brasileira, é à busca de uma nova forma de tratamento a um sistema produtivo existente, com o propósito de aumentar sua competitividade e capacitá-lo a explorar um espaço econômico – um verdadeiro eixo de integração e desenvolvimento, que, além de compreender as águas, solo e subsolo sob jurisdição nacional, projeta-se a qualquer ponto do globo terrestre onde um ou mais componentes daquele sistema estiver produzindo para a exploração ou explorando o uso do mar como meio de transporte ou como fonte de riqueza.

A inspiração para tratamento do sistema indústria marítima brasileira deve ser buscado na metodologia dos agrupamentos de conglomerados de empresas (*clusters*), já muito conhecida em nosso país como solução para estratégias de desenvolvimento industrial focalizadas em espaços geográficos delimitados, mas que vêm sendo objeto de crescente consideração no setor marítimo, e cujo exemplo mais notável é o *cluster* marítimo holandês, já institucionalizado e em plena evolução naquele país, envolvendo 11 (onze)

setores, cerca de 12.000 empresas, empregando cerca de 190.000 pessoas, cuja produção anual direta e indireta aproxima-se dos 19,56 bilhões de dólares, retornando para os cofres públicos algo próximo de 3,69 bilhões de dólares.

Segundo LANGEN (2002) "*cluster* é definido como uma população geograficamente concentrada e mutuamente relacionada nas unidades de negócios, associações e organizações públicas ou privadas centradas ao redor de uma distinta especialização econômica".

Nesse contexto a força criativa encerrada no sistema indústria marítima brasileira será liberada e multiplicada através da convivência de seus atores, entre si e com o Governo no âmbito de Fóruns de Competitividade.

A – elaborar uma definição econômica da Indústria Marítima Brasileira e acompanhar sua evolução e desempenho;

B – manter a mobilização constante dos diversos segmentos da indústria brasileira de bens e serviços, de forma a atrair um número cada vez maior de *players* nacionais para a Indústria Marítima; buscar o máximo de visibilidade e transparência desse sistema de forma a possibilitar a coesão e a cooperação entre seus componentes e gerar um ambiente propício para as sinergias;

C – criar, o mais rapidamente possível, um *pool* de pessoas, experiência, conhecimento e especialização que permita explorar certos nichos de produção e comercialização, e posteriormente disputar novos mercados;

D – organizar uma infraestrutura marítima de produção de bens e serviços, que possa servir de base de sustentação para o funcionamento do restante do sistema e sua conseqüente expansão;

E – buscar no fortalecimento do mercado doméstico a base inicial de sustentação de um esforço de pesquisa e desenvolvimento compatível com a necessidade de fortalecimento do sistema e sua conseqüente projeção para o mercado internacional; concomitantemente, promover a adesão das empresas dos diversos setores a iniciativas do tipo PRODENGE (Programa de Desenvolvimento das Engenharias) e seus subprogramas RECOPE (Redes Cooperativas de Pesquisa) e REENGE (Reengenharia do Ensino de Engenharia);

F - identificar e avaliar continuamente fatores condicionantes, gargalos, descontinuidades, desafios e oportunidades que se antepõem à sustentação e desenvolvimento do sistema;

G – organizar e racionalizar o esforço de promoção industrial, a partir do aumento da visibilidade, transparência, coesão e coordenação dos componentes do sistema;

H – criar a imagem, no país e no exterior, de um complexo industrial capaz e confiável, independente do seu tamanho;

I – manter contínuo acompanhamento da evolução de todos os segmentos do mercado de bens e serviços marítimos, de forma a possibilitar o estabelecimento de estratégias conjuntas e a integração dos esforços de comercialização, inclusive quanto à viabilização de pacotes de financiamento e de assistência técnica pós-venda;

J - elaborar e implementar uma política global para a indústria marítima brasileira que maximize os impactos sobre todos os seus setores e sobre a economia nacional, e que resulte em geração de emprego e renda e desenvolvimento social;

K – promover o estabelecimento de uma metrópole marítima, centro de negócios marítimos que sirva de base para o esforço de atração de novos empreendimentos ligados à exploração do uso do mar;

L – promover a articulação com outros *clusters* marítimos.

O desenvolvimento dessas ações estratégicas permanentes, desdobradas em ações e projetos específicos, viabilizaria a consecução do objetivo, uma vez que conduzem diretamente ao fortalecimento das empresas envolvidas, ao possibilitar:

- maximização dos esforços individuais de produção e comercialização através de sinergias;
- facilitação do acesso a informações;
- indução a parcerias;
- redução de riscos e incertezas;
- aglutinação de competências não disponíveis isoladamente;
- acesso a especialistas em assuntos específicos;
- elaboração de estudos e pesquisas cooperativadas;
- abertura de canais de comunicação institucionalizados com o Governo;
- possibilidade de influir na identificação e implementação de soluções.
- apoio do Governo de forma racionalmente seletiva, buscando a maximização dos impactos sobre o próprio sistema e sobre o restante da economia como um todo.

6. Conclusões

O Brasil deve utilizar a empresa de construção aérea nacional Embraer como *benchmarking* para estudar quais setores específicos da construção naval de poderiam ser explorados com sucesso mundial. Assim sendo, políticas industriais, tecnológicas, de pesquisa e desenvolvimento seriam solidamente aplicadas para preparar a mão-de-obra de diversos níveis (produção, gerenciamento, de desenvolvimento de projetos, de pesquisa etc.) e tornar em poucos anos o Brasil um grande competidor no cenário internacional da construção naval em segmentos específicos.

Existe a necessidade de implantar um plano através de parceria entre o Setor Privado e o Governo. O Setor Privado desenvolveria o esforço principal de mobilização e coordenação dos complexos produtivos, através de estrutura própria de gerenciamento a ser criada no âmbito e com a participação das entidades representativas das empresas componentes dos diversos segmentos produtivos da Indústria Marítima; e o Governo apoiaria os esforços do Setor Privado, através de ação coordenada, obedecendo à sistemática de funcionamento dos Fóruns de Competitividade.

O perfil e o funcionamento dessa estrutura de gerenciamento poderiam ser construídos com base no modelos dos Fóruns de Competitividade instituídos no âmbito do MDIC (Ministério de Desenvolvimento.

Na verdade, o *Plano* envolve um conjunto de 13 Fóruns, entre os quais se situam, de forma distinta, os da Construção Naval e da Marinha Mercante (que tomou o nome de Navegação Marítima). Esses 13 Fóruns, embora abertos a consultas a qualquer segmento público ou dos trabalhadores, são exclusivos do setor privado, de sorte que a interação institucional com o setor público e os trabalhadores têm início no próximo nível da estrutura, num Fórum superior denominado Comitê de Mobilização e Articulação dos Clusters. Em resumo, o Fórum de Competitividade seria dividido, neste caso, em 2 (dois) níveis e a interação com o Governo e os trabalhadores começa, institucionalmente, no segundo nível; mas tudo dentro da sistemática de funcionamento já em vigor para o Fórum de Competitividade.

Outro fator relevante seria estudar, quais nichos de mercado o país poderia explorar e se tornar competitivo frente aos concorrentes considerados de classe mundial. Dentro destes nichos, promover a indústria naval e integrar a cadeia de suprimentos para suprir as necessidades locais (nacional) e inserir-se com agressividade no mercado internacional.

7. Relação Bibliográfica

LAMB, Thomaz et al. Shipbuilding supply chain integration project. Final Report, University of Michigan, 1999.

FERRAZ, João Carlos et al. Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. Campinas, dezembro de 2002.

IGLIORI, Danilo Camargo. Economia dos clusters industriais e desenvolvimento.São Paulo : Iglu editora – FAPESP, 2001.

LEE, Tae-Woo. Restructuring of the economy and its impacts on the Korean maritime industry. Maritime Policy Management, 1999, vol. 26, n. 4, 311-325.

LEGGATE, H. K. A European perspective on bond finance for the maritime industry. Maritime Policy Management, 2000, vol. 27, n. 4, 353-362.

LINDEN, Jan A. Van Der. The economic impact study of maritime policy issues: application to the German case. Maritime Policy Management, 2001, vol. 28, n. 1, 33-54.

PORTER, Michael E. Estratégia competitiva. técnicas para análise de indústrias e da concorrência. Rio de Janeiro : Campus, 1986.

PRAHALAD, C.K.; HAMEL, Gary. The core competence of the corporation. Harvard Business Review, May – June 1990.

SERRA, Eduardo Gonçalves. A construção da competitividade da indústria de construção naval da Coréia do sul: lições para o Brasil. 20º Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore, SOBENA. Rio de Janeiro, 2004a.

_____.; Indústria naval da Coréia: lições para o Brasil. Revista Portos e Navios, 2004b, dezembro, p.34-38.

_____ ., A competitividade das indústrias de construção naval do Brasil e da Coréia do Sul. Tese (Doutorado). Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

THANOPOULOU, Helen A.; RYOO, Dong-Keun; LEE, Tae-Woo. Korean liner shipping in the era global alliances. Maritime Policy Management, 1999, vol. 26, n. 3, 209-229.

Análise de Regras de Atracação de navios em Terminais de Contêineres

Resumo

Este artigo apresenta um modelo de simulação para análise de regras de atracação de berços em terminais de contêineres. Trata-se de um modelo específico, elaborado com base na análise de dados reais de chegada de navios porta-contêineres em um terminal especializado em contêineres no porto de Santos. A finalidade do modelo de simulação é indicar qual a melhor janela de tempo de atracação a ser oferecida pelo terminal ao cliente armador, considerando um sistema total de custos dos navios em fila.Preliminarmente, é realizada uma apresentação da evolução do transporte marítimo conteinerizado, considerando a evolução do comércio internacional e, a adequação da indústria marítima ao crescimento dos navios e seus impactos nos terminais de contêineres.Uma revisão bibliográfica foi realizada com a finalidade de mostrar os cenários onde o modelo se enquadra e um estudo crítico dos métodos desenvolvidos. Essa análise busca demonstrar qual a melhor janela de atracação a ser oferecida ao cliente armador, para um determinado padrão de chegada pelo terminal de contêineres.Ao final da dissertação recomenda-se qual a melhor janela de tempo de atracação a ser oferecida ao armador pelo terminal, no sentido de minimizar os custos, de acordo com o tipo de distribuição.

Analysis if rules for the berthing of ships in container terminals

Abstract

This paper presents a simulation model for the analysis of rules for the berthing of ships in container terminals. It deals with a specific model, elaborated from the analysis of real data concerning the arrival of container carriers from a terminal that is specialized in containers at the port of Santos.An aims at indicating which time window berthing is the best one to be offered by the terminal to the shipowner, considering a total cost system of in-line ships.Preliminarily, a presentation of the evolution of the transportation of containers by sea is held, through the evolution of international trade and the adequacy of the sea industry to the growth of vessels and its impact on container terminals.A bibliographic review was performed aiming at showing the scenarios where the model fits into and a critical analysis of the methods developed. This analysis seeks to demonstrate the best time window berthing to be offered to the shipowner, for a determined arrival pattern by the container terminal.And at the end of this research it is recommended the best time window berthing to be offered to the shipowner by the terminal so as to minimize costs according to the kind of distribution.

Autores: Marcelo Patrício e Prof. Dr. Rui Carlos Botter

1 - Introdução

Este artigo tem como finalidade apresentar o problema atual de planejamento de berço em terminais de contêineres, por meio de análise de regras de atracação de dados reais de chegada de navios; buscar a melhor janela de tempo de atracação a ser oferecida pelo terminal ao cliente armador, considerando um sistema total de custos dos navios em fila.
A evolução do comércio e da carga conteinerizada no mundo e no Brasil tem forte efeito na necessidade de aumento do tamanho e da quantidade de navios, que por sua vez produz impactos na infra-estrutura dos terminais de contêineres.
No caso específico do porto de Santos, há três terminais especializados de contêineres, o Terminal 37 da Libra Terminais, o Terminal de Contêineres da Margem Direita (TECONDI) e o terminal da Santos-Brasil/TECON, além de outros operadores portuários, tais como a Rodrimar e a Transchem que operam contêineres utilizando a limitada estrutura do cais público, competindo por berços nas reuniões de atracação da Autoridade Portuária e operando com guindastes de bordo dos navios ou com equipamentos do tipo MHC, o que restringe a performance das operações.
O volume de contêineres movimentado em 2004 no porto de Santos foi de 1.274.233 unidades, o que corresponde a 1.882.639 TEU; a taxa média de aumento anual dos últimos quatro anos foi de 20,87%.
Dessa forma, os terminais de contêineres terão de tomar diversas providências para atender o crescimento da demanda, tais como:
Aumento da capacidade nominal e operacional de armazenamento; uso de equipamentos de movimentação que permitam maior adensamento das pilhas nos pátios de armazenamento; redução do dweel time de contêineres na exportação e importação; aumento da capacidade de recebimento e entrega de contêineres através dos seus Gates; melhoria e regularidade da performance das operações de costado; aumento do número médio de contêineres por escala; aumento do número de contêineres movimentados por tampa removida; alteração do nível de serviço exigido pelos clientes, especialmente pelos armadores, que atualmente determinam o nível de serviço que deve ser oferecido pelo terminal; uso intensivo de ferramentas de tecnologia da informação para planejamento e gestão das atividades administrativas e operacionais de terminais de contêineres; tentativa de simplificação dos processos aduaneiros; maior acompanhamento sobre a chegada de navios e distribuição de janelas de tempo de atracação para evitar congestionamentos.
Sobre a questão de acompanhamento das chegadas de navios e congestionamento, que são partes integrantes do escopo desta pesquisa, cabe ressaltar que terminais de contêineres são sistemas de filas em que os navios (clientes) são entidades atendidas com uma determinada distribuição de chegada e são alocados em berços especializados (servidores) que também atendem aos navios seguindo distribuições estatísticas e cuja disciplina de fila mais comum é FCFS.
Nesse caso a teoria de filas é clássica em afirmar (GONZALEZ; BOTTER, 2002) que para que ocorra a diminuição da fila deve-se atuar: no tempo de atendimento; no número de servidores; ou, na alteração do padrão de chegada.
Neste artigo serão tratadas as regras de atracação que alteram diretamente o padrão de chegada dos navios, visto que o tratamento dos outros dois fatores citados anteriormente, isto é, o número de postos de servidores e o tempo de atendimento, estão restritos não apenas pelo emprego de tecnologia, mas pela necessidade de alteração de processos operacionais dos terminais, tais como: a melhoria e regularidade na performance de movimentação de descarga e embarque dos berços, o aumento da capacidade nominal e

operacional de armazenamento de pátio, redução do índice de ocupação de berços, e por restrições físicas e contratuais postadas pelos programas de arrendamento das áreas.
Sobre a redução no tempo de atendimento, deve-se considerar alguns fatores de influência do cliente armador, tais como: a elaboração de um plano de bordo que permita uma divisão igualitária dos contêineres nos ternos de trabalho e equipamentos alocados no navio; isso evita situações de concentração de carga do tipo: um terno de trabalho com 80 movimentos, espelhados entre dois a cinco porões e um segundo com 420 movimentos, concentrados em dois porões; alterações nos planos de descarga e embarque; redução do número de remoções via bordo e terra; a programação de recebimento de combustível e suprimentos do navio quando atracado; a necessidade de eventuais reparos a bordo; vistorias da seguradora, do afretador e de autoridades.
São também considerados outros elementos inerentes à operação de navios como a peação a bordo, possíveis avarias, trimming do navio, manobras no canal, maré e condições climáticas que interferem nas operações, como neblina e vento forte.

2 – Regras de chegada de navios nos terminais

Para que o terminal de contêineres possa atender aos diversos clientes armadores que utilizam suas instalações com o nível de serviço desejado, diferentes questões de níveis de planejamento devem ser consideradas para cada um dos seus subsistemas ou áreas de operações.
Os níveis de planejamento e aspectos de tomada de decisão relacionados ao subsistema ou área de operações de navios, na divisão de planejamento de atracação e desatracação podem ser divididos em:
Estratégico: definição da quantidade de berços a serem disponibilizados e tamanho de cais; profundidade e calado de projeto dos berços; forma de construção e projetos de ampliação de cais.
Tático: o acompanhamento do crescimento do calado de navios que operam nos tráfegos atendidos pelo terminal; assim como avaliação conjunta com os clientes armadores de suas perspectivas de evolução no tamanho dos navios futuros, seguindo as tendências de ampliação do comércio internacional; manutenção da profundidade do berço por meio de acompanhamento dos programas de dragagem alinhados com os dados fornecidos pelos armadores e informações técnicas de projeto.
Operacional: a alocação dos navios aos berços de acordo com as regras de atracação definidas entre o terminal e o armador. Essas regras de atendimento são normalmente FCFS, contudo o uso de janelas de tempo de atracação é cada vez mais solicitado pelos clientes e fornecido pelos terminais, o que permite melhor organização da distribuição de berços, equipamentos e ternos de trabalho. A área de armazenamento da carga do navio em questão e da ocupação linear de cais dos berços pelos navios em operação deve ser considerada.
Sobre os aspectos mencionados acima no nível de planejamento operacional, devem-se tecer algumas considerações, especialmente sobre a aleatoriedade nas chegadas dos navios que, por razões contratuais, são atendidos na maioria das vezes por meio da disciplina FCFS e também sobre a alocação de navios por metro linear de cais, tanto dos navios que irão atracar como dos navios que estão atracados.
Tais atracações sejam em cais públicos ou privativos, procuram respeitar a ordem de chegada dos navios, sua prioridade e condição de atracação, isto é, janela de tempo estabelecida entre o armador e o terminal e ocupação linear de cais.

Em algumas situações, os berços ocupados pelos navios que estão em operação não permitem a atracação do primeiro navio em fila, nesses casos, o que normalmente ocorre é a tentativa de violação ou relaxação da fila. O terminal procura um dos navios em fila que atenda à condição de comprimento de berço e cuja somatória de tempos (navegação, manobra, atracação, operação e desatracação) seja menor ou igual ao do navio atracado, o que restringe a atracação do primeiro navio em fila.

3 – Cenários do Estudo

O objetivo deste artigo é apresentar o problema de planejamento de berço em terminais de contêineres por meio de uma análise de regras de atracação de dados reais de chegada de navios e introduzir um estudo de janela de tempo oferecida pelo terminal ao armador, considerando um sistema total de custos dos navios em fila.
Janela de tempo de atracação é um período de tempo em horas oferecido pelo terminal ao armador num determinado dia para que este atraque o seu navio com a garantia de reserva de berço para atracação. Isso garante o pagamento de penalidades pelo terminal caso o navio chegue na janela determinada e não possa atracar em virtude de não haver berço ou espaço de cais disponível.
As situações contempladas na análise de regras de atracação de dados reais de chegada dos navios, no modelo a ser apresentado, são as seguintes:
O navio chega antes da janela de tempo acordada. Nesse caso, armador arcará com todos os custos de espera até o início de sua janela de tempo, e o terminal poderá ou não atendê-lo antes do início da sua janela de tempo, dependendo da disponibilidade e da programação de seus berços.
O navio chega dentro (durante) da janela de tempo. Nessa situação, o terminal deve conceder a atracação imediata do navio em um berço que atenda às suas características de comprimento (LOA) e calado. Se não for possível a atracação do navio em virtude de problemas operacionais (exemplos: atraso nas programações do navio atracado, falta de carga no costado, quebra de equipamento de operação de cais ou retaguarda) com os navios anteriores, todos os custos da espera do navio da vez são de responsabilidade do terminal, independente do ocorrido.
Por último, quando o navio chega após a janela de tempo estipulada, o terminal está livre das penalidades de espera e atenderá esse navio quando houver espaço na programação dos berços ou for possível violar ou relaxar a fila, isto é, atracar o navio desde que atenda às condições de comprimento de berço e cuja somatória de tempos seja menor ou igual à do navio atracado.
Não serão consideradas como restrição no modelo as condições de calado ou situações em que o armador chega antes ou dentro da janela e solicita esperar na barra, em virtude de estar aguardando carga de exportação programada e ainda não depositada no terminal pelo exportador.
O conceito de janela de tempo apresentado e suas conseqüentes regras de atracação visam a estabelecer uma adequação dos navios a um novo padrão de chegadas, cujo intervalo entre navios consecutivos apresente menor dispersão de desvio.
Reportando novamente à teoria de filas, esta proposta pretende que a distribuição de chegadas de navios busque ou se aproxime de um valor determinístico.
O objetivo é testar por meio de modelagem o que foi descrito anteriormente, buscando demonstrar qual a janela ótima para diferentes tipos de distribuição de chegadas de navios, tais como: Exponencial, Erlang 2 , Erlang 3, Erlang 4, normal, triangular e uniforme.

Além da indicação de qual a janela de tempo ótima, busca-se indicar também os custos dos navios em fila para o terminal e para o armador do navio.

4- Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica apresentada neste artigo ateve-se ao planejamento de berços e simulação de terminais. Outros assuntos, tais como programação de navios, não foram incluídos tendo em vista que o foco da pesquisa e o oferecimento de janela de tempo de atracação pelo terminal ao cliente (navio).

HENESEY, DAVIDSSON e PERSSON (2004) investigaram o uso de simulação como base para um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para análise da distribuição de berços de atracação no Terminal de Contêiner de Skandia Harbour, porto de Gotemburgo, na Suécia. Analisaram as diversas restrições e de duas políticas de decisão de gerenciamento de atracação chamadas de *Shortest Turn-Around Time Policy (STTP)* e *Berth Closest to Stack Policy (BCSP)*, ou Política de Menor Tempo de Estadia e a Política de atracação mais perto da área de armazenamento.

Apresentaram um Sistema de Gerenciamento de Planejamento de Atracação chamado BAMS - Berth Allocation Management System, desenvolvido em Linguagem Java e que consiste em dois componentes: um modelo de simulação de gerenciamento das operações de um terminal de contêineres e um modelo de simulação das várias entidades físicas envolvidas na alocação de navios porta-contêineres nos berços, como: navios, portêineres, etc., que se comunicam por meio de RMI.

PIAW (2003) discorre sobre o sistema de planejamento de berço da Autoridade Portuária de Cingapura (Port Singapore Authoritie - PSA), sobre os tempos e a posição exata de cada navio no cais, assim como os recursos alocados no processo. Diversas variáveis foram levadas em consideração, tais como: LOA e ATA do navio, quantidade de contêineres a serem operados na descarga e embarque e as áreas de armazenamento de exportação e buffer de importação.

A proposta de Piaw é de um planejamento de berço “robusto”, desde que o ATA do navio varie substancialmente da previsão. Isso é particularmente importante para navios de clientes prioritários que possuem berço garantido na chegada (ou no intervalo máximo de duas horas) de acordo com seus contratos com a PSA.

NISHIMURA, IMAI e PAPADIMITRIOU (2001) apresentam o problema de distribuição dinâmica de berço (*Dynamic Berth Allocation Problem – DBAP*) com serviços simultâneos em um sistema de porto público (e não especificamente para terminais de contêineres) em portos japoneses por meio de uma heurística baseada em Algoritmo Genético (*Genetic Algorithm – GA*), que se mostrou uma boa solução, adaptável a aplicações reais e com pequenos esforços computacionais.

De maneira similar, NISHIMURA, IMAI e PAPADIMITRIOU (2001) estudaram a alocação e otimização de berço, usando heurística baseada em programação inteira mista (*Mixed-Integer Programming – MIP*), formulando as versões estáticas (*SBAP*) e dinâmicas (*DBAP*) do problema de alocação de berço e suas relaxações lagrangeanas.

Esses mesmos autores, em 2003, desenvolveram uma heurística baseada em Algoritmo Genético para resolver problemas não-lineares de alocação de berços para navios com diferentes prioridades.

Soluções por meio de Algoritmo Genético já foram utilizadas por LIM e GOH (2000), que trataram o Problema de Atracação de Navio (*Ship Berthing Problem – SBP*) como um problema da categoria NP-hard.

KIM e MOON (2003) formularam um modelo de programação inteira mista (*Mixed Integer Program - MIP*) para determinar tempos e posições de navios em terminais de contêineres com atracação em berço dedicado, por meio de algoritmos *Simulated Annealing (SA)*.
GUAN e CHEUNG (2004) consideraram o problema de alocação de berços para navios com objetivo de minimizar o tempo total. Foram consideradas duas formulações matemáticas: uma desenvolveu um procedimento de busca em árvore (*Tree search*) enquanto a outra era utilizada em um limite inferior para acelerar o procedimento de busca em árvore.
LAI e SHIH (1992) propuseram heurísticas para o problema de alocação de berços, motivados pelo uso mais eficiente de berços no terminal HIT de Hong Kong e assumiram a estratégia de disciplina de fila FCFS.
IMAI, NAGAIWA e CHAN (1997) consideram o problema de alocação de berço para portos comerciais, onde a maioria das filas de navios é atendida de forma FCFS e concluem que portos de elevada movimentação devem buscar a alocação ótima de navio-berço sem considerar a disciplina FCFS; muito embora isso possa resultar na insatisfação de alguns navios que observam a seqüência de atracação.
LI, CAI e LEE (1998) discutem o problema de atracação de maneira geral, programação de múltiplas tarefas e um processador (*scheduling with multiple-job-on-one-processor pattern*), na qual navios representam tarefas e o processador pode ser interpretado como o berço. Experiências computacionais demonstraram eficácia da heurística com resultados próximos do ótimo.
LIM (1998) reformularam o problema como uma forma restrita de duas dimensões do problema de *Packing* e exploram a representação gráfica teórica. Esse problema específico de planejamento de berço é mostrado como um NP-hard completo e para sua solução do problema é proposta a aplicação de heurística a dados estatísticos históricos.
PARK e KIM (2002) estabeleceram um método para planejamento de berço baseado nos horários e posições de atracação dos navios porta-contêineres em terminais, onde o planejamento de berço realizado deve satisfazer as solicitações dos armadores e minimizar os esforços de movimentação durante a operação do navio. Uma programação inteira mista (*Mixed Integer Program - MIP*) foi formulada para a resolução do problema, contudo, a fim de sobrepor os problemas computacionais à formulação anterior, foi convertida em programação linear inteira e o modelo de Relaxação Lagrangeana do modelo discreto foi resolvido com o uso da técnica de otimização subgradiente.
Os mesmos PARK e KIM (2003) discutiram um método de seqüenciamento (*scheduling*) de berços e portêineres, que são recursos críticos em um terminal de contêineres. Foi formulado um modelo de programação inteira que considerou várias restrições práticas e foi sugerido um procedimento de solução em duas fases para o modelo matemático. A primeira fase determina a posição e o horário de cada navio, assim como o número de portêineres determinados para cada segmento de hora e a segunda fase é uma programação detalhada de cada portêiner, baseada na escolha da primeira fase. A técnica de otimização de subgradiente é aplicada para a obtenção da solução próxima do ótimo na primeira fase. Na resolução da segunda fase foi aplicada a técnica de programação dinâmica.
MOON (2000) discute a alocação de berço e posição de chegada dos navios quando berço é um gargalo nos terminais. Utilizando dados reais do Terminal de Contêineres de Pusan (*Pusan East Conteiner Terminal - PECT*) formulou uma programação linear inteira e resolveu o problema com o auxílio do software LINDO®. Contudo, o tempo de processamento no LINDO® cresce rapidamente quando o número de navios era superior a sete e o horizonte de planejamento excedia 72 horas.

CHEN e HSIEH (2001) desenvolveram um modelo de alocação de berço utilizando uma rede modificada de tempo-espaço (*modified time-space network*) para tomada de decisão, utilizando dados do Porto de Keeling.
Esse modelo leva em consideração o LOA, horário de atracação e desatracação de cada navio para gerar um problema de fluxo de rede generalizado e suas restrições. Todavia, o problema foi resolvido com programação inteira e utilização de algoritmo *Branch and Bound*.
HANSEN e OGUZ (2003), baseados nos estudos do Problema de Alocação Dinâmica de Berço (DBAP) de NISHIMURA, IMAI e PAPADIMITRIOU (2001), propuseram, após correção, um modelo equivalente mais compacto, e estenderam a acomodação de tamanho das restrições, devido às datas dos navios e ao horizonte de planejamento. Foram realizados experimentos computacionais com CPLEX, nos quais o primeiro modelo de DBAP foi capaz de resolver problemas de 10 berços e 50 navios, enquanto o modelo compacto de DBAP não foi tão eficiente em virtude das limitações do grande M´s.
Desta forma pode-se concluir que o problema de planejamento de berço deve ser tratado como uma atividade de extrema importância nos processos dos terminais de contêineres, não apenas no âmbito operacional, na designação do navio ao berço, de acordo com contratos, prioridades ou pela sua ordem de chegada; mas em nível estratégico, na definição do tamanho de cais e do número de berços necessários para atender a demanda projetada ou na distribuição dos tempos de janela de tempo de atracação entre os diversos serviços e armadores, buscando a redução dos tempos de fila dos navios e reduzindo possíveis congestionamentos.
Esse problema foi tratado por vários autores e por meio de diversas heurísticas e modelos, desde a simples análise de chegadas até o uso de algoritmos genéticos para sua resolução, que em muitos casos violam a seqüência de atendimento dos navios em função direta da ordem de chegada, o que é um item contratual, o qual não permite a violação ou relaxação da fila a menos que o navio que violou a ordem de atendimento libere o cais antes do término das operações do outro navio atracado.
Contudo, em nenhuma bibliografia pesquisada foi tratado o problema da janela ótima de tempo de atracação fornecida pelo terminal ao armador.Nesta pesquisa ela é tratada por meio de simulação discreta.

5 – Descrição do Modelo

Buscou-se modelar as chegadas de um terminal de contêineres por simulação, visto ser esta uma técnica consagrada e sugerida por diversos autores que foram revisados e, especialmente, pela facilidade de se representar com mais detalhes as operações de atracação e operação dos navios.
No âmbito desta pesquisa, representar a ocupação do cais por metro linear em função do tamanho dos navios só é possível com emprego de simulação. Foi utilizada uma interface feita em EXCEL, e o software ARENA para a modelagem dos dados iniciais.
O tempo disponível para atracação é dividido em janelas de tempo, isto é, um período de tempo em horas oferecido pelo terminal ao armador num determinado dia para que este atraque o seu navio com a garantia de reserva de berço para atracação ou o pagamento de penalidades pelo terminal caso este chegue na janela determinada e não possa atracar em virtude de não haver berço ou espaço de cais disponível.
Os navios chegam segundo uma distribuição estatística, cujo intervalo médio de chegadas é o período em análise (aproximadamente nove meses de chegadas reais de navios disponibilizado por um terminal de contêineres do Porto de Santos) dividido pelo número

de navios que atracarem nesse período (ou chegadas são lidas diretamente de um arquivo fornecido pelo terminal mencionado anteriormente).
O modelo verifica as seguintes situações:

- •1 Primeiro se o navio chegou antes da janela de tempo acordada. Nesse caso, o armador arcará com todos os custos de espera até o inicio de sua janela de tempo, e o terminal poderá ou não atendê-lo, dependendo da disponibilidade e da programação de seus berços.
- •2 Com o navio chegando dentro da janela de tempo, o terminal deve conceder a atracação imediata do navio em um berço que atenda às suas características de comprimento (LOA) e calado. Caso não seja possível atracar o navio em virtude de problemas operacionais, os custos serão de responsabilidade do terminal independente do ocorrido.
- •3 Quando o navio chega após a janela de tempo estipulada, o terminal está livre das penalidades de espera e atenderá esse navio quando houver espaço na programação dos berços ou for possível violar ou relaxar a fila, isto é, atracar o navio desde que atenda às condições de comprimento de berço e cuja somatória de tempos seja menor ou igual a do navio atracado.

O modelo apresentado é caracterizado por três blocos, conforme demonstra a figura 1:

- •1 O primeiro bloco lê as características dos navios e os coloca em fila.
- •2 O segundo bloco aloca os navios aos berços à medida que os navios são gerados.
- •3 O terceiro bloco escreve as estatísticas ao final do modelo.

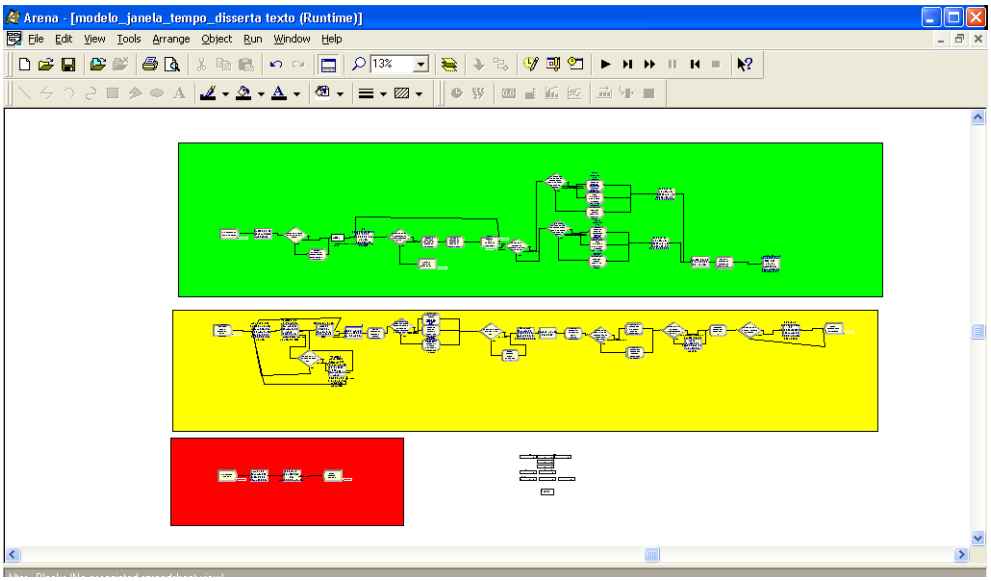


Figura 1 – Blocos do modelo da simulação em ARENA

O primeiro bloco é o responsável pela leitura das características dos navios e por colocá-los em fila, isto é, cria a entidade de leitura de dados. Em seguida, a entidade lê os parâmetros básicos de simulação, que são: o tempo de duração da simulação em minutos; as chaves do tipo do modelo, que é 0 para tamanho de cais e 1 para o número de berço; o tipo de chegada de navios, que são 0 quando os dados são lidos do arquivo e 1 quando é

gerado por intervalo de tempo; as chaves de permissão de violação ou relaxação da fila, se for 0 não ocorre a violação ou relaxação da fila e se for 1 a violação é permitida.
A violação ou relaxação de fila ocorre quando os berços ocupados pelos navios que estão em operação não permitem a atracação do primeiro navio em fila, nesses casos, o terminal, por meio de tentativa, procura um dos navios em fila que atenda a condição de comprimento de berço e cuja somatória de tempos (navegação, manobra, atracação, operação e desatracação) seja menor ou igual ao do navio atracado, o que restringe a atracação do primeiro navio em fila; contudo, na prática, há riscos de ocorrer algum problema de ordem operacional com esse navio que violou a fila e o terminal acaba penalizando o primeiro navio da fila e gerando custos.
Ainda sobre o primeiro bloco, que é o responsável pela leitura das características dos navios e de sua colocação em fila, existem outras características como: o intervalo de navios (em minutos) quando a chave do modelo é do tipo 1, isto é, gerada por intervalo; a distância entre cada um dos navios, 10 metros para cada um, quando a chave do tipo do modelo é 0; o número de berços, para quando a chave do tipo de modelo for igual a 1; tamanho de cais (em metros) quando a chave do tipo do modelo for igual a 0; o número de navios a serem lidos do banco de dados; o tamanho da janela de tempo (em minutos) quando o tipo de chegada de navios for igual a 1, isto é, gerado por intervalo de tempo; o coeficiente de variação da distribuição do intervalo entre navios, quando o tipo de chegada dos navios for igual a 1; o custo diário do navio estipulado em US$ 40.000,00 e a penalidade horária de US$ 1.200,00 paga em caso de espera do navio por responsabilidade do terminal.
A figura 2 representa a interface do modelo e a descrição das variáveis e chaveamentos deste.

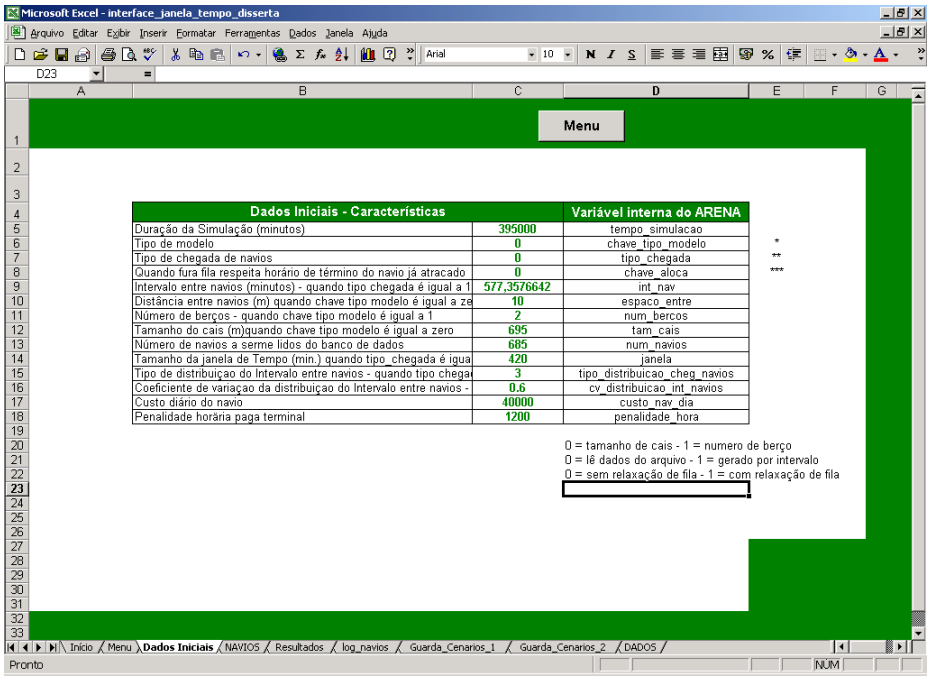


Figura 2 - Descrição das variáveis e chaveamentos do modelo

5.1 – Operacionalização do modelo de simulação

Foi desenvolvida uma interface, a qual exporta os dados reais de 685 navios: data/hora de atracação (ATB), data/hora de saída do navio (ATD), o LOA do navio; a movimentação de descarga, embarque, remoções e o total de movimentos. Os dados relacionados ao tempo são mostrados sempre em minutos.
A rigor, o modelo usará somente os dados sobre chegada e atendimento (desatracação e atracação). O tempo de fila dos 685 navios da base de dados servirá para base de validação do modelo de simulação. As movimentações de contêineres realizadas devem ser alvo de análise futura.
O menu da interface desenvolvida, a descrição das variáveis e os possíveis chaveamentos, para o tipo de modelo, tipo de chegadas de navios e quando há violação da fila e restrição de término do navio.
A duração da simulação neste estágio da pesquisa é correspondente a 395.000 minutos, o que representa a base de dados. A interface permite utilizar o modelo que simula a ocupação linear do cais ou simula a ocupação de um número fixo de berços.
O usuário pode ler as chegadas e demais características de um banco de dados ou gerar as chegadas fornecendo um intervalo entre navios; nesse caso o modelo utilizará a janela de tempo indicada e no caso de esta ser igual a zero, gerará navios com espaçamento constante de tempo.
O usuário poderá ainda optar se, quando houver a violação ou relaxação da fila, ele respeitará ou não o horário de término do navio já atracado.
São ainda registrados os resultados da simulação dos navios gerados, dos navios atendidos, navios em fila ao final da simulação, tempo médio em horas dos navios em fila, o tempo médio em horas dos navios em fila sem elementos com tempo zero de horas em fila, o número médio de navios em fila, utilização do cais, o número de navios em fila 1 que chegaram antes da janela de tempo, o número de navios em fila 2 que chegaram dentro da janela de tempo e o número de navios em fila 3 que chegaram após a janela de tempo estipulada.
São também registrados os custos de navio em fila para as três situações descritas anteriormente; quando o navio chega antes (custo navio fila 1) ou depois (custo navio fila 3) da janela de tempo e os custos são pagos pelo armador, e quando o navio chega durante a janela de tempo e não é atendido (custo navio fila 2), os custos são pagos pelo terminal .
A figura 3 demonstra estes dados.

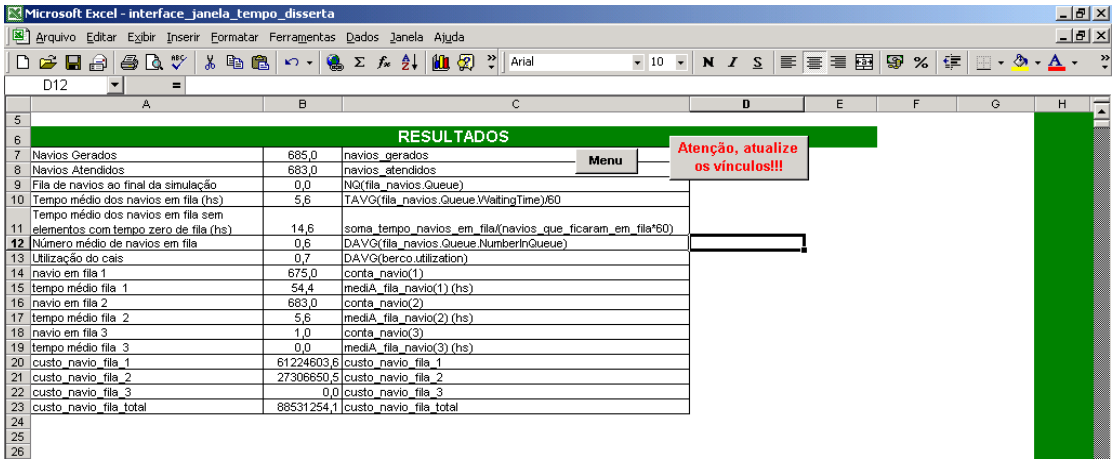


Figura 3 – Resultados da simulação

Nessa interface são registrados os resultados de log dos navios, além das informações mencionadas anteriormente, tais como: seqüência, LOA do navio, dados de chegada, atracação, operação e desatracação em minutos, quantidade de navios em fila, tempos de fila e custos dos navios em fila.
Os dados dos cenários que foram realizados também são guardados com as características iniciais, como o tempo de duração da simulação em minutos; o tipo de modelo, o tipo de chegada de navios, quando ocorre a violação da fila e respeita o término do navio atracado; o intervalo entre navios em minutos, quando o tipo de chegada é igual 1; a distância em metros entre navios quando a chave do modelo é igual a 0; o número de berços quando a chave do modelo é igual 1; o tamanho de cais em metros quando a chave tipo do modelo é igual a zero; o número de navios a serem lidos; tamanho da janela de tempo em minutos; o tipo de distribuição do intervalo entre navios, quando o tipo de chegada é igual 1; o coeficiente de variação da distribuição do intervalo entre navios; o custo diário do navio e a penalidade horária paga pelo terminal.
O número de navios gerados e atendidos, a fila de navio ao final da simulação, tempo médio dos navios em fila, tempo médio dos navios em fila sem elementos com tempo zero de filas em horas, o número médio de navios em fila, utilização de cais e custos recorrentes da chegada do navio antes, durante ou depois da janela de tempo estipulada entre o terminal e o armador.

5.2 – Análise dos dados

A análise dos dados realizada neste estudo compreende basicamente três ítens: os intervalos de chegada, os tempos de atendimento e a análise por meio de gráficos dos resultados das simulações.

5.2.1 – Intervalos de chegada

Os intervalos entre as chegadas dos 685 navios da base de dados foram analisados por meio do Input Analyser do programa ARENA e em consonância ao apresentado por BOTTER (2002).
Os resultados demonstram que nos dois testes de aderência realizados: “Qui-quadrado” e “Kolmogorov-Smirnov” não pode ser rejeitada a hipótese de que a distribuição entre chegadas seja exponencial.
O valor de “p-value” encontrado em ambos os testes supera valores convencionais de 10% de significância para testes de hipóteses. A figura 4 representa o gráfico dos intervalos de chegada.

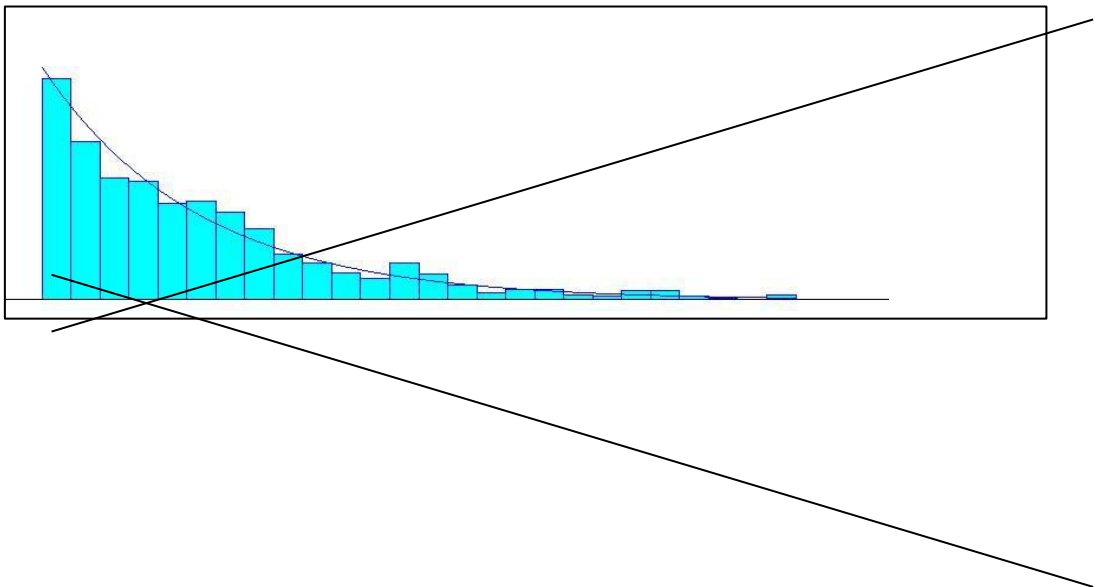


Figura 4 – Gráfico dos intervalos de chegada

5.2.2 – Tempos de atendimento

Da mesma forma que no item 5.2.1- Intervalo de chegadas, os tempos de atendimento foram analisados e conclui-se que a melhor distribuição teórica aderida "Gamma" não é aceitável, em virtude de seus valores de "p-value" serem muitos baixos.
Optou-se, portanto, por utilizar os tempos observados dos 685 navios, pois uma consulta ao terminal que os disponibilizou não recomendou o expurgo de qualquer valor, especialmente os valores altos.

5.2.3 – Análise dos resultados das simulações

Nesta seção serão analisados os resultados das simulações, realizadas comparações entre os tipos de chegada, podendo ser esses dados lidos diretamente do arquivo (chave 0) e dados gerados por intervalo (chave 1).
Dessa forma, as comparações serão realizadas conforme as tabelas 1 e 2 abaixo:

Tabela 1 – Comparação entre cenários lidos do arquivo

Dados Iniciais	Cenário 1	Cenário 2
Tipo do modelo	0	0
Tipo de chegada	0	0
Violação de fila	0	1

Tabela 2 - Comparação entre cenários gerados pelo modelo

Dados Iniciais	Cenário 3	Cenário 4
Tipo do modelo	0	0
Tipo de chegada	1	1
Violação de fila	0	1

As chaves do tipo do modelo são 0 para tamanho de cais e 1 para o número de berço; o tipo de chegada de navios, que é 0 quando os dados são lidos do arquivo e 1 quando é gerado por intervalo de tempo; as chaves de permissão de violação ou relaxação da fila, se forem 0 não ocorre a violação ou relaxação da fila e se forem 1 a violação é permitida.
O tamanho da janela de tempo estipulada nas simulações variaram de 30 a 600 minutos com intervalos de 30 minutos. Foram simulados diversos tipos de distribuição do intervalo de navios, conforme tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - Relação do valor da chave e do tipo de distribuição

Valor da chave	Tipo de distribuição
1	Exponencial
2	Erlang 2
3	Erlang 3
4	Erlang 4
5	Média (determinístico)
6	Normal
7	Triangular
8	Uniforme

5.2.3.1 – Análise dos resultados das simulações de dados lidos do arquivo

O resultado das simulações de dados lidos do arquivo com tipo de distribuição exponencial estão representados na tabela 4.
Nessas simulações não ocorreram variações de valores dos custos dos navios em fila; não importou a variação do tipo de distribuição, os resultados foram os mesmos para Erlang 2, Erlang 3, Erlang 4, Média, Normal, Triangular e Uniforme; portanto será apresentado apenas os dados e gráficos da distribuição exponencial.

Tabela 4 - Custos do navio por conta do armador e do terminal na simulação de dados lidos do arquivo e tipo de distribuição exponencial

	000			001		
min.	custo navio 1	custo navio 2	custo navio 3	custo navio 1	custo navio 2	custo navio 3
30	66.588.810,62	0,00	0,00	66.588.810,62	0,00	0,00
60	66.305.477,29	0,00	0,00	66.305.477,29	0,00	0,00
90	66.022.143,96	0,00	0,00	66.022.143,96	0,00	0,00
120	65.738.810,62	0,00	0,00	65.738.810,62	0,00	0,00
150	65.455.544,61	4.562.922,77	0,00	65.455.544,61	6.765.829,64	0,00
180	65.172.627,94	4.563.232,70	0,00	65.172.627,94	6.766.139,56	0,00
210	64.890.096,31	4.563.832,70	0,00	64.890.096,31	6.766.739,56	0,00
240	64.607.596,31	4.564.610,95	0,00	64.607.596,31	6.767.517,81	0,00
270	64.325.457,02	27.267.050,51	0,00	64.325.457,02	40.433.698,98	0,00
300	64.043.373,68	27.270.650,51	0,00	64.043.373,68	40.437.298,98	0,00
330	63.761.290,35	27.274.250,51	0,00	63.761.290,35	40.440.898,98	0,00
360	63.479.207,02	27.277.850,51	0,00	63.479.207,02	40.444.498,98	0,00
390	63.197.123,68	27.281.450,51	0,00	63.197.123,68	40.448.098,98	0,00
420	62.915.040,35	27.285.050,51	0,00	62.915.040,35	40.451.698,98	0,00
450	62.632.957,02	27.288.650,51	0,00	62.632.957,02	40.455.298,98	0,00
480	62.350.873,68	27.292.250,51	0,00	62.068.879,76	40.462.498,98	0,00
510	62.068.879,76	27.295.850,51	0,00	62.068.879,76	40.462.498,98	0,00
540	61.787.213,10	27.299.450,51	0,00	61.787.213,10	40.466.098,98	0,00
570	61.505.853,61	27.303.050,51	0,00	61.505.853,61	40.469.698,98	0,00
600	61.224.603,61	27.306.650,51	0,00	61.224.603,61	40.473.298,98	0,00

Analisando os resultados da tabela 4, nota-se que a melhor faixa para a oferta da janela de tempo de atracação pelo terminal, nesta comparação de dados da simulação lidos diretamente do arquivo, encontra-se entre 150 e 240 minutos.
O período de 150 minutos proporciona o menor custo do navio em fila a ser pago pelo terminal e o de 240 minutos o menor custo pelo armador e também o menor custo total do navio em fila.
As faixas anteriores a 150 minutos são curtas, o que faz com que o armador raramente chegue dentro da janela, arcando dessa forma com todo o custo em fila.
A faixa entre 270 e 600 minutos não representa uma redução significativa para os custos em fila a serem pagos pelo armador, contudo apresenta um aumento de praticamente seis vezes dos custos em fila a serem pagos pelo terminal.
No momento em que o terminal aumenta a faixa de tempo da janela de atracação, melhora o seu nível de serviço, porém os navios começam a chegar com mais frequência dentro da janela. Esse fato é comprovado pelo custo do navio em fila 3 ser igual a zero.
É importante notar também que há um aumento na diferença entre os cenários com ou sem violação de fila. No cenário em que ocorre a violação de fila, há um aumento do custo total dos navios em fila entre as janelas de 150 a 240 minutos e um aumento de entre o intervalo de janela de tempo de 270 a 600 minutos.

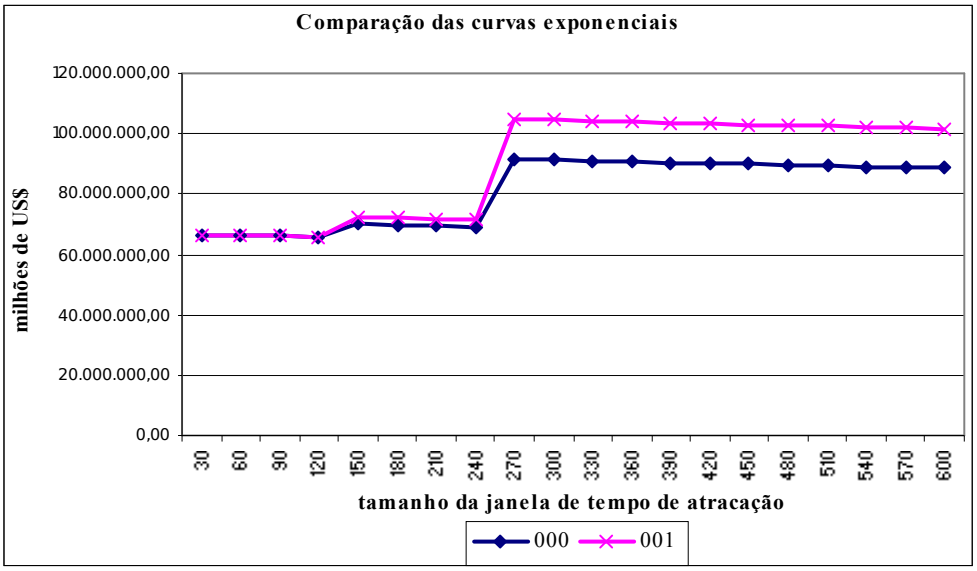


Figura 5 – Comparação das curvas exponenciais para dados lidos do arquivo

A figura 5, acima, representa a comparação das curvas exponenciais para os dados lidos diretamente do arquivo. Nesse gráfico é possível visualisar o aumento na diferença entre os cenários com ou sem violação de fila e o aumento do custo total dos navios em fila quando a faixa de tempo da janela supera os 240 minutos.

5.1.3.2 Análise dos resultados das simulações de dados gerados

Para os dados gerados na simulação, foram utilizados os mesmos tipos de distribuição do intervalo de navios conforme a tabela 3, mostrada anteriormente no item 5.2.3.

Deve-se destacar que os valores da simulação para as distribuições normal, triangular e uniforme apresentaram os mesmos resultados.
Na tabela 5 são apresentados os dados referentes aos custos do navio por conta do armador e do terminal na simulação de dados gerados das distribuições: normal, triangular e uniforme. Observa-se que todos os custos do navio em fila serão por conta do terminal.

Tabela 5 – Custos do navio por conta do armador e do terminal na simulação de dados gerados para as distribuições: normal, triangular e uniforme

	010			011		
min.	custo navio 1	custo navio 2	custo navio 3	custo navio 1	custo navio 2	custo navio 3
30	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
60	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
90	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
120	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
150	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
180	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
210	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
240	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
270	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
300	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
330	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
360	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
390	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
420	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
450	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
480	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
510	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
540	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
570	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00
600	0,00	149.861.594,01	0,00	0,00	242.698.475,62	0,00

A tabela 6 apresenta os resultados dos custos do navio em fila por conta do armador e do terminal na simulação de dados gerados para distribuição do tipo exponencial.
Estes dados serão foco de análise comparativa futura entre dados lidos diretamente do arquivo e dados gerados na simulação.
De acordo com os dados da tabela 6, na próxima página, verifica-se que a melhor faixa de janela de tempo de atracação a ser oferecida está entre 210 e 360 minutos.
Os custos do navio em fila 1 que são de responsabilidade do armador que chegou antes da janela estabelecida se mantêm com pouca variação entre 30 e 600 minutos.
Esse fato não se repete para o custo do navio em fila 2, que é de responsabilidade do terminal; a faixa abaixo dos 210 minutos compremete o nível de serviço oferecido apesar dos custos menores, contudo os custos na faixa acima de 390 minutos basicamente igualam os custos do navio em fila pagos pelo armador e pelo terminal.
No caso de haver violação da fila, o terminal passa a ser responsável pela maior do custo da fila a partir dos 60 minutos de janela de tempo de atracação. Tal aumento é facilmente observado na coluna de custo do navio em fila 2 (custo navio 2).

Tabela 6 - Custos do navio em fila por conta do armador e do terminal na simulação de dados gerados e tipo de distribuição exponencial

	010			011		
min.	custo navio 1	custo navio 2	custo navio 3	custo navio 1	custo navio 2	custo navio 3
30	85.517.219,96	27.480.838,11	8.309.823,54	85.517.219,96	46.960.281,47	14.000.712,69
60	85.367.173,16	50.450.909,65	8.295.932,11	85.367.173,16	138.758.716,72	13.982.559,79
90	85.217.300,10	45.456.180,89	8.287.101,01	85.217.300,10	119.508.118,07	13.964.647,31
120	85.067.641,60	52.029.709,04	8.284.006,07	85.067.641,60	162.339.360,30	13.961.368,29
150	84.918.240,86	57.500.054,54	8.276.113,76	84.918.240,86	175.590.204,08	13.946.869,58
180	84.768.972,39	54.239.160,82	8.263.954,73	84.768.972,39	170.370.072,26	13.923.331,72
210	84.619.768,77	68.399.321,90	8.251.026,59	84.619.768,77	185.342.521,69	13.903.967,00
240	84.470.682,20	70.836.299,16	8.220.169,61	84.470.682,20	197.469.356,80	13.878.454,94
270	84.321.799,21	70.960.021,82	8.209.781,77	84.321.799,21	184.074.662,55	13.827.169,98
300	84.173.167,63	69.845.235,80	8.188.685,76	84.173.167,63	196.411.897,76	13.873.257,97
330	84.024.738,86	69.281.457,40	8.171.065,24	84.024.738,86	199.561.579,93	13.878.055,93
360	83.876.498,09	71.667.688,38	8.152.161,74	83.876.498,09	202.205.473,74	13.843.107,38
390	83.728.396,95	77.403.917,22	8.134.028,44	83.728.396,95	202.963.677,77	13.808.030,49
420	83.831.802,39	79.446.744,91	8.120.860,73	83.831.802,39	219.261.972,70	13.778.098,57
450	83.683.957,35	90.284.096,92	8.107.960,81	83.683.957,35	247.573.966,05	13.750.475,36
480	83.536.254,88	90.744.190,58	8.099.291,80	83.536.254,88	247.495.040,77	13.747.070,78
510	83.388.687,09	91.227.809,58	8.075.202,13	83.388.687,09	262.006.195,80	13.797.996,78
540	83.241.372,74	106.917.807,19	8.062.662,19	83.241.372,74	264.007.217,89	13.694.715,70
570	83.094.304,94	107.649.121,96	8.053.916,08	83.094.304,94	264.849.012,41	13.676.155,14
600	82.947.551,18	108.612.957,98	8.037.480,98	82.947.551,18	267.804.423,29	13.643.973,52

A figura 6 apresenta o gráfico representativo da distribuição exponencial para os dados gerados.

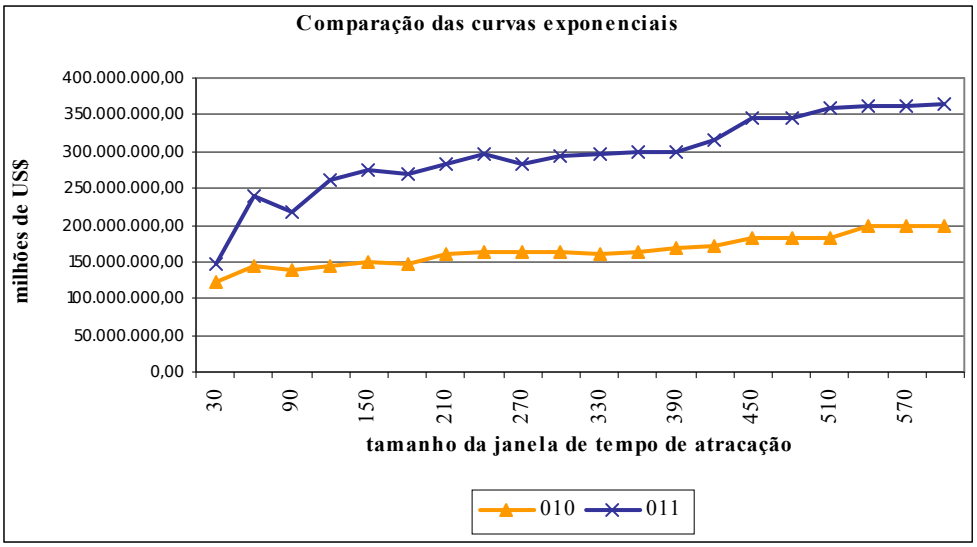


Figura 6 - Comparação das curvas exponenciais para dados gerados

A análise das distribuições do tipo Erlang foram feitas em conjunto: Erlang 2 , Erlang 3 e Erlang 4, por meio do custo total do navio em fila.

Tal análise foi realizada desta maneira, em virtude das distribuições do tipo Erlang apresentarem processo de chegada mais comportado, o que acaba influenciando ou remetendo a janela de tempo.

O quadro comparativo dos custos de navio em fila das distribuições do tipo Erlang é mostrado no gráfico da figura 7.

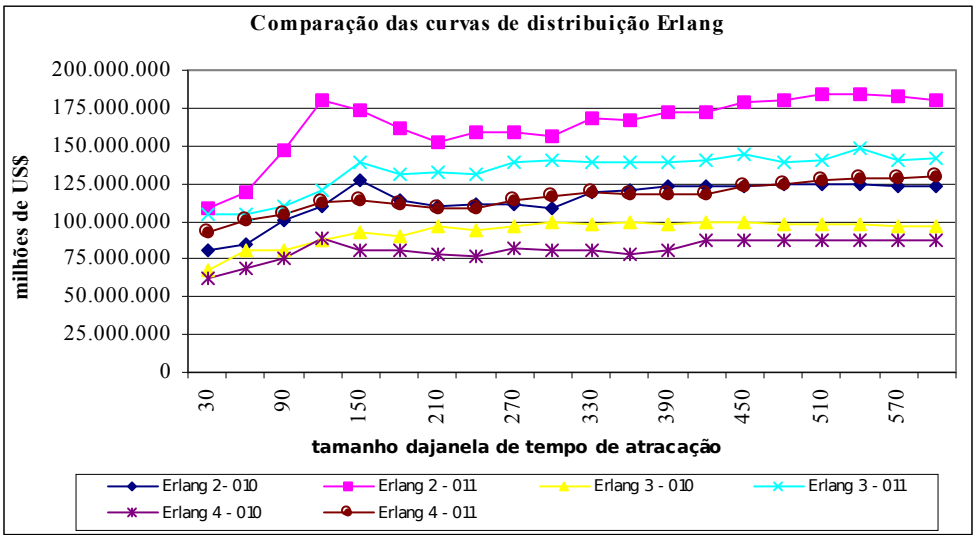


Figura 7 - Comparação das distribuições Erlang de dados gerados na simulação

Em virtude das análises realizadas anteriormente e de suas particularidades, optou-se por uma análise comparativa por meio das distribuições exponenciais para os dados lidos diretamente do arquivo e dados gerados na simulação. A tabela 7 apresenta essa comparação.

Tabela 7 – Quadro comparativo dos dados lidos do arquivo e gerados pelo modelo através de distribuição exponencial

Cenário	Janela de Tempo oferecida pelo terminal (min.)	Observações
Dados lidos do arquivo	150 – 240	Custo do navio em fila baixo para o terminal e bom nível de serviço.
Dados gerados do modelo	210 - 360	Custo do navio em fila maior para o terminal (com custos proximos ao do armador) e com um nível de serviço melhor.

6 – Conclusões e Recomendações

O objetivo de desenvolver um estudo de janela de tempo a ser oferecida pelo terminal ao armador, considerando um sistema de custos, foi alcançado com a elaboração de um modelo de simulação que analisa dados reais de chegada dos navios ou gera as suas chegadas através de um conjunto de variáveis e características dos navios e do terminal.
A indicação da melhor janela de tempo de atracação a ser oferecida pelo terminal ao cliente armador, considerando um sistema total de custos dos navios em fila, proporciona diversos benefícios para o terminal e para o armador.
Para o terminal permite uma melhor programação de suas atividades operacionais, que passam pela manutenção de equipamentos de costado, possibilidade de um planejamento e seqüenciamento dos contêineres de embarque mais detalhado, em consonância com o plano de bordo do armador, abertura de espaço no pátio para importação em face da entrega dos contêineres descarregados dos navios anteriores e, conseqüentemente, um melhor nível de serviço oferecido.
Quanto aos armadores, estes podem programar os seus schedules e não correr o risco de perder a janela de tempo de atracação ou ficar esperando em fila por não possuir uma em dessas janelas acordadas com o terminal. Isso evita custos associados à perda de janelas de atracação nos portos subseqüentes, onde esse custo seria probabilístico, uma vez que existe alguma folga nos schedules (cerca de 5% do tempo de viagem redonda).
O problema ocorre quando essa folga é utilizada logo no início da viagem pela perda de uma janela e longa permanência em fila. Nesses casos o atraso incorrerá em esperas ainda maiores nos portos seguintes da escala. Comumente algum porto é cancelado para que o navio retorne ao schedule e cumpra as demais janelas.
Em tais situações os custos adicionais ficam apenas por conta do armador em: remoções, transbordos, lucro cessante (em virtude dos embarques cancelados) e risco comercial.
Recomenda-se a utilização do modelo como ferramenta de apoio à decisão e sua aplicação em outros terminais de diferentes portos; além da possível adaptação desse modelo com o acréscimo de novas variáveis nos processos de planejamento da área de operações de navios, tais como: a alocação de equipamentos de movimentação do tipo portêineres e recursos de bordo do navio e sua relação com os equipamentos de retaguarda; ou a possibilidade de definição de qual o melhor dia e hora da semana para aplicação da janela de tempo de atracação.

7 - Referências

CHEN, C.Y.; HSIEH, T.W. **A Time-Space network model for the berth allocation problem**. 2001.

GONZALEZ, J.A; BOTTER, R.C. **Vantagens e desvantagens da aplicação de técnicas de simulação versus a teoria de filas no planejamento portuário: uma discussão conceitual e uma aplicação prática**. 19º Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore, Seção de Transporte Aquaviário e Logística, 21 a 25 de outubro de 2002. Rio de Janeiro, Anais em CD.

GUAN, Y.; CHEUNG, R. K. **The berth allocation problem: models and solution methods**. OR Sprectrum, v.26: p. 75 - 92 , 2004.

HANSEN, P.; Oguz, C. **A note on formulations of static and dynamic berth allocation problems**. Les Cahiers du GERAD, 2003.

HENESEY,L; DAVIDSSON,P; PERSSON, J.A. **Using simulation in evaluating berth allocation at a container terminal**. Computer Applications and informations technology in the maritime industries (COMPIT 2004), 9-12 May Singuinza, 2004.

IMAI, A.;NAGAIWA, K.; CHAN,W.T. **Efficient planning of berth allocation for container terminals in Asia**. Journal of Advanced Transportation 31, p.75-94, 1997.

KIM, K. H; MOON. K. H. **Berth scheduling by simulated annealing**. Transportation Research-B 37, p.541-560, 2003.

LAI, K.K; KIM, SHIH K. **A study of container berth allocation**. Journal of Advanced Transportation 26, p. 45 - 60, 1992.

LI,C.L.; CAI,X.; LEE,C.Y. **Scheduling with multiple-job-on-one-processor pattern**. IIE Transactions 30, p. 433 - 445, 1998.

LIM, A. T**he betrth planning problem.** Operations Research Letters 22, p. 105-110, 1998.

LIM, A; GOH, K.S. **Combining various algorithms to solve the ship berthing problem**. 12th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence – ICTAI' 00, Vancouver (Canada), 2000.

MOON, K.C. **A Mathematical model and a heuristic algorith for berth planning**. PhD thesis, Pusan National University , 2000.

NISHIMURA, IMAI e PAPADIMITRIOU. **The dynamic berth allocation problem for a container port**. Transportation Research-B 35 (4), p. 401-417, 2001.

NISHIMURA, IMAI e PAPADIMITRIOU. **Berth Allocation with service priority**. Transportation Research-B 37 (5), p. 437-457, 2003.

PARK, K.T; KIM, K. H. **Berth scheduling for container terminal by using a sub-gradient optimization technique**. Journal of the Operational Research Society 53, nº 9, p. 1054–1062, 2002.

PARK. Young-Man; KIM, Kap Hwan. **A scheduling method for berth and quay Cranes**. OR Sprectrum 25: 1-23 , 2003.

PIAW, T.C. **On optimizing PSA berth planning system**. 3rd annual Singapore – MIT Alliance – SMA'03, Singapore, 2003.

Análise de Sistemas de Informação Aplicados à Gestão Portuária

Sampaio, Cláudio Mueller P.[*] e Kurosawa, Rosane S. S.[*]

[*] Depto. Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Morais 2231, Butantã
05508-900 São Paulo, SP, Brasil.
Tel: +55-11-3091-5350 ; Fax: +55-11-30915717 ; E-Mail: clasamp@usp.br

Resumo

A história mundial destaca os portos como sendo elos essenciais à cadeia de suprimentos global; integrando economias, incentivando transações comerciais e estruturando o comércio internacional. Entretanto, os portos não são mais apenas locais de movimentação, armazenamento e o transbordo de cargas, mas um componente fundamental na reestruturação da matriz de transporte. Para executar essas novas funções com eficiência, os responsáveis pelas administrações portuárias estão implementando os mais variados sistemas de gestão da informação com o objetivo de agilizar tanto o processo de documentação, quanto o processo de manuseio da carga.

O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento dos principais sistemas de informação aplicados à gestão portuária em nível mundial buscando identificar os requisitos, os procedimentos, as dificuldades e as restrições para a implantação desses sistemas eletrônicos de informação. Adicionalmente, realizou-se levantamento de modernas tecnologias de informação passíveis de aplicação em futuros sistemas de informação portuária.

Entre as conclusões do estudo, conclui-se que a arquitetura de sistemas de gestão portuária deve priorizar uma distribuição automática das informações, adotar uma linguagem padrão de transmissão de dados e, preferencialmente, ocorrer através da Internet. A arquitetura do sistema de informação portuário deverá ainda garantir conectividade e interoperabilidade entre os diversos integrantes do sistema portuário, contemplar a agilização e otimização nos processos de importação e exportação, permitir o rastreamento de cargas on-line e oferecer segurança e consistência à realização de transações e à distribuição automática da informação.

Introdução

O desenvolvimento do comércio internacional está estreitamente ligado à questão portuária, uma vez que a quase totalidade das mercadorias que circulam pelo mundo é transportada em navios e movimentada através dos portos. As novas tecnologias introduzidas na navegação marítima e na infra-estrutura portuária provocaram profundas transformações no panorama do comércio mundial. No sistema portuário concentra-se, de certa maneira, o ciclo de exportação e importação de insumos e bens de consumo. A qualidade dos serviços prestados pelo sistema portuário influencia diretamente o custo final dos produtos e determina a competitividade no mercado globalizado.

A movimentação da carga através do sistema portuário deve atender a dois requisitos básicos: transcorrer no menor tempo possível e ocorrer com segurança. Ambos requisitos podem ser alcançados através da implantação de sistemas eletrônicos de informação que possibilitariam a agilização da tomada de decisão pelos órgãos gestores do sistema. Esses sistemas constituem-se em ferramenta de gestão que permite o planejamento, a organização e o controle dos recursos humanos e materiais viabilizando a qualidade dos serviços prestados pelo sistema portuário.

O primeiro aspecto a ser considerado é uma precisa conceituação do termo sistemas de informação. Segundo Laudon&Laudon (1999), esse termo pode ser definido como um conjunto de componentes inter-relacionados trabalhando integrados para coletar, processar, armazenar e distribuir informação com a finalidade de facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e a tomada de decisão por parte das empresas e das organizações. Essa definição pode ser complementada com o acréscimo do entendimento prático de sistemas de informação computadorizados com capacidade de garantir confiabilidade e rapidez de acesso às informações. É importante ressaltar que, embora ainda persista a tendência de usar os termos dados e informações como sinônimos, os mesmos representam idéias diferentes. Enquanto que o termo dados representa fatos brutos, o termo informação está associado a dados coletados, organizados, ordenados, analisados e interpretados e, portanto, passáveis de atribuição de significado e contexto.

A definição, por parte da empresa, da tecnologia de informação mais adequada às suas necessidades envolve, entretanto, diferentes alternativas. A tecnologia moderna oferece uma ampla variedade de opções cuja escolha depende dos custos envolvidos (capital, manutenção, treinamento, etc.), assim como de outras funcionalidades como, por exemplo,

capacidade de armazenamento do sistema e qualidade e precisão da informação. Outro aspecto importante nesse processo é a característica de transmissão automatizada das informações armazenadas e a capacidade de atualização das mesmas, inclusive com a transmissão via satélite. Finalmente, além de atender as necessidades atuais, é importante que o sistema escolhido tenha capacidade de adaptação ao ambiente empresarial dinâmico que poderá requerer um aumento de serviço, uma modificação das metodologias de trabalho ou uma modernização na operacionalidade dos serviços.

Rede de Computadores

Uma rede de computadores é uma interconexão de um ou mais computadores com o objetivo de compartilhar dados, programas, correio eletrônico e recursos como impressoras, dispositivos de armazenamento e aplicativos. A implementação de uma rede necessita de um meio físico de transmissão (cabo, fibra óptica ou "wireless") e a seleção de uma linguagem comum de entendimento da informação, isto é, de um protocolo de comunicação.

Esta capacidade de compartilhar informações e recursos é que torna qualquer rede uma ferramenta tão valiosa à empresa. O aparecimento dos sistemas em rede possibilitou a imediata integração entre diferentes setores, constituindo-se hoje em uma ferramenta fundamental ao aumento da produtividade. As principais vantagens das redes são o compartilhamento de recursos, o maior controle das informações, o gerenciamento de aplicativos e a possibilidade de armazenamento ("back-up") centralizado e, como desvantagens, apresenta a necessidade de planejamento, treinamento e manutenção. A classificação das redes pode ser realizada segundo diversos critérios; alguns dos mais comuns sendo:

- Dimensão ou área geográfica ocupada: Redes pessoais, redes locais, redes metropolitanas, redes de área alargada, etc;
- Capacidade de transferência de informação: Redes de baixo, médio e alto débito;
- Topologia ("forma da rede"): Redes em estrela, em "bus", em anel, etc;
- Meio físico de suporte ao envio de dados: Redes de cobre, de fibra óptica, de rádio, por satélite, etc;
- Ambiente em que se inserem: Redes industriais, corporativas, etc;
- Método de transferência dos dados: Redes de "broadcast", de comutação de pacotes, de comutação de circuitos, redes ponto-a-ponto, etc;

- Tecnologia de transmissão: Rede "ethernet", "token-ring", ATM (“Asynchronous Transfer Mode”), etc.

Um computador conectado em rede necessita componentes específicos tanto em nível de software (sistema operacional e aplicativos), como de “hardware”. O “hardware” é constituído de placa de rede local, meios de transmissão, etc, enquanto que o “software” de rede deve oferecer serviços ao usuário como; confiabilidade, identificação, compartilhamento de recursos, emulação de terminal, correio eletrônico, transferência de arquivos e gerência de rede. A implementação de redes requer também a escolha de um protocolo de comunicação, definido como um conjunto de regras que define procedimentos, convenções e métodos para que dois ou mais dispositivos da rede possam se entender. O procedimento básico de funcionamento do protocolo é a divisão do fluxo de dados em pequenos pacotes, que transmitidos pela rede, são re-agrupados novamente no sistema receptor.

O protocolo mais usado atualmente, base da Internet, é o TCP/IP (“*Transport Control Protocol / Internet Protocol”*). Um dos fatores de seu sucesso é sua tecnologia aberta que permitiu interligar sistemas de diferentes fabricantes. Entre suas qualidades, este protocolo facilita a execução de tarefas como a transferência de arquivo e o acesso a sessões remotas através do método chamado de transferência de dados confiável, ou seja, o processo de transmissão assegura que os dados cheguem na mesma seqüência e estado em que foram enviados. Outra vantagem é a capacidade de verificação de erros, pois o protocolo associa a cada bloco de dados um código numérico reconhecido tanto pelo emissor como pelo receptor e que, ao ser transferido com sucesso, exige do receptor o envio de uma mensagem confirmando a transferência isenta de erros.

Internet

O conjunto mundial de redes denominado “Internet” surgiu há mais de 40 anos com o objetivo desenvolver um meio de comunicação capaz de sobreviver às condições adversas de um conflito nuclear. Em 1972 aparece o correio eletrônico, porém somente na década de 90, com a introdução dos computadores pessoais, ocorre sua disseminação. Ainda no início dessa década aparece a “World Wide Web” (WWW) fundamentada no conceito de hipertexto distribuído e na relação cliente/servidor e que, por estar associada a uma rede mundial, adotou o padrão TCP/IP. O aparecimento da Web colaborou definitivamente para a disseminação mundial da Internet em todas as camadas sociais. Entre os diversos aspectos relacionados à evolução da Internet, a velocidade de conexão assume uma

importância cada vez maior em razão do grande aumento da capacidade requerida de transmissão de dados. Apesar de ainda se verificar a utilização de linha discada, cada vez mais se empregam novas tecnologias como, ATM, cabo ou microondas.

Tecnologias de informação

O desenvolvimento tecnológico possibilitou a introdução, nos últimos anos, de uma ampla gama de novas tecnologias para o aprimoramento do desempenho dos sistemas de informação. Entre as mais novas tecnologias aplicáveis aos sistemas de informação pode-se citar: VoIP, cartões inteligentes ("smart cards"), etiquetas inteligentes ("smart tags"), biometria digital, código de barras, etc. A tecnologia chamada de VoIP (Fig. 1), voz através de rede sem fio, possibilitou a integração entre o universo da voz e o universo dos dados, dois ambientes bastante distintos. Em seu atual estágio de desenvolvimento, possibilita o acesso a Internet e a bancos de dados corporativos, assim como possibilita o acionamento de "hardwares" por comando sonoro.

Figura 1 - VoIP: Integração Voz/Dados (Fonte: van Oosterhout, 2001)

Outra tecnologia de larga aplicação é aquela associada aos cartões inteligentes ("chip cards"). As primeiras perspectivas surgem na década de 1970, entretanto, somente em 1984, com o projeto piloto da telefonia pública francesa é que realmente tornam-se acessíveis à Sociedade. Os cartões inteligentes possuem impressos circuitos integrados que executam uma extensa gama de funcionalidades e garantem elevado grau de segurança e portabilidade de dados. Os cartões inteligentes (Fig. 2) transformaram-se em instrumentos fundamentais para garantir o acesso à informação e a segurança do sistema.

Figura 2 – Cartões Inteligentes "Smart Cards" (Fonte: Fonte: van Oosterhout, 2001)

Qualquer sistema de informação precisa garantir um alto nível de segurança tanto para o acesso físico, como para o lógico. Para tanto necessita de processos de autenticação e

certificação confiáveis, capacidade essa somente fornecida pelos novos desenvolvimentos da biometria digital que têm a capacidade de reconhecer características físicas específicas do usuário através de uma enorme gama de métodos de identificação que incluem a leitura da íris e da face, a geometria da mão e o reconhecimento do DNA (Fig. 3). A tecnologia empregada, embora sofisticada, é bastante simples exigindo um sensor de leitura para a aquisição dos chamados pontos de minúcia a partir dos quais é gerado um arranjo geométrico que o sensor analisa. Essa tecnologia é extensamente aplicada no controle de acesso físico, bem como no acesso lógico de gestão eletrônica de documentos.

Figura 3 – Aplicações da Biometria Digital (Fonte: Fonte: van Oosterhout, 2001)

Finalmente, introduzida a mais de quatro décadas, a tecnologia do código de barras vem evoluindo constantemente. O código de barras é uma forma de caracterizar o produto através da representação gráfica em barras (claras/escuras) cuja disposição está associada a um código de identificação exclusivo chamado GTIN ("*Global Trade Item Number"*). Apesar de todos os benefícios e vantagens oferecidas, apresentam pequenos inconvenientes que conduziram o mercado, preocupado com o desempenho competitivo, a introduzir as etiquetas inteligentes. Essas apresentam grande capacidade de armazenamento de informações, rastreamento dos produtos e processos e a capacidade de transmitir informação à medida que o responsável, equipado com equipamento de radio freqüência, se desloca pelas instalações.

Transferência Eletrônica de Dados ("Eletronic Data Interchange - EDI")

No mundo globalizado e extremamente competitivo, a transferência eletrônica[1] de dados, EDI, tornou-se fundamental à competitividade da empresa exigindo, entretanto, a

[1] Transferência de dados estruturados através de mensagens padronizadas (normalizadas), previamente acordadas entre os parceiros comerciais, por meios eletrônicos com o mínimo de intervenção humana.

adoção por parte das empresas participantes um elevado nível de cooperação, colaboração e de partilha de informação. Entre as vantagens oferecidas e as expectativas geradas com a implementação de um projeto EDI pode-se citar:

- Qualidade e consistência da informação gerada;
- Integração entre parceiros comerciais;
- Acesso à informação, dentro de uma estrutura hierárquica e de sigilo;
- Melhoria de qualidade da informação nos níveis internos e externos;
- Redução de documentos e cópias em papel;
- Redução de custos através da minimização de erros e atrasos;
- Melhor controle patrimonial e financeiro;
- Estruturação e integração da aplicação de tecnologias de informação;
- Apoio à globalização do comércio;
- Promoção à gestão organizacional de cada um dos parceiros.

A implementação de sistemas EDI apresenta, porém algumas dificuldades. Os pontos críticos de um projeto de EDI estão associados à necessidade de promover acordos entre parceiros comerciais, organizações privadas, órgãos públicos e/ou instituições financeiras; à definição bastante clara dos objetivos; à formação de capacitação técnica, à manutenção de estrutura de suporte técnico e aos altos investimentos requeridos.

Para possibilitar a transferência eletrônica de dados houve a necessidade de padronização da linguagem. No início do processo, linguagens distintas eram empregadas nos Estados Unidos e na Europa o que impossibilitava a troca de mensagens entre empresas americanas e européias. Para disseminar o emprego do EDI, as Nações Unidas realizaram um esforço para desenvolver uma norma internacional, o que resultou na norma UN/EDIFACT (ISO 9735) ou, simplesmente, EDIFACT. Essas normas caracterizam-se por apresentarem uma gramática constituída de sintaxe própria, regras de estruturação (elementos, segmentos e mensagem) e um vocabulário de termos específicos (lista de elementos de dados, lista de segmentos e lista de mensagens).

Com o objetivo de fornecer uma linguagem mais flexível para armazenamento de dados, configurável para qualquer tipo de informação e de padrão aberto, foi recentemente desenvolvida (1996) a linguagem XML ("*Extensible Markup Language"*). A linguagem XML é uma linguagem de meta-marcação para descrever dados estruturados cuja origem está na evolução do HTML ("*Hipper Text Markup Language"*) e que apresenta como

principais características, a capacidade de armazenar e organizar todo tipo de informação em um formato adequado; de aceitar um grande número de símbolos; de oferecer várias maneiras para verificação da qualidade de um documento e por oferecer uma estrutura clara e simples facilitando a leitura e análise, tanto por seres humanos como por programas.

É claro que, por ser de concepção mais moderna e de estrutura mais flexível, a linguagem XML vem substituindo a linguagem EDI na maioria das aplicações. Entretanto, ainda existem certas situações em que a adoção do padrão EDI é vantajosa como, por exemplo, quando houver grande volume de troca de informações ou quando os custos de implementação de sistemas dedicados forem aceitáveis. Por sua vez, o emprego do XML é recomendado para baixos volumes de troca de informações, quando do uso da Internet de baixa ou média; na existência de poucos parceiros que não queiram implementar EDI ou em pequenas empresas sem condições financeiras para suportar os altos custos de implementação dos sistemas tradicionais. Finalmente, como as duas linguagens foram criadas em épocas distintas, existem no mercado empresas que trabalham como mediadores entre os dois sistemas, bem como entre as diversas versões de sistemas XML.

Sistemas eletrônicos de transferência de informação - SETI

Existem diversos arranjos para a implementação de sistemas de troca eletrônica de informação cuja escolha depende das necessidades de cada empresa. Entre esses sistemas pode-se citar:

- SETI Integrado

  Esse sistema apresenta, como característica principal, a comunicação entre computadores sendo realizada sem qualquer intervenção humana e, portanto, minimizando os tradicionais erros de digitação. O sistema requer, entretanto, altos investimentos, conhecimentos técnicos específicos e o uso de sistemas de transmissão on-line e fixos sendo implementado com sucesso em organizações de grande porte com grande volume de ordens e faturas padrão. O sistema SETI Integrado pode utilizar os serviços de VANs (empresas especializadas pelo encaminhamento/recebimento e gerenciamento de mensagens/arquivos). O processo tem início com a companhia A enviando uma mensagem endereçada à companhia B (Fig. 4). A mensagem é recebida pela VAN que disponibiliza os documentos na

caixa postal da companhia destinatária. A vantagem deste processo é a segurança no recebimento dos dados, pois a VAN emite constantemente notificações de entrega e recebimento, não permitindo que uma das companhias deixe de receber qualquer correspondência endereçada a ela.

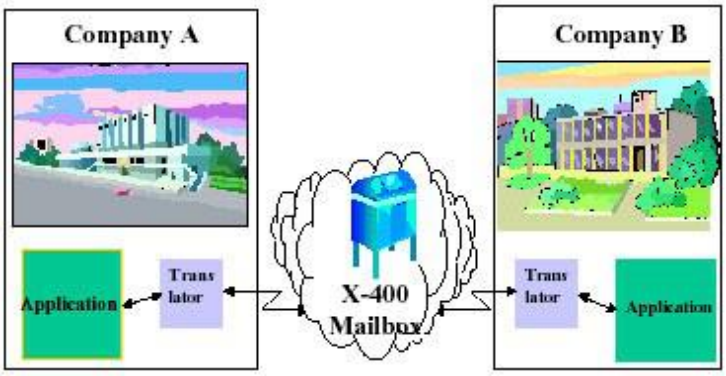


Figura 4 – SETI - Integrado (Fonte: Fonte: van Oosterhout, 2001)

- SETI - Workstation

Ao contrário do sistema anterior, a comunicação entre computadores é realizada com a intervenção humana, sendo um sistema adequado para organizações com volumes fixos e moderados de troca de informações. O aspecto positivo é o baixo custo, enquanto o negativo corresponde ao alto índice de erros.

- SETI – Web/Internet

Neste sistema o preenchimento das informações é realizado através de uma página na Internet ("Web Site") não sendo, portanto, necessários grandes investimentos de infra-estrutura. Essa modalidade de troca de informações tem a Web como interface e um dos parceiros, geralmente a grande empresa, como responsável pelo desenvolvimento, compra e disponibilização dos formulários Web padronizados. Os outros parceiros de negócios, tipicamente as pequenas empresas, se conectam à página utilizando identificação de usuário e senha e preenchendo os formulários apropriados. O resultado é enviado para um servidor Web que valida o processo. As desvantagens desse sistema estão associadas à administração da página que geram possibilidades de erros e problemas de integridade das informações.

- SETI Internet

O último sistema a ser descrito caracteriza-se pelo emprego exclusivo da Internet como meio de transmissão das mensagens podendo ser realizada de duas formas

distintas; Open Internet e via FTP. A utilização desse modelo somente é viável quando a tecnologia entre os parceiros comerciais é compatível, pois até versões diferentes de um mesmo aplicativo resultam em problemas de abertura e configuração de arquivos, apesar de que a próxima geração de protocolos para a Internet (NGN) estar sendo desenvolvida para garantir a entrega de mensagens e a qualidade de serviços prestados. A principal vantagem deste modelo está nos reduzidos investimentos necessários.

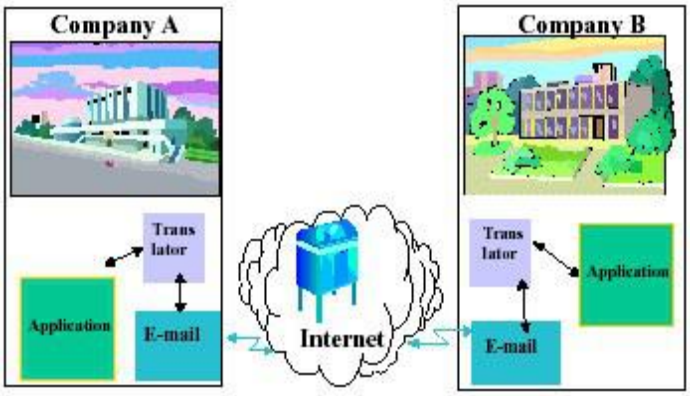


Figura 5 – SETI – Web/Internet (Fonte: Fonte: van Oosterhout, 2001)

Modernização dos portos através da implantação de sistemas eletrônicos de informação

O sistema portuário mundial, acompanhando de perto a evolução do comércio internacional, tem se desenvolvido de forma rápida nos últimos anos. Na incessante busca por novos mercados, os serviços portuários tornaram-se importantes instrumentos de fomento à exportação, notadamente quando de baixo custo e de serviços com qualidade. Na busca de qualidade e eficiência observa-se a necessidade de cooperação entre empresas, autoridades e sindicatos objetivando soluções que aumentem a competitividade e que, portanto, possam atrair novos usuários. Essa mudança de atitude acrescentada de investimentos na modernização de equipamentos e automação através de sistemas de informação é fundamental para a criação de um novo paradigma de gestão portuária.

Qualquer análise sobre o funcionamento dos grandes complexos portuários mundiais demonstra claramente que a competitividade é a alavanca do aprimoramento da qualidade e da redução dos custos dos seus serviços. Tanto nos portos da Europa, quanto na América e Ásia, o espírito de competição impera nos variados níveis em que se desenvolvem suas atividades.

O primeiro passo em qualquer estudo do sistema portuário é conhecer e compreender as atividades que são realizadas para, somente então, identificar como as tecnologias de informação poderiam contribuir para o aprimoramento do sistema. A atividade básica de movimentação pelo porto corresponde aos processos de embarque e desembarque da carga (Fig. 6). Concomitante à movimentação física existe um fluxo documental que estabelece as ações requeridas para essa movimentação de carga. É justamente nesse circuito documental que o emprego das tecnologias de informação, atuando isoladamente ou em conjunto, pode agilizar o desempenho processos portuários. Essa tendência pode ser observada na tabela 1 em que são apresentados os diversos sistemas implementados em diferentes portos mundiais.

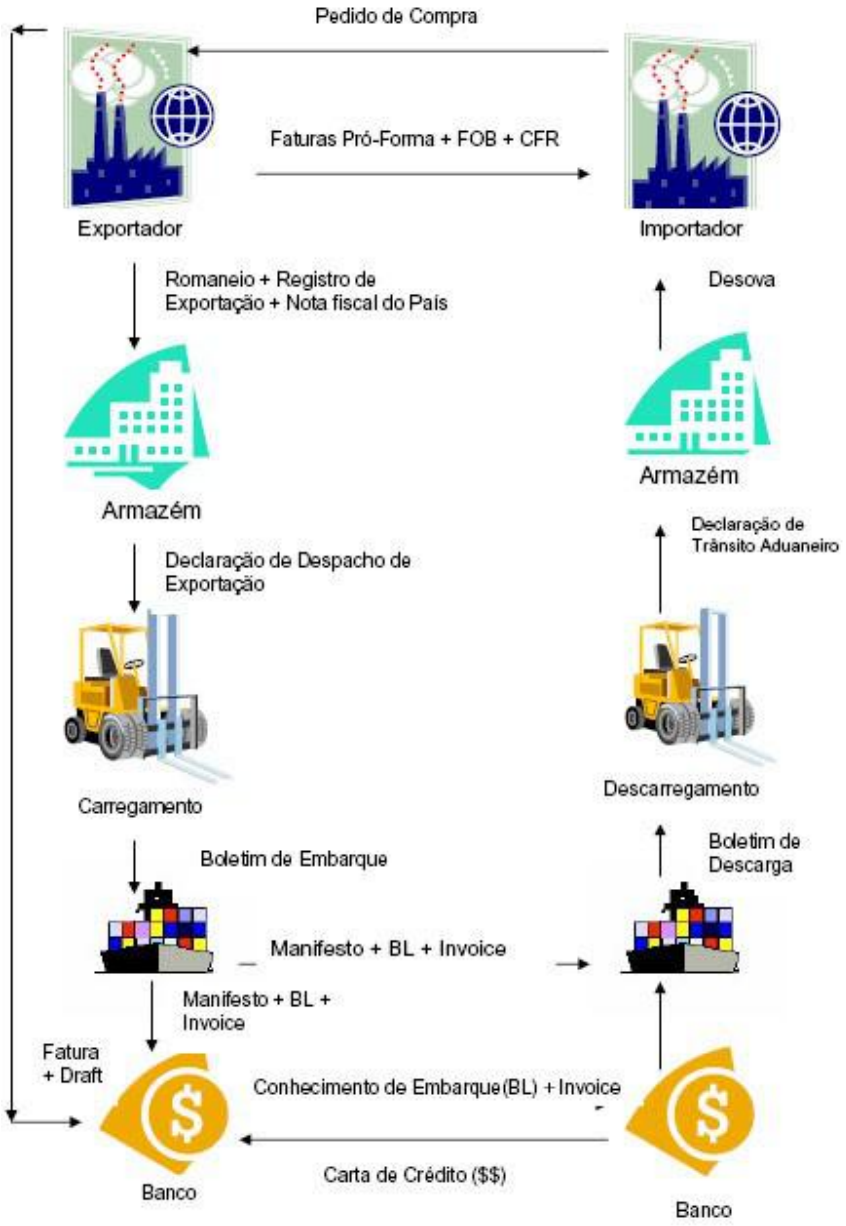


Figura 6 – Ciclo de exportação e importação – (Fonte: Adaptado SECEX, 2002)

Tabela .1 – Implantação de Sistemas de Informação no Sistema Portuário Mundial (Adaptado, Fonte: Lee, 2000).

País	Nome (Ano Ínicio)	Entidade/Portos envolvidos	Principais Serviços	Proposta
Alemanha	**DAKOSY** (1982)	Port Community Harmburg	Mail Box EDIFACT/XML GDCS*, DGIS** Liberação Alfândega Porto EDI	Sistema de intercâmbio de informações para o setor de transporte.
França	**ADEMAR** (1983)	Port Community Le Havre	Mail Box EDIFACT/XML GDCS, DGIS Liberação Alfândegas	Intercâmbio de informações e documentos entre os operadores de Le Havre e a rede interna da área portuária; informações referentes às cargas/containeres e sistema conectado ao sistema SOFI.
Holanda (Países Baixos)	**INTIS** (1985)	Port Community Rotterdam	Mail Box EDIFACT/XML GDCS, DGIS Lliberação AlfândegasPorto EDI	Comunicação em rede; estruturar a informação no Porto de Rotterdam.
Bélgica	**SEAGHA** (1986)	Port Community Antwerp	Mail Box EDIFACT/XML GDCS* DGIS** Liberação Alfândega Porto Virtual	Sistema EDI para setor de transporte na Bélgica baseado no Sistema EDI do Porto de Antuérpia.
Japão	**SHIPNET** (1986) **SEA** (1990)	Nippon Telegraph & Telephone Corporation,	Mail Box EDIFACT/XML GDCS* DGIS** Liberação Alfândega Port-EDI	Intercâmbio de informações referentes às transações de cargas utilizando as facilidades da caixa de correio.
Cingapura	**TRADENET** (1991)	Maritime Community Singapore	Mail Box EDIFACT/XML GDCS DGIS Port-EDI (PORTNET) Liberação Alfândega.	Sistema de informação e para integrar a documentação da comunidade marítima.
Alemanha	**BHT** (1993)	Bremen Harbor Telematics	Mail Box EDIFACT GDCS Port-EDI Liberação Alfândega	Integrar os setores de transporte, autoridades e carregadores na via rede do sistema EDI.
Coréia	**KL-NET** (1994)	Maritime Community Korea	Mail box EDIFACT/XML Port-EDI	Sistema de comunicação para a logística de cargas e containeres da comunidade marítima.
Espanha	**PortIC** (1998)	Plataforma Telemática da Comunidade Portuária de Barcelona	Mail Box EDIFACT/XML Port-EDI	Plataforma de comércio eletrônico/ transações comerciais/intercâmbio de informação e documentação.
Portugal	**MarNet** (1998)	Porto de Lisboa	Mail Box EDIFACT Port-EDI Gestão Portuária (SAP R3)	Sistema de comunicação para a logística de cargas e containeres na comunidade marítima.
EUA	**DTEDI** (2001)	Departamento Defesa/Portos dos EUA	Mail Box EDIFACT/XML Rstreamento de carga	Comunicação em rede; iIntegração do setor de transporte e gestão da movimentação de carga nos EUA.

*GDCS: Global Data Communication System – sistema de comunicação de dados global
**DGIS: Dangerous Goods Information System – sistema de informação de cargas /bens perigosos.

Sistema eletrônico de informação "DAKOSY" - Porto de Hamburgo / Alemanha

O sistema DAKOSY é fruto de um projeto iniciado em 1982 pela administração de transporte da cidade de Hamburgo cujo objetivo era aumentar a eficiência e a competitividade do porto. Para tanto se investiu tanto na área de infra-estrutura de equipamentos, como na automação dos procedimentos portuários. O sistema DAKOSY foi desenvolvido, inicialmente, em uma rede de dados dedicada de comunicação (recebimento e envio de arquivos/mensagens), exigindo elevados investimentos tanto por parte da administração do porto, como também de seus usuários, a maioria grandes empresas. Com o surgimento da Internet e intensificação do uso mundialmente, o sistema DAKOSY foi reestruturado passando a operar também com comunicação através da Internet, opção mais utilizada por pequenas empresas, pois é uma forma que não requer grandes investimentos.

Na figura 7 visualiza-se o conjunto de subsistemas de processamento estruturado (pacotes de softwares) para os diferentes processos portuários. Ressalta-se a necessidade contínua de atualização ("*up grade*") e de desenvolvimento de novas ferramentas para dar suporte e atender as necessidades de automação tanto de novos procedimentos quanto da ampliação dos já existentes. É importante mencionar que o banco de dados central do sistema DAKOSY processa a intercomunicação de todos os arquivos/mensagens recebidos ou emitidos pelos diversos subsistemas, encarrega-se da distribuição automática a todos os setores portuários envolvidos e do gerenciando através da Intranet (rede interna DAKOSY) das atividades previstas e efetivadas em cada um dos setores portuários, além de disponibilizar ao usuário o acompanhamento dos procedimentos efetuados em tempo real e gerar cópia arquivo de segurança.

Por outro lado, o sistema DAKOSY processa a atividade de recebimento/envio através de rede dedicada, da Internet e, numa versão mais recente, através de redes "wireless". Com relação à linguagem dos arquivos/mensagens, o recebimento/envio pode ser tanto na linguagem EDIFACT, adotada quando da implantação do sistema, como na forma XML. Dentre as ferramentas disponibilizadas pelo sistema DAKOSY, pode-se citar:

- Interligação do sistema DAKOSY ao setor bancário para acompanhamento automático dos pagamentos de taxas e tarifas efetuados pelos usuários;
- Sistema de comunicação de dados global, GDCS;

- Sistema de informação de cargas perigosas DGIS, que adicionalmente, para assegurar ainda maior segurança, está integrado ao sistema da União Européia PROTECT de notificação e rastreamento de cargas perigosas entre portos do Norte da Europa;
- Sistema de simulação de movimentação de cargas, que possibilita movimentação e alocação das cargas com maior precisão, menores custos de mão-de-obra e menor tempo de embarque/desembarque.

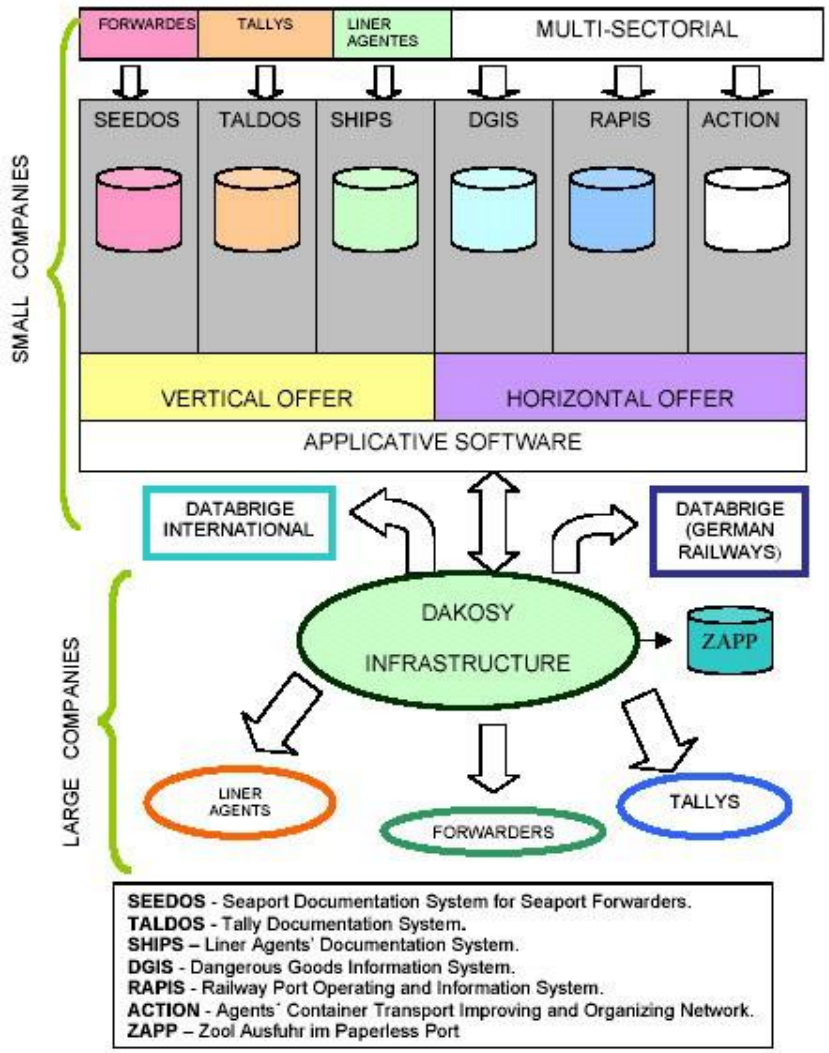


Figura 7 - Configuração do sistema de informação "DAKOSY"
(Fonte: Port of Hamburg Marketing, 2001)

Finalmente, exemplificando um subsistema especifico; o sistema SEEDOS (*Seaport Documentation System*) viabiliza o acesso através da Internet dos procedimentos de importação e processa o encaminhamento do arquivo/mensagem ao banco de dados central do sistema DAKOSY.

Sistema eletrônico de informação "INTIS" - Porto de Rotterdam / Holanda

O sistema INTIS (*INternational Transport Information System*) foi implementado em 1987 com objetivos de disponibilizar uma infra-estrutura de comunicação entre todos os integrantes do setor de transporte (marítimo e terrestre) para a transferência eletrônica de dados e oferecer conectividade entre integrantes da cadeia de transporte de Rotterdam, da Holanda e, até mesmo, de outros países em um sistema confiável e neutro de influências externas capacitado a respeitar o sigilo da informação dos usuários. Similarmente ao sistema DAKOSY, o sistema INTIS é um sistema de macro gerenciamento interligado a subsistemas, definidos como sistemas funcionais, que processam atividades portuárias específicas. Dentre os sistemas funcionais (Fig. 8), pode-se citar:

- RODOS (*ROtterdam DOuane System*): Processo de liberação alfandegário;
- SAGITTA (*Security Agents Information Terminal Transport Ag*): Processamento e rastreamento de cargas perigosas;
- COCASYS (*COntainer CAll Information SYStem*): Integra os terminais de contêineres e os agentes de embarque.

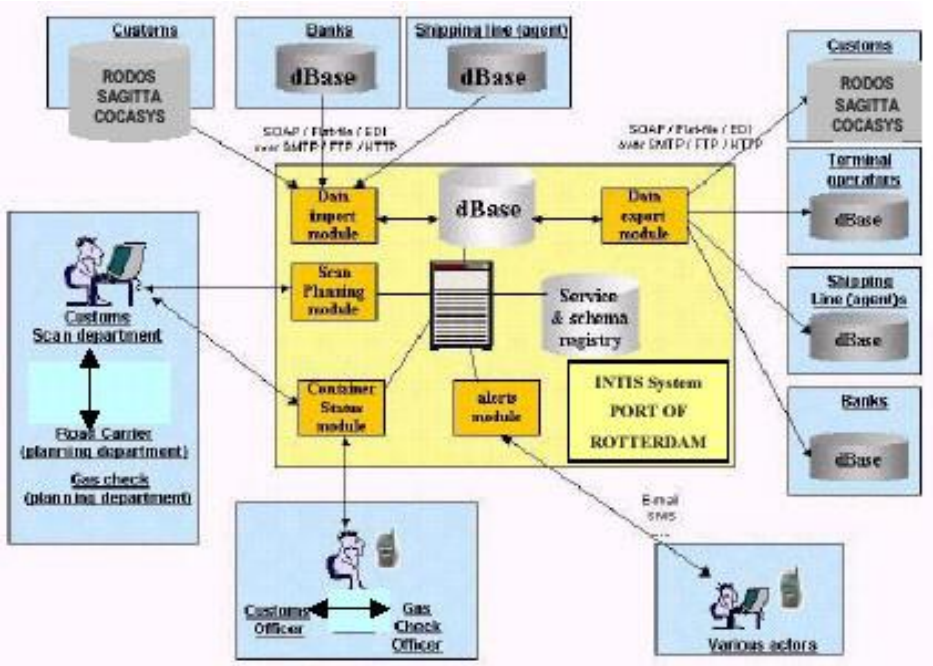


Figura 8 – Arquitetura do sistema de informação "INTIS"
(Fonte: Baalen, Port Community Rotterdam, 2002)

O diferencial do sistema INTIS é a possibilidade de pagamento das taxas/tarifas através do sistema. Adicionalmente, a tecnologia "wireless" é aplicada para o recebimento e transmissão de informações incluindo o processamento de processos de importação e

exportação. Exemplo dessa aplicação é o "Customs Container Scan" que permite o recebimento "wireless" do conteúdo de contêineres para emissão automática do Manifesto de Embarque. O sistema foi inicialmente implementado no padrão de linguagem EDIFACT, entretanto, atualmente o sistema opera também na linguagem XML, sendo a tradução e conversão entre padrões realizada pelo aplicativo INTISFACE.

Sistema eletrônico de informação "SEAGHA" - Porto de Antuérpia / Bélgica

O sistema SEAGHA (*Systeem voor Elektronisch Aangepaste Gegevensuitwisselingin de Haven van Antwerpen*) foi implantado em 1986 sendo administrado pela empresa de mesmo nome. Com o surgimento da Internet, a empresa passou também a ser uma provedora. O sistema SEAGHA, apresentado na figura 9 foi idealizado para facilitar a troca de informações entre os setores operacionais e administrativos do porto de Antuérpia, porém o sucesso da implantação nos setores internos fez com que seu escopo fosse ampliado aos diversos grupos integrantes do sistema portuário como um todo. Enquanto o subsistema APICS tem a função específica de processar as informações referentes às Autoridades Portuárias, todos os procedimentos das áreas administrativas e operacionais incluindo os procedimentos VPC ("*Virtual Port Community*") são gerenciados, processados e registrados pelo SEAGHA Clearing.

Figura 9 – Estrutura do sistema SEAGHA (Fonte: Antwerp Port Community, 2002)

O desenvolvimento das tecnologias de informação possibilitou ao sistema SEAGHA adotar sistema de transmissão e de digitalização de imagens permitindo, assim o acompanhamento das atividades em tempo real. Por outro lado, o emprego do VPC permite aos usuários conectados à Internet realizar, através do aplicativo SEAGHA CONNECT, os

procedimentos de exportação e importação incluindo a tradução/conversão entre EDIFACT e XML (SEAGHA BRIDGE).

Sistema eletrônico de informação "SEA" - Porto de Yokohama – Japão

Os principais objetivos da implantação do sistema SEA (Fig. 10) no porto de Yokohama, foram de permitir a troca de informação, agilizar o acesso às declarações de movimentação da carga, facilitar a liberação de cargas pela alfândega e controlar as embarcações. Adicionalmente, as Autoridades Portuárias tinham como objetivo promover a redução e providenciar a prevenção de acidentes e a preservação do meio ambiente.

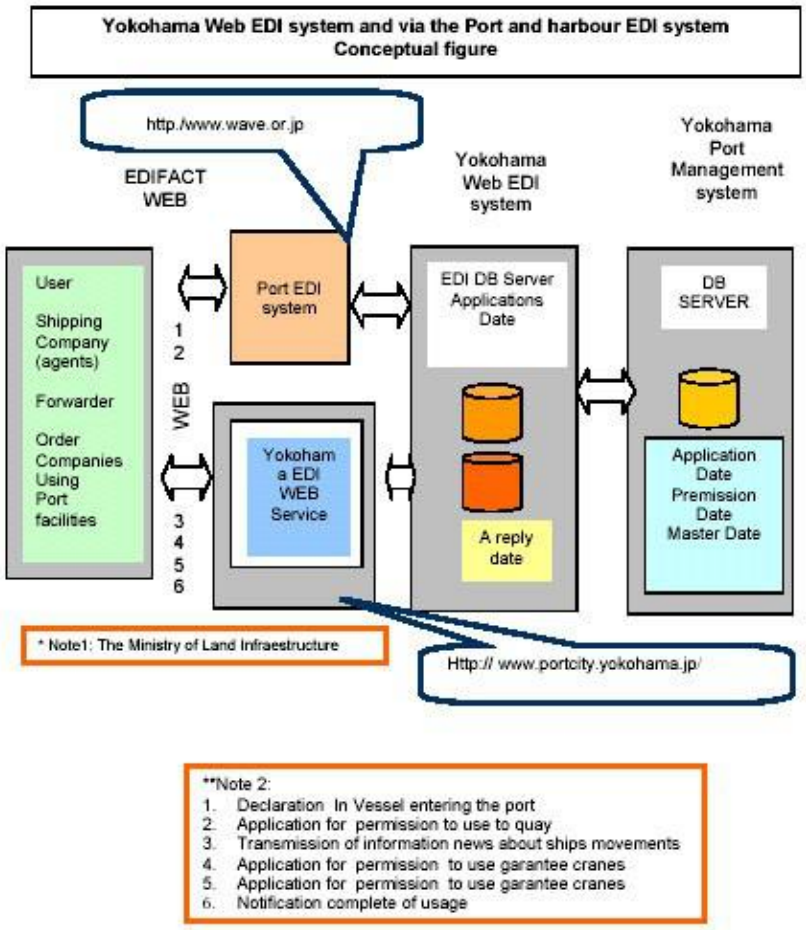


Figura 10 – Arquitetura do sistema de informação SEA (Fonte: Portcity Yokohama)

A disponibilidade das mais diversas tecnologias de informação no Japão, associadas a custos acessíveis, viabilizou a implementação no sistema SEA (1990) dos mais modernos procedimentos dentre esses, o uso em larga escala de comunicação via satélite, forma segura de transmissão/recepção de arquivos/mensagens e uma das principais formas de comunicação com embarcações. Outra aplicação da TI é o uso câmeras digitais foto-receptoras, utilizadas para registrar em tempo real as atividades portuárias. Destaca-se

ainda que o sistema do porto de Yokohama permite que a imagem seja transmitida inclusive por satélite permitindo aos usuários acompanhar, através de imagens, as atividades que estão sendo realizadas em suas cargas inclusive com o rastreamento por imagem das embarcações em alto mar. Analogamente aos outros sistemas, a plataforma SEA opera arquivos/mensagens nas linguagens EDIFACT e XML.

Sistema eletrônico de informação "DTEDI" - Estados Unidos da América

O amplo e bem organizado sistema portuário, com uma estrutura de 185 portos que pertencem aos Estados e o Governo Federal constitui um dos pilares básicos da economia dos EUA. Semelhantemente aos portos europeus, a livre-iniciativa foi fator de sucesso no setor portuário. Após o término da II Guerra, a rápida expansão da economia americana forçou uma ampla reestruturação do sistema portuário gerando uma política administrativa de descentralização dos portos refletida na diminuição dos custos, agilização dos embarques e redução de poder dos sindicatos. Paralelamente houve grandes investimentos em modernos equipamentos automáticos e computadorizados (pontes e esteiras rolantes, guindastes, empilhadeiras, portêineres etc.) e o aparecimento de uma extensa rede de terminais privativos.

Devido à descentralização das atividades portuárias, o desenvolvimento de um sistema unificado (DTEDI) para todo o país é bastante recente e resultado da grande preocupação com a segurança nacional. O sistema, de maior amplitude que os outros apresentados, corresponde a um sistema de informação com a padronização de procedimentos para a movimentação de carga em qualquer modal de transporte incluindo o transporte marítimo. O sistema DTEDI integra todo o setor de transporte através de uma rede on-line, permite o rastreamento de qualquer tipo de carga em circulação e possibilita a distribuição eletrônica de informação de arquivos/mensagens nas linguagens EDIFACT e XML.

Sistema eletrônico de informação - Supervia Eletrônica de Dados - Porto de Santos

O objetivo da Supervia Eletrônica de Dados (SED), cujo conceito é mostrado na figura 11, foi possibilitar a distribuição eletrônica de informações via Internet utilizando os serviços de uma VAN para a conversão do padrão de linguagem EDIFACT, XML e padrão próprio da CODESP (Companhia Docas do Estado de São Paulo). Adicionalmente, a SED deve gerar maior eficiência e confiabilidade das operações de movimentação de carga e melhoria na qualidade dos serviços oferecidos. O sistema está baseado nas idéias do

SETI/WEB e oferece duas opções para o envio de documentos: Através da Internet é possível acessar gratuitamente o portal do porto de Santos e realizar os procedimentos de atracação e manifesto de carga ou através da caixa postal das VANs autorizadas utilizando um aplicativo fornecido aos usuários.

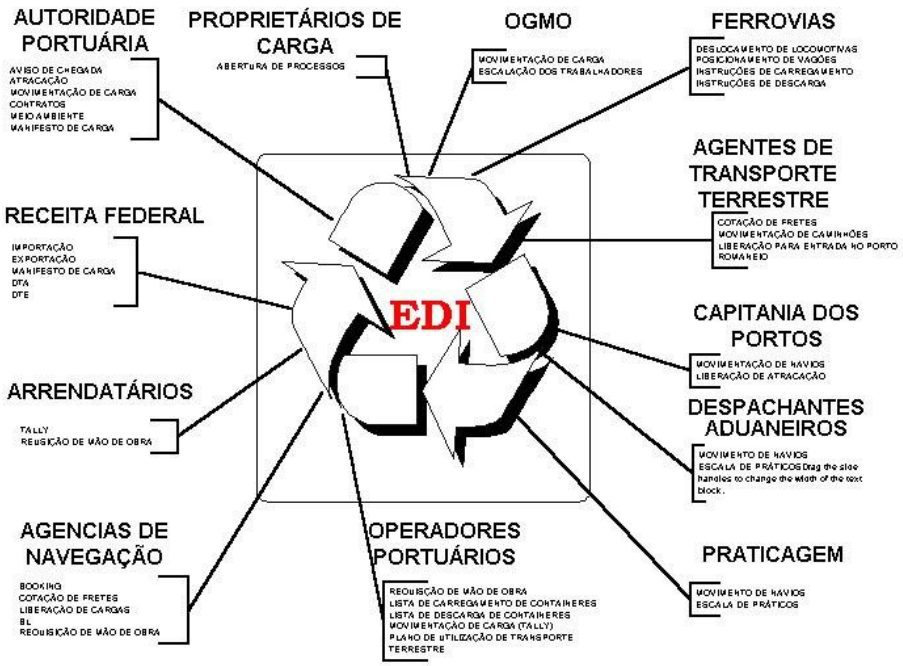


Figura 11 – Diagrama esquemático da supervia eletrônica de dados (Fonte: FUSP, 2002)

As vantagens de implantação da transmissão eletrônica de dados estão associadas ao aumento da eficiência dos processos do Porto de Santos, ao apoio à fiscalização da movimentação das cargas pela Autoridade Portuária e a integração dos sistemas gerenciais, notadamente, aqueles relativos ao faturamento, à gestão de contratos e até, ao controle de acesso de cargas e trabalhadores portuários avulsos à zona alfandegada. Entretanto, o sistema SED não oferece uma forma de acompanhamento automático das atividades efetivas e também não dispõe de um sistema de armazenamento de dados único de cópias de segurança dos arquivos/mensagens.

Conclusões

A competitividade atual tem levado os portos a buscarem e implantarem novos modelos de gestão que os auxiliem na conquista de novos mercados consumidores. A tecnologia de informação é um recurso que, estando em sintonia com as necessidades e objetivos dos usuários, possibilita maior eficiência e eficácia no relacionamento interno e externo e possibilitando agilidade e qualidade no processo de tomada de decisão. O sistema portuário mundial (tabela 2 e 3) tem investido muito em tecnologia de informação uma vez

que a implementação de sistemas eletrônicos de informação tornou-se sinônimo de produtividade e competitividade. Os projetos implantados se baseiam na troca de eletrônica de informação buscando a distribuição automática da informação e a otimização dos processos portuários. Por outro lado, no levantamento realizado, é marcante a tendência de sistemas de informação associados à Internet, pois permite uma redução dos custos de implantação e um incentivo de participação de empresas de menor porte. Outro aspecto de importância corresponde à necessidade de padronização das mensagens para a efetivação da troca eletrônica de dados.

Na implantação de sistemas de informação no sistema portuário mundial, verifica-se o emprego cada vez maior de tecnologias de última geração como, por exemplo, as redes wireless utilizadas nos portos de Rotterdam e Antuérpia, as etiquetas inteligentes de alta portabilidade e rastreamento por satélite de cargas perigosas no porto de Yokohama, o "Container Scan" do porto de Rotterdam, o visual "Gate Truck" utilizado no porto de Singapura e a digitalização de imagens e acompanhamento em tempo real do porto de Antuérpia.

Finalmente, no cenário do sistema portuário nacional, observa-se um movimento para modernização do setor, ainda em fase embrionária no que tange à ampla estrutura portuária internacional. Esse aspecto pode, entretanto, ser uma vantagem, pois permite aos portos brasileiros optarem por sistemas e/ou tecnologias de informação mais modernas sem a necessidade passar pelo período de evolução e transição de tecnologias que os portos mundiais já passaram.

Referências

Baalen, Peter van Marcel van Oosterhout, Yao-Hua Tan, Eric van Heck; "Dynamics in setting up an EDI-Community – Experiences from the Porto of Rotterdam", EBURON, Delft, 2000.

Laudon, K. C. e Laudon, J. P.; "Management Information Systems: A Contemporary Perspective"; McMillan, 1991.

Lee, T. W.; Park, N. K.; Joint, J. E. and Kim, W. G.; "A new efficient EDI system for container cargo logistics"; Maritime Policy and Management; Vol. 27; No. 2; 2000; pp.: 133-144.

van Oosterhout, M. P., Zienlinki, M.; Tan, Y. H.; "Messagin – State of Art EDI XML", Virtuale Haven deliverable T2.D2; 2001.

Tabela 2 – Sistemas eletrônicos de informação; implementados no sistema portuário mundial.

	PORTOS	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	OPERAÇÕES MARÍTIMAS (SEASIDE)	OPERAÇÕES TERRESTRES (LANDSIDE)	TRANSAÇÕES FINANCEIRAS	CARGAS PERIGOSAS	TIPO SI IMPLANTADO	TI APLICADAS	SI INTEGRADOS	MENSAGENS
1	***Hamburgo***	DAKOSY	SIM	SIM	SIM	SIM PROTECT	EDI/WEB-EDI	R.F.O. – L.O.; S.C.; Biometria Digital; Container Scan.	ZAPP; SEEDOS; TALDOS; SHIP ACTION.	EDIFACT XML
2	**Lê Havre**	ADEMAR	SIM	SIM		SIM PROTECT	EDI/WEB-EDI	R.F.O. – L.O.	SOFI	EDIFACT XML
3	**Rotterdam**	INTIS	SIM	SIM	SIM	SIM PROTECT	EDI/WEB-EDI	R.F.O. – L.O.; S. C.; Biometria Digital; Container Scan.	RODOS; SAGITTA; COCASYS.	EDIFACT XML
4	**Antuérpia**	SEAGHA	SIM	SIM	SIM	SIM PROTECT	EDI/WEB-EDI	R.F.O. – L.O.; S.C.; Biometria Digital; Container Scan.	APICS	EDIFACT XML
5	**Yokohama**	SEA	SIM	SIM	SIM	SIM	EDI/WEB-EDI	R.F.O. – L.O.; S.C.; Biometria Digital; Container Scan.	?	EDIFACT XML
6	**Cingapura**	TRADENET	SIM	SIM	SIM	SIM	EDI/WEB-EDI	R.F.O. – L.O.; S.C.; Biometria Digital; Scan Container	?	EDIFACT XML
7	**Bremen**	BHT	SIM	SIM		SIM PROTECT	EDI	R.F.O. – L.O.	?	EDIFACT XML
8	**Coréia**	KL-NET	SIM	SIM	SIM	SIM	EDI	R.F.O. – L.O.; Rede WireLess	Port-MIS; EIPOS; ATOMOS; YESFULL KOSIS.	EDIFACT XML
9	**Espanha**	PORTIC	NÃO	SIM	SIM	SIM	WEB-EDI	R.F.O. – L.O.	SAP	EDIFACT
10	**Portugal**	MARNET	SIM	SIM	NÃO	NÃO	WEB-EDI	Rede por cabeamento	?	EDIFACT XML
11	**EUA**	DTEDI	SIM	SIM	SIM	SIM	EDI/WEB-EDI	R.F.O. – L.O.; S.C.; Biometria Digital; Container Scan.	?	EDIFACT XML

Tabela 3 – Sistemas eletrônicos de informação; implementados no sistema portuário brasileiro.

	PORTOS	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	OPERAÇÕES MARÍTIMAS (SEASIDE)	OPERAÇÕES TERRESTRES (LANDSIDE)	TRANSAÇÕES FINANCEIRAS	CARGAS PERIGOSAS	TIPO SI IMPLANTADO	TI APLICADAS	SI INTEGRADOS	MENSAGENS
1	Santos	SED	NÃO	SIM	NÃO	SIM	WEB-EDI	?	?	EDIFACT/XML
2	Paranaguá	CARGA ON-LINE	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	WEB-EDI	?	?	EDIFACT/XML
3	Sepetiba	COSMOS	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	WEB-EDI	?	?	EDIFACT/XML

Análise Experimental do Comportamento Hidrodinâmico de uma Mono-coluna (MONOBR)

SH Sphaier
COPPE/UFRJ

R Barreira
COPPE/UFRJ

IQ Masetti
CENPES-Petrobras

AP Costa
CENPES-Petrobras

C Levi
COPPE/UFRJ

IPEN - Julho de 2005

Resumo

O trabalho descreve uma série de testes realizados com uma estrutura mono-coluna. Apresenta um modelo matemático desenvolvido de forma heurística, capaz de indicar o tipo de comportamento esperado para os resultados experimentais.

Os testes envolvem uma série de medições de deslocamento vertical da coluna d'água para a estrutura mantida fixa em ondas transientes, medições dos movimentos da estrutura livre e da coluna d'água interna em ondas transientes e em mar irregular.

Os testes realizados no LabOceano, aqui apresentados, se concentraram em definir uma área de abertura que possa acarretar uma minimização do movimento vertical da estrutura na faixa de atuação das ondas do mar.

1 Introdução

MONOBR é o nome de uma concepção de mono-coluna dotada de um moonpool desenvolvida pela Petrobrás em conjunto com a Universidade de São Paulo. Após a definição de suas dimensões principais, foi realizado uma série de testes no LabOceano da COPPE na Universidade Federal do Rio de Janeiro, cujo objetivo era explorar o moonpool para minimizar os movimentos verticais.

O estudo se concentrou na determinação de uma abertura circular na base do moonpool, mantendo-se o diâmetro interno, que provoque uma minimização do movimento vertical da estrutura. O diâmetro externo, o diâmetro interno, a massa da estrutura e sua forma geométrica estavam pre-estabelecidas.

Na literatura, encontramos vários trabalhos sobre o tema destacando-se os trabalhos de Albers (1987) e Fukuda (1977). Devemos citar também o trabalho de Nishimoto e outros (2001) que foi desenvolvido no âmbito do estudo desta concepção.

2 Modelação Matemática do Problema

Seguimos aqui a modelação matemática do problema apresentada por Barreira e outros (2005), que nos permite, entender o comportamento dos resultados experimentais.

Utilizaremos aqui um sistema de coordenadas com eixos Ox e Oy no plano da superfície livre em repouso e eixo Oz voltado para cima.

2.1 Modelo Simplificado de uma Coluna d'água

Consideremos inicialmente uma coluna vertical circular vazada no fundo (tronco de cilindro) parcialmente imersa na água, isto é, atravessando a superfície livre e consideremos que a coluna d'água

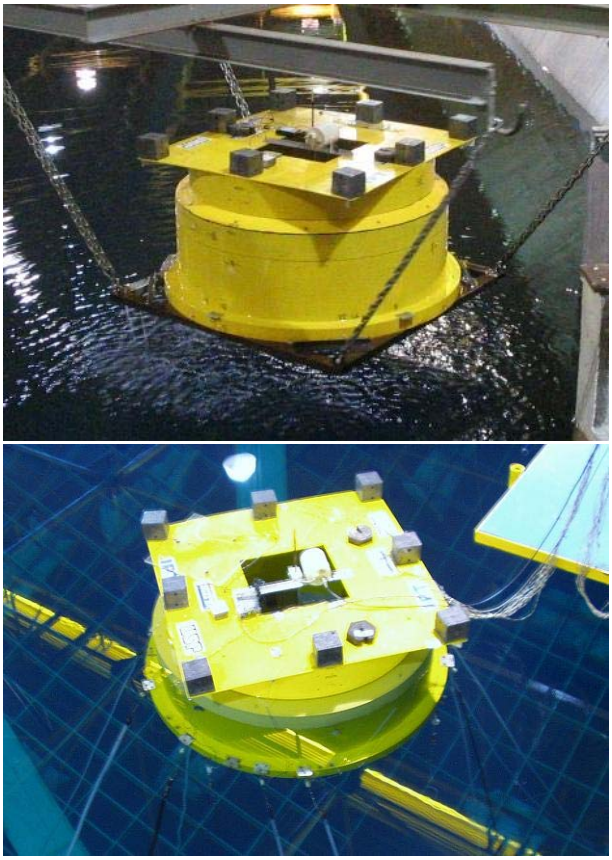


Figura 1: MonoBr durante Ensaios no LabOceano

é igual a h. Se a coluna d'água é deslocada da posição de equilíbrio ela desenvolve um movimento oscilatório com o tempo. Supondo que o movimento da coluna é pequeno, que os efeitos viscosos são desprezíveis, a equação do movimento vertical é dada por:

$$\frac{1}{2}\rho A h\dot{\zeta}^2 + \frac{1}{2}\rho g A\zeta^2 = C \tag{1}$$

onde: ρ - massa específica, A - área interna da superfície livre da coluna, g - aceleração da gravidade, ζ e $\dot{\zeta}$ - deslocamento e velocidade vertical da coluna d'água.

Nesta forma de modelar o problema assumimos que não há influência da entrada da coluna no escoamento e que todo o fluido se move com a mesma velocidade. A coluna d'água executa um movimento oscilatório cuja freqüência ω_0 é dada por:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{h}} \tag{2}$$

Podemos definir uma função potencial de velocidades

$$\Phi = (h+z)\dot{\zeta}$$

e, utilizando a forma integral da equação de Euler

$$p + \rho\frac{\partial\Phi}{\partial t} + \rho g z = 0 \tag{3}$$

temos que, na superfície livre vale

$$0 + \rho\frac{\partial\Phi(z=0)}{\partial t} + \rho g\zeta = 0 \tag{4}$$

Assim, obtemos como equação de movimento do fluido

$$\rho h\ddot{\zeta} + \rho g\zeta = 0 \rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{h}} \tag{5}$$

Resultado similar é obtido a partir da equação 1.

Consideremos agora que o tubo está localizado em ondas de pequenas amplitudes e que a onda é longa em relação ao diâmetro do tubo. Assim, pode-se assumir que a pressão na base da coluna se distribui uniformemente. Podemos também supor que a massa fluida vai se deslocar em bloco e a equação de movimento é dada por:

$$\rho A h\ddot{\zeta} + \rho g A\zeta = F_0\, e^{i\omega t} \tag{6}$$

O movimento vertical é dado por:

$$\zeta = \bar{\zeta}\, e^{i\omega t} = \zeta_0\, e^{i\omega t+\delta}$$

onde: ζ_0 - amplitude do movimento vertical; δ - ângulo de fase; F_0 - força induzida pela onda; ω - freqüência da onda; t - tempo; i - unidade imaginária.

O movimento vertical, na forma adimensional $\zeta^* = \rho g A\bar{\zeta}/F_0$ é dado por:

$$\zeta^* = \frac{1}{1-(\omega/\omega_0)^2} \tag{7}$$

Trata-se de um clássico sistema massa mola com excitação periódica.

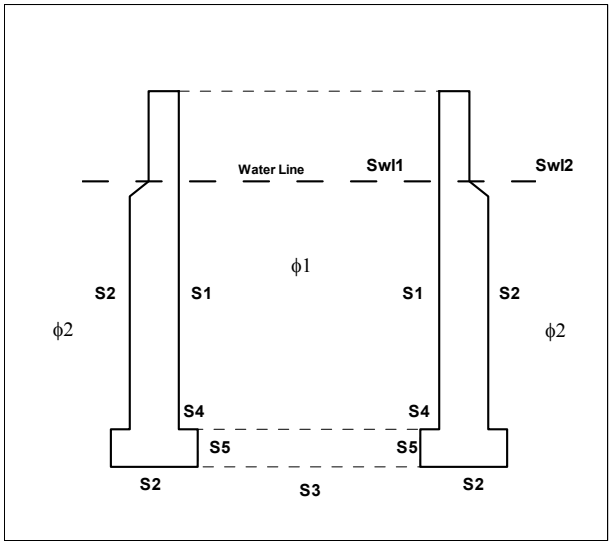


Figura 2: Desenho esquemático da mono-coluna com o moonpool

Este modelo, entretanto, não considera os efeitos viscosos na entrada da coluna d'água. Mesmo admitindo pequenos movimentos há efeitos que impõem correção no modelo acima. Além disto, não podemos deixar de considerar os efeitos viscosos que vão introduzir um termo de amortecimento na equação de movimento. Introduzindo um fator de forma C_1 e o coeficiente de amortecimento C_2 a equação de movimento é reescrita na forma:

$$C_1 \rho A h \ddot{\zeta} + C_2 \dot{\zeta} + \rho g A \zeta = F_0 \, \mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t} \qquad (8)$$

Ambos os coeficientes, C_1 e C_2, podem ser obtidos de testes de decaimento do movimento da coluna, bem como de resposta em ondas transientes.

2.2 Modelo Potencial Simplificado

Inicialmente observemos a figura 2. Ela mostra um esquema da mono-coluna com o moonpool e sua abertura no fundo, cuja abertura pode variar. As dimensões principais desta estrutura são: diametro externo = 95 m, diametro interno = 69 m, calado = 38 m, e borda livre = 12 m.

O domínio fluido é subdividido em duas partes, uma interna e outra externa, nas quais os potenciais de velocidade Φ_1 e Φ_2 são respectivamente definidos.

As superfícies de contato que delimitam as regiões estão indicadas na figura. As superfícies S_1, S_4, S_5, S_3 e Swl_1 delimitam a região interna e S_2, S_3, Swl_2 e S_∞ delimitam a região externa. A superfície S_∞ representa o limite longe da estrutura, no infinito, e não está indicada na figura.

É simples mostrar, a partir da teoria hidrodinâmica de escoamentos com superfície livre com ondas de pequenas amplitudes, que os potenciais são soluções dos seguintes problemas de valor de contorno:

$$\text{no domínio fluido interno } \nabla^2 \Phi_1 = 0 \qquad (9)$$

$$\text{sobre o corpo } \frac{\partial \Phi_1}{\partial n} = \dot{\eta}_n \qquad (10)$$

$$\text{na superfície livre } \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial t^2} + \frac{1}{g}\frac{\partial \Phi_1}{\partial z} = 0 \qquad (11)$$

$$\text{no domínio fluido externo } \nabla^2 \Phi_2 = 0 \qquad (12)$$

$$\text{sobre o corpo } \frac{\partial \Phi_2}{\partial n} = \dot{\eta}_n \qquad (13)$$

$$\text{na superfície livre } \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial t^2} + \frac{1}{g}\frac{\partial \Phi_2}{\partial z} = 0 \qquad (14)$$

Além disto, sobre a superfície S_3:

$$\Phi_1 = \Phi_2 \qquad (15)$$

$$\frac{\partial \Phi_1}{\partial z} = \frac{\partial \Phi_2}{\partial z} \qquad (16)$$

Uma questão fundamental no problema tratado é a influência dos efeitos viscosos na entrada do moonpool. O problema potencial acima colocado não leva em consideração esses efeitos e, por conseguinte, não pode gerar campos de pressão e então forças que retratem o problema real. Entretanto, se abandonarmos as condições de contorno (16) e impusermos em S_3

$$\frac{\partial \Phi_1}{\partial z} = \frac{\partial \Phi_2}{\partial z} = U \qquad (17)$$

em que U equivale á velocidade média do escoamento real, temos dois problemas de valor de contorno para resolver porém criamos uma descontinuidade no potencial, pois **não mais podemos garantir** que em S_3

$$\Phi_1 = \Phi_2$$

A solução deste problema pode ser escrita na forma:

$$\Phi_1 = \varphi_{1a}\,\dot{\eta} + \varphi_{1b}\,U = \bar{\varphi}_{1a}\,\dot{\eta} + \bar{\varphi_{1b}}\,\dot{\zeta} \qquad (18)$$

$$\Phi_2 = \varphi_{2a}\,\dot{\eta} + \varphi_{2b}\,U = \bar{\varphi}_{2a}\,\dot{\eta} + \bar{\varphi_{2b}}\,\dot{\zeta} \qquad (19)$$

e pela equação da continuidade:

$$U\,S_3 + \dot{\eta}\,S_4 = \dot{\zeta}\,Swl_1 \qquad (20)$$

O movimento interno no moonpool depende do diâmetro da restrição. Quanto menor o diâmetro da abertura, maior a influência do movimento do corpo. O movimento vertical induz forças hidrodinâmicas na massa d'água interna. Por outro lado se a estrutura estiver parada e ondas excitarem movimento da massa d'água interna, esta induzirá forças sobre a estrutura.

A equação (8) pode ser aprimorada considerando as forças hidrodinâmicas induzidas na estrutura. De uma forma heurística, baseados na dinâmica de corpos flutuantes podemos escrever:

$$\rho Ah\ddot{\eta} + C_1\rho Ah\ddot{\zeta}_{rel} + C_2\dot{\zeta}_{rel} + \rho gA(\eta + \zeta_{rel}) =$$

$$F_{\zeta\,0}\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t} + F_{\zeta\,\eta} \qquad (21)$$

com

$$F_{\zeta\,\eta} = m_{\zeta\,\eta}\ddot{\eta} + n_{\zeta\,\eta}\dot{\eta}$$

onde: $m_{\zeta\,\eta}$ e $n_{\zeta\,\eta}$ são coeficientes similares à massa adicional e ao coeficiente de amortecimento e $F_{\zeta\,0}$ é a força de onda vertical atuante no volume d'água.

A equação de movimento vertical da estrutura é dada por:

$$(m + m_{\eta\,\eta})\ddot{\eta} + n_{\eta\,\eta}\dot{\eta} + \rho gS\eta = F_{\eta 0}\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t} + F_{\eta\,\zeta} \quad (22)$$

com

$$F_{\eta\,\zeta} = m_{\eta\,\zeta}\ddot{\zeta}_{rel} + n_{\eta\,\zeta}\dot{\zeta}_{rel}$$

onde: $m_{\eta\,\zeta}$ and $n_{\eta\,\zeta}$ são coeficientes similares aos coeficientes cruzados de massa adicional e amortecimento; $F_{\eta 0}$ é a amplitude complexa da força vertical atuando sobre o corpo; S - área de linha d'água da estrutura.

As equações (21) e (22) correspondem a um sistema massa-mola-amortecimento com dois graus de liberdade acopladas com termo de excitação oscilatório. O sistema tem duas freqüências naturais correspondentes a cada grau de liberdade, cujos valores são alterados pelo acoplamento.

Podemos dizer que, se a área S_3 diminui, a força de excitação devida às ondas diminui, aumentando a força exercida sobre o fluido pelo corpo. O movimento relativo diminui. O movimento do fluido no interior aproxima-se do movimento do corpo η. Nestas condições, a soma das equações (21) e (22)nos leva a uma equação de um grau de liberdade:

$$(m + \rho Ah + m_{\eta\,\eta})\ddot{\eta} + n_{\eta\,\eta}\dot{\eta} + \rho g(S + A)\eta = F_{\eta 0}\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t} \qquad (23)$$

Assim, pode-se esperar que os experimentos nos indiquem que, na falta de restrição na entrada do moonpool, o movimento vertical da estrutura indicará duas freqüências naturais, uma próxima à freqüência natural do movimento da coluna d'água no moonpool e a outra próxima à freqüência natural da estrutura sem considerar o efeito do moonpool.

Deve-se observar que é possível detectar experimentalmente a freqüência natural do moonpool em um teste de decaimento da coluna d'água, ou excitando o sistema através de ondas transientes ou regulares, mantendo-se a estrutura fixa. Já a freqüência natural isolada da estrutura não pode ser observada.

Além disto, o sistema se comporta como um corpo rígido a medida que o diâmetro diminui. A massa do sistema fica igual a soma das massas da estrutura e a massa d'água contida no interior do moonpool. A área de linha d'água torna-se a soma das áreas de linha dágua $S + A$.

3 Resultados Experimentais

O objetivo principal do trabalho é o de se determinar uma abertura de moonpool que leve a uma amplificação mínima do movimento vertical da estrutura em ondas.

A mono-coluna foi testada com sete diferentes aberturas do moonpool na base. O diâmetro interno total tem 69 metros. Este é o caso do moonpool sem restrição alguma. A partir deste caso foram colocadas restrições na abertura, placas de pequena espessura com furos circulares com diametros menores. Foram utilizados diametros iguais a 64, 58, 47, 33 e 23 metros. O caso diametro 0, também foi utilizado e corresponde à inexistência de moonpool. Os testes foram realizados com um sistema de ancoragem horizontal para simplesmente manter a estrutura estacionária.

A técnica de ondas transientes foi utilizada, seguindo um padrão estabelecido pelo LabOceano, conforme apresentado por Matos e outros (2005).

Foram realizadas as seguintes medições:

1. movimentos da coluna d'água dentro do moonpool com a estrutura fixa,
2. movimentos da coluna d'água dentro do moonpool com a estrutura livre oscilando em ondas,
3. movimentos da estrutura.

No caso dos movimentos da estrutura foram medidos os movimentos de deslocamentos lineares e angulares. Nos concentraremos aqui somente nos movimentos verticais.

A figura 3 mostra a amplificação do movimento vertical da coluna d'água dentro do moonpool para diferentes freqüências para as diversas aberturas do moonpool. Vemos que no caso da abertura não ter restrição o período natural está em torno de 15,5 segundos. Ao se impor uma pequena restrição, abertura com diâmetro de 64 metros, há uma drástica queda da amplificação e o período natural aumenta um pouco. A medida que se diminui a abertura, isto é, se aumenta a restrição a amplificação diminui, o período natural aumenta e

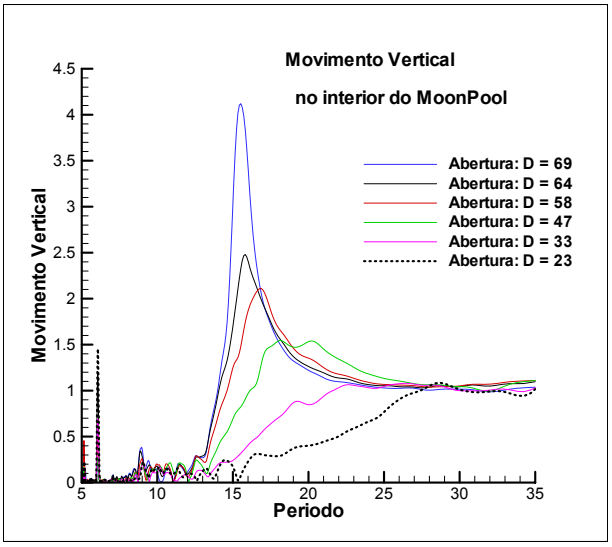


Figura 3: Movimento Vertical da Coluna d'Água Interna

evolui-se para o caso de um sistema com amortecimento supercrítico. Dos resultados pode-se estimar aproximadamente: período de 15,7 segundos para a abertura com diâmetro igual a 64 metros e período de 16,8 segundos para o diâmetro igual a 58 metros. Para a abertura com diâmetro igual a 47 metros, o período natural está entre 18,0 e 20,0 segundos, não se podendo precisar o ponto de ressonância. Observe-se que para as menores aberturas, diâmetros iguais a 33 e a 23 metros, não há amplificação destacada e portanto não se pode estimar o período natural. Com o aumento do período a amplificação do movimento interno aumenta até se tornar igual a 1, isto é, a amplitude do movimento vertical se torna igual a da onda externa.

Deve ser observado que com esses testes podemos determinar o fator C_1 a partir da freqüência natural, a ser utilizado na equação (8), para os casos em que o amortecimento é pequeno:

$$C_1 = \frac{g}{h\,\omega_0^2} \tag{24}$$

Pode-se também ajustar o coeficiente de amortecimento C_2 de acordo com a amplificação

na freqüência natural. De forma mais geral, pode-se determinar o par C_1 e C_2 ajustando a solução da equação (8) aos testes.

A figura 4 mostra a amplificação do movimento vertical para diferentes períodos para os casos extremos em que a estrutura não tem restrição na entrada do moonpool e no caso em que há restrição total. Observamos nesta figura que a estrutura com o moonpool, porém sem restrição em sua abertura, mostra dois períodos ressonantes. Uma deles corresponde ao efeito do moonpool, em torno de 15,1 segundos e o outro em torno 21,6 segundos correspondente ao modo da estrutura. Já a estrutura totalmente fechada tem modo natural em torno de 19,3 segundos. Há um acoplamento, que influencia o período do modo do moopool. Não se pode avaliar o grau de influência no modo da estrutura, pois não é possível isolar o fenômeno neutralizando o efeito do moonpool. Outra questão a se observar é que o período do ponto de cancelamento do movimento da estrutura sem moonpool está muito próximo do período natural do moonpool.

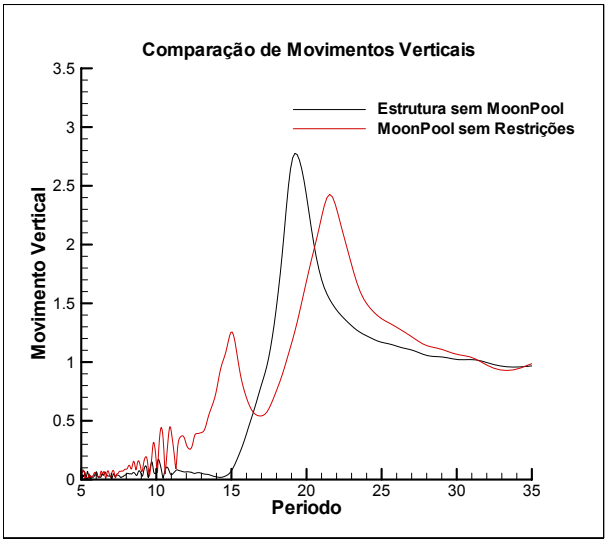


Figura 4: Movimento Vertical da Estrutura com e sem MooPool

Observe-se que o moonpool isolado tem período natural igual a 15,5 segundos. O sistema acoplado tende a reduzir o período, como neste caso para 15,1 segundos. No caso do modo da estrutura, o acoplamento tende a elevar o período. Mas como já frisamos não é possível isolar o movimento da estrutura, para se analisar o comportamento do sistema.

A figura 5 mostra a amplificação do movimento vertical para diferentes períodos para o caso em que a estrutura tem uma pequena restrição na entrada do moonpool: o diâmetro da abertura é igual a 64 metros. O resultado é plotado junto com os resultados para os casos acima descritos, sem restrição e com restrição total. Observamos que a restrição afeta fortemente a amplificação do movimento no período ressonante do modo do moonpool. O que era de se esperar, haja visto os resultados da amplificação apresentados na figura 3, com redução devida à restrição. Há uma pequena queda na amplificação correspondente ao modo da estrutura. O período natural do modo do moonpool, comparado com o caso sem restrição é pouco afetado, uma vez que o modo isolado do moonpool tem um período mais alto, porém o acoplamento tende a reduzí-lo. Observa-se que com a restrição o período do modo da estrutura têm uma elevação.

Na figura 6 está mostrada a amplificação do movimento vertical para diferentes períodos para o caso em que a abertura é igual a 58 metros. A amplificação em torno do modo do moonpool diminui ainda mais, comparada ao caso anterior (figura 5). A amplificação também diminui no modo da estrutura e o período ressonante aumenta um pouco mais. Aparentemente, o período ressonante devido ao moonpool varia muito pouco.

A figura 7 apresenta a amplificação do movimento vertical para diferentes períodos para a abertura igual a 47 metros. A amplificação em torno de 15 a 16 segundos diminui ainda mais, comparada aos casos anteriores (figuras 6 e 5). Também diminui no modo da estrutura e o período ressonante aumenta um pouco mais. O ponto de amplificação mínima, entre os dois periodos ressonantes tende a se tornar um ponto de cancelamento. Para períodos acima deste valor observa-se uma ondulação com dois máximos, ocorrendo próximo ao

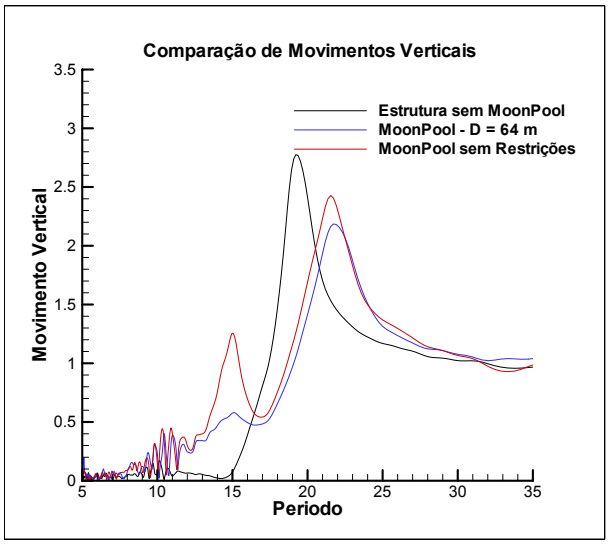


Figura 5: Movimento Vertical da Estrutura com Restrição na Abertura do MoonPool: D = 64 m

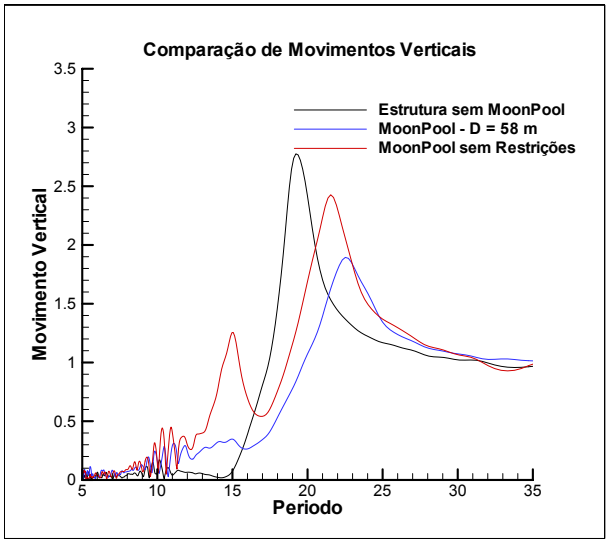


Figura 6: Movimento Vertical da Estrutura com Restrição na Abertura do MoonPool: D = 58 m

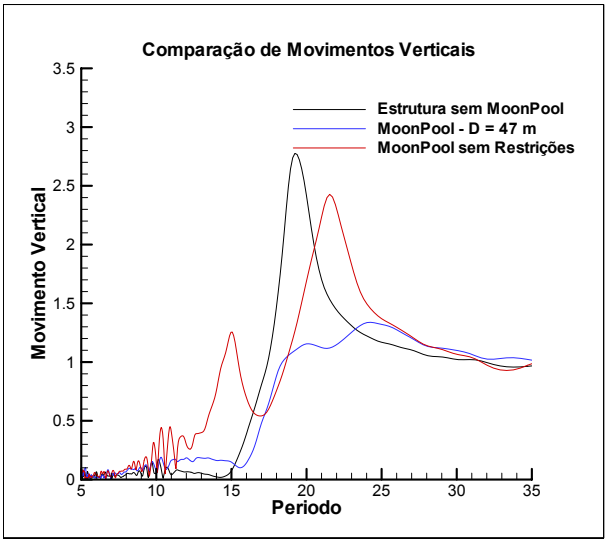


Figura 7: Movimento Vertical da Estrutura com Restrição na Abertura do MoonPool: D = 47 m

período do moonpool (ver figura 3 e comentários acima), porém modificado pelo acoplamento. Isto acarreta uma queda na amplificação na faixa de períodos de 15 a 20 segundos, ao se comparar com os casos anteriores.

Diminui-se ainda mais a abertura do moonpool, diâmetros de 33 e 23 metros e observa-se um único período ressonante, figuras 8 e 9. Isto é esperado, haja visto que para esses casos o comportamento do moonpool se assemelha ao de um sistema com amortecimento supercrítico.

A figura 10 reune todos os casos para auxiliar a comparação entre os vários casos testados.

4 Conclusões

O trabalho apresentou resultados experimentais do comportamento de uma estrutura do tipo mono-coluna provida de um moonpool, desenvolvida pela Petrobras, para a qual explorou-se interferir na abertura circular da parte inferior do moonpool para se minimizar o movimento vertical.

Foram feitas medições do movimento da col-

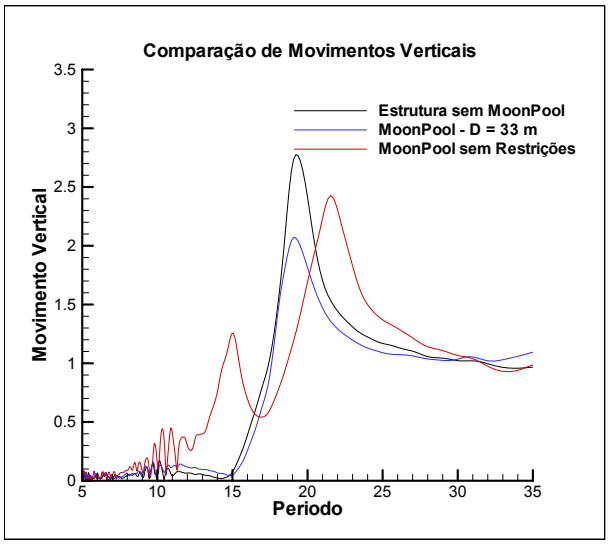


Figura 8: Movimento Vertical da Estrutura com Restrição na Abertura do MoonPool: D = 33 m

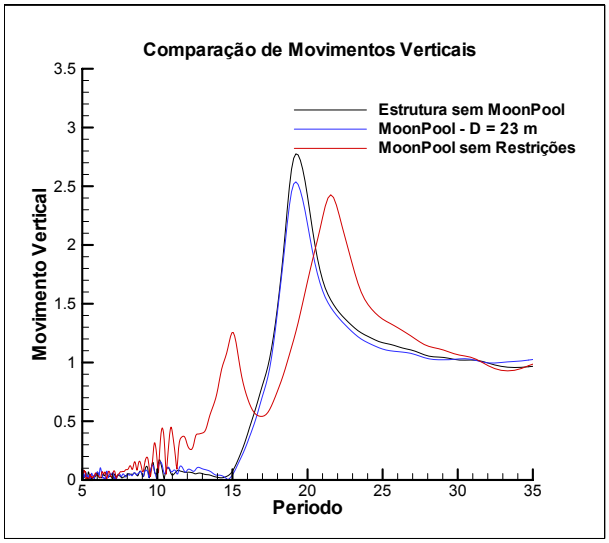


Figura 9: Movimento Vertical da Estrutura com Restrição na Abertura do MoonPool: D = 23 m

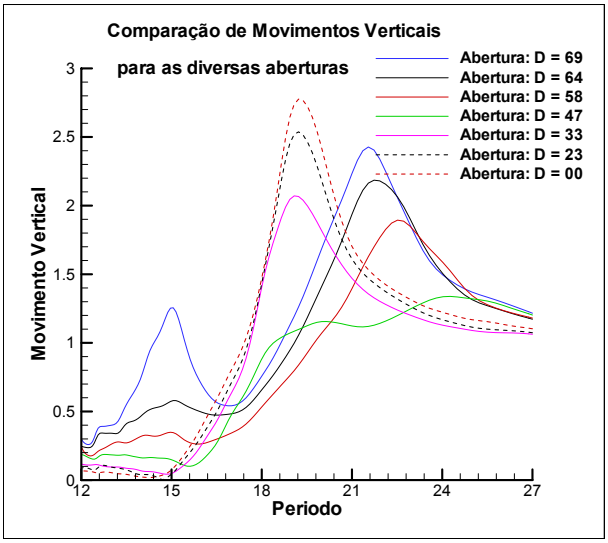


Figura 10: Movimento Vertical da Estrutura; Todos os casos

una d'água no moonpool para a estrutura fixa. Através desses resultados pode-se observar efeitos do amortecimento e alteração no período ressonante, chegando-se até a um regime supercrítico. Esses comportamento é explorado pois interfere fortemente com os movimentos da estrutura.

Os resultados do fator de amplificação de resposta, RAO (response amplitude operator), do movimento vertical da estrutura mostram que é possível determinar-se uma abertura que minimize o movimento. Modificações na entrada permitem variar sensivelmente o fator de amplificação, obtendo-se, para uma abertura de 47 metros, talvez a melhor solução. Convém testar futuramente aberturas com diâmetros entre 47 e 58 metros.

Objetiva-se como próximo passo, desenvolver um programa de testes que permita determinar os coeficientes C_1 and C_2 e então utilizá-los na otimização do uso de moonpool como dispositivo de minimização de movimentos. Pretende-se assim, através de métodos semi-analíticos, determinar uma configuração bem otimizada que possa guiar a definição de programas experimentais posteriores para minimização de movimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Petrobras, a ANP (Agência Nacional de Petróleo) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo suporte dado ao presente trabalho.

Referências

Alberts, AB (1984) The Water Motions in a Moonpool. *Ocean Engineering*.

Barreira, R, Sphaier, SH, Masetti, IQ, Costa, AP e Levi, C, (2005) Behavior of a Mono-Column Structure (MONOBR) in Waves - OMAE67512 *International Conference on Offshore, Mechanical and Artic Engineering*Omae 2005, Haikidiki, Greece

Fukuda, K,(1977) Behavior of water in vertical well with bottom Opening of Ship, and its effects on Ship-Motion. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, vol 141.

Matos, V, Sales Jr, JS e Sphaier, SH,(2005) Seakeeping Tests with Gaussian Wave Packets - OMAE05-67259 *International Conference on Offshore, Mechanical and Artic Engineering* OMAE-2005, Haikidiki, Greece.

Nishimoto, K, Videiros, PM, Fucatu, CH, Matos, V, Cueva, DR and Cueva, MS, (2001) A Study of Motion Minimization Devices of FPDSOs. *International Conference on Offshore, Mechanical and Artic Engineering*, OMAE 2001, Rio de Janeiro, Brazil.

Torres, FGS, Cueva, M, Nishimoto, K and Malta, EB(2004) Projeto Hidrodinâmico de uma Plataforma MonoColuna - MonoBr, Sobena 2005, Rio de Janeiro, Brazil.

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE CASCOS DE ACERO Y ALUMINIO EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN CREW BOAT

Ing. Fernando Rodas C. (hfrodas@yahoo.com)
Mentor Coloma A.

ABSTRACT:

El uso de las embarcaciones tipo crew boat, es cada día más usual, principalmente en los terminales petroleros donde el muelle no es en punto de llegada de las naves y requieren de una embarcación pequeña que servirá como soporte logístico hacia y desde tierra, en transporte de personal, víveres, práctico, etc. Es común que estas embarcaciones sean construidas en aluminio marino típico, con planchas 5086H116; pero la dificultad de conseguir este material en el mercado local, ha llevado a buscar el análisis comparativo de construir en acero, con su mayor peso y cualidades menores al aluminio, pero sin duda con mayores facilidades en su construcción y sobre todo a costos más accesible para el operador portuario. Para este trabajo se ha escogido una embarcación típica de 20 metros de eslora, 5 de manga, velocidad 20 nudos y capacidad para 33 pasajeros, a la cual se la proyectará en casco de aluminio y acero, considerando las diferencias principales: peso, necesidad de potencia, costos de producción, operación y mantenimiento, para finalmente realizar un análisis comparativo y determinar los beneficios en cada caso, que servirán al usuario, para tomar la decisión de invertir en la construcción local en acero o aluminio, versus la adquisición de esta embarcación en el mercado internacional

1. INTRODUCCIÓN:

La necesidad de energía en el mundo es cada día mas requerida, científicos de muchas áreas están en la constante búsqueda de nuevas fuentes, sin embargo el uso de la energía basado en el petróleo sigue siendo la más importante, por lo que países como Ecuador tendrán como fortaleza, el contar con yacimientos hidrocarburíficos que provean de fuente de energía propia y de ingresos fiscales importantes para su estado.

El Ecuador cuenta con el Terminal petrolero de Balao, de La Libertad y ahora la plataforma de gas en las cercanías de la Isla Santa Clara; para estos terminales se requieren de embarcaciones tipo crew boat como el soporte logístico necesario para sus requerimientos de transporte de personal, víveres, etc, debido a que los buques tanques no pueden llegar al muelle, sino operan desde las tomas ubicadas a algunas millas costa afuera; para este trabajo se hace necesario iniciar definiendo las características de la embarcación a ser analizada, cuyas dimensiones varían entre 15 y 35 metros de eslora; y se ha tomado la embarcación MISS DEBBY de 20 metros de eslora en casco de aluminio, que es usada en el mercado local, su propietario es SEMALOG cuyas características técnicas serán definidas más adelante. Sumado a esto la dificultad de adquirir en el mercado local la materia prima para construir este tipo de embarcaciones.

En la tabla siguiente se presenta las características físicas y mecánicas de los materiales que serán usados para este análisis, por un lado el acero naval ASTM 131 y para el caso del aluminio el EN AW 5086H116:

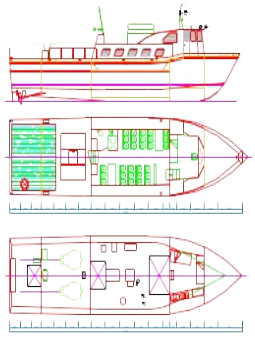
CARACTERÍSTICAS	ASTM 131	AW 5086H116:	Razón
Densidad gr/cm3	7,8	2,67	2,92
Esfuerzo máximo PSI	70,000	47,000	1,49
Resistencia a la cizalladura N/mm2	315	245	1,29
Resistencia a la tracción N/mm2	265	195	1,36

2. CARACTERÍSTICAS DE EMBARCACIÓN TIPO CREW BOAT

La embarcación MISS DEBBY que se tomará como base para el análisis, tiene las siguientes características técnicas principales:

Eslora total	20,30	m.
Manga total	5,00	m.
Puntal	2,40	m.
Calado de diseño	1,00	m.
Desplazamiento de diseño	38,31	Ton
Coeficiente block	0,485	
Capacidad de pasajeros	30	
Capacidad de agua dulce	800	gal
Capacidad de combustible	1200	gal

A continuación la lancha en las vistas de planta con sus dos cubiertas y la de perfil, donde se define un puente, cabina para 33 personas sentadas y área de carga sobre cubierta principal en popa, servo, sala de maquinas, sala de bombas y tanques, y camarote para 2 tripulantes.



Tablas hidrostáticas: a continuación una tabla donde se presenta las características hidrostáticas del casco, entre 0,5 y 1,5 m. de calado

Draft (m)	Volume m^3	Displ (MT)	Cb	VCB (m)	KMT (m)	Ws Area m2
0.500	8.12	8.320	0.304	0.349	2.856	40.94
0.550	10.16	10.409	0.313	0.385	3.180	46.37
0.600	12.45	12.759	0.320	0.420	3.513	51.79
0.650	14.99	15.370	0.328	0.455	3.855	57.22
0.700	17.80	18.242	0.334	0.490	4.203	62.65
0.750	20.83	21.356	0.358	0.524	4.303	67.21
0.800	24.03	24.629	0.384	0.557	4.148	70.54
0.850	27.31	27.994	0.408	0.590	3.875	72.87
0.900	30.63	31.401	0.429	0.621	3.605	74.81
0.950	33.99	34.839	0.448	0.651	3.391	76.71
1.000	37.37	38.306	0.465	0.680	3.217	78.63
1.050	40.78	41.802	0.480	0.709	3.076	80.56
1.100	44.22	45.326	0.493	0.738	2.960	82.50
1.150	47.69	48.880	0.505	0.766	2.864	84.43
1.200	51.18	52.463	0.516	0.794	2.784	86.37
1.250	54.71	56.075	0.526	0.822	2.717	88.30
1.300	58.26	59.717	0.535	0.849	2.661	90.24
1.350	61.84	63.389	0.543	0.877	2.614	92.17
1.400	65.45	67.091	0.550	0.904	2.575	94.11
1.450	69.10	70.823	0.557	0.932	2.543	96.04
1.500	72.77	74.586	0.563	0.959	2.516	97.98

Equipos y maquinarias: con 2 motores principales 12V de 450 HP cada uno, 2 reductores de 3:1, ejes de acero inoxidable de 2 ½ "y hélices de 4 X 32"X 30"; un generador de 20 Kw, 2 tanques de combustible con un total de 1150 gal, un tanque de agua de 950 gal, circuitos con bombas acorde con las exigencias internacionales y una planta de aire acondicionado de 13,500 BTU, cabina con acomodación para 33 pasajeros, puente con accesorios correspondientes, casco con 4 mamparos estancos todo de aluminio con procesos de soldadura apropiados con un calado real de 1,05 m, con tanques llenos, es decir un desplazamiento de 40,78 Ton. con 7,10 ton en agua y diesel, dando un desplazamiento ligero de 33,68 Ton.

3. ANÁLISIS COMPARATIVO

Características físicas de los metales: El análisis comparativo entre el acero y el aluminio naval, se lo presenta en 4 aspectos o características, los cuales son descritos a continuación:

- **Peso:** La característica más importante o de mayor evidencia esta en la diferencia de pesos mientras que el acero tiene una densidad especifica de 7,8, el del aluminio es de 2,67 es decir una razón de 2,92 veces mas favorable para el aluminio, cuya incidencia se vera no solo en la necesidad de menos potencia para conseguir iguales eficiencias sino iguales versatilidades para el diseño, la influencia de esta característica será presentada mas adelante.

- **Resistencia al esfuerzo:** La embarcaciones pueden ser consideradas como buque viga expuestos a esfuerzos en sus condiciones mas adversas como son en arrufo y quebranto, mientras que para el cero esta en promedios de 70,000 psi, la del aluminio esta en 47,000

psi , es decir una razón de 1,49 a favor del acero, lo que se debe compensar con el aumento del escantillonado

- **Mantenimiento:** Este aspecto es de suma importancia y la característica principal del aluminio 5086, es la soportar la corrección marina de manera que si se colocase 2 planchas limpias una de acero y otra de aluminio naval en ambiente marino, la primera genera corrosión de manera evidente no así el aluminio que produce una fina capa blanquinosa que mas bien ayuda a proteger el metal, haciendo las veces de pintura, por lo que se puede concluir que el aluminio con un adecuado plan de pintura y de protección galvánica puede tener fácilmente el doble de la vida útil que la del acero en ámbitos de construcción naval, con lo que los costos de mantenimiento serian menores con cascos de aluminio.

- **Depreciación:** basados en lo indicado en el párrafo anterior, y por experiencias de peritos avaluadores de casco marítimo, los cascos de acero pueden ser depreciados en 20 años y los de aluminio en 25 años

Escantillonado: Para realizar una comparación real, se debe partir de las normas de construcción, para este trabajo se baso en las normas de una clasificadora reconocida, dando como resultado los espesores de plancha presentados en la tabla siguiente:

	Acero naval A131 mm	**Aluminio 5086H116 mm**	**Razón**
Fondo	5	10	2,00
Costados	4	8	2,00
Cbta Principal	4	6	1,50
Mamparos	4	6	1,50
Espejo	5	8	1,60

Pesos: De la tabla anterior y con las áreas aproximadas de los sectores, se obtuvo el siguiente cuadro, donde se puede apreciar una diferencia de peso cercana al 80%:

	Acero naval A131 Tons	**Aluminio 5086H116 Tons**	**Razón**
Fondo	4.10	2.30	1,78
Costados	2.75	1.50	1,83
Cbta Principal	2.30	1.25	1,84
Mamparos	1.00	0.60	1,66
Espejo	0.55	0.30	1,83
Estructurales	2.10	1.20	1,75
Super estructura	1.70	0.95	1,79
Estibas y Otros	2.15	1.20	1,79
Total	**16.65**	**9.30**	**1,79**

Considerando que el desplazamiento ligero de la nave es 33,68 ton, en el cuadro siguiente, la deducción de los pesos comparativos entre cascos de acero y aluminio respectivamente:

Item		**Aluminio 5086H116**	**Acero naval A131**	**Unids.**	**Razón**
1	Desplazamiento ligero	33,68	**41,03**	Tons	1,22
2	Casco	9,30	16,65	Tons	1,79
3	Maquinaria, equipos, accesorios y habitabilidad	24,38	24,38	Tons	
4	Peso de líquidos	7,10	7,10	Tons	
5	Peso de 35 personas	2,63	2,63	Tons	
6	Otras cargas	1,00	1,00	Tons	
7	Desplazamiento full	44,41	51,76	Tons	1,17
8	Calado full	1,09	1,18	m	1,08
	Desplazamiento promedio	39.05	46,40	Tons	1,19
	Calado promedio	1.02	1.12	m	1,10

La diferencia de pesos será de 7,350 Kg, que considerando una diferencia de desplazamiento promedio del 19% adicional, para el casco de acero.

Costos: El acero naval para construcción se puede adquirir en el mercado local a costos promedios de 1.00 USD/Kg. y la soldadura a 0,90 USD/Kg; en cambio el aluminio naval no se vende en el mercado local, se debe importar a promedios de 8,50 USD/Kg internados y la soldadura a 10,0 USD/Kg, existe en el país una ley llamada LEFORTAC, "***ley de fortalecimiento al transporte acuaviario y asuntos conexos" y su reglamento***, publicada en el registro oficial, pero que hasta la fecha no es aceptada en la Corporación Aduanera Ecuatoriano, privando al sector de la construcción naval, de la disminución y eliminación de los aranceles correspondientes; en el cuadro siguiente una descripción de los costos de acero y aluminio trabajados, se debe considerar que para el caso de aluminio hay que agregar los costos de insumos como gas del proceso MIG, equipos, talleres y mano de obra:

	Aluminio naval	**Acero naval**
Costo materia prima USD/Kg	8,50	1,00
Mano de obra e insumos USD/Kg	10,00	4,00
Total	**18,50**	**5,00**

Del cuadro anterior se puede deducir que, el casco solo de la nave tendrá costos diferentes descritos en el cuadro siguiente:

	Peso de casco Kg	**Costo de metal Trabajado USD/Kg**	**Total casco USD**
Casco de acero	16,650.00	5.00	83,250.00
Casco de aluminio	9,300.00	18.50	172,050.00
Razon	1,79	0,27	0,48

Ahora conociendo los costos del casco metálico, a continuación un listado con precios referenciales de equipos, maquinaria, accesorios y demás ítems de la embarcación ya instalados.

	Costo USD
Motores principales	175,000.00
Sistema de propulsión	40,000.00
Sistema de gobierno	25,000.00
Generador y sistema eléctrico	75,000.00
Sistema de achique y contraincendios	35,000.00
Auxiliares y circuitos	25,000.00
Sistema de amarre y fondeo	15,000.00
Sistema salvataje	15,000.00
Equipos electrónicos y de navegación	25,000.00
Equipos de seguridad	20,000.00
Habitabilidad	75,000.00
Sistema de aire acondicionado	15,000.00
Otros	15,000.00
Subtotal	**555,000.00**

Además se puede agregar un adicional de un 5% de costos, (27,7500 USD) por instalar sobre aluminio como bases para motores, auxiliares, equipos, accesorios, etc. Es decir los costos finales de las embarcaciones de iguales características serán los presentados en le cuadro resumen siguiente:

	Casco USD	**Maq, equipos y accesorios**	Total USD
Embarcación de acero	83,250.00	555,000.00	**638,250.00**
Embarcación de aluminio	172,050.00	582,750.00	**754,800.00**
Razón	0,38	0,95	**0,85**
Diferencia	***88,800.00***	***27,750.00***	***116,550.00***

Los valores anteriores corresponden a la inversión inicial de las embarcaciones en las dos alternativas, se puede que mientras en la construcción del casco, el de acero es tan solo el 38%, en su costo final corresponde al 85%, lo que evidencia que el ahorro con el acero es tan solo el 15%.

Para finalizar este análisis se debe presentar 3 aspectos más: los costos de mantenimiento, operación y depreciación, enfocados de manera directa al casco como elemento primario de este trabajo; basados en un crew boat típico, trabajando con promedios de 4 horas diarias, que dan un total de 1460 hm/año.

- **Operación:** Para tabular los costos correspondientes a operación de las embarcaciones se debe considerar: consumo de combustible y suministros, salarios de tripulación, administración, gastos logísticos, etc. Considerando como principal el primero y con una pequeña variación por diferencia en peso final que necesitara de un poco mas de potencia para cubrir las distancias en iguales tiempos que podría ser un promedio del 5% de aumento, es decir:

  Para casco de aluminio: costo anual de combustible

1460 hm/año x 17,5 gal/hm x 2 motores x 1 USD/gal = **43,800 USD/año**

Para casco de acero: costo anual de combustible

43,800 USD/año x 0,05 = **2,190 USD** + 43,800 USD = **45,990 USD/año**

- **Mantenimiento:** La diferencia de costos de mantenimiento entre las embarcaciones de aluminio y de acero, es un poco más complicado, sin embargo se intentará incluir como aspectos mas importantes el cambio de planchaje o renovación de metal y la protección de pintura con mano de obra, tanto en los diques como en trabajos diarios: para el caso del casco de acero; para el primer caso a partir del año 10, cambiar el 5% del peso del casco cada 2 años que coincide con el carenamiento; e igual para el aluminio pero a partir del año 15 y con el 2,%, con costos promedios de 5 USD/Kg para el primero y 18,5 USD/Kg para el aluminio:

Para el acero

16,650 Kg x 5% x 5 USD/kg = 4**162.50 USD**

Para el aluminio

9,300 Kg x 2,% x 18.5 USD/Kg = **3441.00 USD**

Con los valores anteriores en la tabla siguiente se presenta su resumen y resultados:

Año	**Acero A131 Kg**	**Aluminio 5086H116 Kg**
1	***16650 Kg***	***9300 Kg***
10	4162.50 USD	
12	4162.50 USD	
14	4162.50 USD	
15		3441.00 USD
16	4162.50 USD	
17		3441.00 USD
18	4162.50 USD	
19		3441.00 USD
20	4162.50 USD	
	24,975.00 USD	**10,323.00 USD**

Con una diferencia de ***14,652.00 USD.***

Para definir costos de aplicación de pintura como mantenimiento semanal sobre las superficies metálicas, se considerara 4 horas hombre por semana (h-h/sem) y 4 litros de pintura para el acero y 2 h-h/sem y 2 litro para el aluminio, además hay que considerar que la pintura para aluminio tiene un costo mayor en un 25%:

Para el acero:

Pintura y accesorios: 4 lts./sem x 52 sem/año x 10 USD/lt = **2,080.00 USD/año**
Mano de obra: 4 h-h/sem x 52 sem/año x 4 USD/h.h = **832.00 USD/año.**

Total anual de 2,912.00 USD

Para el aluminio:

Pintura y accesorios: 2 lts./sem x 52 sem/año x 12.5 USD/lt = **1,300.00 USD/año**
Mano de obra: 2 h-h/sem x 52 sem/año x 4 USD/h.h = **416.00 USD/año**

Total anual de 848.00 USD

Con una diferencia anual de 1,196.00 USD

- **Depreciación:** Basados en la doctrina de los peritos avaluadores la depreciación para embarcaciones de acero es de 20 años y de aluminio de 25 años, con esto, en la tabla siguiente se presenta el calculo correspondiente:

Año	Acero A131 USD	Aluiminio 5086H116 USD
1	**83250,00**	**172050,00**
2	79087,50	165168,00
3	75133,13	158561,28
4	71376,47	152218,83
5	67807,65	146130,08
6	64417,26	140284,87
7	61196,40	134673,48
8	58136,58	129286,54
9	55229,75	124115,08
10	52468,26	119150,47
11	49844,85	114384,46
12	47352,61	109809,08
13	44984,98	105416,71

Año	Acero A131 USD	Aluiminio 5086H116 USD
14	42735,73	101200,05
15	40598,94	97152,04
16	38568,99	93265,96
17	36640,55	89535,32
18	34808,52	85953,91
19	33068,09	82515,75
20	**31414,69**	**79215,12**
21		76046,52
22		73004,66
23		70084,47
24		67281,09
25		**64589,85**

Para el año 20 el casco de acero tendrá un valor residual de 31,414.69 USD y el de aluminio un valor de 79,215.12 USD. con una diferencia de **48,100.43 USD.**

4. RESUMEN FINAL

Para la presentación del resumen final se tomará como argumentos los costos iniciales de construcción del casco, de operación, de mantenimiento y finalmente los valores de depreciación, los cuales serán presentados en la tabla siguiente proyectados a 20 años, como valores de la diferencia entre los dos tipos de cascos:

En 20 años se encuentra que la diferencia relativa entre las dos embarcaciones, en costos seria 13,922.43, que considerando el valor de inversión inicial para el acero de 638,250.00 USD y de la embarcación de aluminio 754,800.00 USD, no es sustancial, sin embargo existe otros argumentos un tanto mas difíciles de expresar en números y costos, como son:

- Mayor tiempo en dique por requerimientos de mayor aplicación de pintura y por ende genera lucro cesante, para el caso de los cascos de acero.

- Otro aspecto es que con cascos de aluminio puede existir menor preocupación en el mantenimiento del metal, por ende, más confiabilidad en la nave.

- Sin embargo los aspectos más importantes dentro de este análisis serán: mejor valor de reventa y más larga vida útil.

Año	Inversión inicial	Operación USD	Mantenimiento 1 pintura USD	Mantenimiento 2 cambio de planchaje USD	Depreciación Valor residual USD
0	-116,550.00				
1		2,190.00	1,196.00		
2		2,190.00	1,196.00		
3		2,190.00	1,196.00		
4		2,190.00	1,196.00		
5		2,190.00	1,196.00		
6		2,190.00	1,196.00		
7		2,190.00	1,196.00		
8		2,190.00	1,196.00		
9		2,190.00	1,196.00		
10		2,190.00	1,196.00	4162.50	
11		2,190.00	1,196.00		
12		2,190.00	1,196.00	4162.50	
13		2,190.00	1,196.00		
14		2,190.00	1,196.00	4162.50	
15		2,190.00	1,196.00	-3441.00	
16		2,190.00	1,196.00	4162.50	
17		2,190.00	1,196.00	-3441.00	
18		2,190.00	1,196.00	4162.50	
19		2,190.00	1,196.00	-3441.00	
20		2,190.00	1,196.00	4162.50	48,100.43
	-116,550.00	**43,800.00**	**23,920.00**	**14,652.00**	**48,100.43**

5. CONCLUSIONES :

- La existencia de terminales petroleros en el país y la región generara demanda de embarcaciones tipo crew boat, lo que contribuirá a crear expectativa para este tipo de naves en el sector local de la construcción naval.

- La ley de fortalecimiento al transporte acuaviario y asuntos conexos y su reglamento, que fue creada para apoyar a la construcción naval, fue ya publicada en el registro oficial, pero hasta la fecha no es aceptada en la Corporación Aduanera Ecuatoriano, lo que ha impedido la eliminación de los aranceles que permiten el fomento al desarrollo de la industria naval nacional.

- La diferencia de pesos en los casco básicos es 0,38:1, sin embargo en el desplazamiento final o full es de 0,85:1, lo indica que la influencia real en pesos es del 15%, lo que generara mayores gastos por requerimientos de potencia y menos capacidades de carga.

- Los costos más significativos de este análisis, están en la diferencia de inversión inicial entre cascos, que alcanza un valor de 116,550 USD y sumado a esto la falta de disponibilidad de materia prima en el mercado local, lo que dificulta la generación de proyectos de este tipo.

Análisis de Sistema de Costos Económicos en los Astilleros Menores, y Propuestas de Nuevas Innovaciones Lima – Callao

Víctor Eleno Obregón Pizarro: veop18@yahoo.com.pe
Escuela Profesional de Ingeniería Naval
Universidad Nacional de Ingeniería
Lima - Perú

RESUMEN:

Toda empresa industrial, pesquera, mediana o grande del mundo globalizado, ha dejado de lado las decisiones empíricas y se han visto obligados a establecer una estructura de costos.

La Industria Naval ha evolucionado en el manejo de costos en las unidades económicas básicas, que es el **Astillero Menor**, dedicado a la construcción de embarcaciones menores para la pesca, para el paseo en turismo local, para el transporte de cargas en cabotaje.

Por ello, es necesario proporcionar un estudio sobre los niveles de distribución de costos en el astillero durante el proceso de construcción o ciclo de construcción considerándose los costos en stock de materiales, las elaboraciones, la pre-fabricación, el montaje en la grada, la botadura, las instalaciones, equipamientos y la prueba de mar.

En este trabajo, se presenta el recorrido de los costos directos, costos indirectos en sus fases de materiales principales y auxiliares, mano de obra, los gastos de fabricaciones, gastos administrativos, gastos de distribución, gastos financieros, beneficios esperados y el precio de oferta en el mercado. Los inconvenientes de cada rubro, experiencias en la construcción de buques en los puertos menores de Lima – Callao, soluciones tomadas como innovaciones.

INDICE

I. Introducción

II. Problemáticas y Características

III. Análisis de Estructura de Costos y la Administración

III.1 Elementos de Costo de Producción en los Astilleros

III.2 Organización y Fases de los Costos

III.3 Diagrama de Costos y Modelo Árbol

III.4 Ciclo de Construcción y Vida Útil

IV. La Economía de Servicio y los Costos en los Astilleros

IV.1 Planificación, Método Tecnológico, Trazado y Diseño

IV.2 Transacciones Electrónica y Fases Estratégicas

IV.3 Factores de Cambios de Manejo

IV.4 Cuadros de Análisis

IV.5 Sistema Estándar de Costo

Conclusiones

Informaciones Teóricas de Consultas

INTRODUCCIÓN

- El Sistema de Costos en los Astilleros menores en el Perú, se encuentra en crisis de servicios de Construcción y reparaciones como consecuencia de obsolescencia y manejos de vieja economía en las instalaciones y procesos administrativos respectivamente.
- El Presente estudio tiene importancia por la necesidad de presentar el contraste que viene viviendo el cambio de modelo económico de sustitución de importaciones por libre mercado globalizado.
- Los objetivos del estudio está dirigido a estudiar la estructura distributiva de los costos aplicados en los Astilleros Menores en la región Lima – Callao. Analizar el comportamiento de la crisis del Sector Naval en el manejo de la nueva economía de servicios y proponer un modelo estratégico de manejo administrativo.
- El estudios está compuesto por cuatro capítulos en el que podemos mencionar sus contenidos más relevantes, las problemáticas y características de los costos, el análisis de estructura de costos y la administración haciendo énfasis en los elementos, la organización curvas del costo y modelo del ciclo de construcción y vida útil de buques y la nueva economía de servicio y los cuadros de análisis de un sistema estándar de costo, la planificación y las transacciones electrónicas y fases estratégicas.

Nuestro agradecimiento a todas las empresas e instituciones que nos han permitido conocer sus problemas, sus virtudes y la capacidad de servicios a sus clientes durante los últimos 10 años de servicios en el Área Naval.

II.- PROBLEMÁTICA Y CARACTERÍSTICAS

2.1 En los Astilleros Menores

En los astilleros menores son unidades de Producción Económica donde el modo de Producción y los Factores de Producción juegan en un mundo de oportunidad de servicios, riesgos e incertidumbres para captar nuevos proyectos.

El aparato productivo de transacciones comerciales entre astilleros, entre clientes, siempre está basado en el sistema de precios y los factores de servicios como interés, utilidades, rentas, salarios de calificados, sueldos y salarios de no calificados para la Empresa y la Satisfacción del Cliente.

2.2 La Circulación en el sistema de costo económico

La Función del Producto con relación a los insumos, bienes de capital, son actores de la composición del consumo y la generación del valor agregado como ganancias flexibles conjugando los aspectos de sus costos internos y externos. De esta manera distinguiremos dos aspectos:

a) Producto o buque en una línea que representa la materia prima y la mano de obra.
b) El propietario contratista o armador garantiza los servicios que el astillero lo ha puesto en su producto final y el bien como para los usos proyectados y el rendimiento en el trabajo de este bien capital.

La sustentabilidad de la unidad productora requiere fundamentalmente del apoyo de ramas especificas del aparato productivo de bienes y servicios, los cuales citaremos los más importantes:

1. Capital social básico, que tiene una dimensión muy amplia y compleja en la composición de la Empresa.
2. El sistema de comunicación, transporte y servicios (agua, energía, punto de salud, red de capacitación, infraestructura que atienda las necesidades económicas – sociales).
3. Sistema de conexiones con clientes, proveedores y las actividades auxiliares de servicios inducidos como Talleres, Ferreterías, almacenes de abastecimiento logístico para atender y ser atendidos con actitud y aptitud integral.

2.3 Abastecimientos de Materia Prima e Insumos

- El conocimiento pleno de tipos de materia prima (planchas de acero, maderas, fibra reforzados, fierro - cemento, etc.) para los procesos de fabricación elegidos, se tiene problemas menores relacionados a rendimiento de pintura x m^2 las dimensiones de planchas producidas de área (m^2) y volumen (m^3), máquinas y equipos en los talleres (tornos, cepilladores, fresadora, etc.), el cálculo de tonelajes para el casco y superestructura en materia prima más insumos (electrodos de soldaduras), el mercado abastecedor de compras y ventas como servicios.
- El escantillenado del anillo constructivo tiene mucha relación con las obras y su distribución de áreas cerradas y disponibles para los menesteres o usos de sus propietarios (bodegas auxiliares, áreas libres, etc.).

2.4 La Nueva Economía de Servicios en los Astilleros

- Los astilleros menores con el manejo tradicional fuera del contexto de grandes ciudades tiene problema de modernidad de disponibilidad de usos del internet o transacciones electrónicas, obsolescencia de equipos, disponibilidad de programas administrativos.
- Las fases de sus costos tomados por directos e indirectos:
  a) **Costo Directo**, formado por materia prima + materiales auxiliares + mano de obra.
  b) **Costo de Producción,** formado por costo directo + gastos de fabricación.
  c) **Costo de Operación,** formado por Costo de Producción + Gastos Administrativos + Gastos de Distribución.
  d) **Costo Total,** formado por costo de Operación + Gastos Financieros.
  e) **Precio de Oportunidad,** formado por Costo Total + Beneficios esperados antes del Impuesto.
  f) **Precio de Venta con Utilidad Marginal,** formado por el Precio de Oportunidad + Utilidades después de Impuestos.
- Costos Indirectos de Fabricación, está compuesto por gastos en suministros (pinturas, gas, etc.) mano de indirecta, gastos de servicios a terceros, tributos, cargas diversas de gestión provisiones del ejercicio (imprevistos), los gastos administrativos, gastos financieros.

- El posicionamiento, la estrategia y la realización de intercambios de informaciones, procesos administrativos, servicios de las empresas, trámites documentarios y financieras son escasas en los Astilleros Menores.

III. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE COSTOS Y LA ADMINISTRACIÓN

El análisis en el Castellano como en otros idiomas es profuso en bibliografías sobre el tema en cuestión, el conocer bien las bases estadísticas, frecuentar en la industria, facilitan al interesado para poder satisfacer sus inquietudes de manera clara, objetiva para los propósitos finales.

3.1 Elementos de Costos de Producción en los Astilleros

a) La Materia Prima y los Insumos, constituyen elemento base de los costos a partir de los diseños y planos, características técnicas específicos por cada tipo de materiales por ejemplo ASTM 131 de grado A con un peso por plancha para costados, para popa, para fondo, para proa PL 400 x 800 x 80, PL 3650 x 1800 x 8, PL 3450 x 1800 x 8, PL 400 x 2500 x 8, PL 400 x 1750 x 8, etc.

b) Materiales considerados para el costo:
   - Planchas o chapas de acero
   - Electrodos de soldadura
   - Angulos, flajes, llanta, llantón
   - Mamparas elaborados
   - Cuadernas

c) Costo de Equipos:
   - De transporte (grúas, ET-1, ET-2, ... T-n, jirafas) Ton.
   - Máquina de soldar SMAV, MIG, MAG y FCAW
   - Oxiacetileno:
     - Manuales (Mecánico)
     - Semiautomático (con riel)
     - Automático Lineal (boquillas)
     - Automático CNC (boquillas)
   - Tratamiento y Aplicación de Pintura
     - Granalladora

        - Arenadora
        - Pintura
    - Talleres y Área del Astillero
        - Áreas de Granalladora
        - De fabricación (trazados, corte y sub-emsamblaje)
        - Montaje de Bloque
        - Área de almacenamiento de bloque

d) Gradas para la erección de las obras o Proyectos de Buques

e) Bloques fabricados por método tradicional perpendicular y método por sistemas software o transacciones electrónicas (partes modulares piramidales)

f) Sistemas de Partes divididos por tipos:

- Sistema de Propulsión (motor, caja reductora, eje de transmisión, embrujamiento, eje de cola, hélice, embocinamiento, prensa, prensa stop a ejes)
- Sistema hidráulico (poleas, bomba de absorción, tecles, timón de mando, mando de arranque)
- Sistema eléctrico (tableros existentes, iluminación, motor eléctrico, control de bombas, control de temperatura, control de presión, etc.)
- Sistema de refrigeración y conservación (cámara frigorífica, aire acondicionado)
- Sistema de equipos y servicios (sentinaje, achique, etc.)

g) LAY – OUT del Astillero responde a un costo, productividad y facilidades como:

A. Flujo de materiales en el Astillero ⌊ U ⌋ ı ⌊ ⌉ ı ⌋ ⌉
B. Flujo Producto, diagrama de operaciones
C. Diques de reparaciones y Mantenimiento
D. Varaderos y Diques húmedos
E. Grada de Erección (Pre-fabricación, ensamblaje de bloque, almacenaje preventivo)

h) Mano de Obra:

A. Calificados
B. No Calificados
C. Administración y Mantenimiento de Astilleros

i) Financiamiento

A. Costos de Inversión de Socios

B. Costos de Inversión por prestamos

C. Garantía o Warent

j) Ventas o Entregas

A. Botadura

B. Prueba en la mar

C. Entrega de la obra

3.2 Organización y Fases de los Costos

a. Organización de un buen Sistema de Costos: Para organizar un buen sistema de costos, tanto para empresas grandes, medianas o pequeñas, hay que cumplir diversas etapas, por la complejidad de las tareas que exige la instalación del sistema.

En nuestro caso, el plan de trabajo para organizar un buen sistema de costos, comprende las siguientes etapas:

1. Conocer físicamente el proceso productivo de la empresa y realizar la departamentalización, etapas o fases, pues de él dependerán las características o modalidades del sistema a instalar.
2. Crear un plan de cuentas de la contabilidad e la explotación acorde con la estructura del proceso productivo o centro de costos.
3. Establecer procedimientos para el control de las adquisiciones de las materias primas y materiales auxiliares, envases y embalajes, y suministros diversos, así como del consumo de los mismos a los centros de costos o usuarios.
4. Seleccionar al personal, prepararlo y capacitarlo en la sucesión de las distintas tareas o procesos productivos, propios de la Contabilidad de Costos, distinguiendo la mano de obra directa, sus categorías y el sistema de salario adoptados.
5. Establecer la forma de distribuir los diferentes gastos de fabricación con el mayor detalle posible.
6. Crear un sistema para controlar la producción física que se elabora en la empresa (productos definitivamente terminados).
7. Ordenar la impresión de los documentos necesarios para la instalación del sistema.
8. Coordinar con el contador de la empresa sobre los lineamientos básicos que debe seguir para la organización y funcionamiento del Sistema de Costos.

9. Creación de un programa (software) que realice la mecanización de la Contabilidad de Costos. Con frecuencia, para la organización de un buen sistema de costos las empresas recurren a los servicios profesionales de contadores independientes.

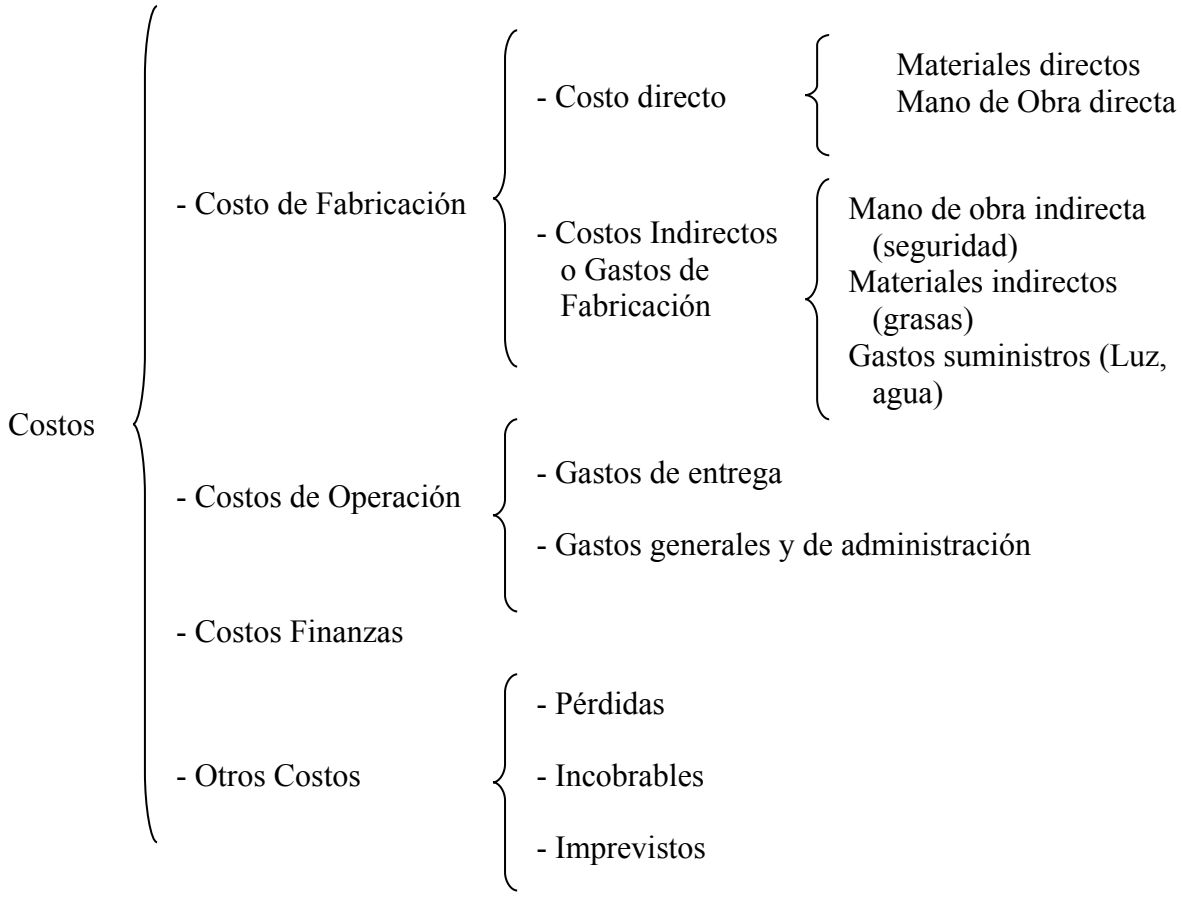
b. El Ciclo de Producción del Buque tiene sus fases que responde 4 puntos clave en su desarrollo del Astillero como:

- **Estrategias intensivas o de iniciación:**
  - La presentación de mercado de servicios para el producto o los productos para la oferta.
  - Desarrollo de diseños, fabricaciones o servicios existentes en el área de trabajo geográfico (nuevos).
  - Desarrollo de Producto o construcción y reparación de naves para los clientes normales y aparentes.
- **Estrategia de integración o Crecimiento:**
  - Hacia delante implica mejora, actualizarse en los servicios, en las calificaciones, en entrega oportuna, preparación intangibles.
  - Hacia atrás implica asegurar proveedores de materia prima y auxiliares (insumo).
  - Horizontal, implica tener una organización de estructura matricial y el PERT estableciendo rutas.
- **Estrategia de diversificación o saturación:**
  - Concéntrica o agregar productos. Servicios en el astillero relacionados con los talleres y las unidades de servicios.
  - Conglomerado o marcha de servicios seccionados para que los clientes puedan recibir dentro de los astilleros como por ejemplo reparaciones de máquinas, instalaciones de sistema de frío, fabricación de hélices, aislamiento de bodegas, etc.
  - Horizontal, marcar el futuro con visión definida y la misión esperada.
- **Estrategia defensiva o declinación:**
  - Alianza Estratégica (joint venture) con sociedades amenazantes formando sociedades de permanencia para mantenerse en el mercado con crisis.

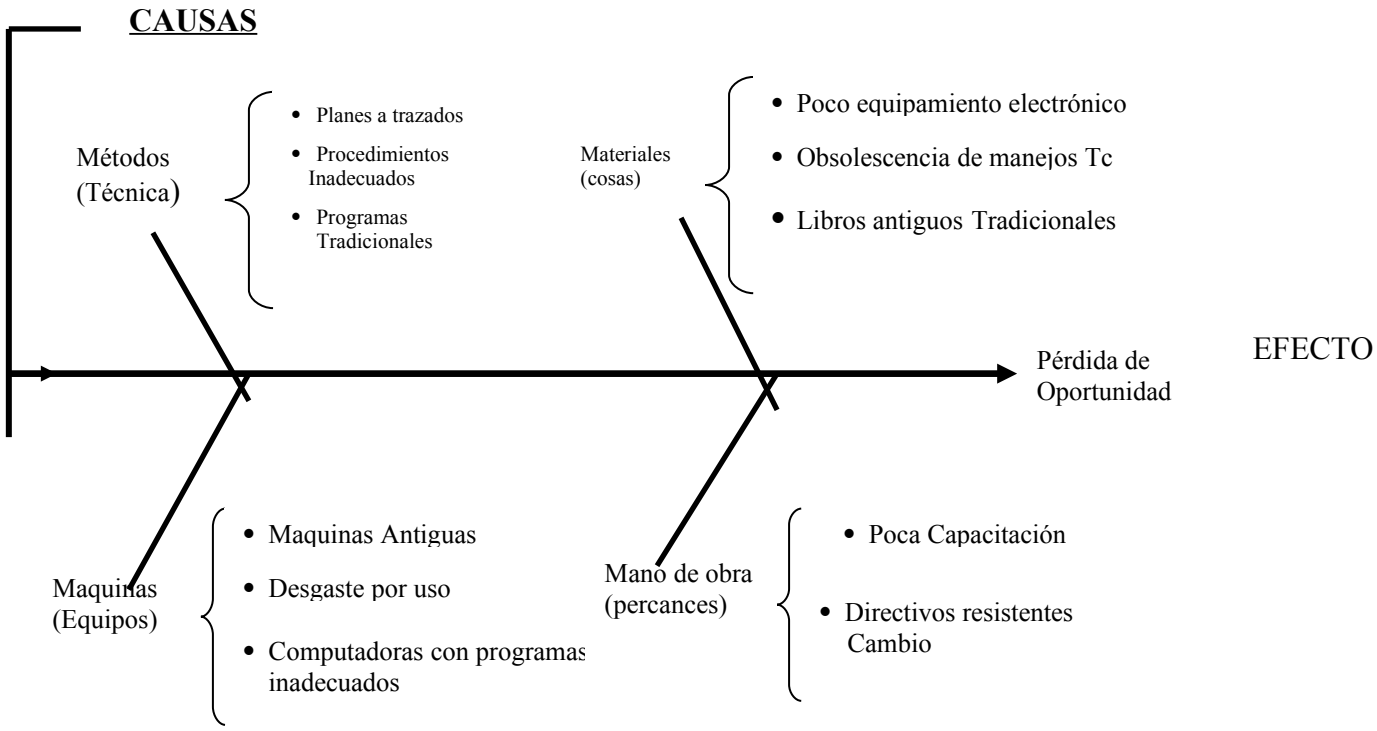
- Encogimiento, readecuarse a productos o servicios que tiene una demanda más continua utilizando el método A B C o Pareto.
- Desinversión, se trata de vender los activos del astillero o partes para otros que los utilicen.
- Liquidación, vender los activos o un valor tangible.
- Combinación, de usar varias alternativas que ayuda o cerrar el astillero.

c. <u>Los costos por objeto de gasto como Fases</u>:

Los proyectos de construcción de buques tiene su inversión para la marcha y su vida útil en diversos costos tales como:



3.3 Diagrama de Costos y Causa Efecto



3.4 Ciclo de Construcción y Vida Útil

El análisis de costos en los astilleros menores responde a ingresos y egresos que ocurre en un periodo de tiempo de la vida útil de los astilleros que se dedican a la construcción y reparaciones navales.

a. Taller de construcción naval dedicada solo a construcción de nuevas naves se denomina PRODUCCIÓN.
b. Taller de Reparaciones y mantenimiento dedicado a programas de mantenimiento preventivo, regular y periódicos de buques se le denomina de REPARACIONES.

3.4.1 Talleres de Construcción y Reparaciones

Son aquellos que se dedican a construir, repara, dar, mantener a los buques como actividad mixta.

a. Talleres de Producción (CASCO) constituyen las fases comprendidas
    - Elaboración de planchas, perfiles, llantas, llantones, ángulos, puntales.
    - Pre-fabricación, se efectúan montajes, soldaduras de planchas en estructuras corriendo los planos estructurales.

- Montaje en grada con traslados de bloques por medio de grúas, poleas, tecles, tacos, ángulos, topes, etc.
- Instalaciones y equipamiento están provistos de herramientas para asentar motores, tuberías, marcadas, prefabricación de elementos auxiliares.

b. Talleres de reparaciones, constituyen medios o elementos, herramientas para la elaboración, soldadura, conservación pinturas, aislamiento de camarotes, corrección de líneas de ejes, compensación de alineamientos de hélices, manparajes, etc.

3.4.2 Talleres mixtos en los Astilleros

a. Taller de motores y maquinarias, se dedican a montaje y reparaciones de Motor Diessel, máquina a vapor, mecanismos auxiliares, etc.
b. Taller de calderería, se dedican a montajes y reparaciones de estructuras soldadas, fabricación de calderas, puntales, tubos, etc.
c. Taller de tuberías, se dedican a la elaboración, pre-fabricación, montajes y reparaciones de tuberías en la nave.
d. Taller de cerrajería, se dedican a ejecutar y montaje de elementos metálicos (puertas, escalera, defensas, etc.).
e. Taller de hojalatería, elaboración, montaje de elementos para las chapas, tubos de ventilación, huecos de defensa de cables, etc.
f. Taller de forja, son áreas, herramientas de fraguación, forjado de metales, doblado de tubos, formas de cuaderna, doblados de plancha, doblado de tubos.
g. Taller eléctrico, montaje, reparación de la red y equipo eléctrico.
h. Taller de plantillaje y fundiciones se efectúan las plantillas, fundiciones de hierro, metal no ferroso, de cojinetes.
i. Taller de galvanizado, dedica a cinado, niquelado, cremado de los elementos de usos.
j. Taller de corrida para montajes y reparaciones de cabos, cables
k. Taller de carpintería y ebanistería, para trabajos de muebles, pisos, aislamientos, andamios, cocinas, etc.

l. Taller de instalación náutico y precisión, para instalar equipos electrónicos de gobierno de navegación, de posicionamiento, elementos de mediciones.

3.4.3 Sistemas de Costos de Trabajos del Astillero

a. Control de la mano de obra → El Costo – trabajo en dinero, tributos, aspectos laborales en el marco de la Ley. El Salario total, las remuneraciones obtenidos por los trabajadores constituidos por los libros de planilla de bonificaciones, salarios básicos, asignaciones, movilidad, etc.

b. Base de Pagos → El pago se efectúa por Contratos de:

- A base de tiempo.
- A base de producción (destajo).
- A base de tiempo jornal.
- A base de producción terminado o llave en mano.

c. Control de Obras → Registros segmentados en:

- Controlar el empleo del tiempo y su valor del dinero.
- Formular las nominas de planillas de pagos.
- Codificar el centro de costos en que se aplican costos directos, costos indirectos.
- Aplicación de la mano obra indirecta a la producción (seguridad, limpieza, administración de oficinas, apoyos).
- Establecer estadísticas, el índice que refleja eficiencia de trabajo.

d. Contabilidad Marco de Obra → Para establecer los costos contables compuesto:

- Registro de personal (códigos, sección actividad).
- Tarjeta de control entrada y salida.
- Tarjeta de distribución de tiempo.
- Nomina de salario.
- Tarjeta de sueldos y salarios de cada trabajador.
- Hoja de costo de trabajo (material, mano de obra, gastos de fabricación).

IV. LA ECONOMÍA DE SERVICIOS Y LOS COSTOS EN LOS ASTILLEROS

4.1 Planificación, Métodos Tecnológicos, Trazados y Diseños

La secuencialización de los procesos de producción en los astilleros utiliza los principios de Planificación haciendo uso de Métodos Tecnológicos en los trazados y Diseño de nuevas naves.

4.1.1 El Principio del Plan en los Astilleros Menores:

- Contratos y Ofertas de Servicios y necesidad en el mercado (pedidos y necesidades de clientes).
- Procesos Administrativos, se relacionan con las autoridades marítimas que certifica, autoriza, revisa los planos de proyectos.
- Detalles de contratos con el armador, y las rutas de PERT de obras y el costo de obra.

4.1.2 Método Tecnológico de Construcción

Se basa en el flujo de procesos que se efectúan en la obra misma:

a. Método perpendicular antiguos, las obras de llevan a cabo la erección independientes cada estructura llamado el pirámide.

b. Método Diagonal, se efectúan mediante el bloque de pre-fabricación, montaje, instalaciones y equipamientos.

4.1.3 Trazado y Diseños

Se efectúa mediante el uso de programas software de Ingeniería Naval como el Autocad , AutoShip, Project, Maxsurf, Tribon, FORAN, Ironcad, etc.

- **Lista de Planos Constructivos:**

A. Panel de Fondo, Códigos, designación, dimensión, cantidad.

B. Paneles de cubierta, panel lateral, panel de pantoque, panel de mamparas transversal y longitudinales.

C. Planchas auxiliares como estructuras.

D. Planos perfiles, marcades de planchas, detalles, etc.

- **Lista de Planos Diseños:**

a. Plano de línea de forma.

b. Plano de curva de área, estabilidad de trimado.
c. Plano de arreglo general.
d. Plano de estructura y memoria descriptiva.
e. Plano detalles y líneas auxiliares.
f. Plano de sistema eléctrico.
g. Plano de sistema propulsión y gobierno.
h. Plano de sala de máquina y planta propulsores.
i. Plano de equipamiento o de cubierta y superestructura.

4.1.4 Insumos para el Proceso

a. Electrodos de soldaduras.
b. Fundantes.
c. Oxígeno, aretileno, otros.

4.1.5 Suministros (para darle su atracción de acabado eficiente)

a. Energía eléctrica.
b. Estabilizadores de energía.
c. Pinturas.

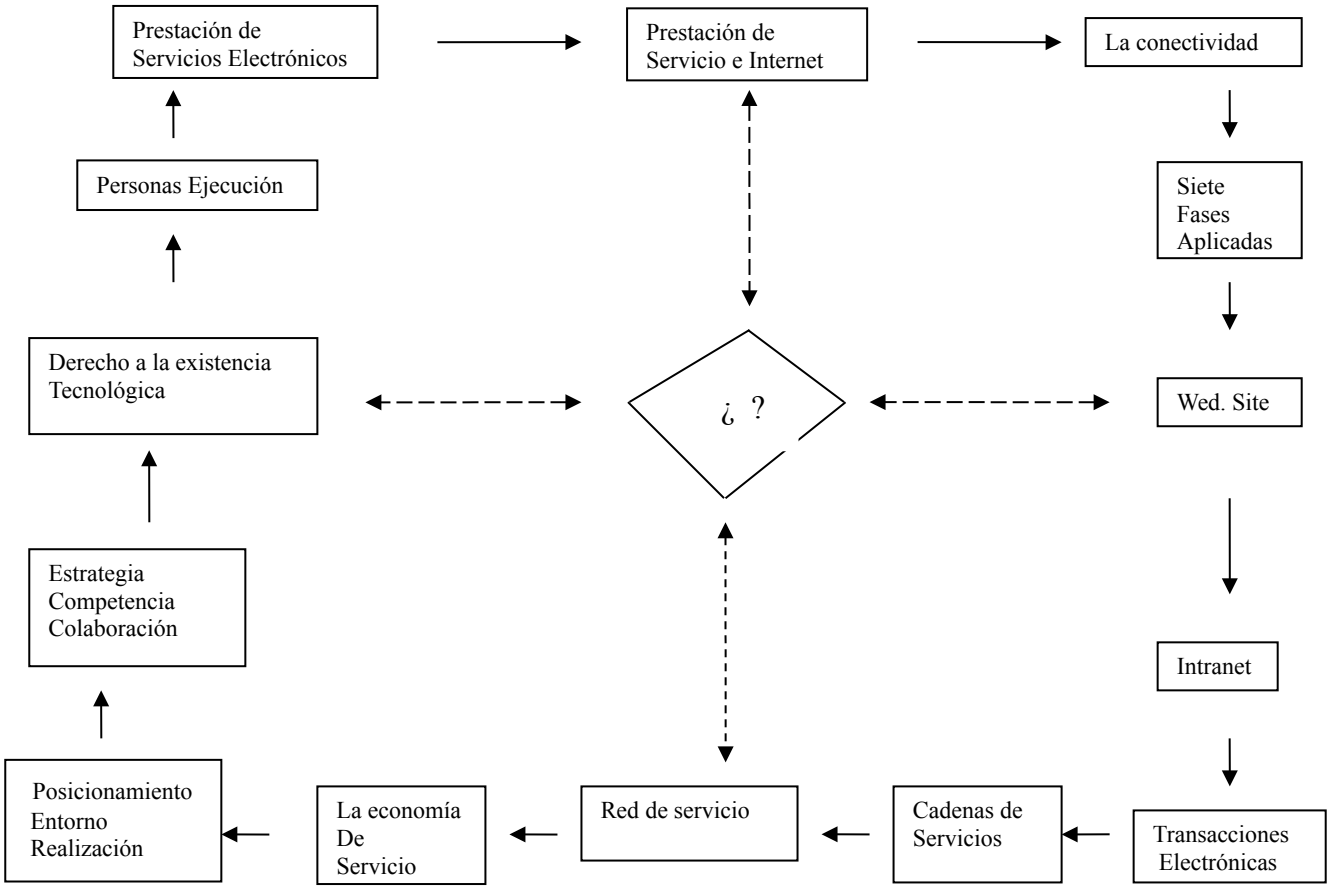
4.1.6 Presupuestos

- Costos Directos.
- Costos Indirectos.
- Costos Administrativos.
- Costos Financieros.

4.2 <u>Transacciones Electrónicas y Fases Estratégicas</u>

- Red de servicios tradicionales y electrónicos a través de todos los aparatos posibles y medios de comunicación interactivos.
- "Las Organizaciones prestadoras de servicios que sean capaces de encontrar la combinación apropiada de tecnología de internet y su ya existente prestación de servicios y que no duden en sustituir desde abajo su prestación con la instalación de esa misma tecnología de internet, serán las que estarán en situación de hacer entrega de la mejor calidad a los precios más bajos, es decir que al final del día serán los vencedores"
- Los prestadores de servicios que implantan óptimamente la tecnología de internet en el proceso de prestación de servicios serán los vencedores del futuro en la economía de servicios (cambio historia).

FASES EXTRATEGICAS DE TRANSACCIONES ELECTRONICAS



4.3 <u>Factores de cambio – manejo</u>.- Los factores de cambio comienzan con el plan apropiado en el ámbito de los servicios del Astillero.

1. Conectividad
2. Entorno
3. Posición de solución
4. Competencia
5. Colaboración
6. Derecho a existir
7. Tecnología
8. Personal
9. Ejecución
10. Gestión Financiera
11. Monitoreo y Gestión de Riesgo
12. Gestión de Calidad

4.4 CUADRO DE ANÁLISIS DE COSTOS

CUADRO Nº 1

CONSTRUCCIÓN DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 10 Ton. DE CAPACIDAD

CONCEPTO	Gasto por Sección	Costo Acumulado	Costo Unitario	%	
A. <u>Costo Directo</u> ▪ Materia Prima ▪ Materiales Auxiliares ▪ Insumos y Suministros ▪ Leyes sociales de m.o.d. ▪ c.t.s. directa					
TOTAL					
B. <u>Costo Indirecto</u> ▪ Combustible y Lubricante ▪ Repuesto y Accesorios ▪ Materiales eléctricos ▪ Materiales de Diseños ▪ Sueldos Profesionales					

▪ Leyes Sociales ▪ Salarios ▪ Leyes de Salarios ▪ Mantenimiento y Reparación ▪ Alquiler ▪ Electricidad ▪ Servicios de Agua ▪ Tributos ▪ Seguros ▪ Cargos en división de gestión ▪ Depreciaciones ▪ CTS indirecto					
TOTAL. Costo Producción					
C. Costos Administración o de Entrega					
D. Costos Financieros					
E. Beneficios esperados					
Costo Total de Oferta					

CUADRO Nº 2

CUADROS DE PERDIDAS Y GANANCIAS EN BUQUES PESQUEROS PROYECTADOS

CONCEPTO	Costos de Sección	Costo Unitario	%	
A. <u>Inversión</u> ▪ Casco ▪ Máquina ▪ Equipo Pesquero	- Erección - Estructura - Sala de Máquina		70 16 14	
Total de Inversión				
B. <u>Costos de Operación</u> 1. Costo Directo 2. Costo Indirecto			46	
C. <u>Costo de Financiamiento</u> 1. Depreciación 2. Obsolescencia			10.5	
D. <u>Costo Total</u>			56.3	

B + C				
E. Retorno Económico			38.00	
F. Ir o Retorno			31.2 %	
G. INGRESOS	- Nivel de confianza con error aparente		95.0 %	

4.5. Sistema Estándar de Costo

No será de mucha utilidad en fabricar o construir con buque técnicamente lo mejor, si no satisface las exigencias económicas conociendo sus costos en forma detalladas.

El Proyecto Naval se debe conocer al detalle la inversión y sus componentes, los indicadores económicos, costo de oportunidad y costos de construcción.

CUADRO Nº 3

INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	PESOS POR UNIDAD	PESO TOTAL	CANTIDAD	Nº MANO DE OBRA	COSTO $ ó S/.
Costo de Materia Prima - División de Estructura del casco - División de casillaje - División de cubierta - División de sala de máquinas					

Costos de Insumos - División Maquinarias - División de Motores - División de Tuberías - División electricidad - División carpintería - División tanques					
Costo de Superestructura - División Arboladuras - División de Acomodación - División Máquinas de Cubierta - División Electrónicas					
Costo de Alistamiento Interno - División de revestimiento de capacidad interna - División de Puertas y Armaduras - División de Pinturas - División Fondeo y Amarre					
Costos Administrativos - Gerencia - Servicios de Asesoramiento - Servicio de Apoyo - Servicios en Líneas - Costos de Ventas - Costos Financieros - Costos de Pruebas y Entregas					
Σ Total					

Fuente: Gabinete de Estudio 2004

CUADRO Nº 4

CUADRO RESUMEN GENERAL DE COSTOS

DIVISION	COSTOS RESUMEN			TOTAL 1 + 2 + 3
	(1) MATERIALES	(2) INSUMOS	(3) MANO OBRA	
Costos de Materia Prima				
Costo de Insumos				
Costo de Superestructura				
Costo de Alistamiento				
Costos Administrativos				

Fuente: Gabinete de Estudio 2004

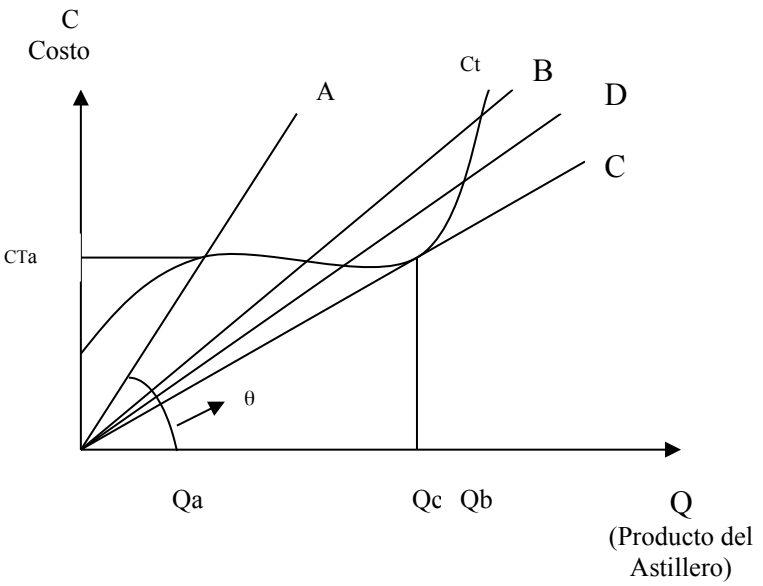
CUADRO Nº 5

UTILIDADES DEL FLUJO ECONOMICO

AÑOS / RUBRO	0	1	2	3	...	n
1. <u>Beneficios</u> - Utilidad de Operación - Valor Residual						
Beneficio Total					**Σ Total**	
2. <u>Costos de Inversión</u> - Costo Intangible - Costo Tangible - Costo capital de trabajo						
Costo de Inversión Total					**Σ Total**	
3. <u>Financiamiento / Costo</u> - Préstamo - Escudo Fiscal - Pago de deuda - Intereses						
Total Financiamiento / Costo					**Σ Total**	

Fuente: Gabinete de Estudio 2004

CURVAS DE COSTOS Y TOMA DE DECISIONES



Donde:
Ct: Costo total
Qa, Qc, Qb: Construcción de obras (A, B, C, D)
θ: Angulo de ajuste de la recta
Q: Productos (Buques, Materiales)
Cta: Costo de curva Productos **A** Culminado

ANÁLISIS TÉRMICO DE UN MOTOR MARINO MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

M. Salas*; J. Pérez* y P. Sepúlveda**
msalas@uach.cl

***Instituto de Ciencias Navales y Marítimas**
Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile
Casilla 567, Valdivia, Chile.
**** Dirección de Ingeniería de Sistemas Navales**
Armada de Chile

Resumen

El objetivo de este trabajo es mostrar el potencial de la utilización del método de los elementos finitos en el análisis térmico de componentes de un motor marino en funcionamiento, esto es, realizando un análisis dinámico en el tiempo y considerando condiciones de contorno apropiadas. Para llevar a cabo este estudio se ha utilizado el software ANSYS, que tiene capacidad para realizar un análisis térmico transitorio de partes fundamentales de un motor de combustión interna. El análisis se reproducirá mediante la modelación de las piezas y considera la transmisión de calor en las formas de conducción y convección, simulando el proceso de combustión. Se consideran también los efectos de la lubricación, en forma de enfriamiento, en zonas claves de los elementos modelados. Las piezas analizadas son pistón y camisa, ya que éstas son las más afectadas por las variaciones de temperatura durante la operación. El análisis se ha establecido de dos formas, primero cada pieza en forma individual, y segundo uniéndolas de forma coherente para analizarlas como conjunto, de la misma manera en que están ensambladas en el motor. Se logra una respuesta satisfactoria ya que la aplicación de las cargas es a través del tiempo, de tal modo que los resultados tienen valor científico y práctico.

1. Método de los Elementos Finitos aplicado a la Transferencia de Calor

El método de los elementos finitos en general ha sido mayormente aplicado desde el punto de vista estructural, sin embargo los avances en este campo han logrado incluir la transferencia de calor para lo cual se proponen dos tipos de análisis térmicos, uno "constante", que no considera al tiempo como un factor en el análisis y el otro tipo es el análisis "transitorio", en que las condiciones son variables en tiempo.

Para el caso del análisis térmico se requiere crear un modelo discreto de las partes a analizar, para tal se procede a una división de la geometría en un número finito de elementos, que a su vez están definidos por nodos, y de esta manera se pueden establecer las respuestas que ha generado cada elemento unido a otro a través de sus nodos. El método requiere solucionar ecuaciones matriciales relativamente grandes, dependiendo de la cantidad de elementos en los cuales se ha dividido el modelo en estudio. De esta forma se resuelven las incógnitas que describen el comportamiento en todo el modelo analizado.

Lo primero que se debe hacer es considerar las ecuaciones diferenciales y variacionales que rigen las condiciones de transferencia de calor. Dichas ecuaciones proveen la base para la solución de elementos finitos de un problema de transferencia de calor.

Las ecuaciones que gobiernan la transferencia de calor son las siguientes, y se consideran para un cuerpo tri-dimensional como se muestra en la figura 1. En el análisis de las condiciones en las cuales se produce la transferencia de calor, se asume que el material obedece a la ley de Fourier de conducción de calor;

$$q_x = -k_x \frac{\partial \theta}{\partial x}; \qquad q_y = -k_y \frac{\partial \theta}{\partial y}; \qquad q_z = -k_z \frac{\partial \theta}{\partial z}$$

Donde q_x, q_y y q_z son los flujos de calor conducidos por unidad de área donde S_1 corresponde a una superficie específica del volumen, y S_2 es la superficie general del volumen, θ es la temperatura del cuerpo, y k_x, k_y y k_z son las conductividades térmicas correspondientes a los ejes principales (x, y, z).

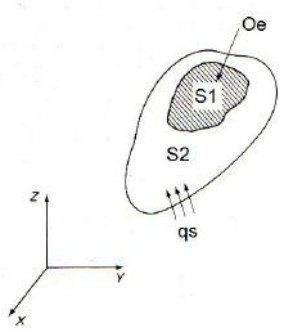


Figura 1: Cuerpo sujeto a la transferencia de calor.

Considerando el equilibrio de flujo de calor en el interior del cuerpo se obtiene:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial \theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial \theta}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k_z \frac{\partial \theta}{\partial z}\right) = - q^B$$

Donde q^B es el tipo de calor generado por unidad de volumen. En las superficies del cuerpo las siguientes condiciones deben ser satisfechas:

$$\theta_{S_1} = \theta_e \qquad (1) \qquad k_n \frac{\partial \theta}{\partial n}_{S_2} = q^S \quad (2)$$

Donde θ_e es la temperatura ambiente, k_n es la conductividad térmica del cuerpo, n denota la dirección de la normal a la superficie y q^S es el ingreso de flujo de calor en la superficie del cuerpo.

1.1. Condiciones de Contorno

Un número importante de supuestos se aplican para el uso de las ecuaciones antes planteadas. Una primera suposición es que los materiales son isotrópicos y de esta manera se pueden establecer las condiciones de conducción de calor en sólidos.

1.1.1. Temperatura

La temperatura puede ser prescrita a nodos específicos y superficies del cuerpo, denotadas por S_1 en la ecuación (1) y S_2 en la figura 1.

1.1.2. Flujos de Calor

La entrada de flujos de calor puede ser prescrita a nodos específicos y superficies del cuerpo, denotadas por S_1 en la figura 1. Estas condiciones de contorno para flujos de calor son especificadas en la ecuación (2).

1.1.3. Convección

Incluidas en la ecuación (2) son condiciones de contorno de convección:

$$q^S = h(\theta_e - \theta^S) \qquad (3)$$

Donde h es el coeficiente de convección, el cual puede ser dependiente de la temperatura.

1.2. Condiciones Iniciales y Carga de la Temperatura

La temperatura se establece en el análisis de transferencia de calor como un grado de libertad y se establece de dos formas, primero se le considera como una condición inicial o como una condición de contorno aplicada a un nodo específico o a un grupo de nodos que pueden estar establecidos por todos los elementos que componen el modelo en estudio. Esto se establece de acuerdo a los antecedentes del estudio que se realiza, o también como una respuesta lograda mediante un análisis de transferencia de calor en estado estacionario, en forma análoga a como se establecen las condiciones iniciales en un análisis estructural donde se define el vector de desplazamiento y rotación en nodos específicos. En el caso de modelos sólidos de geometría compleja el análisis estructural posee la ventaja de poder considerar por ejemplo un elemento de barra sólo con dos nodos y las condiciones de contorno se establecen en dichos nodos. En el caso de análisis de transferencia de calor, en general se debe considerar al modelo en estudio como un sólido con áreas donde se evalúa la respuesta de transferencia de calor. La otra consideración a tener en cuanta es la aplicación de la temperatura como una carga, ya sea definida en un nodo o un grupo de ellos.

2. ANSYS y el Análisis Térmico

Un análisis térmico en ANSYS, calcula la distribución de temperatura y relaciona cantidades térmicas en un sistema. Cantidades térmicas típicas de interés son, la distribución de temperatura, la suma de calor ganado o perdido, gradientes térmicos y flujos térmicos. Las bases para el análisis térmico en ANSYS es una ecuación de balance de calor obtenida desde los principios de la conservación de energía. La solución de elementos finitos calcula temperaturas nodales, y luego usa dichas temperaturas nodales para obtener otras cantidades térmicas. ANSYS puede modelar los tres modos fundamentales de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. Ver figura 2.

2.1. Conducción

Se analiza de acuerdo a la diferencia de temperaturas que se establezca en el modelo en estudio y se debe especificar la conductividad térmica y las temperaturas, ANSYS calcula la distribución de temperatura correspondiente a la pared del volumen en el cual se desea conocer dicha distribución.

2.2. Convección

Se puede especificar convección como una carga en una superficie de un elemento sólido conductivo. Se debe especificar el coeficiente de convección de película y la temperatura en la superficie; ANSYS calcula la transferencia apropiada de calor a través de la superficie.

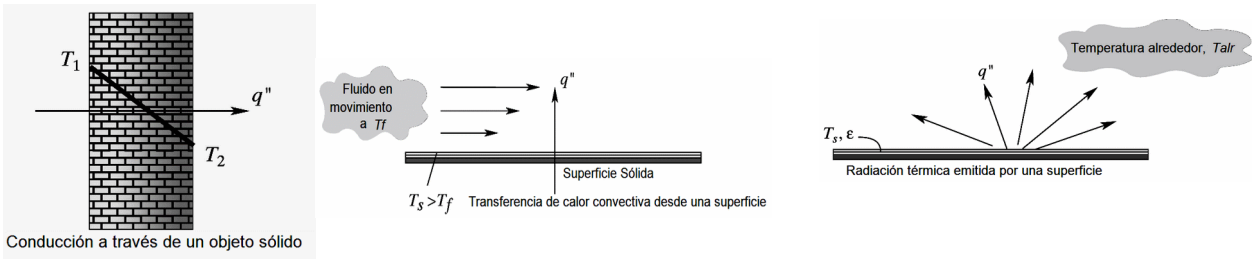


Figura 2. Formas de transferencia de calor a través de una superficie sólida.

2.3. Tipos y consideraciones de análisis térmicos

2.3.1. Análisis Térmico Constante

Determina la distribución de temperaturas y otras cantidades térmicas bajo condiciones de carga "constante". Una condición de carga de este tipo es una situación donde los efectos de almacenamiento de calor, variando sobre un periodo de tiempo pueden ser ignorados.

2.3.2. Análisis Térmico Transitorio

Se define como un tipo de análisis térmico que calcula los efectos de cargas transitorias en un sistema, o bien es el análisis donde se determinan temperaturas y otras cantidades térmicas que varían respecto al tiempo. Se consideran dos tipos de análisis transitorio; lineal y no –lineal. El lineal es aquel en que las propiedades de los materiales permanecen constantes y el no-lineal asume que las propiedades de los materiales dependen de la variación de la temperatura. Como la mayoría de las propiedades de los materiales varían con la temperatura se asume que casi todos los análisis térmicos ya sean constantes o transitorios son no-lineales. La primera forma y la más usada de especificar en función del tiempo, es dividiendo la curva carga versus tiempo en una cantidad finita de sub-pasos para un determinado paso carga, tal como se aprecia en la figura 3.

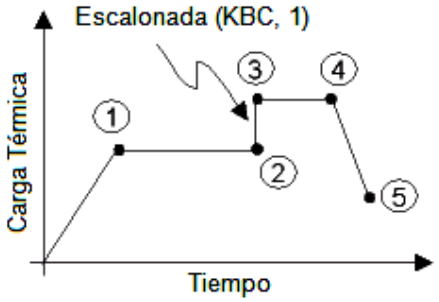


Figura 3: Aplicación de cargas térmicas

2.3.3. Cargas Escalonadas

La aplicación de cualquier carga térmica se mantiene constante durante el periodo de tiempo en el cual se está considerando el análisis y es independiente de la cantidad de sub-pasos en los cuales se haya dividido el paso carga (carga térmica) determinado para el análisis.

2.3.4. Cargas en Pendiente

En este caso la aplicación de la carga térmica es gradualmente incrementada dependiendo de la cantidad de sub-pasos en los cuales se haya establecido el paso carga (carga térmica), hasta que se llega a su valor máximo aplicado en el análisis.

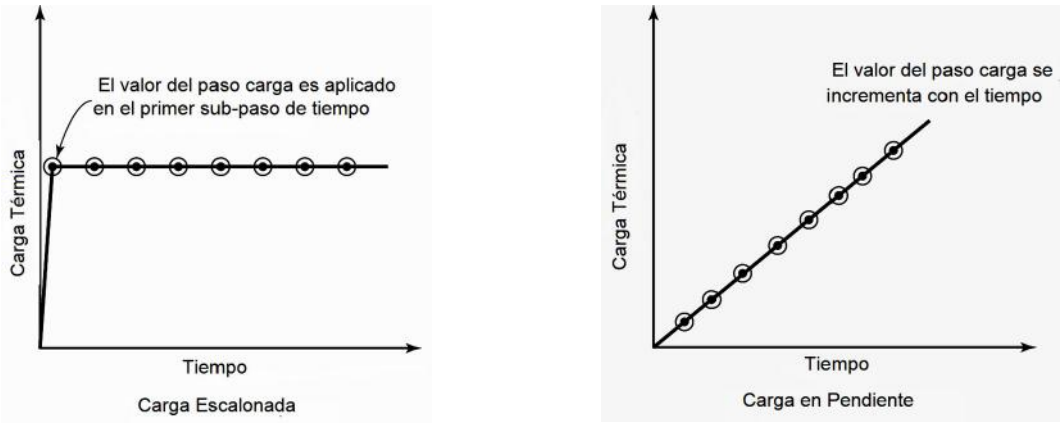


Figura 4. Carga escalonada versus carga en pendiente, las circunferencias representan la cantidad de sub-pasos en los cuales se ha establecido la aplicación del paso carga o carga térmica, durante un periodo de tiempo.

El análisis transitorio permite obtener respuestas usando los siguientes métodos:

2.3.5. Método Completo

Este método utiliza el sistema de matrices en forma completa para calcular respuestas transitorias. Es el más usado porque permite la consideración de todos los tipos de no-linealidades que pueden ser incluidas en los distintos análisis establecidos.

2.3.6. Método Reducido

Dicho método condensa el tamaño del problema usando matrices reducidas y grados de libertad maestros. Después de que las temperaturas para los grados de libertad maestros han sido calculadas, ANSYS expande la solución al set original completo de grados de libertad.

2.4. Metodología de trabajo en ANSYS

2.4.1. Fase de Pre-Proceso

Está definida de manera simple como la fase o etapa donde se procede a la construcción del modelo a analizar. Se puede sub-dividir de la siguiente manera: selección del tipo o tipos de elemento, propiedades geométricas, propiedades de los materiales de construcción, modelación o generación del modelo, mallado del modelo y aplicación de condiciones iniciales de análisis para el caso de análisis de transferencia de calor. En esta fase es donde, a partir del modelo geométrico, se crean los elementos con sus respectivos nodos. En estos nodos se establecen las ecuaciones y con el posterior ensamble de todos los elementos se construye la matriz de rigidez global.

2.4.2. Fase de Solución

Fase en la cual se aplican las cargas que afectan al modelo. En el caso del análisis térmico se establecen temperaturas, convección, flujos de calor y radiación y, después de estas consideraciones se lleva a cabo la resolución del set de ecuaciones algebraicas lineales o no-lineales simultáneamente para obtener los resultados nodales.

2.4.3. Fase de Post-Proceso

Está establecida como la etapa o fase en donde se evalúa la respuesta encontrada en la etapa de solución. Hay un post-procesador que se suma al empleado habitualmente para revisar soluciones de un análisis térmico constante, en éste se lleva a cabo una revisión de resultados en puntos específicos del modelo.

2.5. Otras Consideraciones del Programa ANSYS

2.5.1. Elementos

Son especificados por la cantidad de nodos que los componen y por lo grados de libertad que poseen. En el caso de los elementos usados para trabajar con problemas de transferencia de calor, se establece que los elementos poseen un solo grado de libertad en cada nodo, la temperatura. La generación de un elemento sólido se define de acuerdo a su composición elemental la cual está establecida desde entidades geométricas tales como puntos, líneas, áreas y volúmenes. Considerando la geometría de las partes analizadas, se ha optado por el elemento SOLID87. Este

elemento es usado para modelar mallados irregulares, tales como los producidos desde sistemas CAD/CAM, su forma de tetraedro es apta para ello. Posee 10 nodos con un grado de libertad, "temperatura", para cada uno. Se puede aplicar en un análisis térmico transitorio, tri-dimensional. Cargas de convección y flujos de calor (no ambas a la vez) se les puede aplicar como cargas superficiales a las caras del elemento. Para el análisis térmico transitorio debe haber una pequeña integración "paso tiempo" y un estricto gradiente térmico en la superficie lo cual requerirá un mallado más fino en esta parte. La geometría, ubicación de sus nodos y el sistema de coordenadas para este elemento se aprecia en la figura 5.

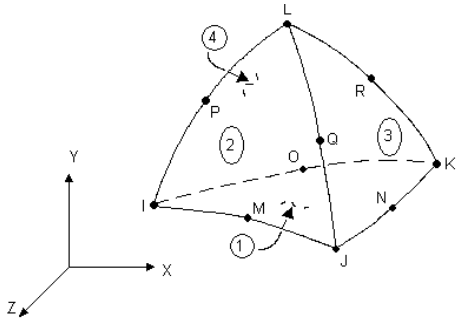


Figura 5. En letras mayúsculas se identifican los nodos que componen el elemento. Se hace hincapié en cuanto a la geometría, ya que al ser sólidos la cantidad de nodos que se generarán al mallar será cuantiosa y la fase de solución tardará mucho más tiempo.

2.5.2. Grados de Libertad

Los grados de libertad son las incógnitas nodales primarias, determinadas por el análisis. Estas pueden ser desplazamientos, rotaciones, "temperaturas", presión, voltaje, etc. Un grado de libertad es definido por un número de nodo y una etiqueta, por ejemplo: 1UX, 87ROTZ, 4TEMP, etc., donde la etiqueta define su condición. En el caso de análisis térmicos la etiqueta es TEMP. Derivar los resultados, tales como fatiga, flujos de calor, etc., y ser procesados desde los resultados de los grados de libertad, son consideradas incógnitas secundarias.

2.5.3. Constantes Reales

Dependiendo el tipo de elemento seleccionado se podrá o no optar por constantes reales. En los casos en que se requiera establecer espesores de placas, inercias, etc. el programa asume que es necesario establecer un set de estas constantes, o sea sólo se establecen para elementos en una y dos dimensiones y siendo utilizados en este análisis solamente elementos tri-dimensionales, las constantes reales no son necesarias.

2.5.4. Propiedades del Material

Las propiedades para materiales isotrópicos se especifican para cada pieza. Se obtienen de acuerdo a la información entregada por el constructor. Se consideran propiedades definidas para ciertas temperaturas. Las propiedades para las piezas pistón y camisa las cuales se someten a las más altas temperaturas se obtienen extrapolando datos de gráficos. Por recomendación de los fabricantes se asume que las propiedades térmicas de los materiales que son sometidos a grandes temperaturas se consideren constantes después de cierto límite.

Cuadro A: Propiedades de los materiales

Propiedades de Materiales	Densidad (Kg/cm^3) a 300°K	Conductividad Térmica (W/cm*°K)			
		300°K	333°K	343°K	873°K
Pistón, Ductile Cast Iron	***0.0068***	***0.75***	***0.711***	***0.699***	***0.36***
Camisa, Gray Cast Iron	***0.0069***	***0.46***	***0.421***	***0.409***	***0.237***

3. Modelación y Respuesta

3.1. Consideraciones Técnicas del Motor

Este trabajo se basa en el estudio detallado de las partes del motor de combustión interna que se encuentra en el Laboratorio de Máquinas Marinas de la Universidad Austral de Chile, ver figura 6, para lo cual se ha establecido contacto con los fabricantes de éste para poder tener acceso autorizado a toda la información concerniente a la construcción de las piezas utilizadas, así como también considerar el material y geometría de éstas. Para esto se han realizado mediciones en terreno donde se procedió al desmontaje de las piezas consideradas para el análisis, ya que existen detalles geométricos que los planos de los manuales no consideran, pero que son relevantes para este estudio. Los datos entregados por los fabricantes del motor son los siguientes: Motor Diesel SE.M.T. PIELSTICK, Tipo 12 PA4-185 VG, 2600 kVA – 1500 r.p.m., Diesel

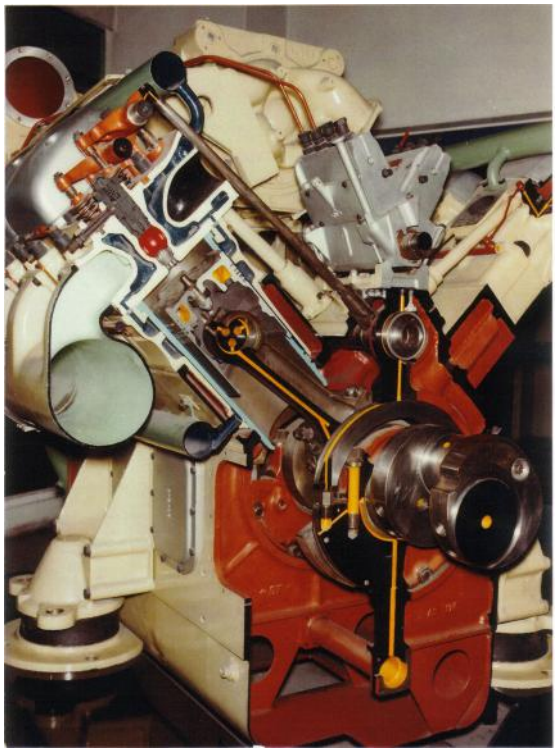


Figura 6: Vista en corte de motor ubicado en el de Laboratorio de Máquinas Marinas de la Universidad Austral de Chile. Con color naranjo se aprecia el circuito de lubricación por aceite de las piezas en estudio, de color celeste, la refrigeración por agua que posee la camisa en su pared exterior.

Pistón

Por lo general son compuestos. En este caso el fabricante optó por uno forjado en una sola pieza de hierro fundido nodular (ductile cast iron), teniendo una resistencia al calor en su parte central, que le confiere una excelente resistencia en general y una mayor duración, esta condición está destinada a penetrar en la boquilla de pre-cámara de combustión de geometría variable enteramente abierta cuando el pistón pasa por el P.M.S. La consideración de que el pistón sea compuesto es que de esta manera se logra disminuir los espesores de la cabeza del pistón y facilitar la refrigeración, disminuyendo la fatiga térmica. El cabezal consta de una cámara anular para refrigeración por efecto Shaker[1]. Este pistón tiene 5 aros, tres en cajeras endurecidas en la cabeza del pistón, y dos en la faldilla. La refrigeración está establecida en el último anillo que es

[1] Efecto Shaker, es el efecto de refrigeración que provoca una cámara anular dispuesta en la parte interna del cabezal del pistón, su localización y forma permite el alojamiento de gran cantidad de aceite que cumple la función principal de disipar el calor generado en las distintas fases del proceso de combustión y permitir una buena lubricación entre el pistón y la camisa.

el de control de aceite, siendo de doble labio, cromado con muelle tensor. El chorro de aceite dirigido mediante spray entra en las galerías interiores o mejor dicho por las caras interiores de la faldilla del pistón para refrigerarlo. Constituye la parte fundamental del tren alternativo, siendo su función cerrar la cámara de combustión por la parte inferior complementado por los aros a los que sirve de alojamiento, trasmitiendo el esfuerzo que provocan los gases a la biela y al cigüeñal. Como condición debe resistir una gran fatiga térmica. Algunas fallas que se provocan por la falta de lubricación o enfriamiento son los agarrotamientos, agrietamientos, desgaste de las cajeras de los anillos, por lo tanto es de suma importancia la utilización de materiales que permitan su mayor vida útil.

Camisa

Están construidas en aleación de hierro fundido gris de alta resistencia, tratadas por inducción y endurecidas superficialmente. Por el tipo de refrigeración se le denomina camisa del tipo húmedo, la cual es delgada para facilitar la conducción del calor. Está equipada con un aro anti-desgaste o también llamado aro de fuego para evitar los depósitos de carbón en el pistón y en la camisa, permitiendo una mayor vida de la camisa. Por disposición general debe ser intercambiable, de una sola pieza, maquinadas para no perder dureza luego de rectificaciones. Tiene por misión sufrir el roce de los aros del pistón, cerrar la cámara de combustión lateralmente resistiendo la presión y temperatura de los gases, así como el ataque químico de los mismos.

3.2. Mallado

Para poder definir y encontrar una solución con el método de los elementos finitos se debe generar elementos a partir de una figura geométrica, en este caso volumen. A este proceso se le denomina mallado y corresponde a la etapa final del trabajo en el pre-procesador, aquí se establecen las propiedades en cuanto a tipo de elemento, propiedades de los materiales usados en la construcción de las piezas y consideraciones geométricas que deben tener los elementos que se crearán con el mallado. Por lo tanto, se establece que para cada pieza que posea cualidades independientes genera mallados diferentes, dependiendo de la complejidad del volumen geométrico determinado para el desarrollo del análisis, en este trabajo solo se incluirá el mallado del conjunto pistón y camisa, en fase de compresión.

Conjunto Pistón-Camisa

Se establece como modelo base al pistón debido a su geometría y la cantidad de elementos y nodos que generó su modelación. Resulta más fácil desmantelar el modelo de la camisa porque es la pieza menos compleja. La camisa es comprimida en un archivo de lectura donde está establecida su forma, tipo y cantidad de elementos con sus respectivas propiedades y número de nodos. En el modelo del pistón se procede con la lectura del archivo generado para la camisa. Como las piezas están establecidas para ensamblar perfectamente, la creación del segundo modelo no causa problemas, por lo que se procede a la consideración de ubicación en sentido vertical (eje Y) por parte del pistón para asumir su ubicación precisa en la carrera de compresión. Ver figura 7, mallado y disposición de las piezas.

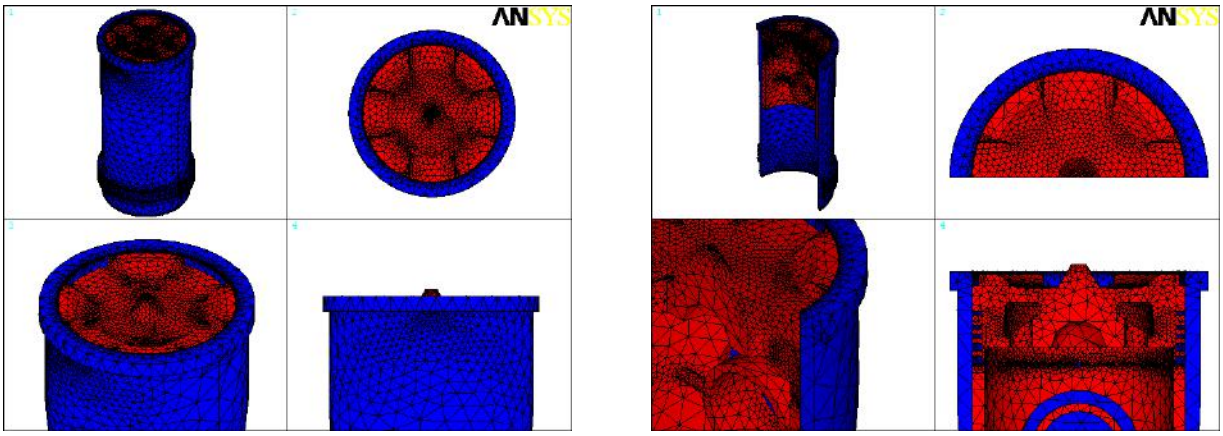


Figura 7. La primera imagen muestra el mallado del conjunto pistón-camisa completo. La segunda imagen muestra una vista en corte donde se puede apreciar la disposición del pistón dentro de la camisa de la misma forma en que debiera estar en la fase de compresión en el P.M.S.

3.3. Condiciones Iniciales

3.3.1. Temperatura

Se establece de dos formas. La primera y la utilizada para este trabajo es establecer la temperatura en el pre-procesador en forma de temperatura uniforme y temperatura de referencia. La temperatura uniforme se define como la temperatura ambiente en la cual se establece el análisis y se especifica para todos los nodos del modelo y la temperatura de referencia se establece en forma automática al definir la primera y queda establecida en valor 0, aunque también se puede definir si se poseen los datos adecuados para el análisis.

La segunda forma de establecer condiciones iniciales es hacerlo en la fase de solución donde también se establecen las cargas térmicas a las cuales estarán sometidos los modelos. De esta manera, se establece que para cada pieza en análisis se deben establecer condiciones iniciales en cuanto a la temperatura en que se encuentra el ambiente donde estas están operando. Se asume que las condiciones están registradas en datos de operación del motor.

El factor determinante para los análisis térmicos es la temperatura, ya que de ella derivan las respuestas que se puedan encontrar ejecutando una solución en ANSYS. Para este trabajo se ha optado por la simplicidad, ya que abarcar la infinidad de detalles operativos que posee un motor de combustión interna significaría un análisis mucho más extenso. Las consideraciones adoptadas para este trabajo son simplificaciones de la realidad, sin embargo, se pueden considerar válidas para obtener resultados de valor práctico. Se debe señalar que los datos utilizados para representar las condiciones de temperatura a las que están sometidas las piezas en análisis fueron obtenidos de las tablas de registro de operación del motor durante condiciones de media carga, 80% de carga y 100% de carga, datos reales archivados en carpetas y manuales de funcionamiento que se encuentran en el laboratorio de máquinas marinas. Para este trabajo se utilizan los datos obtenidos para una condición de 100% carga.

En el ambiente de trabajo se opera a diferentes rangos de temperatura y sometido a condiciones de enfriamiento por agua y aceite y lubricación por aceite, por lo tanto una buena forma de establecer las primeras condiciones para este trabajo es hacerlo considerando cada una de las piezas en forma individual para posteriormente ensamblarlas con las restricciones de funcionamiento establecidas.

Las condiciones a las cuales opera el pistón son lubricación por aceite y enfriamiento por el mismo medio a temperatura que varía entre 60ºC y 65ºC. ES necesario señalar que para este trabajo se considera importante el funcionamiento del sistema de lubricación y enfriamiento. El aceite penetra por los canales de lubricación que se encuentran en la última cajera de anillos en la cara externa del pistón, estos canales atraviesan las paredes del pistón, lo que provoca una mayor y mejor lubricación y enfriamiento de las paredes externas del pistón que se encuentra en constante roce con la cara interna de la camisa, esta lubricación sólo se logra hasta la segunda

cajera de anillos que son los considerados de lubricación. El cabezal del pistón está sometido a flujos de temperatura directa que genera la compresión, aquí se alcanzan valores de 600ºC. Para poder contrarrestar los efectos provocados por el aumento considerable de temperatura, todos los fabricantes de motores dan propiedades particulares en cuanto a las capacidades térmicas que debe poseer el pistón. Análisis y pruebas han demostrado que la mejor manera para la operación óptima de este elemento es realizando un recubrimiento a la parte que está sometida al calor provocado por la combustión, o sea el cabezal, éste por lo general posee un recubrimiento que aumenta su resistencia térmica y permite una mayor vida útil.

Bajo otras condiciones opera la camisa la cual está enfriada directamente por el flujo de agua que entra a través de las caras externas a una temperatura de entre 70ºC y 75ºC aproximadamente. Ver figura 8. Para este análisis también se considera la reacción que genera el hecho de que en su cara interna está enfriada por el flujo de aceite que se genera para la lubricación del pistón que también logra afectar a una parte de la cara interna de dicha camisa. Este flujo, como se menciona anteriormente, opera a temperaturas de 60ºC a 65ºC. Esta consideración no es relevante si se compara con las temperaturas que se alcanzan en el extremo superior, más específicamente en la cara interna, que forma parte de la cámara de combustión de este sistema y es donde se generan las altas temperaturas provocadas por la compresión. Como se explica anteriormente es aquí donde las temperaturas alcanzan valores superiores a 600ºC.

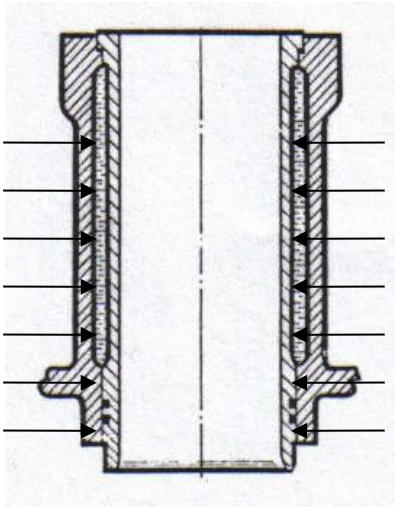


Figura 8. Se puede apreciar como el flujo de agua, indicado por las flechas, está dirigido sólo a una sección de su longitud. A este tipo de camisa se le denomina húmeda, es decir, que una parte de su superficie externa está en contacto directo con el líquido de refrigeración, con apoyo sobre pestaña superior y juntas de estanqueidad en la parte deslizante, las juntas teóricas también pueden colocarse en ranuras mecanizadas en los alojamientos.

Es importante considerar que las temperaturas corresponden a los valores máximos que se alcanzan en la fase de compresión y no a los valores que se alcanzan en determinados puntos de su respectiva carrera. A continuación, en el cuadro B se puede apreciar las temperaturas a las cuales operan todas las piezas consideradas en este análisis.

Cuadro B: Temperaturas de Operación

Piezas	Temperatura Refrigeración (°K)	Temperatura Lubricación (°K)	Temperatura en Fase de Compresión (°K)
Cabezal de Pistón	**-**	**-**	***873°K***
Faldilla de Pistón	***333°K***	***338°K***	**-**
Camisa	***343°K***	**-**	***873°K***

3.3.2. Análisis

En este trabajo se considera un análisis determinado por los valores de temperatura que se alcanza en dicho instante, y por su disposición física. El punto es el que se genera en la fase de compresión, acá se asume la condición de que el pistón estando en el P.M.S. alcanza la temperatura de 600ºC para poder provocar la combustión. Por lo tanto, para este punto se necesitan valores de temperatura de todas las piezas en análisis, tanto por lubricación como por enfriamiento. También, es necesario tener la información referente a la distancia recorrida por el pistón para alcanzar el P.M.S. "la carrera de compresión", y el tiempo que se demora en recorrer esta distancia.

3.3.2.1. Tiempo

Está determinado de acuerdo a las r.p.m. del motor, el cual se puede obtener usando una fórmula simple que permite descomponer la cantidad de r.p.m. del motor a la cantidad de [minutos/vuelta] y de este valor se logra obtener la cantidad de tiempo que tarda en producirse la carrera en el proceso de combustión. Se asume para esto que la carrera va desde el P.M.I. al P.M.S. haciendo un giro de 180º del eje cigüeñal.

Datos:

- r.p.m. del motor = 1500 r.p.m.
- Motor de 4 tiempos

Por lo tanto el tiempo que se demora la carrera de compresión es 0.02[s].

De a cuerdo a los resultados obtenidos, es necesario hacer una consideración extra con respecto al tiempo debido principalmente que al considerar una cantidad de tiempo tan pequeño no se logra una respuesta que corresponde a las temperaturas de operación. Por lo tanto se hizo necesario aumentar el tiempo considerado para obtener una respuesta estable. La respuesta que genera el modelo de la camisa en fase de compresión sometido a carga térmica durante el tiempo de 72(s), se representa en los resultados. Este valor ha sido estimado después de evaluar la respuesta durante varios ciclos y aumentando el tiempo en un porcentaje del tiempo inicial.

3.3.2.2. Carrera del Pistón

Según datos reales archivados en carpetas y manuales de funcionamiento que se encuentran en el laboratorio de máquinas marinas, la carrera del pistón es de: $210mm = 21cm(SI)$

3.3.3. Cargas Térmicas

Cargas: Aplicación, se aplican cargas térmicas a los nodos adheridos a las áreas en las cuales se ha establecido alguna forma de conducción de calor.

Convección: Se debe especificar el coeficiente de película respectivo y la temperatura que poseen los gases o líquidos que son utilizados, ya sea para generar la combustión o los utilizados para contrarrestar el calor generado por la combustión y la lubricación.

4. Resultados

Los resultados se presentan de dos formas, los obtenidos desde el post-procesador general y aquellos obtenidos desde el post-procesador historia/tiempo, por lo tanto se pueden observar las respuestas obtenidas del modelo con ambos post-procesadores, para así tener el orden más claro.

4.1. Post-Procesador General

El post-procesador es donde se evalúa la respuesta encontrada en la etapa de solución. El procedimiento de obtención de resultados desde este post-procesador requiere una lectura de resultados, en este punto se debe comprobar si se obtuvieron la cantidad de sub-pasos que se

establecieron en la fase de solución, para luego proceder a seleccionar el último sub-paso y su lectura. De esta forma se puede graficar la solución nodal donde se muestra la forma en que se ha producido la transferencia de calor a través de las paredes de las piezas en cuestión. Realizando esto se pueden establecer los nodos de interés, mediante los cuales se evaluará una respuesta en el post-procesador historia/tiempo.

4.2. Post-Procesador Historia/Tiempo

Este post-procesador evalúa las respuestas a través del tiempo, por lo tanto se debe proceder a revisar de acuerdo a las soluciones obtenidas desde el post-procesador general los puntos en los cuales la respuesta muestra una variación significativa o en una zona donde se produce un incremento muy excesivo de calor, se procede a graficar el resultado de los nodos que se encuentran cerca de las áreas donde se ha aplicado carga térmica. En este post-procesador la respuesta se muestra en forma grafica y mediante tablas.

4.3. Compresión

Post-procesador General

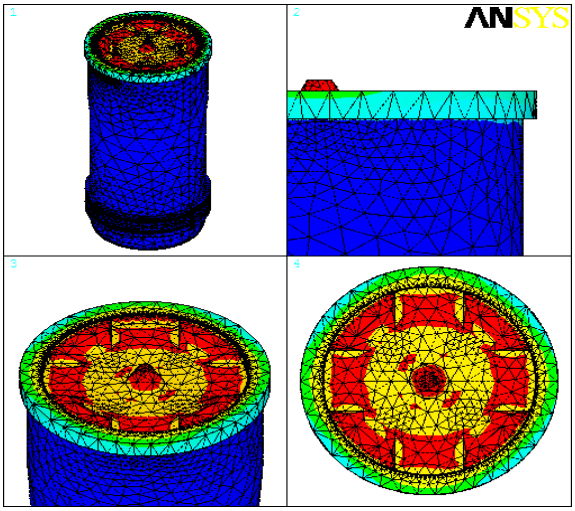


Figura 9. Se aprecia la disposición del pistón dentro de la camisa, de la misma forma en que debería encontrarse esta pieza en la etapa P.M.S. También se aprecia como en las aristas del pistón se producen concentraciones de calor significativas.

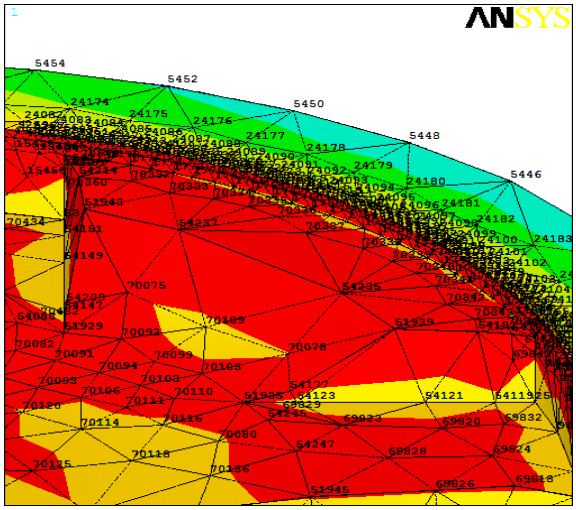


Figura 10. Detalle de las concentraciones de calor en las aristas del pistón. Se puede apreciar también que en el extremo superior de la camisa se produce una propagación de calor en forma ovalada, esto también se puede apreciar en la imagen anterior en la vista 4.

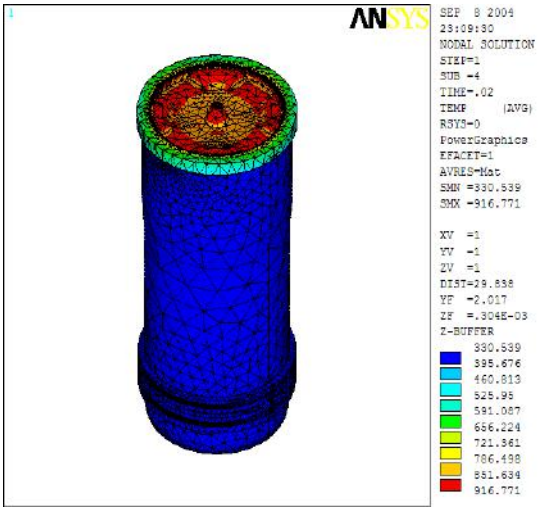


Figura 11. Representación de los resultados nodales para la unión en fase de compresión. El color muestra la temperatura alcanzada en cada nodo.

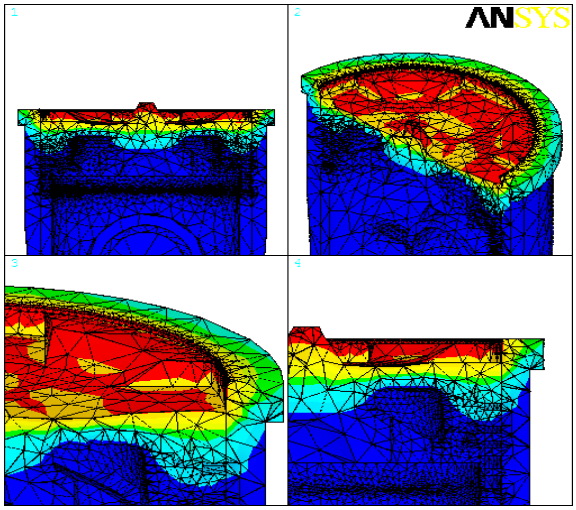


Figura 12. Imagen con vista en corte de la sección más representativa de la unión. Se puede apreciar como la unión de las piezas no genera quizás alguna variación en cuanto a la forma en la cual el calor se propaga, a través de la mencionada unión.

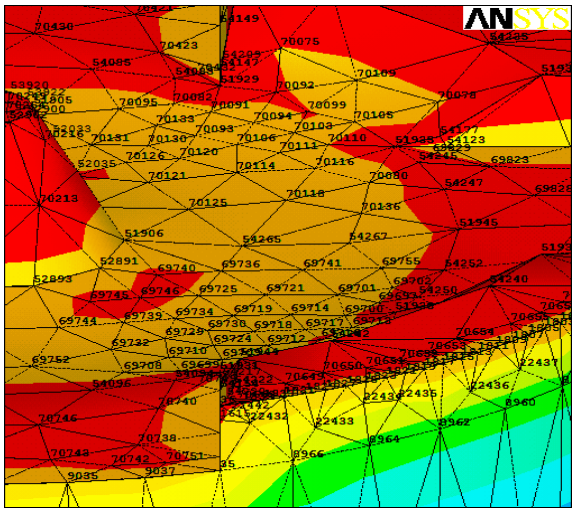


Figura 13. Cara externa del pistón unida a la cara interna de la camisa. Permite verificar que aquí los valores disminuyen drásticamente si se comparan con los resultados obtenidos al buscar una solución para la pieza en forma individual.

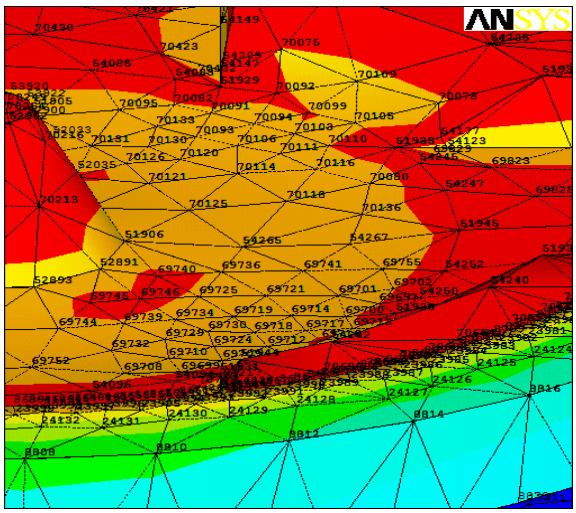


Figura 14. Misma imagen anterior pero acá se muestran ambas piezas apreciando de manera más clara la forma en que se propaga el calor en la zona superior de la camisa y que es disímil a lo que ocurre en la solución encontrada para la camisa en forma individual.

A continuación, se representan en forma de gráficos lo que ocurre en las paredes donde se produce la unión de las piezas.

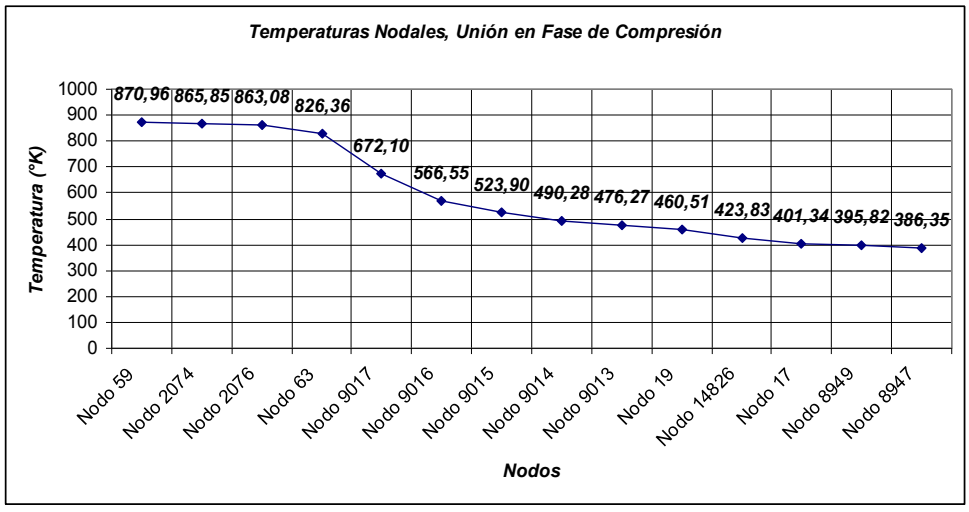


Gráfico 1. Sólo se muestran los nodos más representativos. En esta zona hay más de 30 nodos, lo que hace que no sea conveniente graficar esta cantidad, por lo que se optó por disminuir el número de éstos y dejar sólo aquellos en que se manifieste un diferencial representativo.

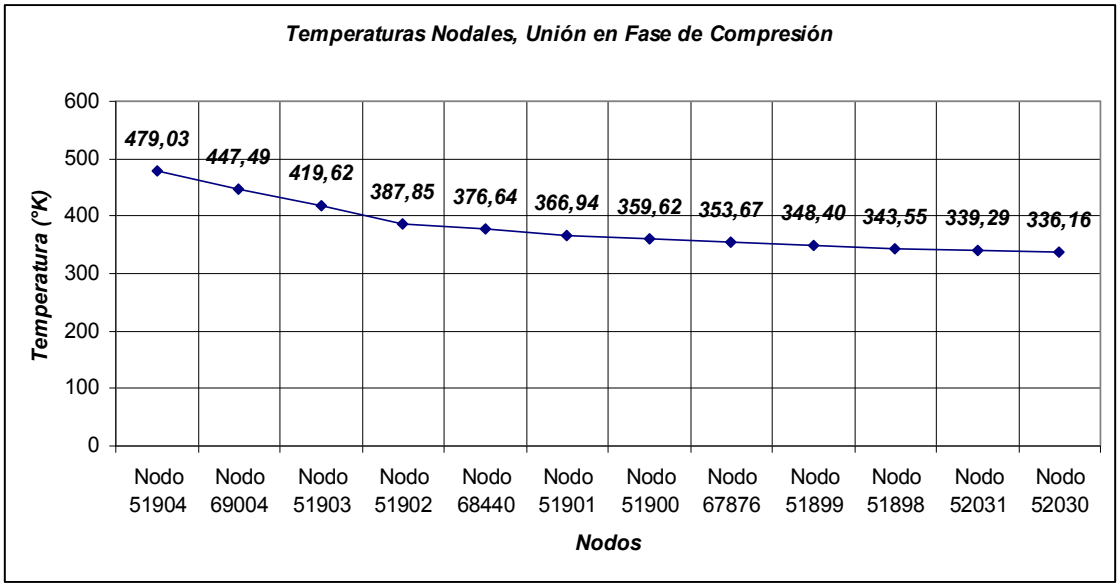


Gráfico 2. Nodos ubicados en las caras internas de las cajeras de anillos. Se puede apreciar que en los últimos 4 nodos la gradiente de temperaturas es muy baja, ya que se encuentran en la cuarta cajera de anillos.

4.3.1.1. Post-Procesador Historia/Tiempo

***** ANSYS POST26 LISTADO DE VARIABLES *****						
Tiempo (s)	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp
	Nodo 19	Nodo 70105	Nodo 51939	Nodo 63	Nodo 51904	Nodo 17
0.005	458.8	839.8	903.9	827.3	477.3	400.1
0.010	460.4	838.4	904.4	826.2	478.9	401.3
0.015	460.5	838.5	904.4	826.3	479.0	401.3
0.020	460.5	838.5	904.4	826.3	479.0	401.3

Tabla 1. Representación de los valores de las temperaturas que se alcanzan en los nodos más representativos de la unión en fase de compresión, también se representan nodos ubicados en la zona donde se producen las concentraciones de temperaturas más altas.

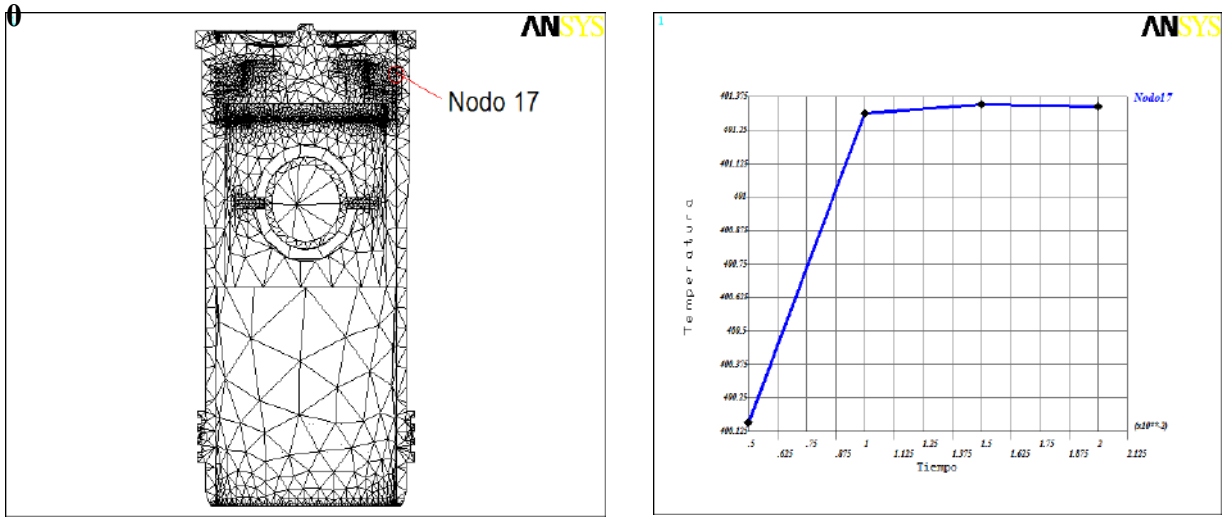


Gráfico 3. Presentación del nodo 17 ubicado en la zona donde se produce la unión de las caras externas e internas del pistón y la camisa respectivamente que forma parte de la cámara de combustión, se puede apreciar que al comenzar la aplicación de la carga térmica, ya a los 36(s) de la aplicación alcanza valores de equilibrio.

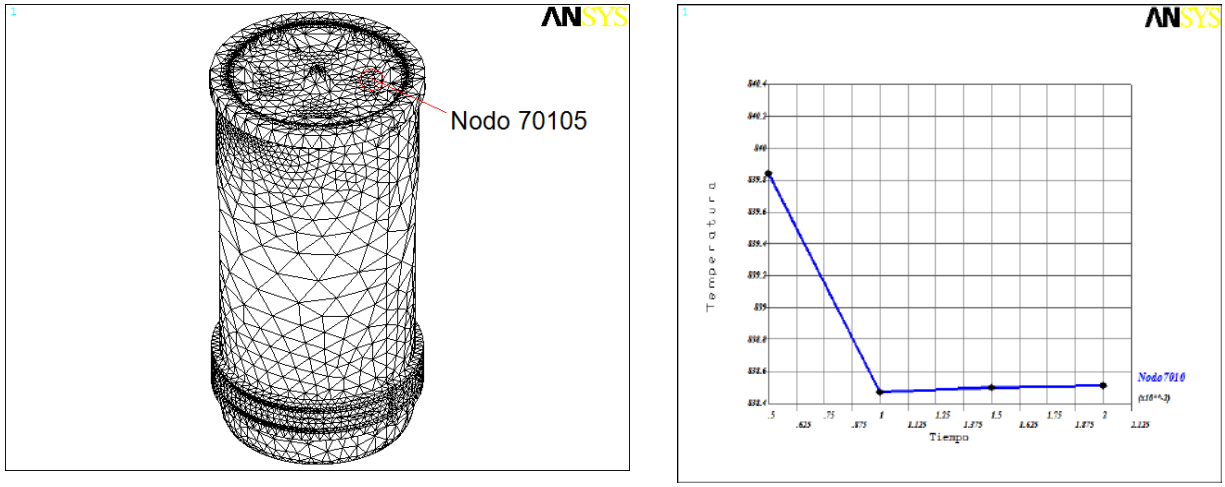


Gráfico 4. Representación del nodo 70105 ubicado en la zona donde se produce una de las mayores concentraciones de calor. Se puede apreciar una baja en la temperatura en los primeros 36 segundos para luego manifestar una leve alza para lograr un equilibrio.

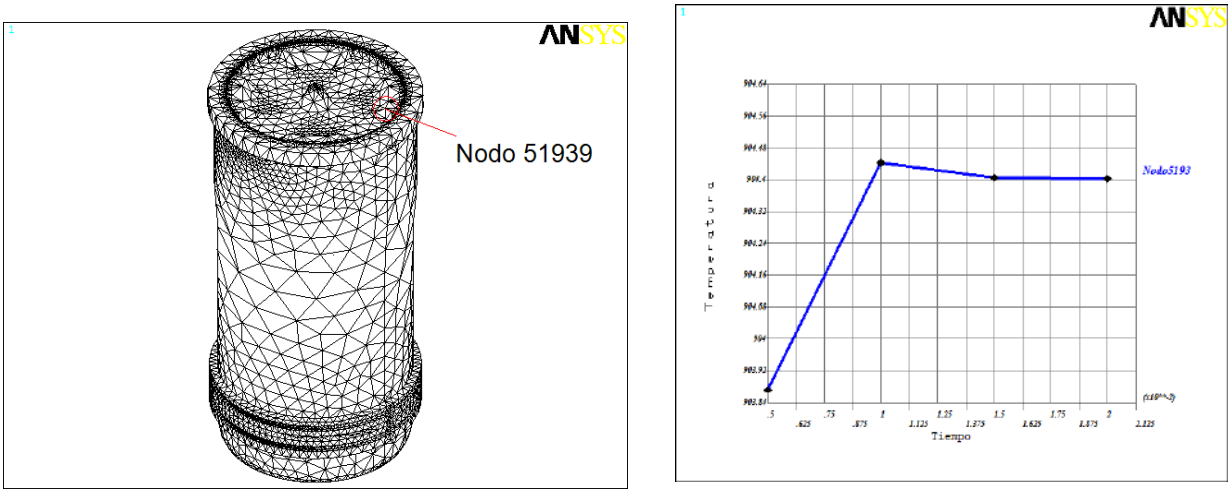


Gráfico 5. Representación del nodo 51939 ubicado en una de las aristas del pistón donde se produce la mayor concentración de calor y la más alta temperatura.

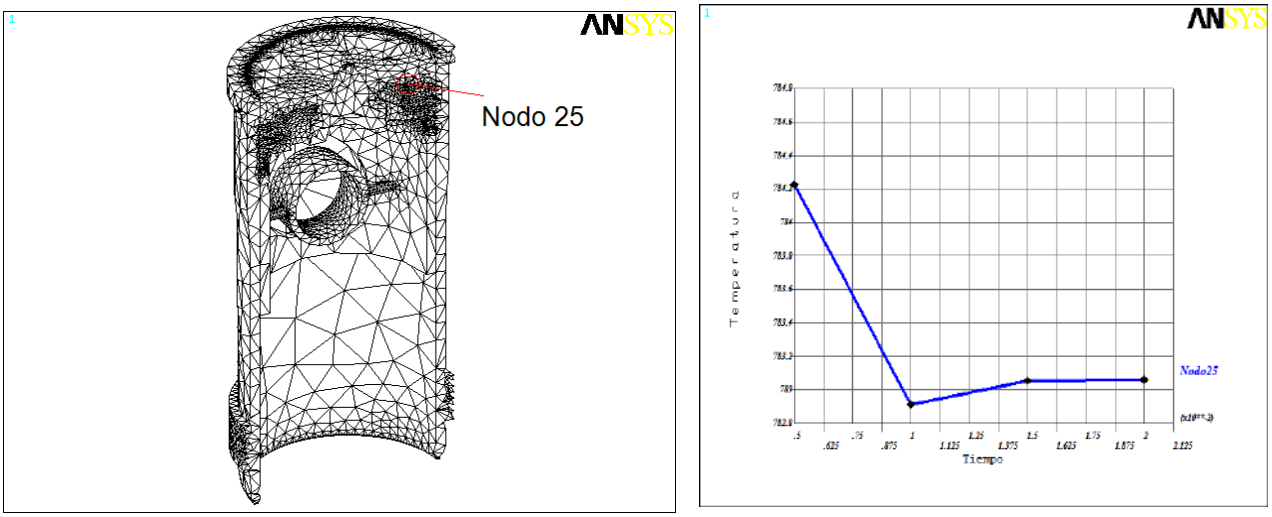


Gráfico 6. Representación del nodo 25 ubicado en una zona próxima al cabezal del pistón donde la temperatura todavía alcanza grandes valores. Se puede apreciar una baja después de los primeros segundos, para luego comenzar a establecerse un balance que se mantiene constante.

Conclusiones

El Método de Elementos Finitos ha demostrado ser una herramienta efectiva para el análisis de problemas de transmisión de calor en Ingeniería. La concentración de calor en zonas particulares del modelo de Elementos Finitos puede ser identificada y acciones de rediseño pueden adoptarse consecuentemente, en un proceso similar al análisis de concentración de tensiones en un caso de esfuerzo estructural.

El Método de Elementos Finitos se aplica en este trabajo a un problema conocido, la distribución de temperaturas en partes de un motor de combustión interna. Comprobada la efectividad del método, otros problemas de distribución de temperaturas pueden ser abordados, por ejemplo el problema de minimización de la emisión térmica en buques militares.

Referencia

"Análisis de Componentes de Motor de Combustión Interna, Aplicando Cargas Térmicas Mediante el Método de los Elementos Finitos". Joel Pérez. Tesis de titulación, Escuela de Ingeniería Naval, Universidad Astral de Chile, 2004.

ANALYSES OF NAVIGABILITY OF THE RIVERS AT AMAZON REGION UNDER CARGO TRANSPORTATION APPROACH

C. F. Almeida, K. Yamamoto and J. A. Sant'Anna

Cristiano Farias Almeida
PhD student, MSc. Dep. of Civil Engineering, Nagoya Institute of Technology (NIT)
Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, Japan, TEL. FAX. 052-735-5496
E-mail: cfarias9@yahoo.com.br

Koshi Yamamoto
Dr. Eng., Dep. of Civil Engineering, Nagoya Institute of Technology (NIT)
Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, Japan, TEL. FAX. 052-735-5496
E-mail: yama@doboku2.ace.nitech.ac.jp

José Alex Sant'Anna
Dr. Eng., Dep. of Civil Engineering, Brasília University (UnB)
Campus Universitario Darcy Ribeiro, Brasília, Brazil, TEL. FAX. 061-272-0732
E-mail: alex@unb.br

Abstract

Nowadays several researches have been developed about the Amazon region; however, those researches have not been able to exhaust all the knowledge reached about such region, namely, as its total natural available resources as its real potential of development are still unknown. Among the natural available resources existing at Amazon region detach the great rivers, which could be taken advantage in order to displace products and people among the *"big blanks"* existing in the region. However, to use those rivers as waterways it is necessary to provide appropriate conditions of navigability, such as: minimum depth of water, width and alignment of river, locking time, current velocity, the terminal facilities and others. This way, the objective of this study is to analysis the main rivers placed at Amazon region concerning their use as waterways in order to carry the main products existing in the region, considering among other factors the variables: minimum depth of water, width and alignment, and the rivers' specification.

Keywords: Inland water transport, waterway transport network, and river navigation.

1. INTRODUCTION

The Brazil, country with large territorial dimension, possesses one of the biggest hydro potential around the world. The wide Brazilian hydro graphic network is constituted of many rivers in their natural state. Such rivers have been used from the beginning of the colonisation of the country as ways of transport for the penetration of the continent and as the links to integrate many different centres of colonisation spread in the distant regions[1].

However, so far most of these rivers are kept in their natural state, and constitute in majority of parts the unique ways of transport. This situation can be observed especially at Amazon region, where the great distances and the adverse natural conditions are considered as obstacles to use other modes of transport, which the cost of implantation and maintenance are considered higher. In that context the Amazon region has the possibility to use the available great rivers in order to displace products and people among the *"big blanks"* existing in the region, constituting thus in a great waterway transport network[2]. However, in order to use the rivers and lakes as waterways, it is necessary to provide the appropriate conditions; namely, the rivers must hold some conditions of navigability, especially for the carry of cargo. In that case, there are the criteria: minimum depth of water, width and alignment of river, locking time, current velocity, the terminal facilities and others [3, 4]. Such criteria, however, are not considered strict, being thus variable depending of approach to be done.

As the depth of the water, width and alignment are variables intricately linked with rivers; they will be taken into the consideration to analyse the conditions of navigability of the rivers at Amazon region in order to identify the potential ones appropriate to the transport of cargo.

Therefore, the principal goal of this study is to analyse the main rivers placed at Amazon region. Concerning their use as waterway in order to carry goods of the region, considering among other factors the variables related to the navigability of rivers and the rivers' specifications. In order to reach the proposed objective, the main factors considering the development of the research will be briefly described. The theoretical assumptions about Inland Water Transport, theories about river navigation and requirements of navigable rivers are included. Moreover, the case study for the identification of the main navigable rivers at Amazon region is also presented.

2. INLAND WATER TRANSPORT (IWT)

Inland water is defined as being a kind of transport that can be carried out by rivers, lakes, bays or estuaries placed inside of the continent [5]. In the rivers the navigation may be developed in natural conditions with few improvements along their stream, or by artificial channels building. This feature determines the difference existing between IWT and other types of water transport such as coastal and ocean transport.

2.1. Main Features of the Inland Water Transport

A clue to the inherent importance of IWT agency lies in the paradox that a river is at the same time both a transporting agency and the material being transported [6]. In fact, it is possible to say that it is the basic characteristic found in the IWT, however some other characteristics are considered important, such as:

- When potentially navigable, the river requires low investment to improve its natural condition and to turn in a good waterway [7].
- By the great lengths that constitute the way, the costs to maintain its conditions of navigability decrease as the increase of traffic flow [7].
- Steel and iron, oil, sand and gravel, grain, automobiles and others bulk products may usually be shipped more cheaply by water than by other means [3, 6, 7, 8, 9].
- Low power plant of vessel and barges for each ton carried when displacing in waterway with appropriated technique characteristics [7, 8].
- The advantage lies in handling a large volume of bulk cargo over long hauls [8].

The characteristics presented previously show that IWT holds distinct features in comparison mainly with other modes of transport. In fact, what may be observed is that the main factors that make it different from other modes are directly regarded with its elements, primarily the way and vehicles. The first one, which has already been defined in some cases, needs only little interventions to improve its potential. The second element, which is defined in accordance with the characteristics of the first, namely, the morphologic characteristics of the river and the types of commodities and its amount will be the elements that will define the types of vehicles to be used.

2.2. Elements of the Inland Water Transport

As all transport system, the IWT is also constituted by some basic elements and the level of interrelation among all of them will determine the level of the reached result. Considering the transport of cargo, there are some elements that constitute the IWT: vehicles, terminals and ways.

2.2.1. Vehicles: vessels

The waterway vehicles are composed of a technology totally different from the others, because in this case the vessels displace by a fluid way, the water [10]. Basically there are three types of waterway vehicles classified in accordance with the type of object to be carry, namely, vessel for people, vessel for cargo and finally the mix vessel, this one carries both people and cargo. This study will be focused only on the vessels for cargo.

Since in general the depth of an inland water channel is not great, most freight is carried on unmanned shallow-draft barges moved in-group by towing vessels (Figure 1). In addition there are two main types of towing systems [9, 10]. *Towboats*, which are designed to push barges ahead of them; and *Tug*, generally pull the barges on a hawser. Basically, the type of water determines which method is used. On most inland waterways that are relatively calm and protected by surrounding landmasses, the towboat is used for push-towing operations. On the other hand, on waterways where wind, wave, and tidal actions would break up a tow of vessels lashed rigidly together, the pull-towing method is used instead [9]. Regarding barges, these may vary in size and shape depending on the kind of cargo they are meant to carry or their mode of use. Barges designed for single tow with a rake at both ends would create a great of drag and therefore loss of efficiency when towed in multiple units. In addition, the typical measurements of a convoy system of towboat and barges (Figure 1) are:

- Total length of the convoy (*CT*), that is the length between the edges of the vessels;
- Length between perpendiculars of the convoy (*CPP*);
- Breadth (*B*), maximum width of the convoy;

- Draft of the convoy (*CL*), the maximum height of the immersed part of the vessel in the water; free rim (*BL*);
- Small height (*P*), and;
- Height of the super-structure (*S*).

[10] However the relevant measurements for the geometric project of the infrastructure of the waterways are: total length (*CT*), breadth (*B*) and finally the draft (*CL*). While the total length and breadth are fixed values, the draft varies with the load of the vessel. The main measurements of the towboats and barges used in the waterways placed in Brazil are summarised in Tables 1 and 2.

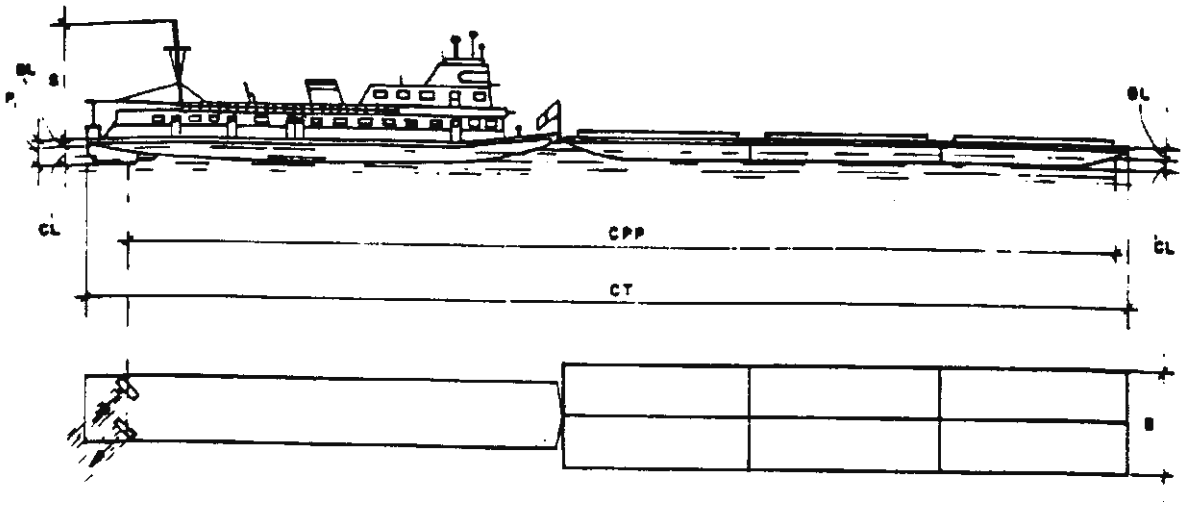


Figure 1: Towing system of towboat and barges and its typical measurements.

Table 1: Main measurements of the barges used in Brazil.

Length (m)	Breadth (m)	Draft (m)	Capacity (t)
40 (1)	10	1.00	253.75
40 (1)	10	1.50	423.75
50 (2)	8	1.50	525.00
60 (3)	8	1.80	650.00
40 (4)	10	2.00	570.00
40 (5)	11	2.50	723.30
60 (6)	8	2.50	900.00
60 (5)	11	2.50	1245.00

Source: (1), (4) and (5) [11]. (2), (3) and (6) [12].

Table 2: Main measurements of the towboat used in Brazil.

Length (m)	Breadth (m)	Draft (m)
18 (1)	8	1.00
20 (2)	5	1.50
20 (3)	8	1.50
20 (4)	6	1.80

Source: (1) [11]. (2), (3) and (4) [12].

2.2.2. Terminals

An inland water port is an intermodal transport centre in which transport by waterway may be the mode, and which produces the greatest community economic impact. Moreover, the facilities within an inland water port, which are located on the waterfront for the purpose of loading and unloading barges, are the terminals. [6] The chief requirements of a port are obvious ones:

- Vessels must be able to reach the port, so the passage must have sufficient depth and width and must be suitably marked to aid navigation.
- Vessels regarding harbour must be able to anchor while waiting for a berth to discharge or take on cargo, fuel and supplies.
- Finally, the port must possess suitable wharves, backed by appropriate facilities for handling and storing the components passing through the port and for servicing the ships.

In fact, it is not possible to specify rigid minimum requirements for port facilities. In general, each port must be built to the needs of its commerce.

2.2.3. Ways: rivers

The way in the IWT is easily identified as the rivers, which have already been formed; however in many cases, rivers in their natural state are not ideal passageways or waterways. Rapids and sandbars offer formidable barriers that could be passed with the utmost labour. Isolated rocks, fallen trees, and other obstructions may be considered as hazard as well. [7] The river to be considered as waterway in order to serve to the traffic of vessels has to hold appropriated features to the navigation, such as: depth of river and current velocity, minimum width and favourable alignment of the river. Such conditions are considered as requirements of navigable rivers and the principal ones will be described in detail next.

3. RIVER NAVIGATION: REQUIREMENTS OF NAVIGABLE RIVERS

The simple fact of existence of rivers it does not mean that there is navigation, e. g., it is common for rivers in their natural state to hold barriers to the traffic of vessels and this way they need some intervention to achieve the navigability. In some cases the navigability can be reached just by regulating the flow in storage reservoirs, dredging, banks stabilization or snag removal. On the other hand, some rivers in their natural situation provide appropriated conditions for displacement of vessels, in those cases it is necessary to analyse what type of vessel may be used and the amount of the cargo to be carried. Thus, there are no criteria of navigability and in the final analysis, economic criteria control [3]. Therefore, there are the physical factors with an influence of the costs of waterborne transport: depth of water, width and alignment of river, locking time, current velocity and the terminal facilities [3, 4]. All of them are defined in accordance with the vessel pattern to be used. Such criteria are considered in the classic requirements of navigable rivers.

3.1. Depth of River

[3, 4] The depth of the water in the river must be sufficient to a safe displacement of determined vessel, the barges cannot be loaded further so that their draft exceeds this minimum depth (hp_{min}).

[11] The hp_{min} is the minimum distance that has to be reached between the draft of the vessel and the bottom of the river. The hp_{min} has to be equal to the depth of the rivers minus the

draft of the vessel and minus the "squat" – slight depression in the surface of water that happens by the moving of vessel. The equation (1) expresses the definition of hp_{min}

$$hp_{\min} = h - CL - Sq \qquad \text{Equation (1)}$$

Where $hp_{\min}$: minimum distance between the draft of the vessel and the bottom of the river (*m*).

h: Depth of the river (*m*).
CL: Draft of the vessel (*m*).
Sq: Squat (*m*).

[13] In addition, based on experimental data, an empiric formulation to solve the problem about the forecast of the "squat" is defined as

$$Sq = \frac{h}{CL \cdot 0.298 \cdot \left[\frac{V}{(g \cdot h)^{1/2}}\right]^{2.289} \cdot \left(\frac{h}{CL}\right)^{-2.972} \cdot kb} \qquad \text{Equation (2)}$$

$$kb = \frac{3.1}{\left(\frac{W_o}{B}\right)^{1/2}} \text{ When } \frac{W_o}{B} < 9.91, \text{ and } kb = 1 \text{ when } \frac{W_o}{B} \geq 9.91$$

Where h: depth of the river (*m*).
CL: Draft of the vessel (*m*).
V: Speed of the vessel (*m/s*).
g: Acceleration of the gravity, 9.81*m/s*^{2}.
W_o: Width of the river (*m*).
B: Breadth of the vessel (*m*).

However[11] hp_{min} must be greater than or equal to $C_{\min}$ ($hp_{\min} \geq C_{\min}$), where $C_{\min}$ is the minimum distance between the draft of the vessel and the bottom of the river for vessel displacing in cruise speed. The Table 3 shows the values of $C_{\min}$, in accordance with *"Associação Brasileira de Normas Técnicas"* for rivers with different types of bottom.

Table 3: Values of $C_{\min}$.

Type of bottom	$C_{\min}$ **(m)**
Oozy	0.30
Sandy	0.50
Rocky	1.00

Source: ABNT.

[14] Another formulation about the hp_{min} has been proposed in Brazil, where it has been defined as a minimum height of the water, which allows the traffic of the vessels at a low speed in the critical part of the route, during the season that the minor level of the water took place. Thus, specifically for the rivers of the Amazon basin with sandy bottom, it has been defined $hp_{min} = 0.50m$ [14]. The Figure 2 shows the scheme of minimum depth (hp_{min}) of the rivers at Amazon Region for the displacement of vessel.

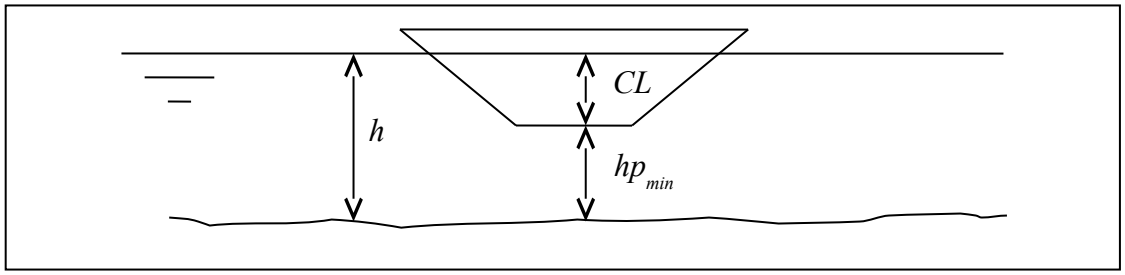


Figure 2: Scheme of minimum depth (hp_{min}) of the river for the displacement of vessel.

3.2. Width, Alignment and Current Velocity

The number of barges in a tow and the transit time depends of the alignment, width, and current velocity [3]. The width of a channel required for navigation, although a matter of less importance than the depth, yet requires consideration [4]. It is difficult to manoeuvre a long tow of heavily loaded barges in a channel not wider than the tow itself. [3]A minimum width of 91.44m is the goal of present navigable channel of the Mississippi River, on the other hand, for a cargo of 1500 tons register, this would require a channel about 70m wide [4].

A highly irregular alignment also increases the *"circuits"*, or length in excess of airline distance, which the barge tow must travel. The speed of most barge tows in still water is around 6mph or 9ft/sec. Current velocities on the order of 3ft/sec or 4ft/sec represent a substantial reduction in the speed for tows bound upstream or more specifically in the ton-miles moved per horsepower-hour [3].

3.3. Terminal Facilities

Since charges for tugs and barges continue while the tow is at a terminal, facilities that permit rapid cargo transfer effectively reduce lost time and decrease cost. Terminal facilities thus are an important factor in the economics of navigation projects [4].

In fact, it should be noted the difficulty in estimate the exactly criteria to determine the navigability of rivers in general, perhaps this happens in reason of the absence of great studies and researches about such matter. However for consider that the depth, width, and alignment are directly intrinsic with the characteristics of rivers in their natural state, these variables have been taken into the consideration to analyse the main rivers existing at Amazon region in terms of the conditions of navigability for the transport of cargo.

4. CASE STUDY: AMAZON REGION

Nowadays several researches have been developed about the Amazon, however they have not been able to exhaust all the knowledge reached about such region, i. e., as its total natural available resources as its real potential of development are still unknown; on that score one brief description concerning the characteristics of the Amazon region becomes appropriated, in that case under transport approach translated in terms of hydrograph.

4.1. Brazilian Amazon Region: hydrograph

In this study, an approach to the Brazilian Amazon region is constituted by hydrographical basins of Amazonas River, Tocantins River and the part of the South Atlantic basin. The Brazilian Amazon region covers about 4,850,000km^2; equivalent to 57% of the territory of Brazil and almost nine times the territory of France, such region includes the totality of

North region, the most part of the Centre-Western region and part of Northeast region in the Maranhão State [5, 7].

[15] From the hydrographical point of view, the Brazilian Amazon Region is constituted basically by basin of the Amazonas River which represent one fifth (1/5) of all fresh water of the world. The rivers are supported by the periods of rain and they are considered basically to be the unique ways of transport of the local inhabitants. There are more than 20,000km of fluvial rivers linking distant communities in that region. [15] In the context described previously the Amazonas River is detached, mainly by being the second most extensive river in the world (total length about 6,515km of which 3,600km are in Brazil), and the first in volume of water, 100,000m^3.

Even though the Amazonas Basin plays an important role in the displacement of people and goods, another hydrographical basin placed in such region is considered important as well. In appropriated conditions of navigability, the rivers of the Tocantins Basin could provide an excellent ways of transport, linking the Amazon Region with the centre of Brazil, constituting a wide and useful waterway transport network. Both, the Amazonas and Tocantins basin are constituted by many rivers, the principal ones and which have been analysed in this study were:

- Amazon Basin: *Amazonas, Solimões, Javari, Juruá, Tarauacá, Embira, Parú, Jarí, Guamá, Capim, Purús, Acre, Madeira, Mamoré, Guaporé, Tapajós, Xingú, Içá, Japurá, Nhamundá, Negro, Branco, Trombetas* and *Uatumã.*
- Tocantins Basin: *Tocantins, Araguaia* and *Mortes.*

The Figure 3 shows the Amazon region and the main rivers of the Amazonas and Tocantins basins.

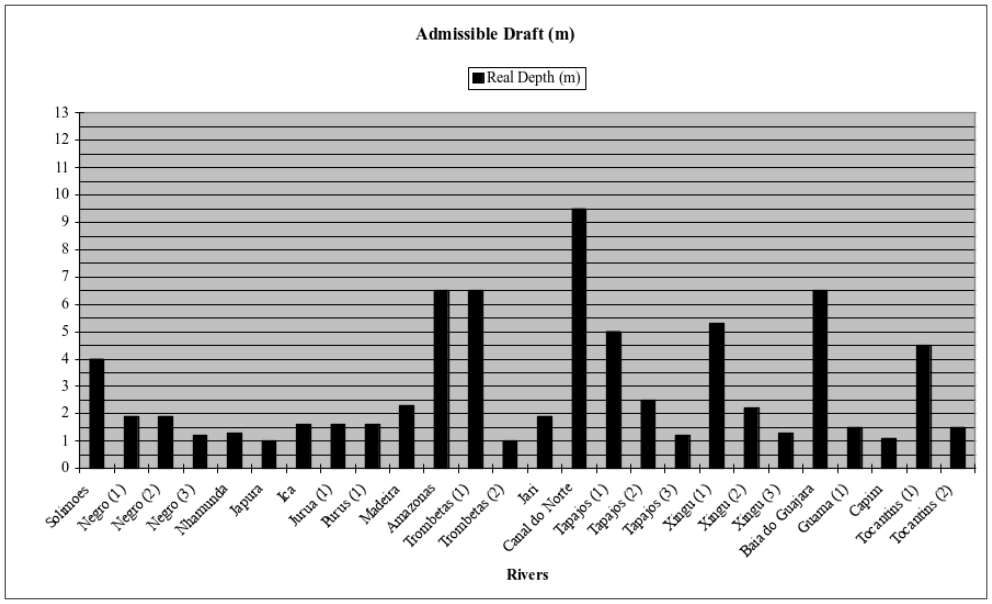
Figure 3: Amazon Region and the main hydrograph basins.

4.2.1. Analysis of the depths of the rivers

The analysis has been done as regards to the depths of the rivers constituting the Amazonas and Tocantins basins, in order to determine the admissible drafts of the vessel that can navigate. Thus, using the Equation (1), considering hp_{min} = 0.50m (bottom of the rivers is sandy) and for the low speed of the vessels (S ≅ 0) [14], there is the following sentence

$$CL = h - 0.50 \qquad \text{Equation (3)}$$

Thus, using the depths of the rivers in the Equation 3 it was possible to determine the admissible drafts of the vessel as shows the Graphic 1.



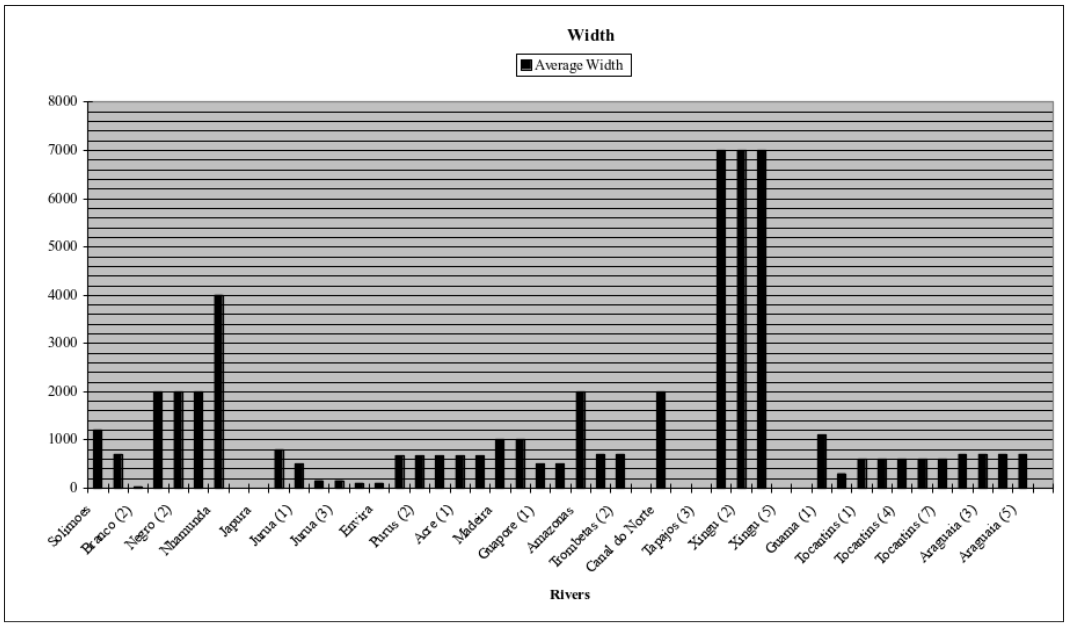
Graphic 1: Admissible drafts for the rivers at Amazon Region (Source: [1, 7, 16, 17, 18]).

It has been determined the maximum value of 1.00m for drafts of the vessel which are the maximum drafts utilized by the barges and towboats in the rivers of Brazil (Table 1), differently of the pattern of the *Mississippi River* [3], which it has a defined channel. Thus, analysing the Graphic 1 may observe that the drafts of vessels for some reaches are more than 1.00m, such as: *Solimões* (4.00m), reach (1) of *Tocantins* (4.50m), reach (1) of *Tapajós* (5.00m), reach (1) of *Xingú* (5.30m), *Amazonas* (6.50m) and reach (1) of the *Trombetas River* (6.50m), with great admissible drafts of the vessels. The Table 4 shows the navigable rivers and some reaches of the Amazon Region in accordance with the admissible drafts.

4.2.2. Analysis of the average widths of the rivers

As regard to the average width, the minimum identified measurement was of 500m, exception of reach (1) of the *Juruá River* with 150m, and *Capim River* with 300m. Thus, the traffic of some vessels, especially in *Juruá River* may suffer some interruptions, depending on the total length (*CT*) of the convoy. However, these rivers still have a good width to build channel when they are compared with the minimum width of 91.44m (≅300ft) found in the Mississippi River. Hence, under the width approach the main rivers at Amazon region analysed in this study do not present problem, i. e., that requirement does not produce restrictions for the navigability. The Graphic 2 shows the variation of the average width of main rivers at Amazon Region. The most part of the *Xingú River* (reaches

1, 2 and 3) is detached with average with of 7,000m, and some rivers with average width of about 1,000m.



Graphic 2: Average width of the main rivers at Amazon Region (Source: [1, 7, 16, 17, 18]).

4.2.3. Analysis of the alignments of the rivers

The analysis of the rivers as regard to the alignment has been possible basically by identification of the rivers that have many accentuated curves along their ways. The literary information from some authors about the conditions of the rivers concerning their alignment has been used instead of the data that could express exactly that requirement, such as the variable radius of curvature. However the absence of such data may be understood as the region is developing. [2, 7]This way, the rivers that have accentuated curves and that need to be analysed in details under the alignment approach are: *Japurá, Juruá, Purús* and *Içá*.

4.2.4. Rivers potentially navigable

By the analysis of the three variables (depth, width and alignment), in this study has been possible to identify the rivers or part of them localized in Brazilian Amazon region that are potentially navigable and have appropriate condition to allocate the traffic of some kind of the vessels (in accordance with the Tables 1 and 2), considering the natural state of such rivers. Thus, the rivers or reaches are: *Içá, Solimões, Purús, Juruá, Japurá, Negro, Madeira, Nhamundá, Trombetas, Tapajós, Amazonas, Jarí, Xingú, Guamá e Capim.* The Figure 4 and the Table 4 summarise the spatial localization of the rivers potentially navigable at Amazon region considering their real situation and natural state, and the main characteristics under the depth, width, and alignment approaches.

Identified the navigable rivers at Amazon region, the follow up of this study could be the development of a waterway transport network using such rivers as the links of the network, reaching the great distances existing in the region. However, for such proposal it becomes necessary to achieve analyses of cost of transport in those links (rivers) in order that main produced goods at Amazon region might have optimised displacement.

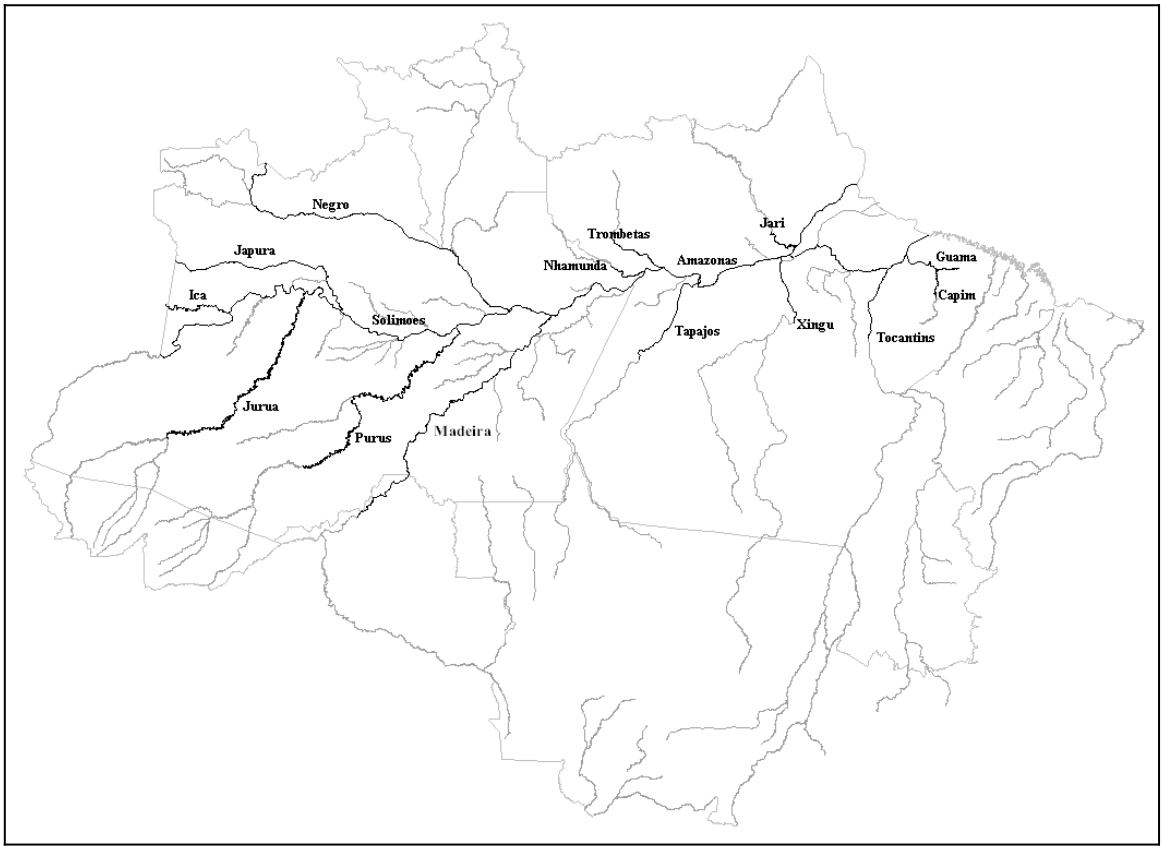


Figure 4: Rivers and reaches potentially navigable at Brazilian Amazon Region.

5. CONCLUSIONS

The studies developed in the field of the Inland Water Transport still are considered of small relevance due to little importance that the sector accords to the problem. However, increasingly there is the necessity to develop studies, projects and researches alternatives, which may reduce the cost in transport, especially toward the use and maintenance of ways to displace cargo. Noting the small quantity of research studies concern Inland Water Transport, and the great potential of using waterway mode for the development of the hinterland of some regions placed in Brazil, specially the Amazon region, which holds a great hydro graphic constituted by extensive rivers in natural state, a research has been developed. In this case, considering the way element as being one of the most important actor in the development of the Inland Water Transport system, whose the characteristic about navigability is considered as determinative factor to use it as waterway on the waterborne transport. However, for a river to be navigable is necessary to attendance some requirements. This was opted in working with three variables that intervene directly in the physic characteristics of the rivers and that has power to determine their potentiality as navigable, namely, the minimum depth of water, width and alignment.

Table 4: Main characteristics of the rivers and reaches potentially navigable at Brazilian Amazon Region.

Reaches	Length (km)	Average Width	Admissible Draft -	Alignment

		(m)	CL (m)	
Solimões	1,620	1,210	4.00	Regular
Negro (1 and 2)	801	2,000	1.90	Regular
Negro (3)	270	2,000	1.90	Regular
Nhamundá	155	4,000	1.30	Regular
Japurá	721	(*)	1.00	Winding
Içá	358	800	1.60	Very winding
Juruá (1)	1,650	500	1.60	Very winding
Purus (1)	1,688	670	1.60	Very winding
Madeira	1,100	1,000	2.30	Regular
Amazonas	1,488	2,000	6.50	Regular
Trombetas (1)	120	700	6.50	Regular
Trombetas (2)	140	700	1.00	Regular
Jarí	110	(*)	1.90	Regular
Tapajós (1)	170	18,000	5.00	Regular
Tapajós (2)	110	(*)	2.50	Regular
Tapajós (3)	47	(*)	1.20	Regular
Xingú (1)	58	7,000	5.30	Regular
Xingú (2)	115	7,000	2.20	Regular
Xingú (3)	63	7,000	1.30	Regular
Guamá (1)	160	1,100	1.50	Regular
Capim	120	300	1.10	Regular
Tocantins (1)	60	600	4.50	Regular
Tocantins (2)	190	600	1.50	Regular

(*) – Data no available.

Thus, through the analysis made, this paper attempted to identify the main rivers and reaches potentially navigable at Brazilian Amazon region, considering among others factors the minimum depth of water, width and alignment, besides the rivers specificities. Finally, in the near future such navigable rivers can be used as safety waterways for the transport of cargo. Furthermore, the improvement of reaches under the navigability approach would act as element in the increase of ways of transport improving the accessibility of the several distant points placed in the region. Beyond the development of a waterway transport network using such rivers as the links of the network would be a follow up of this study.

Reference

1) Godoy, P. R. C. & Vieira, A. P.: *Hidrovias Interiores.* Ministério dos Transportes do Brasil. Departamento de Vias Navegáveis. Brasília, Brasil (in Portuguese) (http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/51-72.html).
2) Sant'Anna, J. A.: *O transporte Hidroviário é Importante?* Comunicações Técnicas. 10º Congresso Nacional de Transportes Públicos. São Paulo, Brasil, 1995 (in Portuguese).
3) Linsley, R. K. & Franzini, J. B.: *Water Resources Engineering*. McGraw-Hill. New York, London, 1964.
4) Wheeler, W. H..: *Tidal Rivers; their Hydraulics, Improvement, and Navigation.* Longmans' Civil Engineering Series. London, 1893.
5) PNVNI – Plano Nacional das Vias Navegáveis Interiores: *Hidrovias: Estradas para Sempre.* MT - Portobras, Departamento de Vias Navegáveis, Brasília, Brasil (in Portuguese).

6) Hennes, R. G. & Ekse, M. I.: *Fundamentals of Transportation Engineering.* McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London. 1955.
7) Cabral, B.: *O Papel das Hidrovias no Desenvolvimento Sustentável da Região Amazônica Brasileira*. Série estudos nº 001/95, Brasília, Brasil, 1995 (in Portuguese).
8) Kraft, G. et. el.: *The Role of Transportation in Regional Economic Development.* A Charles River Associates Research Study. Lexington Books. Toronto, London, 1971.
9) Katz, H. et. el.: *Water Transportation.* Transportation and Traffic Engineering Handbook. 2ª Edition. Institute of Transportation Engineers. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1982.
10) Setti, J. R. & Widmer, J. A.: *Tecnologia de Transportes.* Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes. 2ª Edição. São Carlos, Brasil, 1999 (in Portuguese).
11) Padovezi, C. D.: Conceito de Embarcações Adaptadas a Via Aplicado a Navegação Fluvial no Brasil. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, Brasil, 2003 (in Portuguese).
12) AHIMOR – Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental. Belém, Brasil. (**www.ahimor.gov.br**) (in Portuguese).
13) Eryuslu, N. E.: *Under Kell Requirements for Large Vessels in Shallow Waterways.* 28th International Navigation Congress – PIANC, Serville, 22-27, Section II, Vol. 2, p.17-26, 1994.
14) IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológica: *Transporte Hidroviário na Grande São Paulo.* São Paulo, Brasil, 1980 (in Portuguese).
15) INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Brasília, Brasil (**http://www.inpa.gov.br/**) (in Portuguese).
16) Ministério dos Transportes do Brasil: *Relatório Estatístico Hidroviário.* Departamento de Hidrovias Interiores, Brasília, Brasil, 2000 (in Portuguese).
17) Sant'Anna, J. A.: *Rede Básica de Transporte da Amazônia.* IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, Brasil, 1998 (in Portuguese).
18) BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento: *Transporte na Região Amazônica.* Cadernos de Infra-estrutura: fatos-estratégias. Editora AI/GESIS. Rio de Janeiro-RJ, Brasil, 1998 (in Portuguese).

MARCOS FERNANDO GARBER
Mestre em Engenharia Naval
Professor da Fundação Escola de Comércio Alvares Penteado
e-mail: mgarber@usp.br
Dirección: Rua Artur Azevedo 1537, apto. 33 – CEP 05404-014 São Paulo, Brasil
Telefone: 55 11 3088 2647
MOYSES SZAJNBOK
Doutor em Engenharia
Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Professor Mello Moraes 2331 – CEP 05508-900- Cid. Universitária, São Paulo, Brasil
e-mail: lumamin@usp.br
Telefone: 55 11 30915350 ramal: 247; Fax55 11 30915717

APLICAÇÃO DA TEORIA DA UTILIDADE NAS DECISÕES DA CONSTRUÇÃO NAVAL

Trabajo presentado al XIX Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria COPINAVAL 2005, Guayaquil, Ecuador, octubre de 2005

RESUMO

Um campo de exploração de petróleo é composto de diversos reservatórios que podem estar estruturados em camadas ou localizados uns ao lado dos outros. A exploração é definida pela quantidade de depósitos, seu tamanho, a localização geográfica, o tipo de óleo e as condições ambientais. Uma das soluções para a exploração é a utilização de uma unidade FPSO (Floating Production Storage and Offloading System). A questão da solução a ser usada para a construção do sistema é decidir entre unidade nova e o aproveitamento do casco de petroleiro tendo certo tempo de vida útil remanescente. As restrições à solução do problema, como prazos de extração, capacidade e tipo de sistemas de produção desejados devem ser adequados a cada campo. Como apoio ao processo de escolha, se aplica o método da árvore de decisão, incluído o perfil do decisor, pelo uso da função utilidade. Encontrada a solução, se houver três ou mais fornecedores pode-se aplicar o método AHP (Analytic Hierarchical Process) para selecionar o mais conveniente. O trabalho é ilustrado com um exemplo de aplicação, cujos resultados são analisados e discutidos.

RESUMEN

Un campo de extracción de petróleo está formado por varios depósitos que pueden estar estructurados en camadas o localizados unos al lado de otros. La forma de explotación se define tomando en cuenta la cantidad de depósitos, su tamaño, la localización geográfica, el tipo de petróleo y las condiciones ambientales. Una de las soluciones es el empleo de una unidad tipo FPSO (Floating Production Storage and Offloading System). La decisión a tomar para ésta solución consiste en elegir entre construir una nueva unidad o aprovechar el casco de un petrolero usado, con una vida útil remaneciente para la construcción. Las restricciones a la solución del problema como plazos de extracción, capacidad y tipo de sistemas de producción deseados, deben ser ajustadas para cada campo. Como apoyo al proceso se aplica el método del árbol de decisión considerando la influencia del perfil del decisor al aplicar la función utilidad. Encontrada la solución, de existir tres o más proveedores, puede aplicarse el método AHP (Analytic Hierarchical Process) para seleccionarlo. El trabajo es ilustrado con un ejemplo de aplicación cuyos resultados son analizados y discutidos.

INTRODUÇÃO

A decisão sobre a construção de instalações exploratórias do petróleo no mar considera as instalações flutuantes de produção, de estoque e de descarga para os meios de transporte do petróleo extraído. A instalação deve servir como suporte dos equipamentos de perfuração e de extração, além da planta de processamento.

Entre as dificuldades para a tomada de decisões apontadas por Clemen em “Making Hard Decision” é mencionada a sensibilidade do modelo ao objetivo pretendido por quem toma a decisão, mesmo quando aplicada determinada sistemática, ou seja, como é desejável, a solução depende do que se quer. Tais dificuldades podem ser minimizadas com o uso de teorias de apoio à decisão; como se vê em Samson, no seu “Managerial Decision Analysis” encontra-se a afirmação: “A humanidade tem tomado decisões fazendo uso do bom senso, heurística ou em forma intuitiva. Somente neste século a teoria da decisão tem surgido como um elemento de auxílio à decisão”.

A função utilidade é ferramenta matemática que permite interpretar o sentimento de satisfação do individuo ou decisores da empresa, permitindo que a solução atenda tanto o critério de maximização de lucros como o da satisfação.

As características do comportamento se apresentam segundo três possíveis perfis básicos: neutro, arrojado e conservador; é possível identificar outros comportamentos, como combinação das três formas básicas.

1. UM PROBLEMA DE CONSTRUÇÃO NAVAL.

1.1 O problema proposto

Existe um campo de petróleo e gás a ser explorado e disponibilidades para investir na exploração para a qual são oferecidas três opções. A primeira consiste na construção de um FPSO novo; a segunda e terceira são opções que utilizam cascos de petroleiros existentes, um deles com quinze anos de vida remanescente e o outro com oito. Os tempos requeridos para o início das operações e o custo dependem da solução adotada.

1.2 Objetivos do trabalho

O trabalho tem dois objetivos: determinar a melhor escolha do sistema flutuante e a seleção de compra se houver mais de três ofertas de fornecimento.

Admite-se que será adotado o sistema flutuante de produção, estocagem e descarga de petróleo e gás, o conhecido FPSO (Floating Production Storage and Offloading System). Quer-se determinar a solução que torne máximo o valor de retorno do investimento, considerados o prazo para o início da operação, a duração estimada da exploração, a capacidade da instalação avaliada pela eficiência do processo de extração face à faixa de utilização imposta, bem como as decorrentes do estado da tecnologia.

O tempo estimado de duração da exploração depende: do volume da jazida; da quantidade, vazões e disposição dos poços a atender; da infra-estrutura do sistema, isto é, do tipo e forma da montagem dos conjuntos de risers, bóias e sistema de ancoragem.

O segundo objetivo, supondo que há mais de três ofertas para implementar a solução encontrada, é determinar qual é a melhor delas, considerando como critérios os custos; o estado da estrutura; a vida útil remanescente (durabilidade); o prazo de entrega e a possibilidade do reaproveitamento do sistema selecionado. Além desses poderiam ser considerados outros critérios, conforme as conveniências de cada situação.

1.3 A Metodologia

Para o primeiro objetivo são considerados os tempos necessários para a entrada em operação do sistema, a duração da vida útil das alternativas e o tempo estimado para extração do petróleo da jazida. Para o cálculo da produção são levadas em conta as proporções típicas dos tempos em que cada nível de produtividade é alcançado com relação à capacidade nominal da instalação. O retorno da opção é função da produção e dos investimentos requeridos para a sua construção.

Para a escolha da solução procurada aplica-se a árvore de decisão (Garber 2002), iniciando sua construção com os ramos que indicam as várias opções; o extremo de cada ramo é dividido segundo os dois "Estados da Natureza" que caracterizam as condições do sistema requeridas para o cálculo dos seguintes intervalos: desde o início da implementação da solução até o início da exploração de um lado, e de outro, desde a entrada em funcionamento do FPSO até o final do tempo estimado para a exploração do campo.

Adotado um perfil de produtividade, o resultado de cada opção depende da duração de cada um dos seus "estados da natureza" e da estimativa do investimento requerido.

Obtidos os resultados aplica-se uma função utilidade para cada um dos três tipos de perfil de comportamento, correspondentes às preferências do investidor: conservador, neutro e arrojado.

Se houver mais de três propostas para implantar a solução adotada usa-se o método AHP de múltiplos critérios, Saaty (1980). O método emprega uma matriz de comparação que permite cotejar pares de elementos e verificar a consistência dos resultados, eliminando eventual erro proveniente de avaliação menos acertada. É gerado um índice o qual permite validar ou não as comparações.

O trabalho é completado com a aplicação do método a um exemplo, conclusões e recomendações.

2. OS PROCESSOS DE DECISÃO.

Neste capítulo são apresentadas as preliminares e os processos usados na aplicação do método da arvore de decisão e na análise hierárquica das ofertas de fornecimento. No processo considera-se fixadas a estimativa dos volumes disponíveis na jazida e a capacidade de produção e armazenagem dos sistemas propostos.

2.1 Preliminares

Do ponto de vista do aproveitamento do equipamento, se toma como base a informação de eficiência diária no processo de exploração de poços na área, considerando que a jazida é semelhante ao de outras conhecidas.

Fazendo uso dos dados de sistemas semelhantes em funcionamento se calcula a porcentagem de eficiência dos sistemas de produção configurando um perfil de produtividade que permitirá o estabelecimento de uma ponderação, considerando as porcentagens de eficiência de produção e o tempo de duração das mesmas, para o cálculo do retorno do investimento com base conhecida.

2.2 Aplicação do método da arvore de decisão

Inicia-se o processo de solução representando as alternativas possíveis. A seguir, para cada alternativa constroem-se os ramos referentes aos dois "estados da natureza", antes e depois do início de funcionamento do sistema.

O tempo gasto pela unidade para entrar em operação assim como o tempo em que as unidades não conseguem atender às potencialidades da jazida serão considerados negativos.

A seguir se desenham tantos ramos quantos níveis de produção existam, neste caso foi tomada como base a informação da eficiência diária em poços conhecidos da mesma área, configurando um perfil que permite o estabelecimento de uma ponderação para o cálculo do retorno do investimento com base conhecida.

Para obtenção dos valores, se inicia o cálculo com as extremidades finais da árvore, passando por cada ramo até chegar no ramo inicial de cada opção. Calculam-se os valores da produção de cada equipamento (ou opção) fazendo a ponderação que considera as proporções de tempo em que estas atuam e a produtividade, sendo cada resultado multiplicado pela proporção estabelecida em cada ramo dos estados da natureza inerentes ao prazo de entrada em funcionamento e exploração estabelecidos a priori. Ao resultado destes valores de retorno deve-se subtrair o valor do investimento correspondente.

O valor esperado será função dos valores de produção, dos tempos considerados e dos investimentos de cada opção. Considerando o critério de maximização de lucros, a opção escolhida será a de maior valor resultante.

Para aplicar a função utilidade os valores monetários obtidos no cálculo dos valores esperados da árvore de decisão serão substituídos por um número que representa este valor interpretado por meio de uma função U(x) correspondente a cada perfil definido. Segundo Bekmann e Costa Neto (1980) corresponderão: ao perfil neutro uma reta; para o arrojado

uma função exponencial com expoente menor que a unidade e para o perfil conservador função exponencial com expoente maior que a unidade.

O cálculo dos valores esperados considerando os diversos perfis pode dar resultados diversos aos já obtidos na aplicação inicial da árvore de decisão.

2.3 Análise hierárquica das ofertas de fornecimento

Se existirem três ou mais opções de compra e três ou mais critérios de avaliação, pode-se aplicar a análise hierárquica conhecida como AHP. Esta metodologia desenvolvida por Saaty (1980) propõe a utilização de uma matriz de comparação aos pares dos elementos considerados, sejam opções ou critérios. Após um processo de cálculo indicado pelo autor, se obtém uma hierarquia entre as opções e uma razão de consistência, a qual serve para validar ou não essas comparações.

Inicia-se o processo com uma matriz quadrada A aplicando a metodologia indicada por Saaty (1980) onde a escala dos pareceres de preferência é a da tabela a seguir.

Pareceres de preferências	Valores numéricos
Absoluta	9
	8
Muito forte	7
	6
Forte	5
	4
Moderada (pouco melhor)	3
	2
Igual (equivalente)	1

Tabela de pareceres de preferências

Na matriz A o elemento $\mathbf{a}_{ij}$ representa o valor da opção ou critério **i** em comparação com os da ***j***. Cada elemento $\mathbf{a}_{ij}$ é o inverso do elemento $\mathbf{a}_{ji}$ .Por exemplo: se o valor for 1 significa que, na comparação entre **i** e **j**, o elemento ***i*** é igual ao elemento ***j***; se o valor for 5 significa que o elemento ***i*** é, segundo a escala acima, preferido ao elemento ***j*** com um índice 5; se a_{ij} é igual a 7, então a_{ji} terá o valor de 1/7, e assim por diante.

O passo seguinte é a normalização dos valores das colunas, obtida pela divisão de cada elemento pelo somatório dos elementos da coluna. Desta forma, se obterá um valor adimensional entre 0 e 1. A seguir, se calcula a média dos valores de cada linha, dispondo-

as numa coluna adicional a matriz A. Para controle, verifica-se que a soma dos elementos das colunas, inclusive a das médias, é 1. A coluna das médias adicionadas a matriz A é a escala que estabelece a hierarquia entre os critérios ou entre as opções.

Deve-se verificar a coerência dos valores atribuídos nas avaliações. Para isso, *Saaty(1980)*, propõe uma razão de consistência R.C., calculada pela relação:

$$R.C. = (I.\ C.) / (I.R.)$$

na qual I.C. é o coeficiente de inconsistência e I.R. é um índice das matrizes randômicas.

O cálculo de I.C. é feito pelo uso da fórmula IC = (λ - n)/ (n-1), na qual n representa o número de linhas da matriz A e λ é o seu maior autovalor. O indice das matrizes randômicas IR. é obtido da tabela abaixo, proposta inicialmente por Saaty (1980) e corrigida por Morita (1998), na qual n é o numero de linhas.

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

Valores do índice randômico

Quanto mais inconsistente a matriz, maior será a Razão de Consistência. Somente são aceitos valores menores que 0,10.

No caso dos valores a serem comparados sejam pré-determinados como, por exemplo, os valores dos custos, as avaliações podem ser feitas usando-se a tabela de pareceres de preferências acima apresentada ou montando uma hierarquia segundo o critério empregado.

No caso dos critérios adota-se como peso de cada critério o valor médio das linhas normalizadas. No caso da avaliação das propostas obtém-se uma matriz de hierarquia entre elas para cada um dos critérios. O resultado final é obtido multiplicando os valores da hierarquização de cada critério pelo seu peso.

3. UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO.

Em um campo de extração de petróleo e gás, com uma capacidade estimada de 1.000.000.000 de barris de petróleo, decidiu-se substituir a instalação FPSO existente por outra. É pretendido processar para futura transferência 180.000 bpd (barris por dia) e armazenar 1,9 milhões de barris. Neste trabalho se toma como referência o preço pago pelo arrendamento de uma plataforma que é aproximadamente de US$1,00 por barril extraído

por dia, [1bpd.=US$1,00].(Noticia publicada na Gazetaonline do dia 07 de março de 2002).

Considerando os dados o tempo máximo estimado de exploração da jazida é de aproximadamente 15 anos.

As três opções possíveis são as seguintes:

Opção 1: FPSO novo, com vida útil de 20 anos, e prazo de construção de 3 anos.

Opção 2: Navio usado, aproveitando seu casco e outras partes, com vida útil remanescente de 15 anos , acondicionado e reformado no prazo de 18 meses.

Opção 3: Navio usado, aproveitando seu casco e outras partes, com vida útil remanescente de 8 anos , acondicionado e reformado no prazo de 22 meses.

3.1– Aplicação da árvore de decisão:

A construção da árvore de decisão começa com os três ramos representando cada uma das opções propostas.

A seguir e tomando como referência os prazos, se desenham os ramos correspondentes ao estado da natureza que considera a vida útil de cada navio o prazo em que este poderá entrar em funcionamento e o prazo de extração da jazida, sendo:

Opção 1: prazo de fabricação da instalação 3 anos, máximo período produtivo previsto 15 anos, proporção entre os prazos:

a) até o início da extração; [3/18] = P_1 = 0,166
b) após o início e até o final da vida do equipamento; [15/18]= P_2 = 0,834

Opção 2: prazo de fabricação da instalação 1,5 anos , período entre revisões em dique seco previsto, 15 anos, proporção entre os prazos:

a) até o início da extração; [1,5/16,5] = P_3 = 0,09
b) após o início da extração e até o final do equipamento; [15/16,5] = P_4 = 0,91

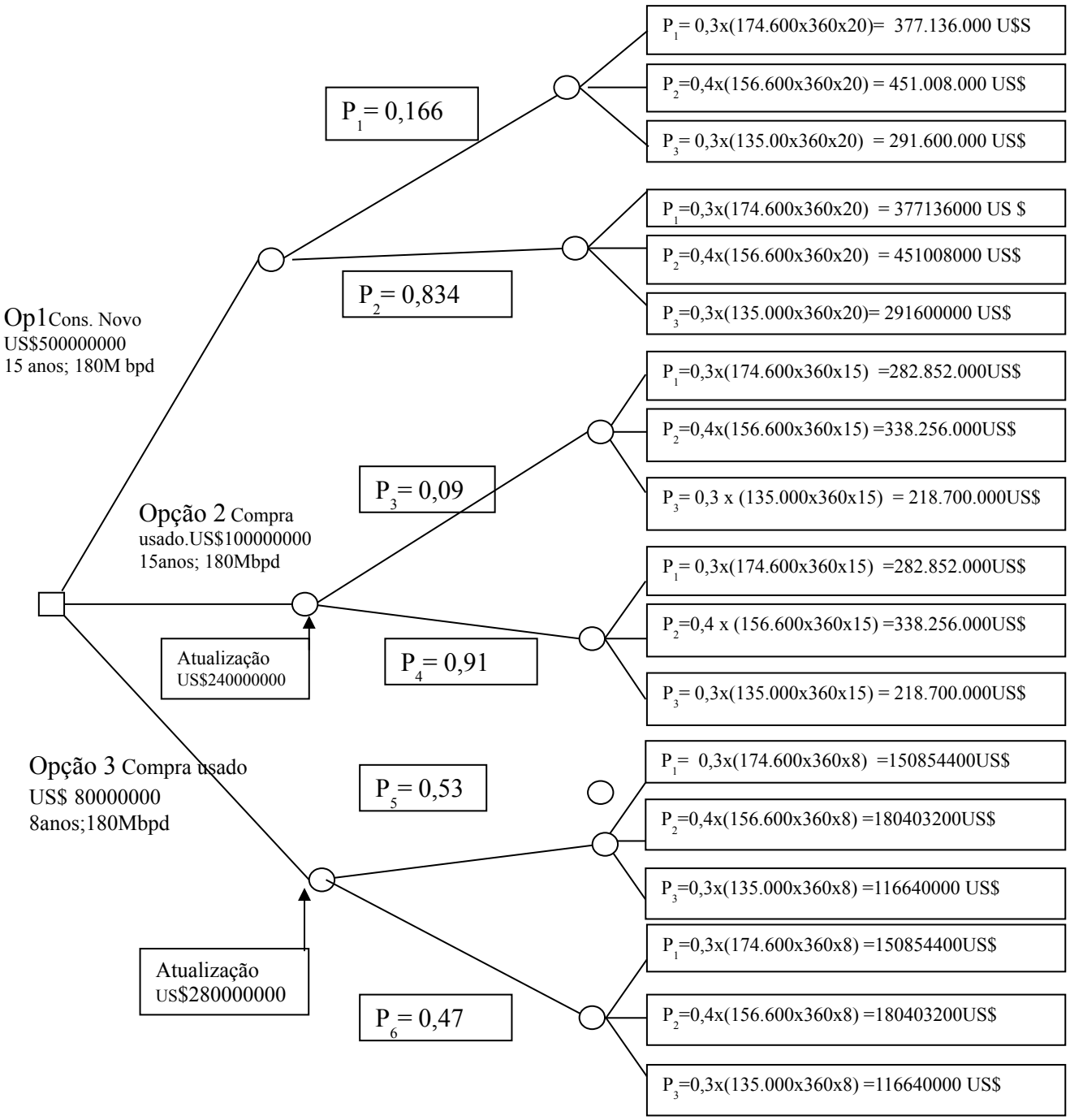
Opção 3: prazo de adaptação da instalação 2 anos, período entre revisões em dique seco previsto 8 anos, vida útil do reservatório 15 anos (do ponto de vista da utilidade proporcionada pela instalação faltarão 7 anos para esgotar o reservatório, este tempo deverá ser considerado improdutivo), proporção entre os prazos:

a) até o início da extração 2 anos e após o término da vida útil da FPSO 7 anos total 9 anos inativo; [9/17] = P_5 = 0,53
b) após o início da extração e até o final do equipamento; [8/17] = P_6 = 0,47

Sendo os valores inativos considerados negativos para o cálculo.

A seguir cada ramo será seguido de três ramos que representam o perfil de produção aplicado considerando a vida útil de cada opção, como segue: Boa eficiência (97% de 180.000bpd) 0,30 do tempo; com Média eficiência (87% de 180.000bpd) 0,40 do tempo e Baixa eficiência (75% de 180.000bpd) 0,30 do tempo.

Neste caso as três opções dispõem do mesmo tipo de equipamento sendo que a diferença nos valores calculados é dada pela vida útil de cada uma delas.



Cálculo do valor esperado de cada opção menos o investimento :

Opção 1= [(0,834 - 0,166) x 1119744000*]–500000000* = 747.988.990 – 500.000.000 = 247.988.990 US$

Opção 2 = [(0,91 - 0,09) x 839.808.000*] – 340.000.000* = 688.642.560 – 340.000.000 = 348642560 US$

Opção 3 = [(0,47 - 0,53) x 447897600*] – 360.000.000* = - 26873856 –360.000.000 = - 386873850 US$

Observação: os valores monetários a serem utilizados na aplicação da função utilidade estão indicados com *.

Utilizando o critério de maximização dos valores esperados o método de apóio indica que a opção mais vantajosa é a opção 2 correspondente ao aproveitamento de um casco com 15 anos de vida útil remanescente.

3.2. Aplicação da teoria da utilidade

Considerando três tipos de perfil de investidor, um perfil neutro que coincide com os resultados da arvore anterior, um perfil de investidor arrojado que e propenso ao risco e um perfil de investidor avesso ao risco. Teremos os seguintes valores da função utilidade.

Resultados	neutro	avesso	arrojado
1119744000*	1	1	1
839808000*	0,827172689	0,90949	0,68421466
447897600*	0,585214454	0,764993	0,34247596
-340000000*	0,098781042	0,314295	0,00975769
-360000000*	0,086433412	0,293996	0,00747073
-500000000*	0	0	0

Cálculo dos valores esperados substituindo os valores reais pelos transformados por meio da função utilidade.

Perfil Neutro: $u_1(x) = \dfrac{x - (-\ 500.000.000)}{1.119.744.000 - (-\ 500.000.000)}$

Opção 1:= [(0,834 - 0,166) x 1] + 0 = 0,668
Opção 2 = [(0,91 - 0,09) x 0,827172689] + 0,098781042= 0,777062647
Opção 3 = [(0,47 - 0,53) x 0,585214454] +0,086433412 = -0,25234763

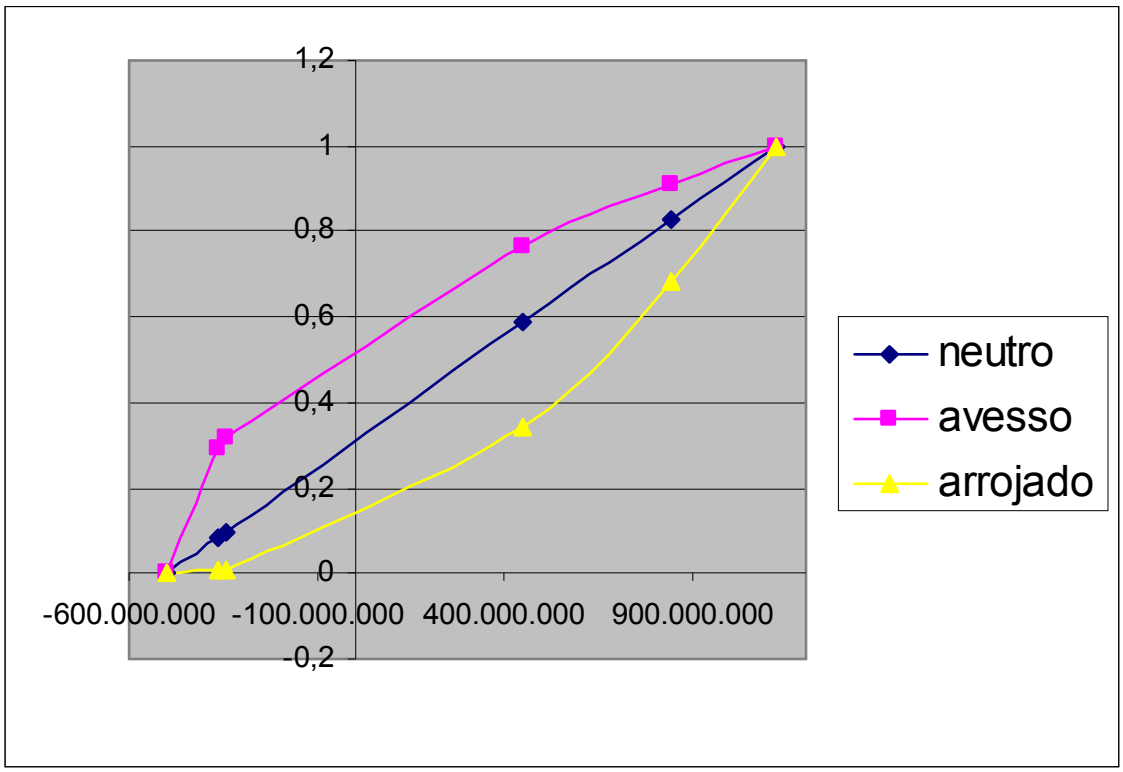
Perfil Avesso ao risco: $u_2(x) = \left[\dfrac{x - (-\ 500.000.000)}{1.119.744.000 - (-\ 500.000.000)}\right]^{0,5}$

Opção 1:= [(0,834 - 0,166) x 1] + 0 = 0,668
Opção 2 = [(0,91 - 0,09) x 0,90949] + 0,314295 = 1,060077
Opção 3 = [(0,47 - 0,53) x 0,764993] + 0,293996 = -0,165

Perfil Arrojado: $u_3(x) = \left[\dfrac{x - (-\ 500.000.000)}{1.119.744.000 - (-\ 500.000.000)}\right]^{2}$

Opção 1:= [(0,834 - 0,166) x 1] + 0 = 0,668
Opção 2 = [(0,91 - 0,09) x 0,68421466] + 0,00975769 = 0,56852675
Opção 3 = [(0,47 - 0,53) x 0,34247596] + 0,00747073 = -0,19572788

Opção	Neutro (u_1)	Avesso (u_2)	Arrojado(u_3)
1 Valor Esp.	0,668	0,668	0,668
2 Valor Esp.	0,777062647	1,060077	0,56852675
3 Valor Esp.	-0,25234763	-0,165	-0,19572788



Aplicando os valores do perfil neutro o sistema indica a opção 2 como a mais conveniente para o projeto.

Aplicando os valores do perfil avesso ao risco o sistema indica a opção 2 como a mais conveniente.

Aplicando os valores do perfil arrojado, o sistema indica a opção 1 como a mais conveniente.

3.3 Aplicação do AHP

Para este objetivo se escolhe entre quatro propostas de navios para serem utilizados dentro da mesma condição de vida útil remanescente.

São definidos os critérios seguintes: Custos (I); Estado da Estrutura (II); Durabilidade (III) ; Reciclagem (IV) e Prazo de entrega(V).

MATRIZ PARA PESOS DOS CRITÉRIOS

CRITÉRIOS	Custo	Estado da estrutura	Durabilidade	Reciclagem	Prazo de entrega
Custo	1	0,25	0,333333	0,166667	0,2
Estado da estrutura	4	1	0,5	0,2	5
Durabilidade	3	2	1	0,142857	3,00003
Reciclagem	6	5	7	1	4
Prazos	5	0,2	0,33333	0,25	1

Normalização

CRITÉRIOS	Custo	Estado da estrutura	Durabilidade	Reciclagem	Prazo de entrega	Médias
Custo	0,029586	0,036364	0,094723	0,0151515	0,045691	**0,045691**
Estado da estrutura	0,118343	0,054545	0,113667	0,378787	0,175174	**0,175174**
Durabilidade	0,236686	0,109091	0,081191	0,2272745	0,162427	**0,162427**
Reciclagem	0,591716	0,763637	0,568336	0,3030296	0,508501	**0,508501**
Prazos	0,023669	0,036363	0,142084	0,0757574	0,108206	**0,108206**

A matriz, com os pesos dos critérios é:

Custo	**0,045691**
Estado da estrutura	**0,175174**
Durabilidade	**0,162427**
Reciclagem	**0,508501**
Prazos	**0,108206**

Que multiplicada pela matriz de avaliação dará o seguinte resultado:

0,452
1,149683
1,055904
2,20794
0,507272
λ = 5,3728

Aplicando a fórmula empírica do desvio sendo $\lambda = 5,3728$; e o número de critérios 5, o índice de coerência será: IC = (5,3728– 5)/4 = 0,0932 ; calculando a razão de consistência para n=5; R.C.= 0,0932 / 1,11= 0,0839

Conseguindo um parâmetro dentro do valor aceitável.

Seguindo com a metodologia se monta uma matriz de avaliação para cada um dos critérios escolhidos, comparando as propostas como solução ao problema.

No caso do primeiro critério Custos, pode-se determinar a hierarquia segundo os valores que apresentam as propostas. Por ser este critério do tipo determinístico e decrescente, ou seja, quanto menor o custo melhor.

O procedimento e o seguinte: monta-se uma matriz coluna onde cada linha será preenchida por cada proposta, se calcula o valor do quociente entre a unidade e o custo de cada proposta obtendo-se desta forma um valor onde o menor custo estará representado por um valor maior, seguidamente se faz a somatória dos valores e a normalização que consiste na divisão de cada elemento pelo resultado da somatória, fazendo que haja uma coerência com a escala proposta por Saaty (1980) do tipo crescente assim como com os valores dos índices, sendo que a somatória dos valores das hierarquias indicadas na matriz coluna devem resultar na unidade.

Proposta 1:US$98milhões
Proposta 2:US$ 95 milhões
Proposta 3:US$ 97 milhões
Proposta 4;US $96 milhões

1/98 = 0,010204
1/95 =0,010526
1/97 = 0,010309
1/96 =0,010417
Total : 0,041456

Normalizando os valores:

Proposta 1	Quarto	0,24614
Proposta 2	Primeiro	0,253913
Proposta 3	Terceiro	0,248678
Proposta 4	Segundo	0,251268
	Total	1,00

O segundo critério a ser considerado é o de Estado da Estrutura, se faz uma análise comparativa de cada proposta apresentada usando este critério, obtendo uma hierarquia de atributos que se observa na matriz resultante da aplicação do método AHP.

Estado da Estrutura

Opção	Prop. 1	Prop. 2	Prop. 3	Prop. 4
Proposta 1	1	2	5	7
Proposta 2	1/2	1	3	5
Proposta 3	1/5	1/3	1	3
Proposta 4	1/7	1/5	1/3	1

Normalizando (dividindo cada elemento pela somatória de cada coluna).

	Prop. 1	Prop. 2	Prop. 3	Prop. 4	Médias
Proposta 1	0,5426	0,566	0,535	0,4375	**0,520472**
Proposta 2	0,2713	0,283	0,321	0,3125	**0,297066**
Proposta 3	0,1085	0,0943	0,107	0,1875	**0,124377**
Proposta 4	0,0775	0,0566	0,035	0,0625	**0,058084**

Cálculo de λ

	2,143082
	1,220856
	0,501747
	0,23331
λ	4,098994

Desta matriz obtemos também os indicadores: λ = 4,09899

IC = 0,032998; R.C.= 0,032998/ 0,89= 0,037 valor aceitável.

O terceiro critério a aplicar na matriz de comparação é o da Durabilidade.

	Proposta 1	Proposta2	Proposta 3	Proposta4
Proposta 1	1	6	7	9
Proposta 2	1/6	1	2	5
Proposta 3	1/7	1/2	1	3
Proposta 4	1/9	1/5	1/3	1

Normalizando e fazendo a média do critério de Durabilidade de cada navio.

	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4	**Média**
Proposta 1	0,703911	0,765957	0,666667	0,6	**0,68413**
Proposta 2	0,117318	0,12766	0,190476	0,2	**0,15886**
Proposta 3	0,100559	0,06383	0,095238	0,133333	**0,09824**
Proposta 4	0,019553	0,042553	0,047619	0,066667	**0,05876**

Verificando o RC, desta matriz.

	2,853860
	0,645654
	0,392931
	0,236852
λ =	4,129297

Desta matriz obtemos, também, o indicador:

IC = (4,129297 – 4)/ 3 = 0,04309; R.C.= 0,04309/ 0,89= 0,0484 valor aceitável.

O quarto critério a aplicar na matriz de comparação é da Reciclagem do navio.

	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4
Proposta 1	1	5	7	9
Proposta 2	0,2	1	3	4
Proposta 3	0,1428571	0,3333333	1	3
Proposta 4	0,1111111	0,25	0,33333333	1
Total	1,4539682	6,5833333	11,333333	17

Normalizando:

	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4	Médias
Proposta 1	0,759493675	0,617647	0,5294118	0,648581	**0,648581**
Proposta 2	0,151898735	0,264706	0,2352941	0,197363	**0,197363**
Proposta 3	0,050632907	0,088235	0,1764706	0,103398	**0,103398**
Proposta 4	0,037974684	0,029412	0,0588235	0,050657	**0,050657**

Verificando o RC, multiplica-se a matriz origem com a matriz coluna, resultando a nova matriz:

	2,8151
	0,839903
	0,413812
	0,206529
$\lambda =$	4,275344

Aplicando a fórmula empírica do Índice de Coerência: IC = (4,275344-4)/3 = 0,0917
Calculando a Razão de Coerência: R.C.= 0,0917 / 0,89= 0,10 valor aceitável.

O quinto critério a aplicar na matriz de comparação é do Prazo de Entrega do navio.

	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4
Proposta 1	1,00	1/2	1/3	1/5
Proposta 2	2,00	1,00	1/4	1/3
Proposta 3	3,00	4,00	1,00	1/2
Proposta 4	5,00	3,00	2,00	1,00

Normalizando e fazendo as médias de cada alternativa:

	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4	**Médias**
Proposta 1	0,090909	0,058824	0,093023	0,098361	**0,085279**
Proposta 2	0,181818	0,117647	0,069767	0,163934	**0,133292**
Proposta 3	0,272727	0,470588	0,27907	0,245902	**0,317072**
Proposta 4	0,454545	0,352941	0,55814	0,491803	**0,464357**

Calculando os desvios e a Razão de Coerência:

0,350487
0,537904

	1,338255
	1,924772
λ =	4,151418

Aplicando a fórmula empírica do índice: IC = (4,151418-4)/3 = 0,050473

R.C.= 0,050473/ 0,89= 0,0567 valor aceitável.

Agrupando todas as matrizes hierárquicas correspondentes a cada critério, obteremos a matriz consolidada da hierarquia das alternativas, que multiplicada pela hierarquia dos pesos dos critérios dará a hierarquia final.

Opções	Custo	Estado da Estrutura	Durabilidade	Reciclagem	Prazo de Entrega
Proposta 1	0,24614	0,52047	0,68413	0,60823	0,085279
Proposta 2	0,25391	0,29706	0,15886	0,25147	0,133292
Proposta 3	0,24867	0,12437	0,09823	0,09893	0,317072
Proposta 4	0,25126	0,05808	0,04409	0,04135	0,464357

X 0,0456910,0456910,1751740,1751740,1624270,1624270,5085010,5085010,1082060,108206 = Proposta 1 Primeira hierarquia0,532054Proposta 2 Segunda hierarquia0,231738Proposta 3 Terceira hierarquia0,133719Proposta 4 Quarta hierarquia0,100089

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

Na primeira parte do problema foram definidos o prazo de entrada em funcionamento do FPSO e a vida útil de cada opção assim como os períodos de atividade e inatividade durante o tempo de extração da jazida. Assim para a alternativa de construção totalmente nova somente foi tomado em conta o investimento total, enquanto que para as outras duas, com reaproveitamento de navios existentes, teve de ser somada a quantia necessária para deixar estas operacionais e os valores de cada opção proposta.

Tomando como base de comparação o valor esperado de cada opção, em estas condições, descontado o valor do investimento correspondente, considerando um critério de maximização do lucro o método indicou a segunda opção como a mais conveniente.

Na aplicação da função utilidade com três tipos de perfil, se obtiveram resultados diversos em cada simulação, confirmando a flexibilidade do sistema, já que dependendo do comportamento do investidor, a decisão será influenciada indicando o tipo de solução mais conveniente para cada caso.

Na segunda parte do problema, com a aplicação do método de análise hierárquica AHP a opção de escolha foi definida pela hierarquia obtida a partir de análises feitas de valores quantitativos e de valores qualitativos obtidos dos pareceres de avaliadores, todos incorporados na matriz de decisão, outros critérios e outros elementos podem ser analisados na hora da decisão, modificando a preferência.

Observa-se que utilizando critérios de avaliação como o estado de conservação da estrutura de cada navio, se coloca parte do peso da decisão na sensibilidade do profissional que terá que fazer o julgamento, sendo que caberá a este a imparcialidade do juízo. A metodologia de apóio à decisão utilizada possui um índice que permite o controle do processo sendo que esta imparcialidade e verificada passo a passo no método.

Segundo a metodologia AHP, analisando comparativamente os valores das razões de coerência obtidas em cada matriz, em caso de detectar um desvio acima dos índices preestabelecidos se pode centrar a comparação entre elementos a serem julgados conseguindo desta forma uma avaliação com maior precisão.

5. CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES.

A metodologia empregada permite o aperfeiçoamento das decisões na indústria naval e de exploração de petróleo e gás, fazendo com que a sensibilidade dos profissionais seja aguçada, aumentando a percepção do processo de decisão e diminuindo a possibilidade de erros de avaliação.

Se as condições do problema variarem após o processo de auxílio à decisão ser implementado, recomenda-se aos projetistas e armadores decidirem se convém executar novamente o processo.

Os critérios empregados no exemplo não constituem uma panacéia. Em todos os casos reais os critérios são estabelecidos pela empresa de acordo com seus interesses e preferências.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BEKMAN, Otto R. e COSTA NETO, Pedro L. de Oliveira, Análise estatística da decisão. Editora Edgard Blücher Ltda. 1980

CLEMEN, R.T. Making hard decisions. Duxbury, Press-Wadsworth.1991

DREWRY SHIPPING CONSULTANTS THE SHIPBUILDING MARKET – 1995-2010

FORMAN Ernest. DSc., SELLY Mary Ann, Decision By Objectives

GARBER, Marcos Fernando, dissertação de mestrado, Estruturas Flutuantes Para A Exploraçãode Campos De Petróleo No Mar (Fpso): Apoio À Decisão Na Escolha Do Sistema. www.teses.usp.br/teses/disponiveis/ 3/3135/tde-31052003-180222/publico/Garber171202.pdf

JANSEN, Leila Keiko Kanegusuco, SHIMIZU ,Tamio, JANSEN José Ulises Uma análise de investimento considerando fatores intangíveis. ENEGEP 2004

MORITA Hideyuki, Revisão do Método de Análise Hierárquica – MAH (AHP- Analytic Hierarchy Process). Dissertação de Mestrado Engenharia, EPUSP, São Paulo 1998.

RAIFFA, Howard, Teoria da Decisão, aulas introdutórias sobre escolhas em condições de incerteza.(Tradução de S. Girão) Editora Vozes. EDUSP. 1977

SAATY, Thomas Lorie, The Analytic Hierarchy Process –planning priority setting, resource allocation. 1980 New York, Mc Graw Hill

SAATY, Thomas Lorie, The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process. ISAHP Proceedings. Kobe 1999

Aplicación de los Elementos Finitos en el Comportamiento Mecánico de Uniones Tubulares Tipo (Y) Usadas en Estructuras OFFSHORE.

AUTOR: Dr. Mario Jacas Cabrera [1].
Dr. Carlos Alberto Nunes Días [2]
Dr. Melchor Rodrigues Madrigal[1]
Ing. Rodolfo Valentí Giraudy[1.]
1- Profesor do Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría; CUJAE
Ave. 114 # 11901 e/ 119 y 127, Marianao, C de la Habana, Cuba. CP-19390.
e-mail: jacas@mecánica.cujae.edu.cu.

2- Profesor da Escola Politécnica da São Paulo.Brasil
e-mail: candias@USP.br

Resumen:

En este trabajo se realiza el modelado por medio de elementos finitos (EF) de las uniones tubulares tipo (Y) usadas en las estructuras OFFSHORE, con el objetivo de determinar los valores de **HOP-SPOT STRESS**, y las ecuaciones paramétricas para la determinación de los valores de factor de concentración de tensiones (**FCTmax).**

Para la modelación por EF fue utilizado el software GERTUS con la finalidad de generar las mallas de los diferentes modelos así como la línea del cordón de soldadura según normas establecidas con elementos sólidos de ocho nodos. El análisis de los resultados fue realizado con el software de EF. ALGOR.

En la investigación las uniones tubulares tipo (Y) fueron sometidas a cargas axiales y de momento en el plano.
Tanto para las uniones cargadas axialmente como las cargadas con momento en el plano se obtuvieron los modelos matemáticos para la determinación de los valores de FCT max.

Como aspecto relevante se demostró que con la realización de la línea del cordón de soldadura con radio de curvatura en la sección transversal de la misma, el valor de FCT max tienen lugar en la zona media del espesor de la línea de soldadura y no en los extremos de los catetos del cordón, como afirman otros investigadores.

Introducción:

Durante los últimos 30 años, han sido publicados una gran cantidad de trabajos sobre las concentraciones de tensiones en las uniones tubulares. La mayor parte de estos han sido motivados por la necesidad de garantizar un diseño seguro de las estructuras tubulares, las cuales están sometidas a fuerzas repetitivas y variables, siendo propensas a fallas por fatiga como es el caso de las estructuras OFFSHORE. Los valores de tensiones nominales (axial o de flexión) en los elementos tubulares se incrementan considerablemente en algunas zonas en la vecindad de las uniones soldadas, denominándosele a estas zonas "hot-spot stress". La misma puede encontrarse próxima al tubo principal o al secundario en dependencia de la geometría de la soldadura y de la unión.

La relación de la tensión de hot-spot stress entre la tensión nominal es llamado Factor de Concentración de Tensiones (FCT).

La predicción exacta de los concentradores de tensiones, es de importancia primaria en el acceso y comprensión de la integridad estructural en uniones tubulares.
Con el fin de lograr un mejor entendimiento de la geometría de una unión tubular tipo (Y) se detallan los siguientes parámetros, figura 1

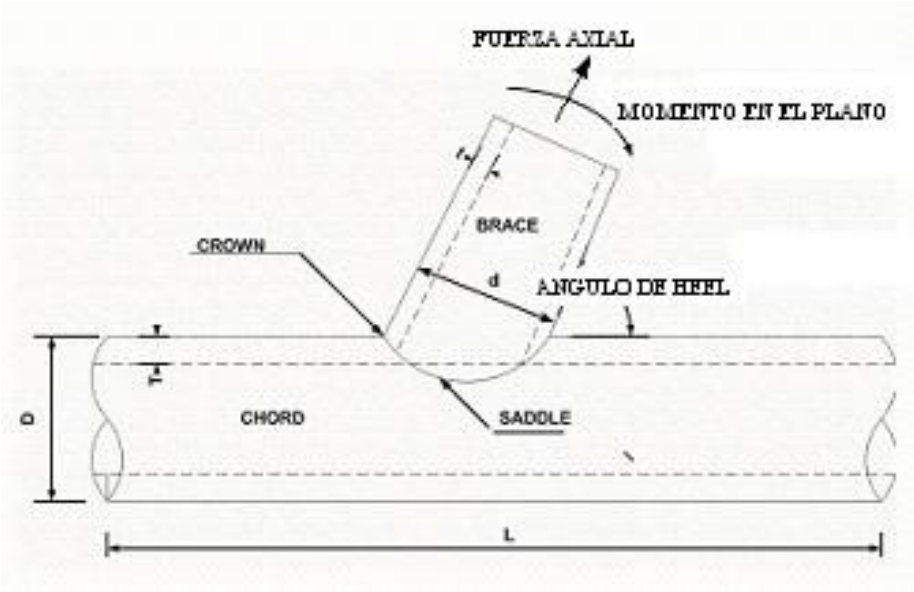


Fig. 1 Parámetros de la unión tubular tipo (Y).

En este tipo de uniones tubulares, las dimensiones se establecen por medio de relaciones o parámetros geométricos (**α, β, γ, τ**).

$$\alpha = \frac{2L}{D} \; ; \quad \beta = \frac{d}{D} = (\leq 1) ; \quad \gamma = \frac{D}{2T} ; \quad \tau = \frac{t}{T} \tag{1}$$

Revisión Bibliográfica:
En el estudio de los concentradores de tensiones se han llevado a cabo numerosos análisis experimentales: con uniones tubulares reales, modelos a escala de acero, de acrílico y con la implementación de herramientas computacionales, todos con el fin de obtener ecuaciones paramétricas para la determinación de los FCT.

Entre los primeros trabajos de modelación con elementos finitos para la determinación de las formulas paramétricas de FCT en las uniones tubulares están las desarrolladas por Kuang, Gibstein MB, Efthymiou / Durkin, etc.

Kuang [1], utilizó el método de los EF con elementos de cáscara, cubriendo las configuraciones de las uniones tipo T, Y, K, y KT. Una limitación en este trabajo es que el autor no considera la línea del cordón de soldadura en los modelos.
La formulación que considera la fuerza axial y los momentos en el plano y fuera del plano tienen el siguiente formato:

$$SCF = K.\gamma^{m1}.\beta^{m2}.\tau^{m3}.\xi^{m4}.\sin^{n}\theta \tag{2}$$

De la misma forma, Kuang [2] presento una versión mejorada de esta formulación. En este modelo las condiciones de contorno se consideraron de apoyo para las extremidades del CHORD en los casos de carga axial y de momento en el plano, así como empotrados en los casos de carga de momento fuera del plano.

Gibstein [3], también utilizo los M.E.F con elementos de cáscara para la elaboración de sus formulas, analizando inicialmente uniones tipo (T). Aparentemente Gibstein no realizo investigaciones sobre la influencia de (α), en los caso de carga axial.
A pesar de que los resultados de Gibstein demostraron poca influencia de las condiciones de contorno para los FCT en los casos de fuerza en el plano, él utiliza aparentemente condiciones de apoyo para los extremos del CHORD.

Efthymiou [4] fue otro de los investigadores que utilizó M.E.F con elemento de cáscara 3D, pudiéndose notar en las formulas obtenidas por él un mayor nivel de detalles en sus investigaciones, considerando en los modelos la línea de soldadura. En sus trabajos abarco las configuraciones de las uniones tipo T, Y, y K, aquí se nota la preocupación en obtener para los casos de fuerzas en el plano, formulas para las zonas de CROWN y SADDLE por separado, así como analiza los casos de condiciones de contorno para los extremos del CHORD de empotrados y apoyados. En este trabajo analiza la influencia de los tubos cortos del CHORD en los valores de FCT, proponiendo correcciones para los casos en los cuales $\alpha < 12$.
En 1988 Efthymiou [5], publicó un juego de ecuaciones paramétricas que cubren las configuraciones simples de uniones tubulares: X, K y KT.

Karamanos [6], presenta un estudio sobre la concentración de tensiones en uniones tubulares tipo K, usando EF con elementos sólidos de 20 nodos, representando la línea del cordón de soldadura según la norma AWS.
En este trabajo fueron usadas cuatro condiciones de carga: axial, momento en el plano y fuera del plano así como en el tubo principal CHORD.

Loyd's Register [7], se establece un resumen de los resultados obtenidos por todos aquellos investigadores que realizaron investigaciones en modelos de uniones tubulares de acero con medidas naturales o a escala, así como aquellos que usaron modelos en acrílico para diferentes tipos de uniones. Teniendo en cuenta todos estos resultados, obtuvieron modelos matemáticos paramétricos para los tipos de uniones analizadas.
En este trabajo se reconoce entre todos los trabajos hechos por EF solamente las formulaciones obtenidas por Efthymiou, por considerarla las de mayor fiabilidad hasta el momento.
En este trabajo se pretende usando la modelación por EF establecer las formulaciones matemáticas para la determinación de los FCTmax. de las uniones tubulares tipo Y, bajo carga axial y de momento en el plano.

Desarrollo:

Uniones tubulares tipo (Y) sometidas a momento en el plano:

Con el objetivo de obtener los modelos matemáticos de los FCTmax se creo una matriz experimental $2^4 \times 4^1$, donde las variables tomaron los valores:

$7 < \alpha < 11$

$14 < \gamma < 24$

$o,3 < \beta < 0,8$

$0,5 < \tau < 1$

Angulo de Heel (α_c) = 60; 70; 80; 90

Modelación por Elementos Finitos.

Para la creación de los modelos por elementos finitos fue utilizado el software

GERTUS [8; 9], con la finalidad de generar el mallado de los diferentes modelos. Este software genera la línea del cordón de soldadura según las normas establecidas en la A.S.W., obteniéndose en la sección transversal del cordón de soldadura un radio que garantiza una tangencia satisfactoria entre las superficies de los tubos principal (CHORD) y secundario (SADDLE), figura 2 y 3

La malla de EF es elaborada a partir de la formulación de algunos puntos notables que definen el contorno de la sección transversal del cordón de soldadura en cada posición a lo largo de la generatriz y como función de los siguientes parámetros geométricos: D; d; T; t; ángulo dietral (ψ); ángulo de bisel; holgura (GAP), figura 4.
Como elementos el software genera elementos sólidos tipo BRICK de ocho nodos.

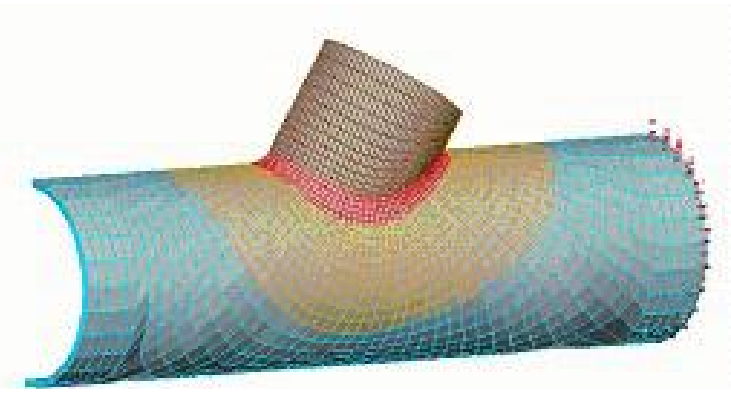


Fig. 2 . Mallado de la unión tubular tipo Y.

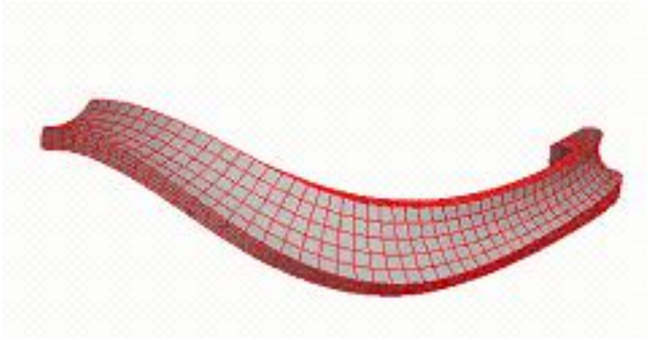


Fig. 3. Cordón de soldadura

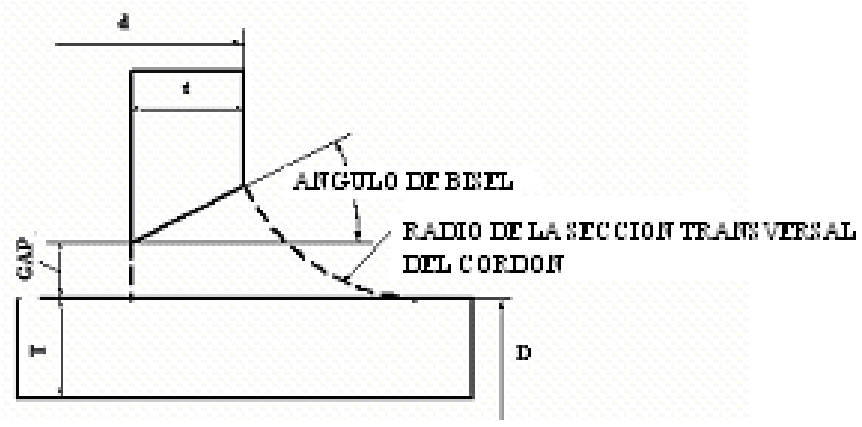


Fig. 4. Parámetros geométricos de la sección transversal del cordón.

Para la determinación de los FCT, los modelos fueron rodados en el software de elementos finitos ALGOR versión 12, realizándose un análisis lineal estático con tensiones máximo principales.
En los análisis con carga axial el sistema fue sometido a cargas que garantizan tensiones nominales unitarias, así en el análisis con momento en el plano el sistema fue sometido a valores de momento que generan tensiones nominales unitarias, lo que permitió la obtención directa de los FCTmax.

Como condiciones de frontera se considero el sistema empotrado en ambos extremos del tubo principal CHORD.

Como material para los modelos fue considerado el acero AISI 1020, con propiedades mecánica: limite de fluencia $\sigma f = 380$ MPa, coeficiente de Poisson $\mu = 0.3$, y modulo de elasticidad
E = 210 MPa..

Como criterio de resistencia fue considerado que las aberturas de raíz (GAP) tuvieran una longitud igual al espesor de los tubos secundarios BRACE y el ángulo de bisel igual a la mitad del ángulo de HEEL de la unión.

Como primer paso en la modelación fue realizado un análisis de convergencia para garantizar la precisión de los valores de tensiones en función de la cantidad de elementos a lo largo y en el espesor de la línea del cordón de soldadura, la que fue alcanzada con una cantidad de elementos a lo largo del cordón de 42.

Los valores determinados de FCTmax., se muestran en la tabla I.
Como aspecto innovador de estos resultados (FCTmax.) se muestra que los valores no son obtenidos en los extremos del catetos del cordón de soldadura, si no en el medio del espesor de la línea de soldadura en la zona del CROWN, lo que a nuestro criterio acontece debido al radio obtenido de forma cóncava, figura 5.

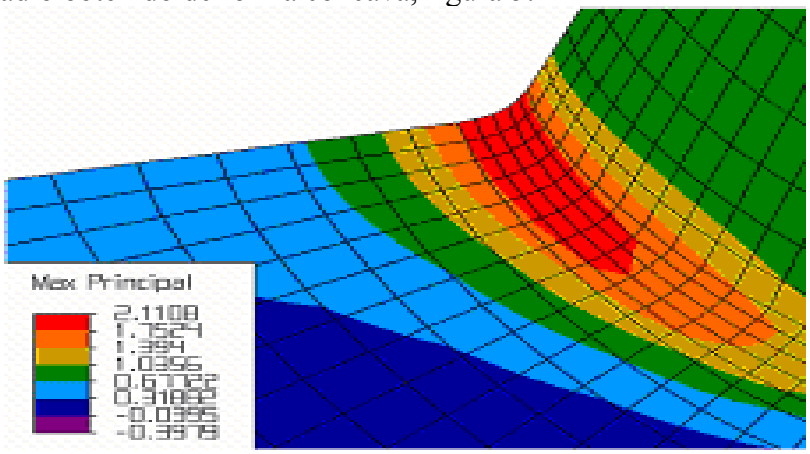


Fig. 5. FTCmax en el medio de la línea de soldadura en la zona del CROWN.

Tabla I. FCT máximo de las uniones en (Y) con ángulos de 60, 70, 80 y 90, Cargadas con momento en el plano.

Exp.	GANMA	BETA	TAO	GAP (mm)	Ángulos de Heel			
					60º	70º	80º	90º
					Angulo de bisel: 30º	Angulo de bisel: 35º	Angulo de bisel: 40º	Angulo de bisel 45º
1	14	0.3	0.5	13.25	1.7492	1.9641	2.0254	2.007
2	14	0.3	1	27	1.6978	1.9324	2.06465	20594
3	14	0.8	0.5	13.25	2.1108	2.2459	2.2855	2.222
4	14	0.8	1	27	2.3835	2.6177	2.7001	2.6124
5	24	0.3	0.5	8	2.5532	2.8607	3.0131	3.008
6	24	0.3	1	16	2.9377	3.3893	3.6263	3.6263
7	24	0.8	0.5	8	2.7769	3.004	3.1217	3.102
8	24	0.8	1	16	3.2403	3.57	3.72	3.638
9	14	0.3	0.5	12.95	1.7254	1.9422	2.0068	1.985
10	14	0.3	1	25.9	1.662	1.8962	2.021	2.0159
11	14	0.8	0.5	12.95	2.0876	2.227	2.2658	2.189
12	14	0.8	1	25.9	2.3285	2.559	2.644	2.5827
13	24	0.3	0.5	7.55	2.5467	2.8562	3.0088	3.009
14	24	0.3	1	15.1	2.9362	3.3870	3.6245	3.6248
15	24	0.8	0.5	7.55	2.7431	2.9705	3.0873	3.073
16	24	0.8	1	15.1	3.1889	3.51	3.6718	3.605

Con el software de estadística STATISTICS, se ajustaron los resultados de FCTmax. de la unión sometida a momento en el plano a un modelo exponencial;

$$FCT_{\max.} = b0 * \gamma^{b1} * \beta^{b2} * \tau^{b3} * seno^{b4}\alpha_c \qquad (3)$$

b0 = 0,378988
b1 = 0,730076
b2 = 0,095164
b3 = -0,030854
b4 = 1,026079
Como coeficiente de regrecion se obtubo R= 0,9694

El comportamiento de la formula (3) con respecto a los diferentes valores de heel se aprecia en la figura 6.

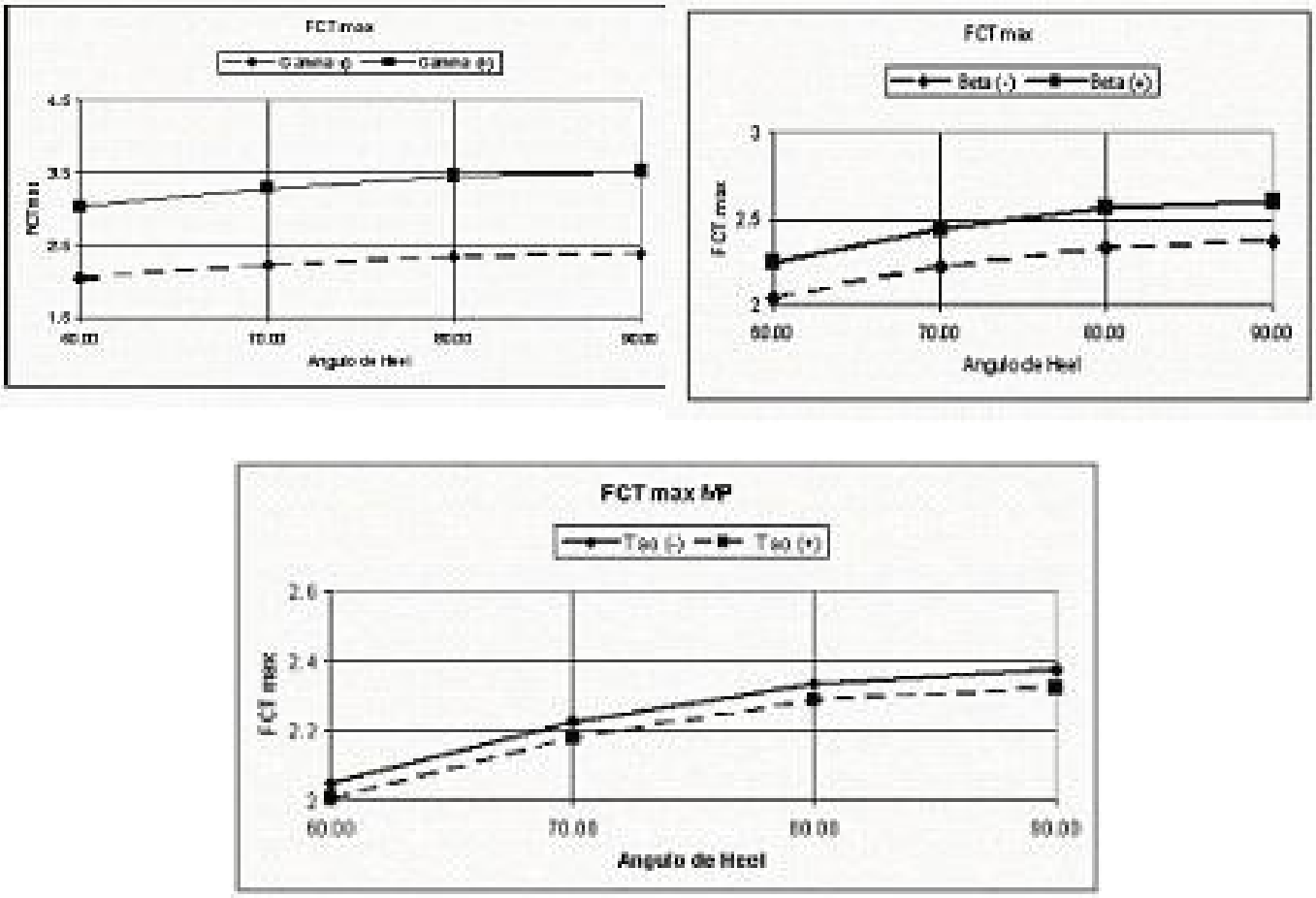


Fig. 6. Comportamiento de la fórmula (3) con respecto a los diferentes ángulos de heel para cada variable.

Uniones tubulares tipo (Y) cargadas axialmente.

Para los análisis de las uniones tipo (Y) sometidas a carga axial, fue usada la misma metodología empleada en las uniones sometidas a momento en el plano, de hecho se uso la misma matriz experimental, siendo el objetivo obtener los modelos matemáticos de FCTmax bajo este tipo de carga.
Las uniones fueron sometidas en los extremos de los tubos secundarios a fuerzas axiales que generan valores unitarios de tensiones nominales, lo que permiten que sean obtenidos directamente los resultados de FCTmax, tabla II.

De los análisis realizados, resultó que como en los casos de las uniones en (Y) bajo momento en el plano los valores de FCT max. se presentaron en el medio del espesor del cordón de soldadura en la zona del CROWN HEEL y del SADDLE.

En la tabla II se muestran los valores de FCTmax obtenidos en la zona de CROWN HEEL y de SADDLE, y por excepción en la zona del CROWN para diferentes ángulos de heel.
En este punto se debe notar que cuando os valores de FCTmax no coinciden exactamente con la zona del SADLLE están desplazados una pequeña distancia a la zona del CROWN.

En la figura 7 se presenta el modelo obtenido para las tensiones máximas principales (FCTmax) en el medio del espesor l de la línea de soldadura en la zona del SADLLE.

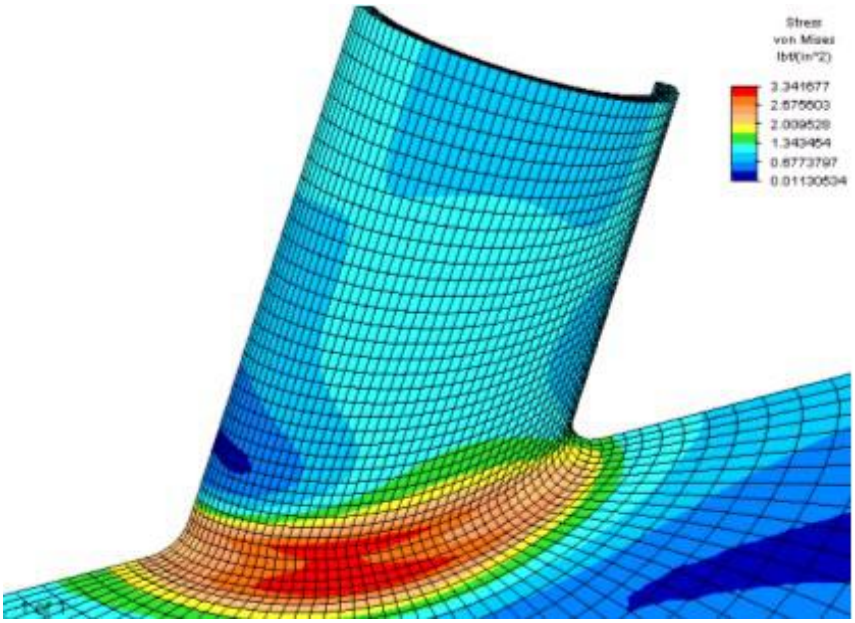


Fig. 7. FCT max en la zona del SADLLE.

Exp.	GAP (mm)	α	γ	β	τ	Ángulos de Heel (^{0})							
						60		70		80		90	
						Angulo de bisel: 30º		Angulo de bisel: 35º		Angulo de bisel: 40º		Angulo de bisel: 45º	
						FCT max	Lugar de ocurrencia	FCT max	Lugar de ocurrencia	FCT max	Lugar de ocurrencia	FCT max	Lugar de ocurrencia
1	13.25	7	14	0.3	0.5	4.573	SADDLE	5.323	SADDLE	5.597	SADDLE	5.696	SADDLE
2	27	7	14	0.3	1	6.515	SADDLE	7.732	SADDLE	8.215	SADDLE	8.152	SADDLE
3	13.25	7	14	0.8	0.5	3.346	CROWN HEEL	3.801	CROWN HEEL	3.940	CROWN HEEL	3.830	CROWN
4	27	7	14	0.8	1	4.279	CROWN	4.616	CROWN	4.719	CROWN	4.633	CROWN
5	8	7	24	0.3	0.5	6.774	SADDLE	7.818	SADDLE	8.392	SADDLE	8.455	SADDLE
6	16	7	24	0.3	1	10.865	SADDLE	12.403	SADDLE	13.165	SADDLE	13.114	SADDLE
7	8	7	24	0.8	0.5	4.629	CROWN HEEL	5.168	CROWN HEEL	5.265	CROWN HEEL	5.071	CROWN
8	16	7	24	0.8	1	6.192	CROWN HEEL	6.674	CROWN HEEL	6.699	CROWN HEEL	6.442	CROWN
9	12.95	11	14	0.3	0.5	4.433	SADDLE	5.594	SADDLE	5.906	SADDLE	5.802	SADDLE
10	25.9	11	14	0.3	1	7.040	SADDLE	8.054	SADDLE	8.556	SADDLE	8.464	SADDLE
11	12.95	11	14	0.8	0.5	3.964	CROWN HEEL	4.331	CROWN HEEL	4.394	CROWN HEEL	4.423	CROWN
12	25.9	11	14	0.8	1	4.914	CROWN	5.364	CROWN HEEL	5.466	CROWN HEEL	5.434	CROWN HEEL
13	7.55	11	24	0.3	0.5	6.987	SADDLE	8.423	SADDLE	9.029	SADDLE	9.791	SADDLE
14	15.1	11	24	0.3	1	11.723	SADDLE	13.38	SADDLE	14.19	SADDLE	14.14	SADDLE
15	7.55	11	24	0.8	0.5	6.341	CROWN HEEL	6.513	CROWN HEEL	6.494	CROWN HEEL	6.379	CROWN
16	15.1	11	24	0.8	1	7.677	CROWN HEEL	7.974	CROWN HEEL	7.800	CROWN HEEL	7.385	CROWN

Tabla II. Valores de FCT max obtenidos en la zona del CROWN y del SADDLE para diferentes ángulos de heel

Con el software de estadística STATISTICS, se ajustaron los resultados de FCTmax, obteniéndose un modelo exponencial da forma:

$$FCT_{\max.} = b0 * \alpha^{b1} * \gamma^{b2} * \beta^{b3} * \tau^{b4} sen^{b5}\alpha_c \qquad (4)$$

Onde:
b0 = 0,3333
b1 = 0,2180
b2 = 0, 8221
b3 = -4942
b4 = 0,5288
b5 = 1,1948
Como coeficiente de regressão foi obtido R= 0,9.

El comportamiento de la formula (4) con respecto a los diferentes angulos de heel se aprecia en la figura 8.

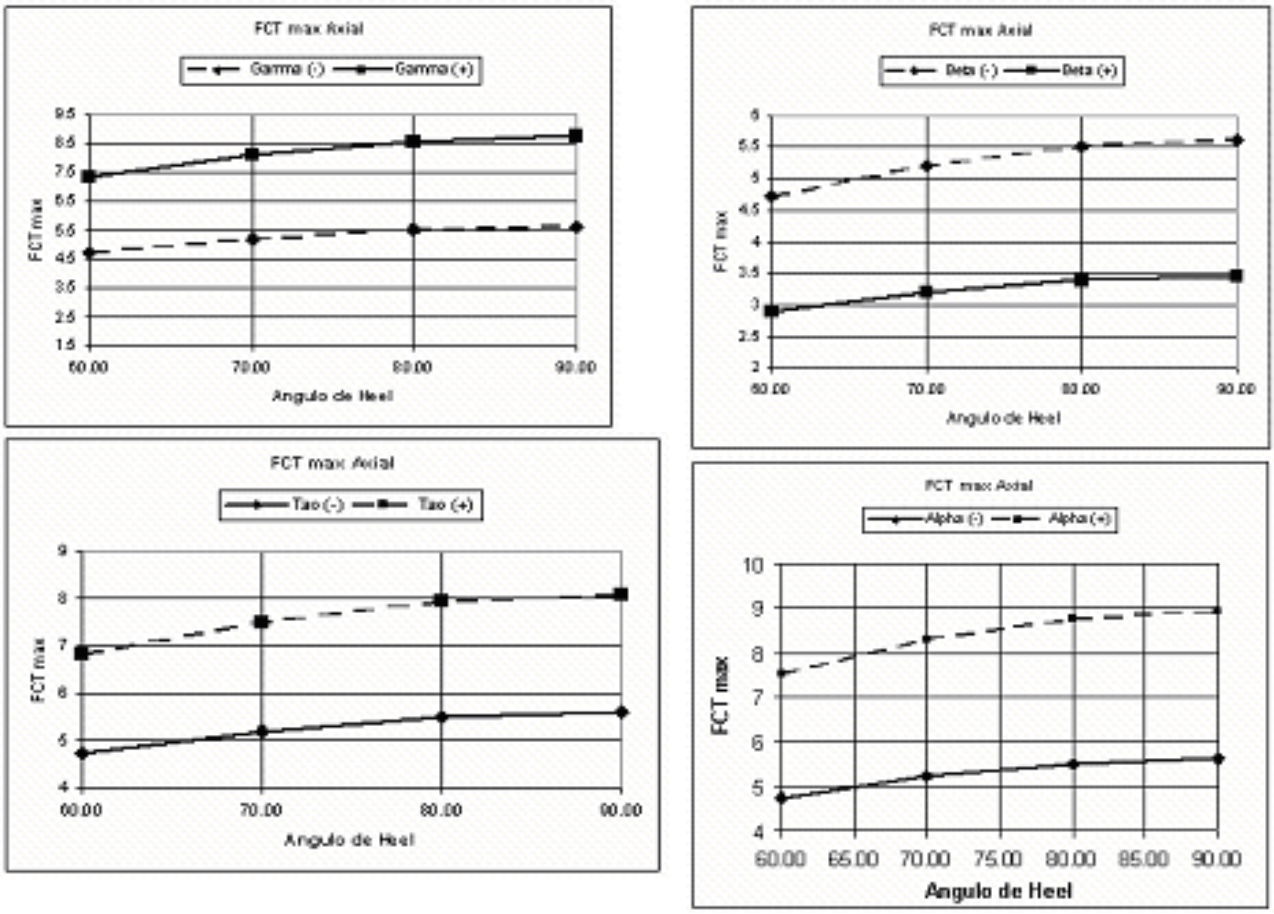


Fig. 8. comportamiento de la formula (4) con respecto a los diferentes angulos de heel para cada variable.

Conclusiones:

- Las fórmulas obtenidas en esta investigación por MEF pueden caracterizarse como mucho más realista que las obtenidas experimentalmente, dada la imposibilidad de medición de las tensiones en la línea del cordón de soldadura por otros métodos.

- Como conclusión final, se puede decir que la comparación con otros investigadores no es recomendable en nuestro caso, ya que para hacer la misma, se precisa de la realización de la interpolación lineal, lo que crea una reducción de los valores de FCTmax en dos ocasiones, en consecuencia de que la zona de HOP-SPOT en nuestras modelos aparecen en el medio del espesor de la línea del cordón de soldadura, figura 9.

    1. La primera reducción aparece al desplazarse el valor de FCT max (1) del medio del espesor del cordón de soldadura al extremo del cateto del mismo, punto (2).
    2. La segunda reducción del valor de FCT tiene lugar al realizar el proceso mismo de extrapolación lineal, punto (3).

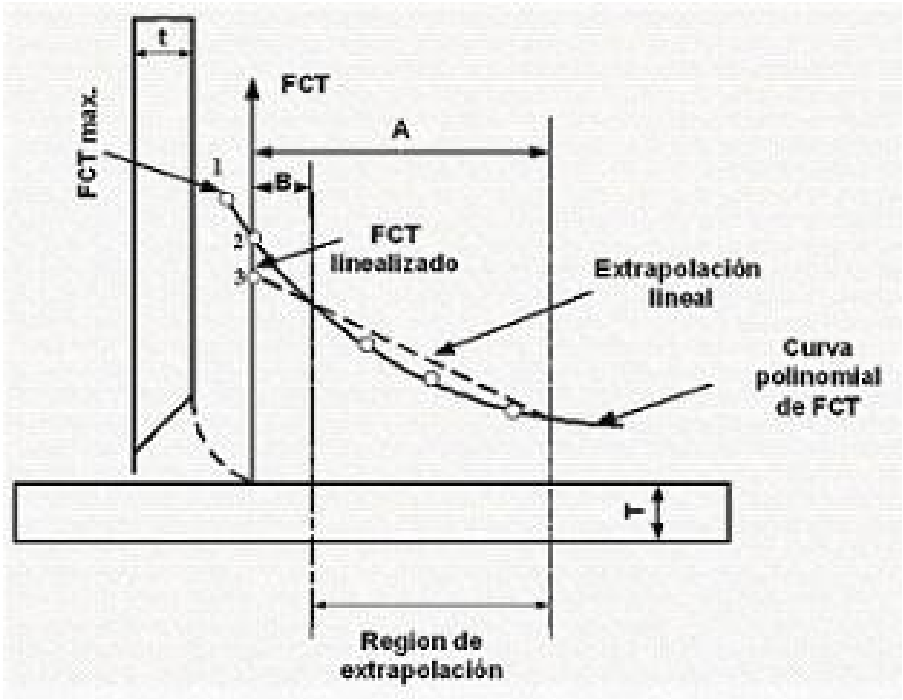


Fig. 9. Esquema de extrapolación.

Bibliografía:

[1] KUANG J G, POTVIN A B and LEICK R D Stress concentration in tubular joints OTC 2205, Houston, Texas, 1975
[2] KUANG J G, POTVIN A B, LEICK R D and KAHLICK J L Stress concentration in tubular joints Society of Petroleum Engineers Journal, August 1977.

[3] GIBSTEIN MB. Parametric stress analysis of T joints. European Offshore Steels Research Seminar, Paper 26, Cambridge, U.K.,November, 1978.

[4] EFTHYMIOU and DURKIN Stress concentrations in T/Y and gap/overlap K joints Behaviour of Offshore Steel Structures, Delft, 1985.

[5] EFTHYMIOU M Development of SCF formulae and generalised influence functions for use in fatigue analysis.Offshore Tubular Joints, Surrey 1988.

[6] SPYROS A. KARAMANOS *, ARIE ROMEIJN, JAAP WARDENIER. Stress concentrations in tubular gap K-joints: mechanics and fatigue design. Engineering Structures 22 (2000) 4–14
[7] Stress concentration factor for simple tubular joints. OTH 354. Prepared by Loyd's Register of Shipping for the Health and Safety Executive.

[8] VICENTE MARCELO MASSAROTI. Concentração de Tensões em Juntas Tubulares TipoY: Análise da Influência da Geometria do Cordão de Solda. Sao Paulo. 1997) (Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia).

[9] V. M. MASSAROTI, C. A. NUNES DIAS. FEM Parametric solid modelling for welded tubular joint analysis. Procedings of the IASTED. International Conference APPIED MODELLING AND SIMULATION. Hela july 27-Augut 1, 1997. Banff, Canada.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

XIX CONGRESO DE INGENIERIA NAVAL
COPINAVAL

APLICACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN A EMPRESAS UNIPERSONALES QUE OPERAN BUQUES DE TRÁFICO NACIONAL

(La experiencia Ecuatoriana y su proyección.)

Autor: Leonardo Jefferson Castillo Manrique
Ms. en Ingeniería Oceánica, Ing. Naval

APLICACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN A EMPRESAS UNIPERSONALES QUE OPERAN BUQUES DE TRÁFICO NACIONAL
(La experiencia Ecuatoriana y su proyección.)

Introducción

El presente trabajo tiene por objeto compartir la experiencia que como compañía consultora ecuatoriana hemos tenido al facilitar la implementación de Sistemas de Gestión de Seguridad en más de 14 compañías ecuatorianas y posteriormente manejar la información sobre auditorías externas independientes realizadas.

Las particularidades de que la mayoría de las empresas sean familiares o unipersonales (de un solo dueño) y operen buques de tráfico nacional son de suma importancia y su tratamiento específico fue clave para lograr una exitosa implementación.

El hecho que en Ecuador se haya pasado directamente a gestionar la calidad operacional de los buques en tráfico nacional es algo que debe considerarse con detenimiento y es posiblemente el factor más importante, pues a diferencia de controlar o asegurar la operación de buques, gestionar implica un altísimo componente relativo al factor humano, para lo cual es necesario un cambio de cultura que inclusive puede resultar traumático en algunos casos.

Antecedentes

El Tráfico Nacional Ecuatoriano es representativo en cuatro áreas: Buques de pasajeros que operan en la Provincia Insular de Galápagos, Buques Pesqueros, Buques Cargueros para abastecimiento en la ruta Guayaquil – Galápagos, y Buques tanqueros de hidrocarburos entre Esmeraldas, La Libertad y Guayaquil.

El control para buques de tráfico nacional en Ecuador se ejerce directamente por la autoridad marítima, a través de la Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER), que ejecuta un programa anual de inspecciones.

Las inspecciones se ejecutan durante el año, dependiendo del puerto de registro del buque. Sólo cuando hay novedades importantes se reinspecciona el buque, caso contrario no se lo hace.

Esta práctica, que en el fondo no es más que control de calidad, enfocado a la verificación de determinados requerimientos, deja al descubierto vacíos que inciden en la operación segura de las naves.

Se puede considerar como el vacío más relevante, lo relacionado con el mantenimiento en su más amplia concepción, pues con un control anual dirigido principalmente a equipos del buque, no es posible hacer un seguimiento efectivo.

La Autoridad Marítima Ecuatoriana, consciente de que el control ejercido a través de las inspecciones anuales es insuficiente y buscando que la operación de los buques de tráfico nacional sea más segura dictó la resolución 690/99 que establece la

obligatoriedad de que las empresas operadoras de los buques de tráfico nacional de Bandera Ecuatoriana, implanten el código IGS y obtengan la respectiva certificación.

Ésta resolución ha sufrido varias modificaciones, hasta la última emitida en el año 2004, con el número 301/04.

La obligatoriedad de aplicación actual, según la resolución 301/04 de DIGMER, se resume en:

1) Todas las naves de pasaje de más de 12 pasajeros.
2) Todas las naves de 500 TRB o más y
3) Plataformas de petróleo.

Cabe aclarar que al hablar de "todas las naves", en la práctica no se incluye a los buques pesqueros, pues el Código ISM es parte del convenio SOLAS que como sabemos no aplica este tipo de naves.

Alcance de aplicación a buques de tráfico nacional

La resolución 301/04 resultó aplicable para los buques de pasajeros que operan en Galápagos y los buques tanqueros de hidrocarburos, pues a los pesqueros no les aplica y los buques cargueros de tráfico nacional tienen menos de 500GT.

Universo que componen las empresas con las que se trabajó

Son 18 las empresas a las que se les facilitó la implementación del código IGS, las mismas que operan 30 buques.

De estas empresas una pertenece al grupo corporativo más grande de Ecuador y opera buques tanqueros. Los demás operan buques de pasajeros.

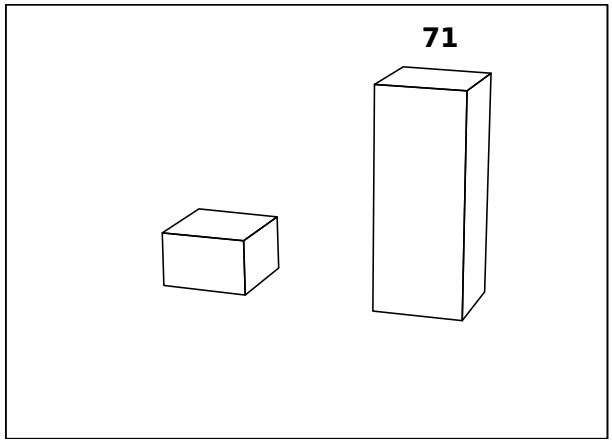
De las 17 empresas restantes, 10 son empresas unipersonales y 7 son personas jurídicas.

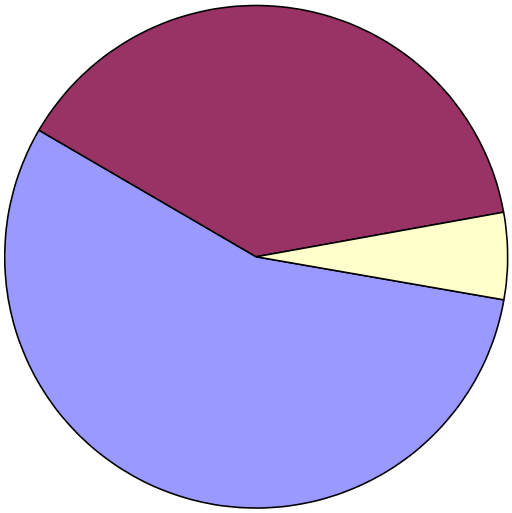
De las 10 empresas unipersonales, 2 operan más de un buque.

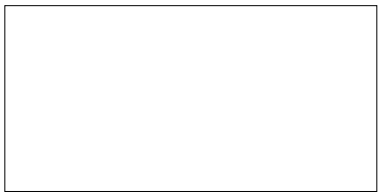
De las 7 personas jurídicas 5 operan más de un buque.

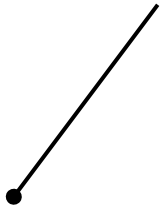
Cabe aclarar que como empresas Unipersonales reconocemos a aquellas donde una persona natural es propietario y al mismo tiempo el operador integral del buque.

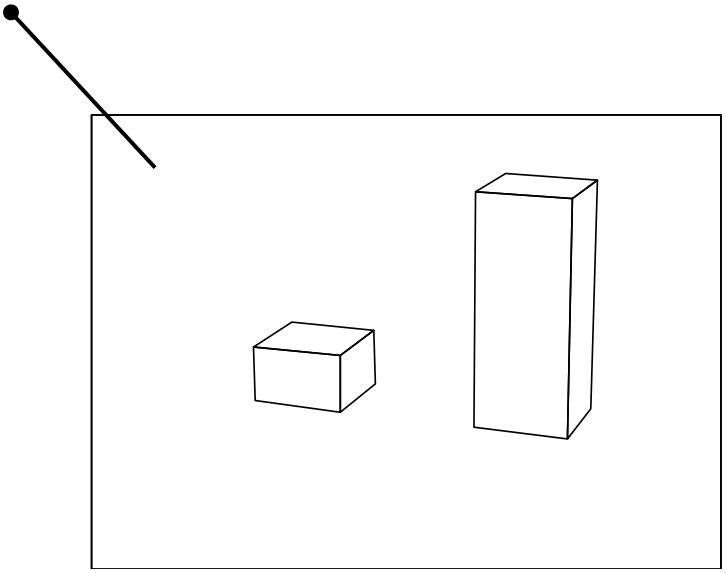
CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS











PARTICULARIDADES QUE HACEN ESPECIAL LA APLICABILIDAD

Creo que es importante compartir ciertas características especiales de este proceso en cuanto a inconvenientes que se encontraron en el camino y las soluciones que se aportaron.

Este análisis lo presentamos a continuación referenciando al respectivo mandato del código IGS.

REQUISITOS GENERALES

El primer trabajo fue introducir a cada compañía desde los conceptos básicos por los cuales el código IGS pasa a constituirse en guía de su operación a partir de ese momento. Esto fue necesario para cimentar correctamente el trabajo de implementación por las siguientes razones:

- Las compañías hasta ese momento sólo sabían que cada año llega un inspector y pide determinados requerimientos y equipos que debían ser cumplidos (control).
- Se conocía, por referencia, determinados convenios internacionales, pero no su contenido, implicación y origen.
- Había la creencia que el código IGS, era un documento más que se pedía por parte de la Autoridad Marítima. Incluso en los primeros contactos que se tuvo con las compañías, la preocupación general era "¿cuándo se puede hacer la inspección para el IGS?, ¿cuánto cuesta el certificado?, ¿cuánto tiempo dura la inspección?".

Esto se debía básicamente a que aunque estaban acostumbrados al control del cumplimiento de normas, no había conocimiento de estas normas, además no existían (ni existe a la fecha) una recopilación Ecuatoriana de Normas de Seguridad para Buques de Tráfico Nacional.

Dentro de este mismo contexto, había la práctica de ejercer control, por parte de las compañías, sobre el equipo del buque y sobre la experiencia del capitán, pero gestionar la operación a bordo era algo que no se utilizaba salvo una o dos compañías que lo hacían de manera limitada.

A fin de generar acción multiplicadora se utilizó dos formas de enfrentar este problema, una fue a través de charlas masivas al personal de las compañías, y la otra conversaciones individuales que incitaban a propagar la versión correcta de las cosas.

Al final del proceso (que duró casi dos años) se consiguió fijar conceptos básicos y establecer conciencia sobre la necesidad de conocer el marco referencial que rigen las normas de seguridad.

Sobre este punto, hay que indicar algo muy particular: para algunas empresas resultaría muy caro armar una biblioteca sobre regulaciones internacionales, tomando en consideración además, que mucho de ello no les aplicaba, pero por otro lado, era necesario e indispensable que las compañías pudiesen demostrar objetivamente que existía soporte técnico en sus sistemas de gestión operacional. Debió tomarse en cuenta además, que existen ciertas regulaciones muy específicas que sólo se aplican al Parque Nacional Galápagos o en los terminales petroleros. Se propuso como alternativa la recopilación de regulaciones locales dadas por las autoridades de control del Parque Nacional, utilizar el formato de inspección anual de seguridad de la Autoridad Marítima, y algunas disposiciones adicionales como referencia y evidencia objetiva de soporte técnico en esta área. La condición básica fue la obligatoriedad de actualizar esta información anualmente.

Con este trabajo inicial, que incluyó el estudio del Código por parte de cada compañía, se pudo continuar y finalizar el trabajo de implementación.

Las empresas y sus buques, recién tienen trabajando, un promedio de tres años, en sus Sistemas de Gestión de Seguridad, de modo que es muy pronto para afirmar que los objetivos previstos en el código se han cumplido, pero la meta de implementar un sistema de gestión de seguridad, ajustado al código y a las condiciones particulares de cada compañía, si se ha logrado.

SOBRE LOS PRINCIPIOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (POLÍTICAS)

Fue necesario introducir políticas muy claras y específicas, que permitieran a las compañías saber los compromisos asumidos y en ellas establecer las particularidades de aplicación para estos buques de tráfico nacional.

Se introdujo declaraciones expresas sobre la manera como se manejaría la mejora continua.

SOBRE LA RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD DE LA COMPAÑÍA

Ninguna compañía tenía niveles jerárquicos establecidos. En las empresas unipersonales fue muy crítico introducirlos y separar las funciones de cada uno. Las compañías que funcionan como personas jurídicas, conocían niveles jerárquicos, pero esto no estaba documentado.

Caso especial lo constituyó la empresa que pertenece al grupo corporativo, pues para ellos fue necesario introducir ciertos cambios que permitieran de manera autónoma poder decidir sobre la operación del buque y la asignación de recursos, caso contrario la auditoría externa hubiera sido extendida a niveles ejecutivos de la corporación que lo único que deseaba era que no se suspenda la operación del buque.

Para aquellas empresas Unipersonales, donde el propietario era a la vez: el gerente, el capitán del buque y el operador, fue necesario hacer un trabajo adicional que culminó con la delegación de funciones debidamente documentada y con la autonomía suficiente. Aún para estas empresas se introdujo un organigrama estructural y se definió funciones, lo que obviamente contribuyó a introducir la gestión operacional en las compañías.

CON RELACIÓN A LA RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD DEL CAPITÁN

En muy pocas compañías se notó una verdadera delegación de autoridad al capitán del buque.

En las compañías que operan como persona jurídica se dejó entrever una autoridad superpuesta, que era ejercida por los gerentes o gerentes de operaciones y con mayor énfasis en las unipersonales donde el propietario ejercía su condición con más fuerza.

Es de anotar sin embargo que esta superposición de autoridades estaba dirigida más a la parte hotelera y manejo de personal.

La parte operacional del buque si era delegada al capitán pero no con el respaldo necesario.

Se detectó falta de liderazgo de los capitanes e incluso la autoridad era en algún caso absorbida por el "guía" del buque, que es el encargado de conducir las excursiones de los turistas.

Estos problemas se debían básicamente a:

- La naturaleza de la operación (viajes cortos con entradas semanales a puertos base), lo que originaba:
    - Constante subida a bordo de los gerentes o propietarios.
    - Que los capitanes consideren que pueden navegar "con los ojos cerrados".
    - Considerar que los zafarranchos y más prácticas de navegación no son necesarias.
- Que se considere que el trabajo de guía es el más importante a bordo, debido a su directa relación con la satisfacción del turista.
- Desconfianza de los gerentes o propietarios hacia la tripulación que opera sus buques. Esto último lo consideramos aquí por el efecto de la desautorización, pero será abordado más en detalle en el siguiente punto.

Para salvar este inconveniente fue necesario reunirse independientemente con la tripulación de cada buque y a través de un diálogo franco incluir dentro de sus rutinas, procedimientos encaminados a afianzar la autoridad del capitán.

Se consiguió resultados inmediatos, aunque la credibilidad de ello sólo podrá evaluarse cuando se realice la auditoría intermedia a bordo.

CON RELACIÓN A RECURSOS Y PERSONAL

Esta es posiblemente la particularidad más relevante y de hecho aún se mantiene latente en las compañías que han implementado un Sistema de Seguridad con nosotros.

En su mayoría sobre todo los buques pequeños, que están entre 150 y 250 GT y transportan 16 y 20 pasajeros, el mando a bordo es ejercido por un patrón costanero o patrón de altura. Este grado lo concede la Autoridad Marítima a la gente de mar con experiencia y que ha completado su formación con cursos de capacitación.

La tripulación está conformada por timoneles o marineros, estos últimos con mayor formación hotelera que marítima.

El jefe de máquinas, normalmente es sólo "un maquinista", básicamente por la capacidad instalada de las máquinas, el porte de las embarcaciones y los viajes costeros que hacen estas embarcaciones.

Otro limitante es la regulación local del Parque Nacional Galápagos que restringe la entrada a las islas de personal que no sea residente o colono.

Esto, más lo comentado en el considerando anterior, genera desconfianza en las compañías que disminuyen la asignación de recursos, en determinadas ocasiones y además también origina que al entrar a puerto se cambien los tripulantes, por diversas razones.

La familiarización no se ejecutaba a ningún nivel y sólo se ejercía control, no se gestionaba la mejora de los conocimientos.

Para poder trabajar sobre estas fallas se implementaron reuniones semanales, que luego fueron mensuales, para tratar los temas relacionados con el sistema de gestión y su implementación.

Se introdujeron perfiles por encima de la media de cada compañía y se dio plazo dentro del sistema de gestión, de dos años, para cumplirlos.

Esto obviamente, deberá ser controlado durante los cinco años que dura la certificación correspondiente.

CON RELACIÓN A LOS PLANES DE A BORDO Y LA PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS

El hecho de tener viajes cortos y las mismas rutas cada semana, originaba que las tripulaciones desestimaran la necesidad de practicar zafarranchos.

El porte de las embarcaciones y por lo tanto las pequeñas tripulaciones (6 o 7 personas incluidos el capitán y el guía) era un limitante para la asignación de responsabilidades. Sin embargo, luego de los monitoreos individuales, existió el reconocimiento por parte de los tripulantes de que era necesario hacerlo.

Para afrontar este problema se introdujo como obligatoriedad del sistema, que todos los tripulantes estén capacitados para responder y actuar sobre cualquier área y/o equipo del buque.

Se elaboró un manual único de instrucción, que se lo llamó manual de formación, donde se incluyó todo el equipo relevante del buque y su funcionamiento, determinando la obligatoriedad de ser conocido y estudiado por toda la tripulación.

En algunas compañías incluso, como práctica inicial de cada crucero se hace ejercicio de abandono con los pasajeros.

En los procedimientos se incluyeron prácticas periódicas obligatorias que resulten adecuadas al tipo de operación del buque.

Se introdujo la obligatoriedad de hacer simulacros de emergencia con la participación del personal de tierra.

SOBRE EL MANTENIMIENTO

El mayor problema fue la ausencia de regulación local sobre las entradas a dique, si bien por su condición de buque de pasajeros era recomendable una frecuencia anual, la costumbre era hacerlo cada dos años, lo que en realidad no es factor incidente por el tamaño de las naves. El problema es la calidad del mantenimiento.

Siendo así se estableció el periodo de dique cada dos años, pero se introdujeron inspecciones rigurosas cada seis meses para verificar cualquier incumplimiento.

El problema aquí es que el papel del auditor externo será preponderante, debiendo establecer la necesidad o no de acciones correctivas.

SOBRE DOCUMENTACIÓN

La aplicación más importante, fue haber introducido en las compañías el concepto de documento histórico, de modo que documentos e información como las generadas en el mantenimiento, análisis de sistema, documentos de navegación, etc., puedan ser verificados a través del tiempo.

Adicionalmente, fue necesario hacer una introducción progresiva a la gestión de los procedimientos y control de los documentos asociados. Por esto, inicialmente fue necesario hacer manuales específicos para los lineamientos del SGS de las empresas, el mantenimiento, las emergencias, rutinas de a bordo y determinados procedimientos que se realizan exclusivamente en tierra por la naturaleza de las compañías.

SOBRE AUDITORÍAS INTERNAS

En Galápagos no existía auditores internos capacitados y en Ecuador continental, de haberlo, tenían una formación que no sería compatible con el caso particular, por esto se coordinó en conjunto con un auditor líder de IRCA, la realización de un seminario de formación para auditores internos.

Con esto se conseguía satisfacer la demanda que se produciría y se formaba auditores adaptados al sistema implantado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de más de un año de trabajo, se terminó la implantación y se hizo las auditorías de certificación. Todos pasaron exitosamente, luego de cumplir la corrección de ciertas no conformidades menores.

Básicamente el auditor verificó la existencia de un sistema acorde a las necesidades de tráfico nacional y recomendó la certificación, pero durante los cinco años que tendrá validez la certificación será necesario que se haga un acompañamiento que permita dar valor agregado al proceso y que se consiga alcanzar los objetivos del código IGS.

En gran medida este seguimiento permitirá reforzar la gestión operacional que se ha implementado y que por lo tanto no decaiga el entusiasmo de las compañías.

Consideramos que un control técnico es lo más apropiado para en conjunto conseguir el éxito deseado.

Sin embargo el camino aún está entero, es necesario mantener un programa de capacitación para las compañías, emitir normas nacionales y establecer mecanismos efectivos de control que permitan tener un marco de referencia apropiado.

Es de suma importancia realizar un trabajo muy serio que permita hacer el seguimiento para que los armadores y las tripulaciones de sus buques se sientan estimulados a mejorar la aplicación de sus sistemas. Luego será necesario delinear un sistema continuo que permita a las compañías encontrar el camino hacia la mejora de conocimientos.

No se trata de buscar fallas o culpables de las no conformidades que estoy consciente las empresas han de tener, el punto es buscar su origen y eliminarlas. De esta manera al término del plazo de certificación se habrá contribuido en alcanzar el objetivo que la autoridad marítima ecuatoriana busca, esto es, elevar los niveles de confiabilidad en la flota de tráfico nacional.

Avaliação do Derramamento de Óleo de Chatas-Tanque através do Método Probabilístico

Sampaio, Cláudio Mueller P.[*] e Vasconcellos, Luiz A.[*]

[*] Depto. Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Morais 2231, Butantã
05508-900 São Paulo, SP, Brasil.
Tel: +55-11-3091-5350 ; Fax: +55-11-30915717 ; E-Mail: clasamp@usp.br

Resumo

Após a Segunda Guerra Mundial, o aumento da demanda de energia, o desenvolvimento tecnológico e fatores políticos deram origem a um rápido aumento de capacidade dos navios-tanque e, conseqüentemente, em caso de acidente, o aumento dos efeitos dos acidentes como, por exemplo, o encalhe do navio Exxon Valdez em Prince William Sound, Alasca. Com o objetivo de minimizar a poluição ambiental, a Organização Internacional Marítima (IMO) vem desenvolvendo diversos procedimentos de segurança que, ratificados em acordos internacionais, visam avaliar o desempenho do navio quanto à sua capacidade de minimizar o derramamento de óleo.

O trabalho desenvolvido tem como objetivo verificar os efeitos dos diferentes parâmetros dimensionais de chatas-tanque de casco duplo na estimativa do índice de prevenção à poluição através de uma avaliação sistemática para diferentes deslocamentos e arranjos de tanques. O estudo realizado permite verificar se os valores de espaçamento recomendados correspondem às únicas possibilidades existentes ou se, em função das características das chatas, outros arranjos permitiriam a otimização do arranjo das chatas-tanque. O procedimento emprega funções densidade de probabilidade associadas à localização e à extensão da avaria conforme recomendado pelo regulamento 13F do Anexo I da MARPOL 73/78. Através das funções densidade de probabilidade estabelecem-se parâmetros para as prováveis expectativas de vazamentos de óleo possibilitando quantificação do grau de segurança da embarcação.

Introdução

Na história do transporte marítimo de petróleo, a ocorrência de acidentes sempre esteve presente. Inicialmente, a maior preocupação estava com a tripulação e a carga, porém a crescente preocupação com relação a sustentabilidade do meio ambiente acarretou uma maior atenção com os efeitos dos derramamentos de óleo. Segundo a Federação Internacional dos Armadores dos Navios-Tanque (*International Tanker Owners Pollution Federation Limited* – ITOPF) os derramamentos de óleo podem ser classificados de acordo com a quantidade de óleo derramada, isto é,

- Pequenos derramamentos, até 7 ton;
- Médios derramamentos, entre 7 ton e 700 ton;
- Grandes derramamentos, acima de 700 ton.

A análise de aproximadamente 10 mil registros de vazamentos de óleo revela que os vazamentos com mais de 700 ton representam menos de 3% do número total dos casos de derramamento e que, desses, mais de 62% são causadas por colisões e encalhes. É importante ressaltar que, apesar de serem poucos os grandes vazamentos, eles representam uma grande porcentagem do óleo derramado. Por exemplo, no período de 1990-1999 houve 346 vazamentos com mais de 7 toneladas, totalizando 1.096.000 ton; destes, apenas 10 acidentes foram responsáveis por mais de 75% do óleo derramado (830.000 toneladas).

Até o desastre do navio Exxon Valdez em 1989, os navios-tanque eram, em sua maioria, construídos em casco simples, isto é, os hidrocarbonetos contidos nos tanques de carga estavam separados da água apenas pela envoltória do chapeamento. Assim, caso o casco fosse rompido, o conteúdo dos tanques de carga estaria em contato direto com o meio externo. Um meio eficaz de evitar tal risco é proteger os tanques de carga com um segundo chapeamento, a uma distância suficiente do externo. Esta construção, conhecida como casco duplo, protege os tanques de carga contra avarias e reduz, assim, o risco de poluição.

Aplicação do método probabilístico para avaliação das condições de sobrevivência

Em 1967, a IMO designou um comitê para desenvolver um procedimento alternativo probabilístico para avaliar a subdivisão e estabilidade de navios que, em 1973, foi aceito como uma regulamentação equivalente, conhecida como resolução A265 (VIII). Esta nova metodologia, considerada mais lógica e consistente, foi inicialmente aplicada aos navios de passageiros e, somente posteriormente, adotada para navios de carga geral (Resolução IMO MSC.19 (58)) e para a avaliação de derramamento de óleo em navios-tanque. A idéia básica do método probabilístico envolve três probabilidades distintas:

(a) A probabilidade que o navio sofrer um acidente, isto é, de ser avariado;
(b) A probabilidade da localização e extensão do alagamento;
(c) A probabilidade que o navio possa sobreviver ao alagamento.

A primeira probabilidade está associada às condições de navegação, isto é, a densidade do tráfico, a visibilidade, a velocidade do navio, a capacidade de manobra do navio, a confiabilidade dos equipamentos de navegação e a competência e o bom senso da tripulação. A dificuldade de informações mais detalhadas das condições de cada evento impossibilitou, entretanto, a inclusão dessa primeira parcela diretamente no procedimento

probabilístico. Por outro lado, como sempre existe um risco de avaria, torna-se necessário avaliar os efeitos da avaria sobre a capacidade de sobreviver do navio. Essa avaliação é obtida através da estimativa da probabilidade dos itens (b) e (c).

(b) Probabilidade da localização e extensão da avaria.

Essa probabilidade está relacionada à distribuição das características da avaria (localização e extensão) ao longo do casco e de como essas afetam o processo de alagamento do arranjo interno do navio. É interessante observar que a localização e extensão da avaria dependem das características do navio impactante[1] (forma, massa,velocidade, etc.) e do navio impactado (arranjo estrutural). Na análise realizada pelo Comitê de subdivisão da IMO dois aspectos devem ser citados com relação às curvas de distribuição de densidade obtidas: O primeiro está relacionado à adimensionalização da variável independente em função das dimensões principais do navio, enquanto o segundo diz respeito à independência entre eventos (localização e extensão da avaria). Os levantamentos estatísticos permitiram obter distribuições de densidade de probabilidade como as apresentadas na Figura 1.

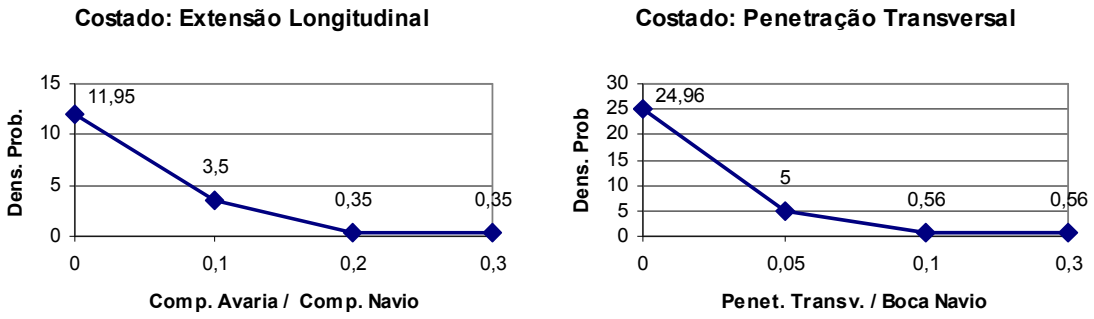


Figura 1 – Funções densidade de probabilidade (Fonte: MARPOL, 1997).

Finalmente, a probabilidade de sobrevivência (c) na condição alagada depende de diversos fatores entre os quais, a condição intacta do navio (permeabilidade, calado e estabilidade), à extensão e localização do alagamento e ao estado das forças e momentos existentes na condição avariada (ventos, mar, movimentação de líquidos, pessoas e outros pesos).

[1] Navio Impactante (“Striking ship”); que provoca o impacto e navio impactado (“struck ship”); que recebe o impacto.

O modelo probabilístico

A aplicação do método probabilístico requer a obtenção da probabilidade de um determinado evento tornando necessário a obtenção das funções densidade de probabilidade. A função densidade de probabilidade $f(x)$ representa uma função contínua definida para um domínio de possíveis eventos que, por exemplo, podem variar entre um valor mínimo X_1 e um valor máximo X_2. A integral da função densidade $f(x)$ entre esses limites resulta em um valor unitário. A função densidade de probabilidade pode também representar eventos bidimensionais, como apresentado esquematicamente na Figura 2 em que a função densidade de probabilidade $f(x,y)$ está definida no domínio $X_1 \leq x \leq X_2$ e $Y_1 \leq x \leq Y_2$. O cálculo da probabilidade de um evento especifico é obtido, para o intervalo $\left[X_3, X_4 : Y_3, Y_4\right]$, através da expressão:

$$P(X_3 \leq x \leq X_4 : Y_3 \leq y \leq Y_4) = \int_{X_3}^{X_4}\int_{Y_3}^{Y_4} f(x,y)\,dx\,dy \leq 1$$

(1)

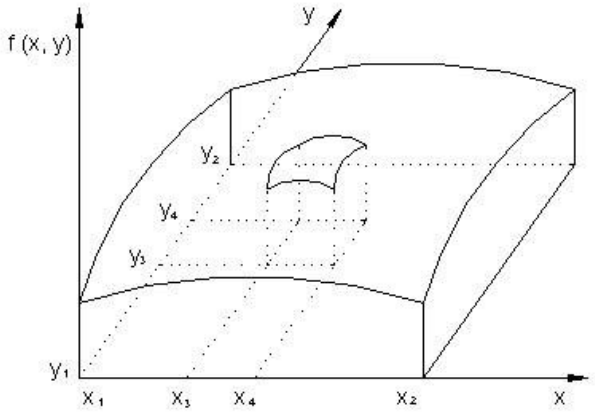


Figura 2 – Probabilidade de um evento bidimensional.

Critério de prevenção à poluição devido à colisão ou ao encalhe de um navio-tanque

As regulamentações atuais de projeto de navios-tanque incluem procedimentos que visam minimizar a poluição provocada em caso de acidente, isto é, estabelecem requisitos quanto à minimização do derrama-mento de óleo. Os regulamentos baseados na MARPOL 73/78 especificavam requisitos quanto às dimensões da avaria, prescreviam a verificação do derramamento de óleo hipotético (“hypothetical outflow of oil”) para avarias do costado e do fundo, bem como estabeleciam limitações para o volume, dimensões e arranjo

dos porões (tanques) de carga. Estas regras, como as primeiras regras de estabilidade, são determinísticas e prescritivas.

Mais recentemente, com a introdução do método probabilístico para verificar a estabilidade, a IMO propôs um procedimento alternativo, na mesma linha, para avaliar o projeto de navios-tanque que minimizem os efeitos de derramamento de óleo em caso de avarias acidentais do fundo e dos costados. O procedimento de cálculo para a avaliação do navio-tanque quanto às suas qualidades de minimização do derramamento de óleo envolve o emprego das funções de densidade de probabilidade relacionadas às características da avaria, o cálculo do volume derramado baseado em princípios hidrostáticos e a determinação de parâmetros característicos (probabilidade de derramamento nulo, volume derramado médio e volume de derramamento extremo). A partir dos parâmetros característicos, a regra define o Índice de Prevenção à Poluição ("Pollution Prevention Index") como uma média ponderada cujo valor calculado deve ser maior ou igual ao valor definido pelo critério.

É importante ressaltar que as probabilidades de avaria dos diversos compartimentos e, conseqüentemente, os volumes derramados estão relacionados à subdivisão do navio, isto é, aos espaçamentos do costado duplo, do fundo duplo e da disposição transversal e longitudinal das anteparas estanques. Os parâmetros definidos pela regra são definidos da seguinte maneira:

- *Probabilidade de vazamento nulo de óleo*, P_0 : Este parâmetro representa a probabilidade de não ocorrer um vazamento de óleo em caso de avaria, ou seja, a avaria (fundo e costado) do casco que não acarreta poluição do mar. Esta probabilidade é dada pela expressão:

$$P_O = \sum_{i=1}^{n} p_i K_i \qquad (2)$$

em que i representa cada compartimento/grupo de compartimentos; p_i corresponde à probabilidade de alagamento do compartimento/grupo de compartimentos e o fator K_i assume o valor nulo, caso haja vazamento de óleo ou unitário, caso a avaria não provoque vazamento.

- *Vazamento médio de óleo,* O_M : O vazamento médio de óleo corresponde à somatória do produto entre o volume vazado e a respectiva probabilidade de ruptura do compartimento ou grupo de compartimentos.

$$O_M = \sum_{i=1}^{n} \frac{p_i O_i}{C} \tag{3}$$

em que O_i é a quantidade de óleo derramado (m^3) em conseqüência da ruptura do compartimento ou grupo de compartimentos e C corresponde à capacidade total dos tanques de óleo do navio (m^3).

- *Vazamento extremo de óleo,* O_E : Este parâmetro representa o valor do pior cenário de derrame de óleo, isto é, corresponde à média ponderada do décimo superior de todos os derramamentos de óleo possíveis. Para sua obtenção considera-se a somatória do produto do volume derramado e da respectiva probabilidade relativa aos 10% superiores da distribuição de probabilidade acumulada.

$$O_E = 10\left(\sum \frac{P_{ie} O_{ie}}{C} \right) \tag{4}$$

em que P_{ie} é a probabilidade do compartimento/grupo de compartimento ser rompido relativa à situação extrema de vazamento, ou seja, para a faixa entre 0,9 e 1,0 da distribuição de probabilidade acumulada do vazamento de óleo e o parâmetro O_{ie} é o volume de óleo derramado (m^3) a partir da ruptura de compartimento ou grupo de compartimentos que acarretam situações extremas.

Para caracterizar as qualidades do navio-tanque de reduzir a poluição ambiental no caso de ocorrência de um encalhe ou de uma colisão, os membros do Sub-Comitê de Estabilidade e Subdivisão da IMO estabeleceram um índice adimensional, denominado Índice de Prevenção à Poluição, *E*, composto pelos três parâmetros acima descritos. A expressão obtida é dada por:

$$E = k_1 \frac{P_0}{P_{0R}} + k_2 \frac{0{,}01 + O_{MR}}{0{,}01 + O_M} + k_3 \frac{0{,}025 + O_{ER}}{0{,}025 + O_E} \geq 1{,}0 \tag{5}$$

em que k_1, k_2 e k_3 (= 0,5, 0,4 e 0,1) representam fatores de ponderação da importância de cada parâmetro na capacidade de minimizar a poluição ambiental e $P_{OR,}$ O_{MR} e O_{ER} são os valores de referência do navio de casco duplo de mesma capacidade. Para obter os valores de referência, avaliaram-se configurações de navios que representavam a tecnologia mais recente em casco duplo; a Tabela 1 apresentando os parâmetros P_{OR}, O_{MR} e O_{ER} para as quatro classes de navios-tanque (5.000TPB, 60.000TPB, 150.000TPB e 283.000TPB).

Tabela 1 – Referência dos navios de casco duplo

TPB	***Parâmetros Vazamento Óleo***		
	$\mathbf{P_{OR}}$	$\mathbf{O_{MR}}$	$\mathbf{O_{ER}}$
5.000	0,81	0,017	0,127
60.000	0,81	0,014	0,104
150.000	0,79	0,016	0,113
283.000	0,77	0,013	0,085

O procedimento de aplicação das regras da IMO inicia-se com a montagem dos padrões de avaria empregando as funções densidade de probabilidade. A aplicação das funções densidade de probabilidade para a compartimentagem do navio define a probabilidade de ocorrência de cada incidente de avaria. Esse processo é realizado para dois casos distintos; colisão, isto é, avaria do costado e encalhe, isto é, avaria do fundo. Adicionalmente, para a avaria do fundo, três condições de maré são consideradas. Adicionalmente, a IMO estabeleceu que todo óleo armazenado nos tanques é perdido no caso de colisões, enquanto que em avarias devido a encalhe, o volume derramado é obtido através do equilíbrio hidrostático considerando uma pressão de 0,05 bar devido ao sistema de gás inerte.

Os parâmetros de derramamento das equações 3, 4 e 5 podem ser mais facilmente avaliados através da curva de distribuição acumulada de derramamento de óleo. A soma das probabilidades é realizada, iniciando-se com aquela correspondente ao mínimo vazamento de óleo, acrescentando sucessivamente volumes maiores até chegar-se ao valor máximo. A distribuição de probabilidade acumulada obtida permite o cálculo do derramamento médio através da área acima da curva da função acumulada. Com relação às regras da IMO, tanto Sinkar (1997) como Pawlowski (1996) afirmam que os coeficientes da expressão do índice de prevenção à poluição (Eq. 5) tem gerado intensa discussão em relação à escolha dos coeficientes de ponderação que deveriam ter uma base racional associada aos benefícios obtidos pela redução dos impactos ambientais e econômicos em

função das dimensões do derramamento de óleo. Os valores atuais desses coeficientes foram basicamente estipulados para assegurar a equivalência entre navios de duplo casco e de convés horizontal ("mid-deck").

Em seu trabalho, Pawlowski (1996), analisando o conceito probabilístico aplicado a navios-tanque, critica a inclusão do parâmetro vazamento extremo sugerindo que o processo de avaliação poderia possuir duas variáveis globais (probabilidade de derramamento nulo e vazamento médio de óleo) e duas variáveis locais. Por sua vez, Sinkar (1997) sugere que os coeficientes da equação 5 sejam determinados através de uma avaliação dos custos associados ao derramamento de óleo. O procedimento proposto consideraria que, para cada caso de avaria, existisse uma probabilidade associada à dimensão do derramamento e que, em função dessa dimensão, os custos do vazamento de óleo pudessem ser estimados.

Procedimento de avalição das avarias

O procedimento sugerido pela IMO requer a realização de três etapas: a avaliação das probabilidades de avarias, a estimativa dos parâmetros de vazamento de óleo e a obtenção do Índice de Prevenção à Poluição. O primeiro passo é a definição dos casos de avaria do costado e do fundo. Essa definição foi implementada segundo o procedimento proposto no apêndice 8 da MARPOL (1997) que sugere a avaliação através do método incremental. Esse método supõe que a localização da avaria (longitudinal vertical e transversal) esteja associada a variações igualmente espaçadas ao longo do casco e que, conhecendo-se a extensão máxima da avaria (longitudinal, vertical e transversal), defina-se um incremento que, a partir da avaria mínima, aumente sistematicamente as dimensões da avaria. A cada localização e dimensão da avaria associa-se a correspondente probabilidade, bem como o volume derramado. Esse processo é realizado tanto para o costado, como para o fundo adotando-se uma ponderação de 40% e 60% para agrupar os efeitos decorrentes dessas avarias. Finalmente estimam-se os parâmetros de vazamento e calcula-se o índice de prevenção à poluição.

De acordo com a metodologia recomendada pela MARPOL (1997), desenvolveu-se um programa em linguagem C++ que estabelece os parâmetros em função dos prováveis vazamentos de óleo de uma embarcação-tanque. Os dados de entrada do programa consistem das características principais da embarcação (comprimento total, comprimento

entre perpendiculares, boca, pontal, etc.), número de posições de localizações e dimensões das avarias e coordenadas dos compartimentos da embarcação. Adicionalmente, o usuário deverá fornecer a geometria da embarcação em que a origem do sistema de coordenadas (x, y, z) está localizada na popa da embarcação e no bordo de boreste na linha de base. Cada tanque é definido por oito pontos, iniciando-se pelos quatro pontos de ré (sentido anti-horário) e, então, definindo-se os quatro pontos de vante. O número de divisões especificadas na entrada de dados permite a definição da avaria mínima que terá suas dimensões incrementadas até o limite definido pela MARPOL (1997). Esta avaria percorrerá sistematicamente o casco da embarcação tanto para o caso de colisão, como para o caso de encalhe.

O passo seguinte do procedimento corresponde à determinação dos efeitos da avaria, isto é, na verificação de quais compartimentos foram atingidos. Para tanto, elaborou-se um uma rotina que verifica a interseção entre o paralelogramo que caracteriza a avaria e as superfícies que definem os tanques e porões do arranjo da embarcação, calculando-se simultaneamente a probabilidade, indicando-se o compartimento ou grupo de compartimentos avariados e a quantidade de óleo contida nos tanques. Como é provável que algumas avarias sejam redundantes, isto é, atingem o mesmo compartimento ou grupo de compartimentos, o programa mantém a quantidade de óleo derramada e soma as probabilidades. Após determinar as probabilidades e as respectivas quantidades de óleo derramadas, o programa ordena os compartimentos ou grupos de compartimentos em ordem crescente de volume derramado, isto é, desde o volume nulo, de um compartimento vazio, até o máximo volume derramado, assim como calcula a probabilidade acumulada.

Casos estudados

A metodologia proposta é aplicada para uma série de projetos de chatas-tanque, abrangendo uma ampla faixa de dimensões, arranjos de tanques de carga e espaçamentos do fundo e costado duplo da embarcação. O estudo foi realizado para chatas-tanque de quatro portes bruto (700, 1400, 300 e 5000 TPB) que, em se tratando de chatas, corresponde basicamente à carga transportada. Por sua vez, o comprimento foi definido tomando-se por base embarcações típicas (Tabela 2), enquanto a boca foi obtida a partir da relação L/B recomendadas por Hirata (1991). Adicionalmente, adotando-se as dimensões do casco duplo sugeridas pela MARPOL, considerou-se um volume de carga pré-definido e obteve-se a estimativa do pontal. Para cada porte bruto, isto é, volume de óleo

transportado, definiu-se três arranjos de tanques (Fig. 3). O primeiro arranjo (9 x 1)[2] possui tanques definidos de bordo a bordo; o número de divisões transversais sendo definido pela regra nº. 24 do Anexo I da MARPOL (1997).

Tabela 2 – Característica gerais de chatas empregadas na hidrovia (L, comprimento; *B*, boca e *D*, Pontal)

Nome	***L*** **(m)**	***B*** **(m)**	***D*** **(m)**
Hidrovia Araguaia	45,0	8,0	2,5
Hidrovia Madeira	56,0	13,7	3,6
Hidrovia Tietê	58,0	11,0	3,0
Hidrovia Paraná	58,5	8,0	4,0
Hidrovia Tapajós	60,0	12,0	4,2

Por sua vez, para o estabelecimento dos espaçamentos do casco duplo (costado e fundo) foi utilizada a regulamentação 13F do Anexo 1 da MARPOL (1997), que estabelece:

- Para o espaçamento do costado duplo, *cd (m)*, de barcaças de 5000 toneladas ou maiores, a relação

$$1{,}00 \leq cd \leq \min\left\{0{,}5 + \frac{TPB}{20.000}; 2{,}00\right\}$$

(6)

enquanto para barcaças com menos de 5000 toneladas,

$$0{,}76 \leq cd \leq 0{,}4 + \frac{2{,}4\ TPB}{20.000}$$

(7)

desde que o volume de cada tanque não exceda 700 m^3.

[2] (a x b): A variável *a* está relacionada ao número de tanques na direção longitudinal e *b* ao numero de divisões na direção transversal.

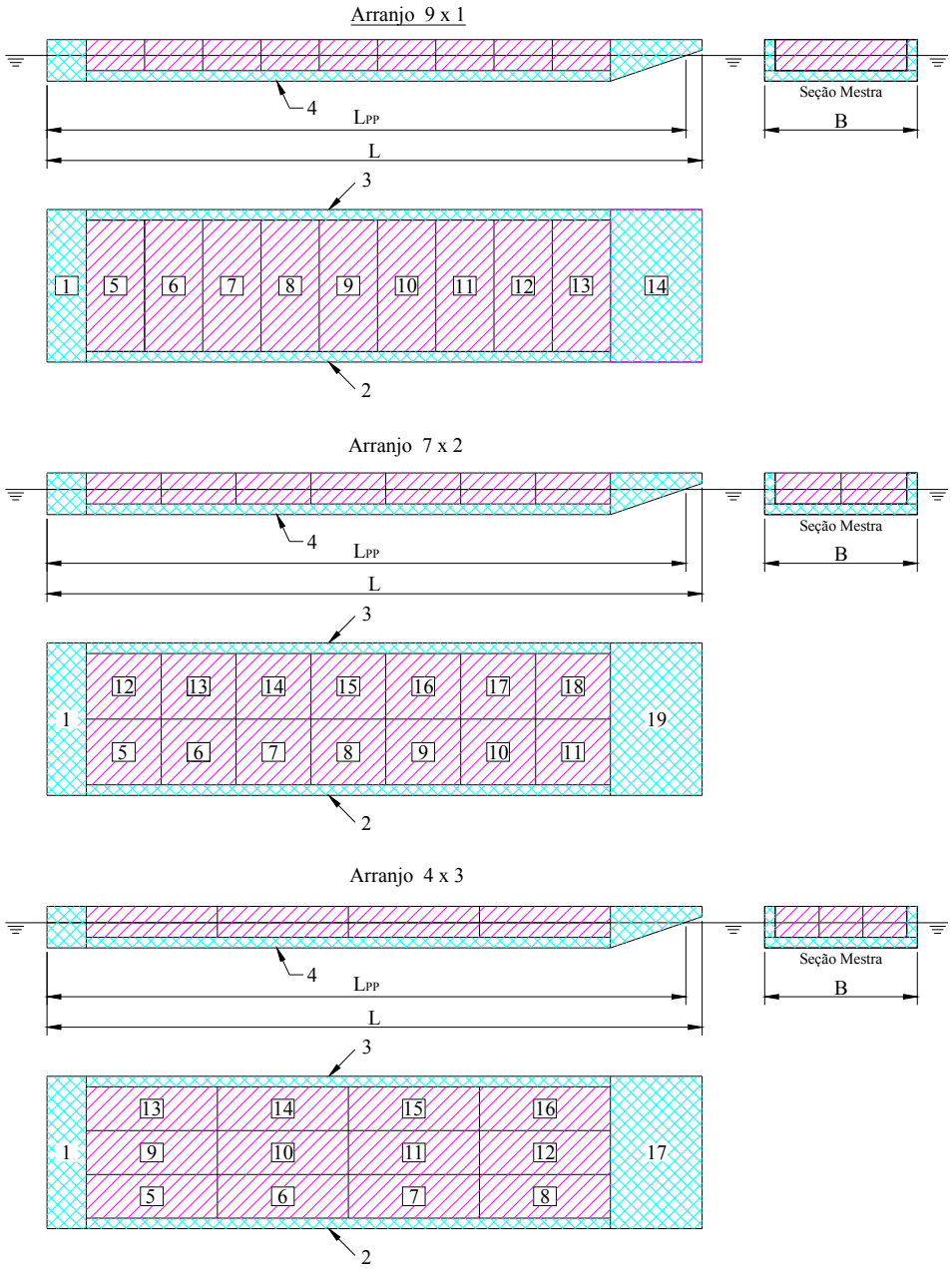


Figura 3 – Simulação das dimensões e posições da avaria do costado durante a execução do programa.

- Para o espaçamento do fundo duplo, *fd (m),* de barcaças de 5000 toneladas ou maiores a relação

$$1{,}00 \leq fd \leq \left\{\frac{B}{15}; 2{,}00\right\} \tag{8}$$

enquanto para barcaças com menos de 5000 toneladas,

$$0{,}76 \leq fd \leq \frac{B}{15} \tag{9}$$

A partir das dimensões obtidas foi estipulado um aumento e uma redução de 25% nas dimensões do casco duplo a fim de avaliar o efeito dos espaçamentos. Por sua vez, o peso leve de uma chata é constituído basicamente pelo peso do chapeamento, anteparas, cavernamentos, elementos de ligação e enrijecedores. Para obter uma estimativa do peso leve foi utilizada a formulação proposta por Riva (1993) que expressa o peso leve em função das dimensões principais da barcaça, isto é, comprimento, boca e pontal:

$$W_C(t) = K * L^{1,2} * B^{0,8} D^{0,5} \qquad (10)$$

em que *K* é um coeficiente a se determinar. Uma vez que apenas o arranjo interno muda, o valor de *K* deve representar a influência dos diferentes arranjos. O coeficiente para o arranjo (9 x 1) foi estimado comparando-o com o peso leve calculado por Riva (1993), a partir do qual obteve-se o valor 0,150. A determinação do coeficiente *K* para os outros dois arranjos foi realizada estimando-se o peso adicional de aço requerido das anteparas supondo-se uma espessura de 6,00 mm. Os valores obtidos para os arranjos (7 x 2) e (4 x 3) foram, respectivamente, 0,155 e 0,160. As principais características das chatas-tanque estudadas são apresentadas na Tabela 3.

Resultados

O primeiro passo corresponde à escolha do incremento, ou seja, a definição do número de divisões mais adequado para a localização e a dimensão das avarias. A Tabela 5 mostra os parâmetros de vazamento de óleo de uma chata-tanque de 5000 TPB em função dos espaça-mentos/posições: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40. Após uma avaliação do efeito do número de divisões sobre os parâmetros de definição do derramamento de óleo e tendo em conta as limitações de capacidade de "*hardware"*, decidiu-se que o valor mais adequado corresponderia a vinte, ou seja, o número de avaliações numéricas sendo da ordem de $6{,}4\ 10^6$.

Tabela 3 – Característica gerais de chatas

	Arranjo tanques	CD x FD (m)	D (m)	d (m)	Δ (t)	Peso leve (t)
TPB 700 **L_{OA}** 47,19 m **B** 11,00 m	9x1	0,76 x 0,76	3,00	1,85	880,46	180,46
		0,95 x 0,95	3,28	1,86	888,70	188,67
		0,57 x 0,57	2,72	1,84	871,83	171,83
	7x2	0,76 x 0,76	3,00	1,86	886,41	186,46
		0,95 x 0,95	3,28	1,87	894,92	194,99
		0,57 x 0,57	2,72	1,85	877,49	177,56
	4x3	0,76 x 0,76	3,00	1,87	892,44	192,49
		0,95 x 0,95	3,28	1,87	901,23	201,28
		0,57 x 0,57	2,72	1,85	883,24	183,29
TPB 1400 **L_{OA}** 59,48 m **B** 14,00 m	9x1	0,76 x 0,80	3,50	2,24	1712,00	312,08
		0,95 x 1,00	3,79	2,25	1724,68	324,76
		0,57 x 0,60	3,22	2,22	1699,26	299,34
	7x2	0,76 x 0,80	3,50	2,25	1722,49	322,49
		0,95 x 1,00	3,79	2,26	1735,37	335,58
		0,57 x 0,60	3,22	2,23	1709,31	309,32
	4x3	0,76 x 0,80	3,50	2,26	1732,29	332,89
		0,95 x 1,00	3,79	2,27	1746,31	346,41
		0,57 x 0,60	3,22	2,24	1719,20	319,30
TPB 3000 **L_{OA}** 87,48 m **B** 15,75 m	9x1	0,76 x 1,05	4,50	2,86	3617,58	617,75
		0,95 x 1,31	4,86	2,87	3641,81	641,98
		0,57 x 0,79	4,15	2,85	3593,07	593,24
	7x2	0,76 x 1,05	4,50	2,87	3638,15	638,34
		0,95 x 1,31	4,86	2,89	3663,19	663,38
		0,57 x 0,79	4,15	2,85	3612,82	613,01
	4x3	0,76 x 1,05	4,50	2,89	3658,74	658,93
		0,95 x 1,31	4,86	2,90	3684,59	684,78
		0,57 x 0,79	4,15	2,87	3632,60	632,79
TPB 5000 **L_{OA}** 101,21 m **B** 18,60 m	9x1	1,00 x 1,24	5,50	3,43	5929,18	929,29
		1,25 x 1,55	5,94	3,45	5965,64	965,75
		0,75 x 0,93	5,07	3,41	5892,11	892,22
	7x2	1,00 x 1,24	5,50	3,45	5959,95	960,27
		1,25 x 1,55	5,94	3,47	5997,62	997,94
		0,75 x 0,93	5,07	3,43	5921,64	921,96
	4x3	1,00 x 1,24	5,50	3,46	5991,21	991,24
		1,25 x 1,55	5,94	3,48	6030,10	1030,13
		0,75 x 0,93	5,07	3,44	5951,68	951,71

CD - Costado Duplo FD - Fundo Duplo

Os resultados para os parâmetros de derramamento são apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8 e que correspondem, respectivamente, aos casos de encalhe com captura do óleo pelo duplo fundo e pressão interna estabelecida pelo sistema de gás inerte, de captura com pressão interna dos tanques igual à pressão atmosférica e de pressão estabelecida pelo sistema de gás inerte, porém sem a captura de óleo pelo duplo fundo.

Tabela 5 – Parâmetros de vazamento de óleo em função da quantidade de avarias

N	Quant. Avarias	Vaz. Médio (m^3)	O_M	P_0
5	6,25E+03	84,80	0,01526	0,87907
10	2,00E+05	68,09	0,01226	0,88899
15	1,52E+06	56,13	0,01010	0,90394
20	6,40E+06	58,45	0,01052	0,90170
25	1,95E+07	58,52	0,01053	0,90046
30	4,86E+07	55,15	0,00993	0,90518
35	1,05E+08	56,10	0,01010	0,90394
40	2,05E+08	56,69	0,01020	0,90246

Discussão e análise dos resultados

A localização, dimensão dos tanques e os espaçamentos do casco duplo são variáveis que precisam ser levadas em conta quando se pensa em meios de reduzir o risco de vazamento de óleo. A efetividade de cada uma dessas alternativas foi investigada através da metodologia probabilística de vazamento de óleo.

A Tabela 6 apresenta a avaliação para as quatro chatas-tanque. O primeiro aspecto que deve ser ressaltado é a independência da probabilidade de vazamento nulo devido às colisões em relação ao arranjo interno da área de carga. Por outro lado, a probabilidade de vazamento nulo devida ao encalhe é influenciada pelo arranjo da área de carga, aumentando a probabilidade com o aumento da subdivisão. É importante ressaltar que no estudo realizado a área de captura do duplo fundo é considerada livre, isto é, as estruturas de suporte longitudinais não são estanques.

Observando-se a tabela, nota-se que o arranjo (9x1) possui índices de prevenção menores do que os arranjos (7x2) e (4x3), entretanto, o ganho em prevenção à poluição obtida pelo arranjo (4x3) é marginal em relação ao arranjo (7x2). Deve-se acrescentar que essa vantagem seria anulada em se considerando os custos adicionais em aço e complexidade do sistema de transferência. Ainda com relação a essa tabela verifica-se que, com exceção do arranjo (9x1), a adoção de espaçamentos menores do que aqueles sugeridos pela MARPOL ainda apresentam índices de prevenção superiores aos limites estabelecidos pelas regras. Finalmente, a chata-tanque apresenta um desempenho superior às outras, provavelmente, em função da limitação do espaçamento mínimo requerido imposto pelas regras e dos volumes de óleo transportados.

Tabela 6 – Parâmetros de vazamento de óleo considerando a captura de óleo pelo duplo-fundo.

TPB	Arranjo dos tanques	CD x FD (m)	Vazamento Médio(m³)			Vazamento Extremo(m³)			Parâmetro Vaz. Médio	Parâmetro Vaz. Extremo	Prob. Vaz. Nulo			IPP
			Costado	Fundo	Total	Costado	Fundo	Total			Costado	Fundo	Total	
700	9 x 1	0,76 x 0,76	26,08	0,82	10,92	190,88	8,19	81,27	0,014043	0,104485	0,81913	0,98498	0,91864	1,13365
		0,95 x 0,95	19,46	0,24	7,93	164,37	2,44	67,21	0,010196	0,086414	0,86503	0,99630	0,94380	1,25379
		0,57 x 0,57	35,87	1,01	14,95	199,46	10,06	85,82	0,019225	0,110342	0,75119	0,97371	0,88470	1,02797
	7 x 2	0,76 x 0,76	15,03	0,29	6,19	105,42	2,93	43,93	0,007958	0,056479	0,81913	0,99643	0,92551	1,35924
		0,95 x 0,95	11,22	0,09	4,54	92,76	0,90	37,64	0,005839	0,048404	0,86503	0,99911	0,94548	1,47254
		0,57 x 0,57	20,68	0,36	8,49	118,95	3,61	49,75	0,010916	0,063964	0,75119	0,99374	0,89672	1,24075
	4 x 3	0,76 x 0,76	14,93	0,31	6,16	96,91	3,13	40,64	0,007921	0,052255	0,81913	0,99295	0,92342	1,36940
		0,95 x 0,95	11,14	0,10	4,52	88,76	1,00	36,10	0,005805	0,046425	0,86503	0,99824	0,94496	1,47931
		0,57 x 0,57	20,54	0,39	8,45	108,97	3,91	45,93	0,010867	0,059065	0,75119	0,98766	0,89307	1,24966
1400	9 x 1	0,76 x 0,80	70,94	2,21	29,70	401,07	22,06	173,66	0,019095	0,111648	0,75197	0,98122	0,88952	1,03152
		0,95 x 1,00	51,68	1,64	21,66	377,35	16,37	160,76	0,013932	0,103353	0,81932	0,98873	0,92097	1,13840
		0,57 x 0,60	109,29	2,78	45,38	431,03	27,81	189,10	0,029177	0,121568	0,61790	0,96939	0,82879	0,89097
	7 x 2	0,76 x 0,80	41,40	0,85	17,07	237,37	8,55	100,08	0,010976	0,064336	0,75197	0,98978	0,89466	1,23727
		0,95 x 1,00	30,16	0,64	12,45	211,96	6,38	88,61	0,008002	0,056967	0,81932	0,99387	0,92405	1,35578
		0,57 x 0,60	63,78	1,05	26,14	245,57	10,52	104,54	0,016808	0,067206	0,61790	0,98357	0,83730	1,08457
	4 x 3	0,76 x 0,80	40,54	0,89	16,75	213,54	8,88	90,74	0,010768	0,058340	0,75197	0,99118	0,89550	1,25518
		0,95 x 1,00	29,53	0,33	12,01	190,75	3,33	78,30	0,009268	0,060407	0,81932	0,99693	0,92588	1,31002
		0,57 x 0,60	62,46	1,02	25,60	258,90	10,21	109,69	0,016455	0,070521	0,61790	0,98643	0,83901	1,08527

Tabela 6 – Parâmetros de vazamento de óleo considerando a captura de óleo pelo duplo-fundo (Continuação)

TPB	Arranjo dos tanques	CD x FD (m)	Vazamento Médio(m³)			Vazamento Extremo(m³)			Parâmetro Vaz. Médio	Parâmetro Vaz. Extremo	Prob. Vaz. Nulo			IPP
			Costado	Fundo	Total	Costado	Fundo	Total			Costado	Fundo	Total	
3000	9 x 1	0,76 x 1,05	151,61	4,49	63,34	860,17	44,91	371,01	0,019003	0,111310	0,75301	0,98090	0,88974	1,03311
		0,95 x 1,31	110,44	3,22	46,11	808,42	32,25	342,72	0,013834	0,102821	0,82007	0,98875	0,92128	1,14073
		0,57 x 0,79	233,56	5,43	96,68	924,76	54,34	402,51	0,029007	0,120759	0,61950	0,96944	0,82946	0,89317
	7 x 2	0,76 x 1,05	88,80	1,74	36,56	509,25	17,43	214,16	0,010970	0,064251	0,75301	0,98968	0,89501	1,23781
		0,95 x 1,31	64,68	1,24	26,62	456,56	12,40	190,06	0,007986	0,057022	0,82007	0,99384	0,92433	1,35636
		0,57 x 0,79	136,79	2,18	56,02	527,14	21,85	223,97	0,016810	0,067194	0,61950	0,98349	0,83790	1,08493
	4 x 3	0,76 x 1,05	86,59	1,68	35,64	457,59	16,82	193,13	0,010694	0,057942	0,75301	0,99159	0,89616	1,25833
		0,95 x 1,31	63,08	1,31	26,02	408,76	13,15	171,39	0,007806	0,051421	0,82007	0,99476	0,92489	1,37634
		0,57 x 0,79	133,39	2,05	54,59	554,80	20,53	234,24	0,016378	0,070275	0,61950	0,98654	0,83973	1,08733
5000	9 x1	1,00 x 1,24	252,21	8,68	106,09	1435,33	86,82	626,22	0,019097	0,112722	0,75197	0,98117	0,88949	1,03061
		1,25 x 1,55	183,72	6,05	77,12	1339,19	60,46	571,95	0,013881	0,102954	0,81932	0,98870	0,92095	1,13951
		0,75 x 0,93	388,53	11,48	162,30	1543,90	114,75	686,41	0,029214	0,123556	0,61790	0,96930	0,82874	0,88929
	7 x 2	1,00 x 1,24	148,40	3,41	61,41	848,43	34,07	359,81	0,011054	0,064771	0,75197	0,98989	0,89472	1,23459
		1,25 x 1,55	108,11	2,35	44,65	760,91	23,52	318,48	0,008038	0,057330	0,81932	0,99393	0,92409	1,35377
		0,75 x 0,93	228,62	4,44	94,11	878,09	44,44	377,90	0,016942	0,068027	0,61790	0,98374	0,83740	1,08117
	4 x 3	1,00 x 1,24	144,80	5,19	61,03	762,69	51,86	336,19	0,010986	0,060515	0,75197	0,98128	0,88956	1,24149
		1,25 x 1,55	105,48	3,60	44,35	681,30	36,01	294,13	0,007984	0,052943	0,81932	0,98877	0,92099	1,36407
		0,75 x 0,93	223,07	4,36	91,84	924,72	43,59	396,04	0,016532	0,071289	0,61790	0,98643	0,83901	1,08282

Tabela 7 – Parâmetros de vazamento de óleo considerando a captura de óleo pelo duplo-fundo com pressão interna igual à atmosférica .

TPB	Arranjo dos tanques	CD x FD (m)	Vazamento Médio(m³)			Vazamento Extremo(m³)			Parâmetro Vaz. Médio	Parâmetro Vaz. Extremo	Prob. Vaz. Nulo			IPP
			Costado	Fundo	Total	Costado	Fundo	Total			Costado	Fundo	Total	
700	9 x 1	0,76 x 0,76	26,08	0,80	10,91	190,88	8,01	81,16	0,014029	0,104350	0,81913	0,98498	0,91864	1,13403
	7 x 2	0,76 x 0,76	15,03	0,29	6,19	105,42	2,88	43,90	0,007955	0,056442	0,81913	0,99643	0,92551	1,35945
	4 x 3	0,76 x 0,76	14,93	0,30	6,15	96,91	3,05	40,59	0,007915	0,052193	0,81913	0,99295	0,92342	1,36977
5000	9 x 1	1,00 x 1,24	252,21	8,60	106,04	1435,33	85,99	625,73	0,019088	0,112634	0,75197	0,98117	0,88949	1,03079
	7 x 2	1,00 x 1,24	148,40	3,37	61,38	848,43	33,66	359,57	0,011049	0,064727	0,75197	0,98989	0,89472	1,23478
	4 x 3	1,00 x 1,24	144,80	5,12	60,99	762,69	51,23	335,81	0,010979	0,060447	0,75197	0,98128	0,88956	1,24779

Tabela 8 – Parâmetros de vazamento de óleo não considerando a captura de óleo pelo duplo-fundo, porém incluindo pressão do sistema de gás inerte.

TPB	Arranjo dos tanques	CD x FD (m)	Vazamento Médio(m³)			Vazamento Extremo(m³)			Parâmetro Vaz. Médio	Parâmetro Vaz. Extremo	Prob. Vaz. Nulo			IPP
			Costado	Fundo	Total	Costado	Fundo	Total			Costado	Fundo	Total	
700	9 x 1	0,76 x 0,76	26,08	6,33	14,23	190,88	63,26	114,31	0,018291	0,146970	0,81913	0,94105	0,89228	1,02092
		0,95 x 0,95	19,46	1,93	8,94	164,37	19,29	77,32	0,011496	0,099416	0,86503	0,98550	0,93731	1,20318
		0,57 x 0,57	35,87	8,13	19,25	199,46	80,71	128,21	0,024745	0,164843	0,75119	0,89684	0,83858	0,90855
	7 x 2	0,76 x 0,76	15,03	4,50	8,71	105,42	45,01	69,77	0,011205	0,088945	0,81913	0,94105	0,89228	1,19350
		0,95 x 0,95	11,22	1,38	5,32	92,76	13,82	45,39	0,006836	0,058370	0,86503	0,98550	0,93731	1,40238
		0,57 x 0,57	20,68	5,78	11,74	118,95	57,22	81,91	0,015096	0,105329	0,75119	0,89684	0,83858	1,06461
	4 x 3	0,76 x 0,76	14,93	4,57	8,71	96,91	45,69	66,18	0,011205	0,085092	0,81913	0,94105	0,89228	1,19818
		0,95 x 0,95	11,14	1,42	5,31	88,76	14,22	44,04	0,006828	0,056623	0,86503	0,98550	0,93731	1,40660
		0,57 x 0,57	20,54	5,93	11,78	108,97	58,67	78,79	0,015143	0,101311	0,75119	0,89684	0,83858	1,06752
5000	9 x 1	1,00 x 1,24	252,21	51,99	132,08	1435,33	519,93	886,09	0,023775	0,159500	0,75197	0,92769	0,85740	0,93141
		1,25 x 1,55	183,72	38,04	96,32	1339,19	380,43	763,93	0,017337	0,137511	0,81932	0,95662	0,90170	1,04520
		0,75 x 0,93	388,53	65,33	194,61	1543,90	617,74	988,20	0,035031	0,177881	0,61790	0,88222	0,77644	0,79404
	7 x 2	1,00 x 1,24	148,40	36,72	81,40	848,43	367,23	559,71	0,014652	0,100755	0,75197	0,92769	0,85740	1,08827
		1,25 x 1,55	108,11	26,94	59,41	760,91	269,41	466,01	0,010694	0,083887	0,81932	0,95662	0,90170	1,21881
		0,75 x 0,93	228,62	45,73	118,89	878,09	434,84	612,14	0,021401	0,110192	0,61790	0,88222	0,77644	0,93565
	4 x 3	1,00 x 1,24	144,80	36,88	80,05	762,69	368,75	526,33	0,014408	0,094740	0,75197	0,92769	0,85740	1,09867
		1,25 x 1,55	105,48	27,09	58,45	681,30	270,91	435,07	0,010521	0,078312	0,81932	0,95662	0,90170	1,23003
		0,75 x 0,93	223,07	46,33	117,03	924,72	437,34	632,29	0,021066	0,113814	0,61790	0,88222	0,77644	0,93643

A Tabela 7 apresenta o efeito da pressão interna nos tanques de carga. Uma vez que o sistema de gás inerte não é normalmente utilizado em chatas considerou-se que a pressão interna fosse igual à pressão atmosférica. Comparando-se os resultados das Tabelas 6 e 7 pode-se notar uma pequena redução do volume derramado e, conseqüentemente, nos parâmetros de vazamento médio e extremo. A tabela seguinte apresenta os resultados não se considerando a captura de óleo pelo duplo-fundo verificando-se a importância desse mecanismo para a redução do volume derramado em encalhes. Deve-se, entretanto, observar que mesmo com essa consideração, a maioria dos casos que satisfazem as dimensões estabelecidas pela MARPOL possuem índices de prevenção suficientes segundo as regras, exceção sendo o arranjo (9x1).

Os gráficos das Figuras 5 e 6 ilustram os resultados dos vazamentos de óleo médio e extremo. Nessas figuras é possível notar que o arranjo (9 x 1) tem a predisposição de ocasionar um maior derramamento de óleo, e como a probabilidade de vazamento nulo não é afetada pelo arranjo das embarcações, esse arranjo demonstrou ter um pior índice de prevenção de poluição.

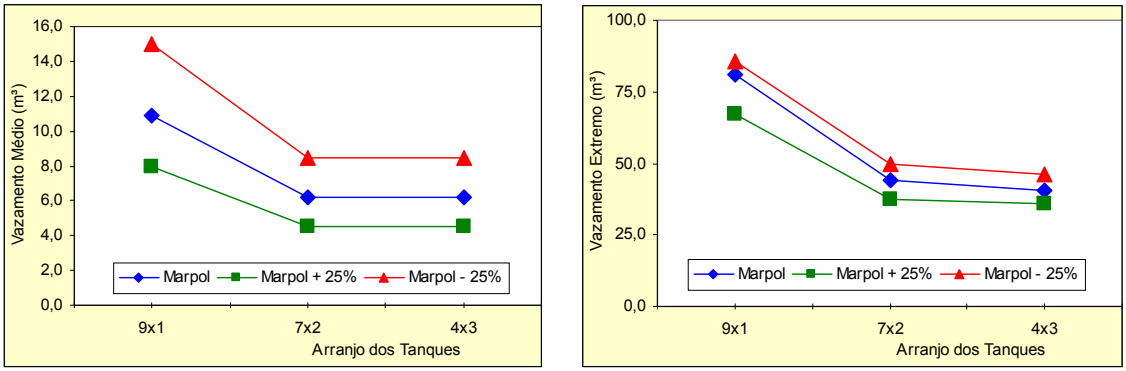


Figura 4 – Volume do vazamento médio de óleo e do vazamento extremo de óleo de chatas com 700 TPB, considerando a captura de óleo pelo fundo duplo.

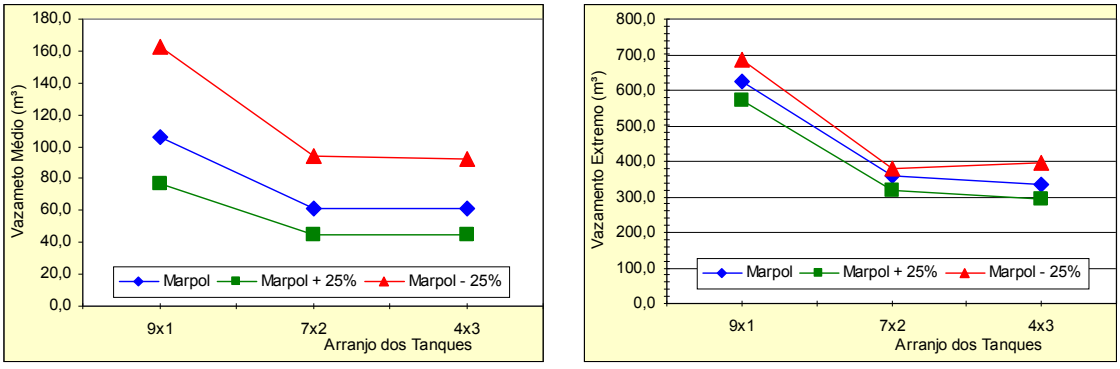


Figura 5 – Volume do vazamento médio de óleo e do vazamento extremo de óleo de chatas com 5000 TPB, considerando a captura de óleo pelo fundo duplo.

É importante notar que as embarcações com o arranjo (7 x 2) e com espaçamento do casco duplo 25% menor do que o recomendado pela MARPOL mostraram ser mais leves (Tabela 3) e tão seguras quando comparadas à embarcação com o arranjo (9 x 1) e que possui o espaçamento exigido pela MARPOL. Isso é possível porque, ao diminuir o espaçamento do casco duplo, alterou-se o pontal possibilitando o transporte do mesmo volume de óleo com um menor peso leve.

Conclusões

O método aplicado para avaliar o derramamento de óleo nos casos de acidentes envolvendo encalhes e colisões, através de probabilidades de localização e de dimensões das avarias, emprega uma metodologia que define certos parâmetros característicos de vazamento de óleo. Por meio da avaliação desses, pode-se concluir que:

- Os valores dos espaçamentos do fundo e costado duplo adotados pela IMO e das Normas da Autoridade Marítima não correspondem às únicas possibilidades existentes, logo que embarcações com arranjos alternativos e casco duplo com espaçamento menor do que o recomendados pela MARPOL podem transportar o mesmo volume de carga, terem melhor desempenho ambiental e ainda serem mais leves.
- Em simulações de colisões e encalhes; o efeito devido às colisões é mais significativo, entretanto, deve-se ressaltar que, em condições de navegação fluvial, nas quais as características do escoamento dependem dos efeitos de águas restritas, um estudo mais detalhado deve ser realizado.
- As funções densidade de probabilidade adotadas pela IMO correspondem a análise de dados estatísticos obtidos da navegação marítima. Em função da inexistência de dados específicos para a situação fluvial, essas funções foram adotadas, entretanto, os resultados devem ser tratados com certo cuidado. Adicionalmente, as curvas de densidade de probabilidade apresentam-se invariáveis em função das dimensões da embarcação, fato esse que, recentemente, foi observado não ser totalmente adequado.
- Finalmente, o índice de prevenção à poluição emprega parâmetros de navios de referência não incluem embarcações na faixa entre 700 TPB e 5000 TPB.

Referências Bibliográficas

MARPOL 73/78 Consolidated Edition , 1997.

Pawlowki, M.; “Probabilistic concept of tanker subdivision”; Trans. SNAME, vol. 104, 1996, pp. 329-355.

Sirkar, J.; “A framework of assessing the environmental performance of tankers in accidental groundings and collisions”. Trans. SNAME, Vol. 105, 1997, pp 253-295.

Hirata, K.; Hidrodinâmica; FATEC-Jahu, 1991.

Riva, J. C.; Embarcações fluviais – Desenvolvimento do projeto, FATEC – Jahu, 1993.

Avaliação Experimental do Efeito de Aletas de Popa ("Flaps") no Desempenho Hidrodinâmico de Embarcações Rápidas

Sampaio, Cláudio Mueller P.[*]; Umeda, Carlos H.[**] ; Miwa, I.[**]

[*] Depto. Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Morais 2231, Butantã;
05508-900 São Paulo, SP, Brasil.
Tel: +55-11-3091-5350; Fax: +55-11-30915717; E-Mail: clasamp@usp.br

[**] Agrupamento de Hidrodinâmica, Divisão de Tecnologia de Transportes, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
Prédio 46, Av. Prof. Almeida Prado 532, Butantã;
05508-901 São Paulo, SP, Brasil.
Tel: +55-11-3767-4353; E-Mail: chumeda@ipt.br

Resumo

A utilização de cunhas e/ou aletas de popa são bastante comuns no aprimoramento do desempenho hidrodinâmico de embarcações. As primeiras aplicações tinham como objetivo principal a redução do ângulo dinâmico do trim e, assim melhorar o desempenho na velocidade máxima das embarcações. Mais recentemente, estudos extensos realizados pelos americanos constataram as vantagens de utilizar tais apêndices em embarcações de maior porte em que a função mais importante era a melhora do escoamento na região de popa. Estes projetos visavam a otimização do desempenho em uma faixa de velocidades mais ampla considerando o perfil operacional da embarcação.

Os principais parâmetros de projeto de aletas de popa são a corda, a envergadura e o ângulo de ataque. Para estudar os efeitos da variação dimensional das aletas foram realizados ensaios com modelos em escala reduzida de uma embarcação rápida tipo "round bilge". Estes ensaios foram desenvolvidos em dois deslocamentos e três ângulos de ataque. Os ensaios foram realizados com os modelos rebocados pela direção da linha de eixo para uma faixa de números de Froude variando entre 0,1 e 0,7. Finalmente, os resultados para os diferentes ângulos das aletas são analisados e comparados em relação ao coeficiente de resistência total ao avanço, ao ângulo de trim dinâmico e ao afundamento do casco.

Introdução

O estudo hidrodinâmico de embarcações rápidas tem como principal objetivo a seleção de parâmetros de projeto que maximizem o desempenho do sistema propulsivo, tradicionalmente, associados à minimização da resistência ao avanço. Deve-se, entretanto, ressaltar que a otimização do sistema propulsivo depende cada vez mais do perfil operacional da embarcação uma vez que a seleção do propulsor e do motor para a condição de máxima velocidade pode acarretar um pior desempenho na condição de serviço; esta situação operacional de maior ocorrência durante o ciclo de vida da embarcação.

A instalação de aletas e/ou cunhas de popa é uma técnica bastante difundida para o aprimoramento do desempenho propulsivo em embarcações rápidas; extensamente aplicada em embarcações de planeio e, mais recentemente, em embarcações de deslocamento de alta velocidade. A forma de atuação tanto das aletas como das cunhas de popa é bastante semelhante, porém a primeira é considerada como um apêndice externo da região de popa enquanto a segunda corresponde a uma modificação do casco na extremidade de popa. Adicionalmente, estudos recentes mostraram a possibilidade do emprego integrado dos mesmos.

O princípio de operação dos dois dispositivos é semelhante, porém atuam de maneira distinta dependendo do tipo de embarcação. Em embarcações pequenas e rápidas em que a parcela de sustentação hidrodinâmica é significativa (embarcações de planeio) a instalação causa uma modificação do trim da embarcação que afeta o desempenho propulsivo uma vez que a resistência de avanço destas embarcações depende da definição de um ângulo de trim ótimo. A referência [1] fornece expressões para a estimativa do efeito da inclusão de aletas (cunhas) no cálculo do arrasto, da sustentação e do momento.

Por outro lado, em embarcações de deslocamento de alto desempenho o efeito de modificação do trim é praticamente inexistente e, portanto, as vantagens obtidas pelo emprego destes mecanismos estão associadas à modificação do escoamento no corpo de popa. De uma maneira geral o efeito no desempenho pela colocação de cunhas/aletas em embarcações rápidas pode ser resumida da seguinte maneira:

- Embarcações de patrulha: $0{,}50 < Fn < 0{,}90$

Redução de até 11% na resistência e de 14% na potência requerida;

- Embarcações de deslocamento → Fn: 0,40 ~ 0,45

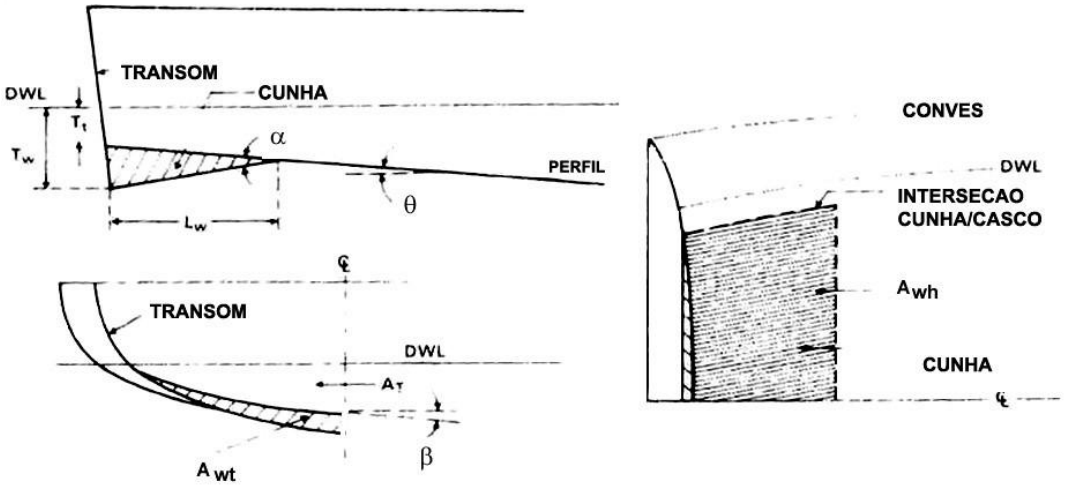
Redução de até 5% na resistência e 6% na potência requerida.

É importante ressaltar que o efeito positivo da instalação de aletas/cunhas de popa está associado a uma faixa de velocidades específica. Até recentemente os projetos visavam basicamente à minimização da potência na velocidade máxima, porém mudanças conceituais no projeto, isto é, de avaliar o desempenho em função do perfil operacional ao longo da vida útil da embarcação, tornaram fundamental avaliar os parâmetros de maneira tal que o acréscimo de resistência em baixas velocidades fosse compatível com a redução obtida em maiores velocidades. Os parâmetros geométricos mais importantes na definição da cunha de popa e das aletas de popa estão indicados na tabela I (ref. [2]).

O escoamento na região da popa "transom" é um fenômeno bastante complexo em que diversos fenômenos como, geração de ondas ("rooster tail" e ondas dispersivas), formação de vórtices "eddy-making", quebra de ondas ("wave breaking"), turbulência e geração de espuma ("white water") e ondas de fuga ("trailing waves") representam formas de perda de energia. A instalação de cunhas ou aletas modifica este escoamento, estas alterações devendo ser compreendidas para que o desempenho da embarcação seja aquele desejado. Estes fenômenos hidrodinâmicos estão relacionados a:

- Modificações do escoamento no corpo de popa:
  - Redução da velocidade sob o casco e aumento da pressão ("pressure recovery");
  - Aumento da velocidade de saída, no bordo de fuga da popa/aleta;
- Modificações do padrão de ondas gerado:
  - Alteração do padrão de ondas local em torno da popa;
  - Modificação do campo de ondas próximo ("near field") e ao longe ("far field");
- Efeitos secundários:
  - Aumento do comprimento do navio;
  - Melhora da interação com propulsor (eficiência propulsiva);
  - Modificação do trim (trim de proa) e redução do afundamento;
  - Geração de forças de sustentação e arrasto pelas cunhas/aletas.

Tabela I – Características geométricas cunhas de popa (Fonte: Ref. [2])



L_W	- Comprimento cunha (“wedge”)
A_T	- Área popa transom abaixo linha d’água
A_W	- Área plano de linha d’água
A_{WH}	- Área cunha (projeção horizontal na plano de linha d’água)
A_{WT}	- Área cunha (projeção no plano transversal)
T_T	- Calado na popa
T_W	- Calado na popa até extremidade inferior da cunha
α	- Ângulo da cunha
θ	- Ângulo de inclinação da linha do alto
β	- Ângulo de abertura, pé da caverna do casco (“deadrise”)

O principal efeito da instalação de aletas ou cunhas de popa ocorre devido à alteração do escoamento na região do corpo de saída da embarcação. A inclusão destes mecanismos causa uma redução da velocidade do escoamento desde sua localização até, aproximadamente, uma distância avante de 15% L_{WL}. Esta redução de velocidade acarreta um aumento de pressão cuja componente no sentido do movimento resulta provoca uma redução da resistência ao avanço. Este efeito é máximo na região central decrescendo à medida que se caminha em direção ao costado.

Por outro lado, é importante entender o regime de escoamento na região da popa “transom” em função da velocidade. Em baixas velocidades, a popa “transom” encontra-se em contato com o fluido (“attached”) e a resistência (“base drag”) é significativa devida à sua imersão e a

geração de vórtices. Com o aumento gradativo de velocidade ocorre uma redução da imersão da popa e do fluído na região acima da aleta e, em uma estreita faixa de velocidades, o escoamento torna-se transitório, isto é, ora totalmente livre da popa ora retornando ao espelho de popa ("rolling back"). Em altas velocidades, o escoamento separa-se totalmente da parte superior da aleta e do espelho de popa. A instalação de aletas de popa colabora para a melhora do desempenho uma vez que acarreta uma redução da velocidade de separação ("detachment"). Experiências realizadas (Refs. [2], [3], [4] e [5]) obtiverem uma redução da velocidade de separação com a instalação da cunha/aleta de popa, constatando que mesmo aletas de envergadura reduzida produziam uma separação limpa.

A instalação das cunhas/aletas de popa também resulta na alteração do padrão de ondas, este observável tanto numericamente, como experimentalmente através de parâmetros como área, altura, posição longitudinal e largura das ondas geradas. Pode-se ainda acrescentar que, de acordo com os trabalhos citados, ocorre uma redução da potência requerida ("delivered") da ordem de 1~3 % acima das obtidas unicamente com a diminuição da resistência ao avanço. Esta decorre da alteração do campo de esteira que provoca tanto um aumento da eficiência do casco como também, uma redução do carregamento do propulsor. Além deste aspecto, em altas velocidades, a redução do carregamento do propulsor e o aumento da pressão sob o casco ainda contribuem para uma redução da cavitação do propulsor podendo-se, inclusive, ocorrer aumento da eficiência do propulsor.

Finalmente, um aspecto extremamente importante no projeto de aletas/cunhas de popa é a extrapolação modelo/protótipo. O efeito da viscosidade na distribuição de pressão ao longo da linha de centro mostrou ser significativo estando associado à existência de uma camada limite relativamente mais fina em embarcações reais (δ/L_{PP}). Os resultados em escala real (Refs. [3] e [4]) apresentam um desempenho superior em relação aos modelos na faixa de 2% a 12% sendo as maiores diferenças ocorrendo em baixas velocidades. Os autores desenvolveram expressões empíricas e gráficos (Fig. 1) para a extrapolação modelo/protótipo (efeitos de escala) considerando a razão entre escalas, o número de Reynolds, a espessura da camada limite e coeficiente de atrito.

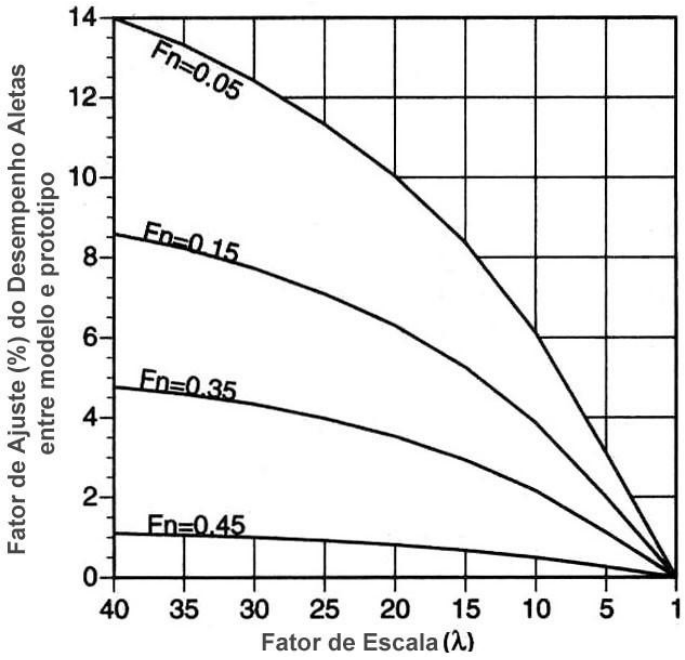


Figura 1 – Ferramenta de estimativa da eficiência da aleta de popa em escala real (Ref. [3]) em relação ao resultados obtidos na escala do modelo ensaiado.

Arranjo Experimental

O estudo experimental foi desenvolvido para avaliar experimentalmente o efeito de aletas de popa na resistência ao avanço e na atitude da embarcação, isto é, no afundamento e ângulo de trim. O modelo construído e testado corresponde ao Navio Patrulha, classe Grajaú (IPT M413) e foi moldado em fibra de vidro a partir de um casco construído em madeira pelo IPT. A partir do plano de linhas, na escala 1:50 e da tabela de cotas foi elaborado um plano de linhas na escala 1:18,5 e obtidas as curvas hidrostáticas do navio. È importante ressaltar que o modelo original já possuía uma cunha de popa com um ângulo de inclinação de ~ 6,9º, além de uma extensão à ré (aleta) não incluída na confecção do modelo.

As dimensões gerais da embarcação são apresentadas na tabela II e as figuras 2 e 3 apresentam diferentes vistas do modelo construído. Pode-se notar, claramente, a pequena inclinação na popa do modelo (cunha de popa), a instalação do sistema duplo de defletores (“spray rails”) instalados de acordo com o projeto original, assim como a inclusão de “skeg” e de pinos excitadores de turbulência.

Tabela II – Principais Características do Navio e do Modelo

Características			Navio	Modelo
Escala	λ	-	1	18,5
Comprimento Total	L_{OA}	m	46,50	2,514
Comprimento entre Perpendiculares	L_{PP}	m	42,50	2,297
Comprimento linha d'água	L_{WL}	m	42,33	2,288
Boca moldada	B	m	7,50	0,405
Boca – Calado de projeto	B_{WL}	m	6,91	0,374
Pontal	D	m	4,68	0,253
Calado Avante	T_F	m	1,85	0,100
Calado Médio (L_{PP} /2)	T	m	1,85	0,100
Calado à Ré	T_A	m	1,85	0,100
Calado médio máximo previsto	L_{MAX}	m	2,29	0,124
Calado médio mínimo previsto	L_{MIN}	m	1,75	0,095
Volume Deslocado - T = 1,85 m	∇	m^3	208,40	0,0329
Deslocamento – T = 1,85 m	Δ	ton/kg	213,61	0,0337

Figura 2 – Vistas gerais

Figura 3 – Vista de perfil (cunha de popa).

O programa de ensaios proposto foi baseado nos parâmetros importantes sugeridos nas referências e que incluía uma ampla faixa de variação da geometria das aletas de popa, isto é, 3 ângulos de aletas de popa, 2 envergaduras e 2 comprimentos da corda. Porém, em função da necessidade de inserir os ensaios no cronograma de uso do tanque de provas e de melhorar a consistência dos resultados, restringiu-se a geometria das aletas a uma única envergadura, a um único valor de corda (c = 3,5 cm) e a ângulos de inclinação em relação ao prolongamento da quilha na popa, α, de 0º, 5º e 10º. A figura 4 apresenta a geometria das aletas e a figura 5 mostra sua instalações na popa do modelo podendo-se notar, claramente, a escolha de uma envergadura menor que a boca para evitar os efeitos do escoamento junto ao bojo da embarcação. Para facilitar o processo de construção optou-se que as extremidades das aletas possuíssem um raio de curvatura igual ao comprimento da corda devendo-se acrescentar que esta escolha é compatível com a sugestão da envergadura máxima da aleta evitar a região próxima à curvatura do bojo ("bilge") devido ao escoamento complexo que existe entre a popa "transom" e o casco.

Os ensaios foram realizados para duas condições de calado médio (h = 1,85 m e 2,05 m) e que correspondem, respectivamente a volumes deslocados, ∇, de 210, 2 e 251,6 m^3. As condições de ensaio são apresentadas na tabela III, inclusive com os ensaios realizados no ano 2000 (ensaios 1 a 5).

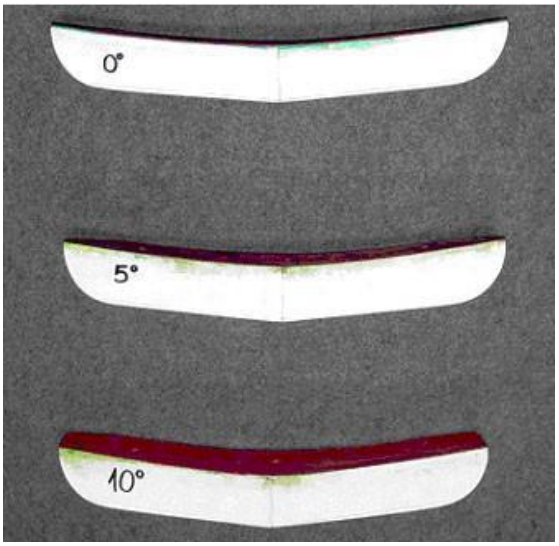


Figura 4 – Aletas de popa.

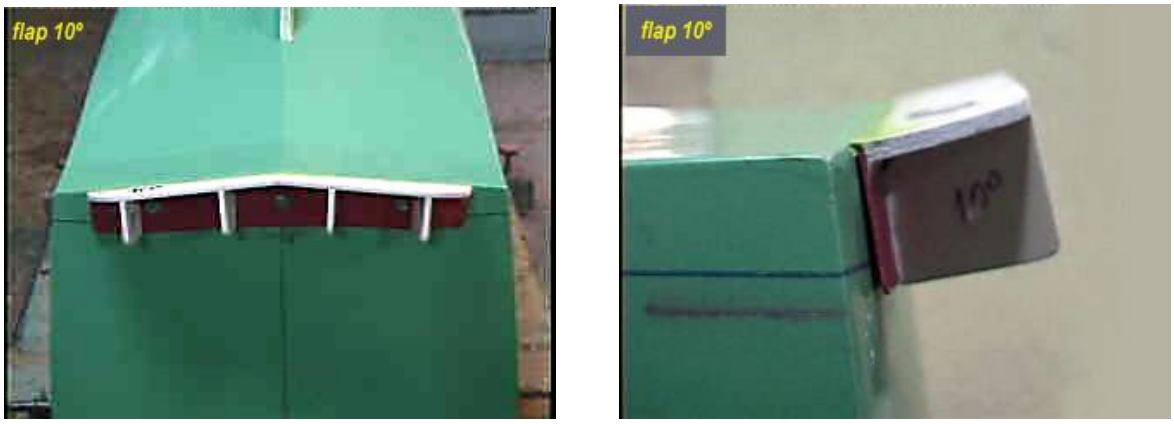


Figura 5 – Instalação para ângulo de inclinação, α, igual a 10º.

Tabela III – Matriz de ensaios realizados com modelo Navio Patrulha (IPT M413).

Ens. Ref.	T_{AV} (m)	T_M (m)	T_{AR} (m)	T (ºC)	S_M (m^2)	∇ (m^3)	O-1* spray rail	O-2 aleta	O-3 leme	O-4 pé de gal.	O-5 eixo	O-6 skeg
1	1,85	1,85	1,85	19,8	291,60	208,50	s/	s/	s/	s/	s/	c/
2	1,85	1,85	1,85	21,6	291,60	210,29	s/	s/	s/	s/	s/	c/
3	1,85	1,85	1,85	21,7	292,62	210,29	c/	s/	s/	s/	s/	c/
4	2,10	2,00	1,90	22,0	302,55	242,74	c/	s/	s/	s/	s/	c/
5	2,15	2,05	1,95	22,0	311,11	251,64	c/	s/	s/	s/	s/	c/
6	1,85	1,85	1,85	21,9	292,62	210,18	c/	s/	s/	s/	s/	c/
7	1,85	1,85	1,85	23,0	295,70	210,24	c/	0º	s/	s/	s/	c/
8	1,85	1,85	1,85	22,0	295,70	210,18	c/	5º	s/	s/	s/	c/
9	1,85	1,85	1,85	21,9	295,70	210,18	c/	10º	s/	s/	s/	c/
10	2,05	2,05	2,05	21,2	311,11	251,60	c/	s/	s/	s/	s/	c/
11	2,05	2,05	2,05	19,9	314,19	251,54	c/	0º	s/	s/	s/	c/
12	2,05	2,05	2,05	21,3	314,19	251,61	c/	5º	s/	s/	s/	c/
13	2,05	2,05	2,05	21,4	314,19	251,61	c/	10º	s/	s/	s/	c/

* *Observação*: O-i = Condições do modelo (c/ - com e s/ - sem).

Quanto à direção de reboque do modelo, nos centros internacionais de pesquisas são utilizados diversos procedimentos. Em algumas instituições o modelo é rebocado mantendo-se a direção de reboque coincidente com a direção da(s) linha(s) de eixo do(s) propulsor(es), em outros, a direção é mantida paralela à linha de flutuação. No arranjo utilizado (exceção ao ano 2000) os modelos são rebocados por meio de um dispositivo que permite a regulagem do ângulo do cabo de reboque para manter sempre a mesma direção durante cada corrida, em relação a um referencial definido. O modelo é fixo ao carro dinamométrico por meio de guias, uma na proa e outra na popa restringindo apenas os movimentos laterais. Cada guia possui um

dispositivo que permite a medição do afundamento do modelo na proa e na popa durante a corrida. Na figura 6 mostra-se o arranjo experimental adotado para os ensaios, enquanto a tabela IV são apresentadas as velocidades de ensaio.

Figura 6 – Arranjo experimental

Tabela IV – Matriz de velocidades ensaiadas - Navio Patrulha.

Fn	**V_M**	**V_S**	
	[m/s]	**[m/s]**	**[nós]**
0,26	1,21	5,19	10,10
0,28	1,31	5,63	10,95
0,28	1,33	5,70	11,09
0,31	1,46	6,28	12,21
0,34	1,59	6,83	13,27
0,36	1,71	7,34	14,27
0,36	1,73	7,42	14,43
0,49	2,34	10,06	19,56
0,54	2,55	10,97	21,33
0,56	2,66	11,46	22,27
0,58	2,77	11,90	23,14
0,61	2,88	12,39	24,09

Durante cada corrida foram medidas a velocidade de avanço e a força de reação do modelo, que corresponde à resistência ao reboque. Esta força, por sua vez, foi obtida por meio de uma balança dinamométrica, com contra-pesos, em duas partes:

- Parcela maior constitui-se de massas aferidas que contrabalançam a força de reação do modelo ao movimento;
- Parte restante, menor, é proporcional à defasagem do modelo em relação ao carro dinamométrico, e é medida pelo sensor de posição, previamente calibrado.

Resultados

As figuras 7, 8 e 9 apresentam, respectivamente, os resultados do coeficiente de resistência total, trim dinâmico e afundamento da matriz de ensaios da tabela III. Por sua vez, as figuras 10 e 11 correspondem às fotos do escoamento na região de popa para a condição de calado de projeto (T_{Ship} = 1,85 m) nas quatro condições ensaiadas, isto é, sem aleta e com aletas (α = 0º, 5º e 10º) e em duas velocidades (V_S = 12 e 24 nós).

Na menor velocidade (Fig. 10) pode-se notar que o escoamento na região de popa ainda não está separado, entretanto, a instalação de aletas mostra uma maior predisposição à separação. As fotos nas figuras 12 e 13 mostram o escoamento ao longo do casco para duas configurações do modelo (s/ e c/ aleta de 10º) em duas velocidades.

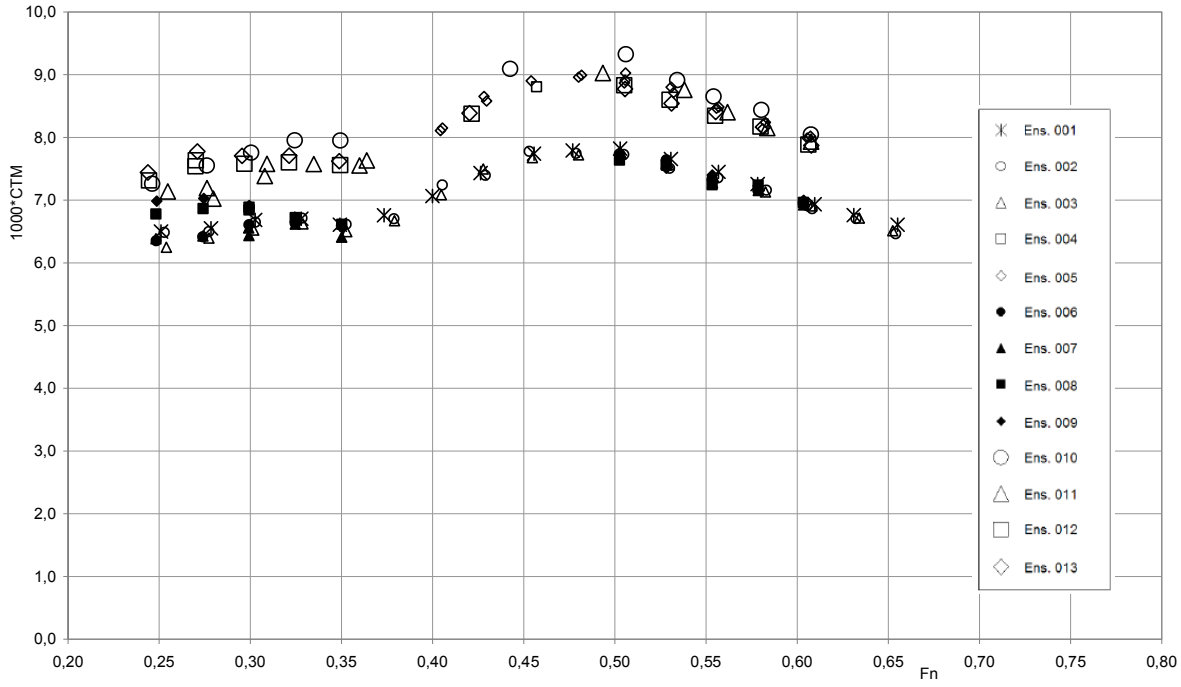


Figura 7 – Comparação de C_{TM} vs. Fn - Condições de Ensaio.

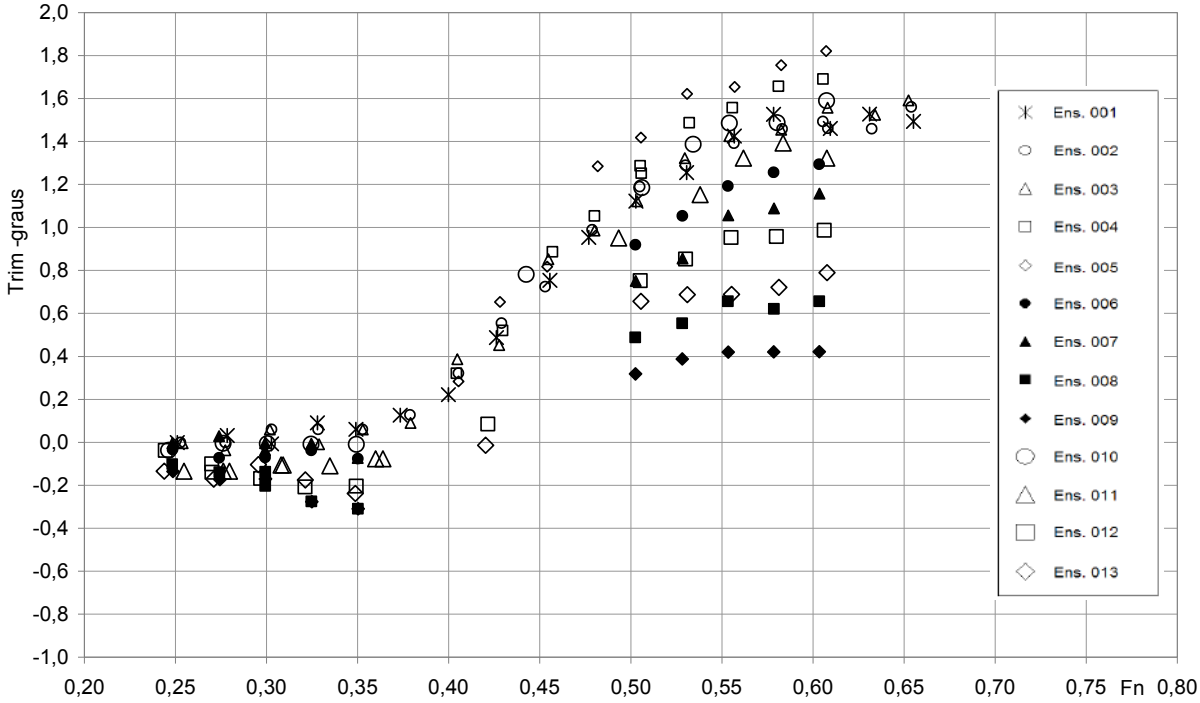


Figura 8 – Comparação do Trim Dinâmico vs. Fn - Condições de Ensaio.

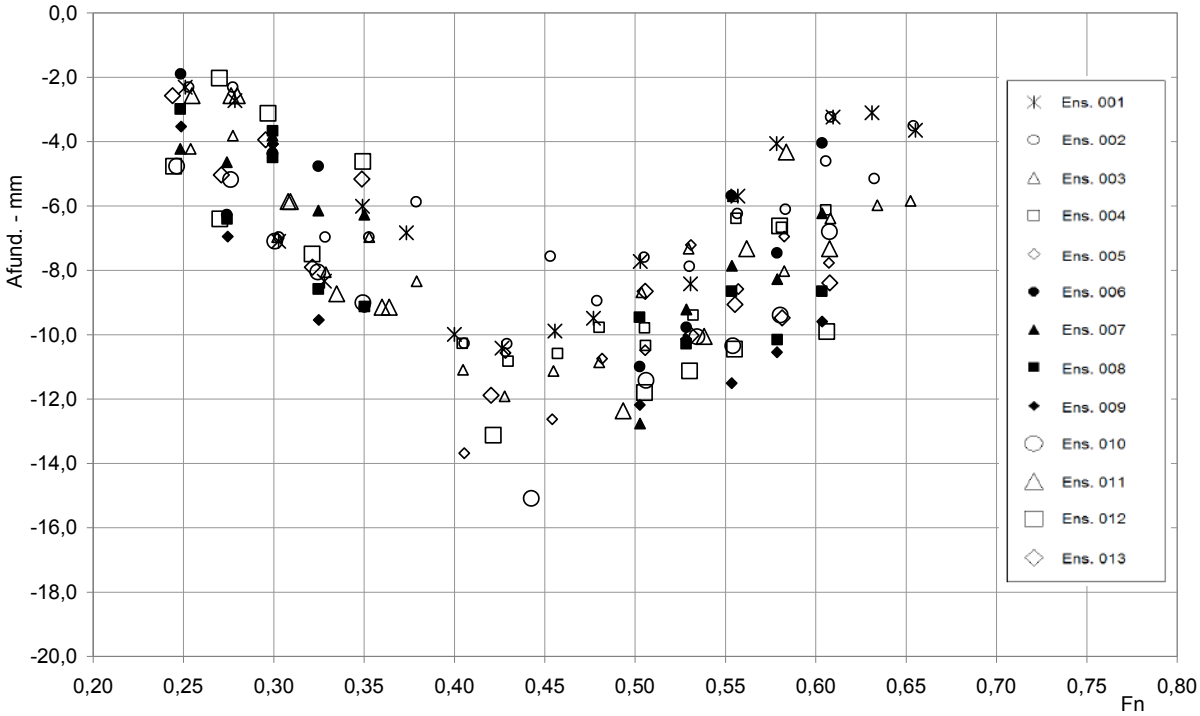


Figura 9 – Comparação Afundamento Médio vs. Fn - Condições de Ensaio.

Figura 10 – Efeito do ângulo de aleta no escoamento em baixa velocidade (V_S = 12 nós).

Figura 11 – Efeito do ângulo de aleta no escoamento na popa (V_S = 24 nós).

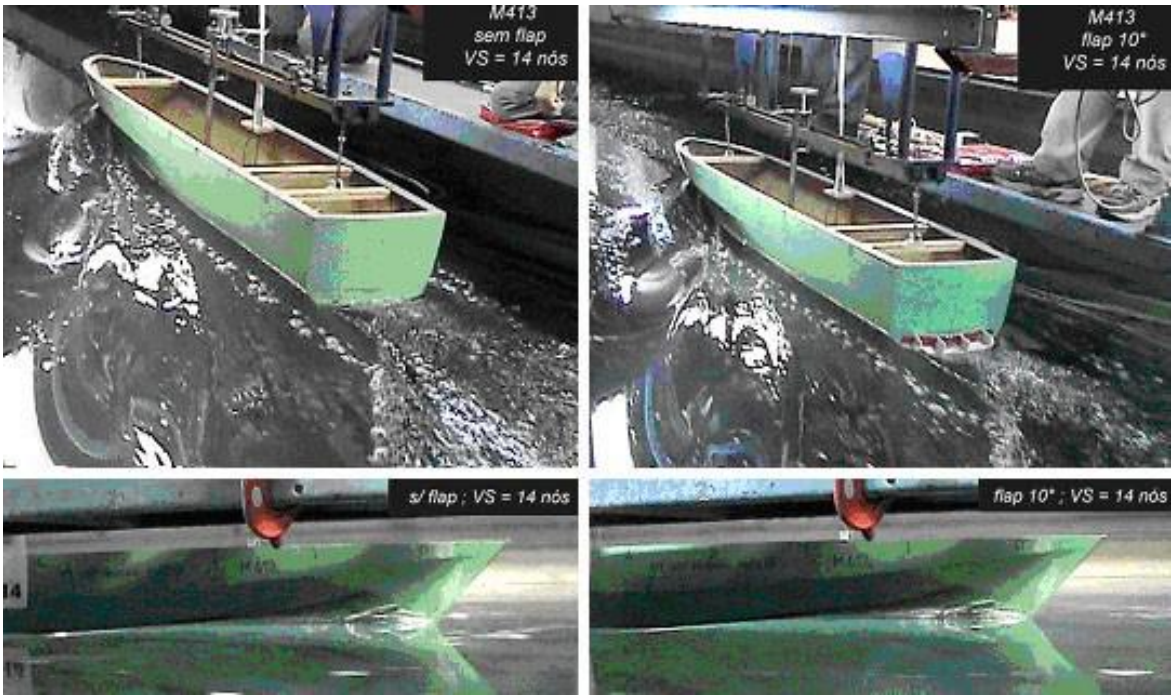


Figura 13 – Vista lateral do escoamento e formação do “spray”

Figura 14 – Vista lateral do escoamento e formação do “spray”.

Para a velocidade de 14 nós observa-se, na configuração sem aleta, a inexistência de separação na popa “transom”. Por outro lado, o emprego da aleta de 10º provoca o aparecimento de “spray” no defletores inferior. Na velocidade de 24 nós, o aparecimento de

"spray" é claramente visível, ocorrendo principalmente através do defletor inferior, enquanto o defletor superior pouco atuando (somente no caso da inclusão da aleta).

Análise e conclusões

Para análise dos dados elaboraram-se alguns gráficos comparativos entre as diferentes condições de ensaio. A figura 15 são apresentados os valores comparativos do modelo sem/com aletas na condição de calado de projeto, T_{Ship}= 1,85 m. Nesta condição pode-se claramente observar que o efeito da instalação de aletas de popa é prejudicial em relação ao coeficiente de resistência total para a faixa de $0{,}25 \leq Fn \leq 0{,}30$ e não desprezível, dentro dos erros experimentais, para a faixa de $0{,}30 \leq Fn \leq 0{,}35$. Em baixas velocidades verifica-se uma pequena influência sobre o coeficiente de resistência total, C_{TM}, para os ângulos de aleta de 5º e de 10º (Ensaio 8 e 9) quando comparado aos valores do modelo sem aleta. È interessante observar que os valores de C_{TM} são idênticos para modelo sem aleta e com aleta a 0º (Ensaios 6 e 7). Entretanto, é importante ressaltar que na faixa de baixos números de Froude, conforme mostrado na figura 1, a estimativa da eficiência da aleta de popa é subestimada devido à efeitos de escala.

Por sua vez, para a faixa de velocidades altas, os valores de C_{TM} são praticamente coincidentes para todas as condições deste conjunto de ensaios; a pequeníssima vantagem para o caso de ângulo nulo estando na faixa da imprecisão do processo de medida.

Observando-se o gráfico intermediário, percebe-se uma redução dos ângulos de trim dinâmicos na faixa de baixas velocidades, entretanto, este efeito é muito mais significativo em altas velocidades. Em baixas velocidade os valores de trim dinâmico sem aleta (Ensaio 6) e com aleta em 0º (Ensaio 7) são bastante próximos da condição inicial. Nas outras duas condições, ensaios 8 e 9, os valores obtidos de trim dinâmico variam entre -0,1º e -0,3º, com tendência de afundamento da proa do navio. Do ensaio 9 (α = 10º) obteve-se o ângulo de trim dinâmico entre 0,32 graus e 0,42 graus enquanto que, nesta mesma faixa velocidades, o modelo sem aleta (Ensaio 6) tem-se um trim dinâmico entre 0,92º e 1,29º , cerca de 3 vezes os valores obtidos para a condição anterior. A seleção de uma ou outra configuração de aleta dependeria, então, de outras condições como, por exemplo, redução de embarque d'água em condições de mar ou aumento de visibilidade a partir do passadiço.

Finalmente, analisando o gráfico inferior observa-se que o modelo apresenta afundamento médio negativo para toda faixa de velocidades, com valor máximo (em módulo) de cerca de -0,24 m para a velocidade de Fn = 0,50 com aleta em ângulo nulo. A tendência mostrada é de que quanto maior o ângulo de instalação da aleta, maior será o afundamento do modelo.

Análise semelhante é apresentada na figura 16 para a condição de calado, T_{Ship} = 2,05 m. Analisando o gráfico superior verifica-se que a instalação da aleta de popa não afeta de forma tão acentuada tanto em baixas velocidades, como em altas velocidades. Para baixas velocidades percebe-se uma diminuição do valor de C_{TM} com a instalação da aleta de ângulo nulo (Ensaio 11). É importante lembrar dois aspectos com relação à condição real da embarcação com relação ao modelo construído, isto é, o atual calado de operação das embarcações é próximo ao valor de 2,05 m e incorpora uma aleta de popa (Ensaio 11). Por outro lado, observam-se diferenças menores na faixa de baixas velocidades entre os coeficientes de resistência total quando comparadas àquelas obtidas para o calado de 1,85 m. Estes resultados mostram, claramente, o efeito do deslocamento no dimensionamento das aletas e a importância da condição de operação da embarcação.

Continuando a análise, o gráfico intermediário mostra uma menor influência, em baixas velocidades, da instalação das aletas no trim dinâmico quando comparado com o correspondente gráfico da figura 15. Por outro lado, em altas velocidades, a variação do ângulo de trim em relação ao casco sem aletas é semelhante ao caso da figura 15, entretanto, com valores de ângulo de trim maiores, apresentando um valor máximo de 1,6º para o casco sem aleta na velocidade de Fn = 0,60 e de 0,8º para navio com aleta a 10º. Nas duas condições intermediárias, os valores máximos apresentados são de 1,4º para ensaio 11 e de 1º para ensaio 12. Ainda nesta mesma figura, o gráfico inferior apresenta os resultados do afundamento, estes mostrando uma tendência ao menor afundamento do casco na condição de ângulo de aleta máxima (α = 10º) , apesar da dispersão entre os valores obtidos para diferentes velocidades de ensaio.

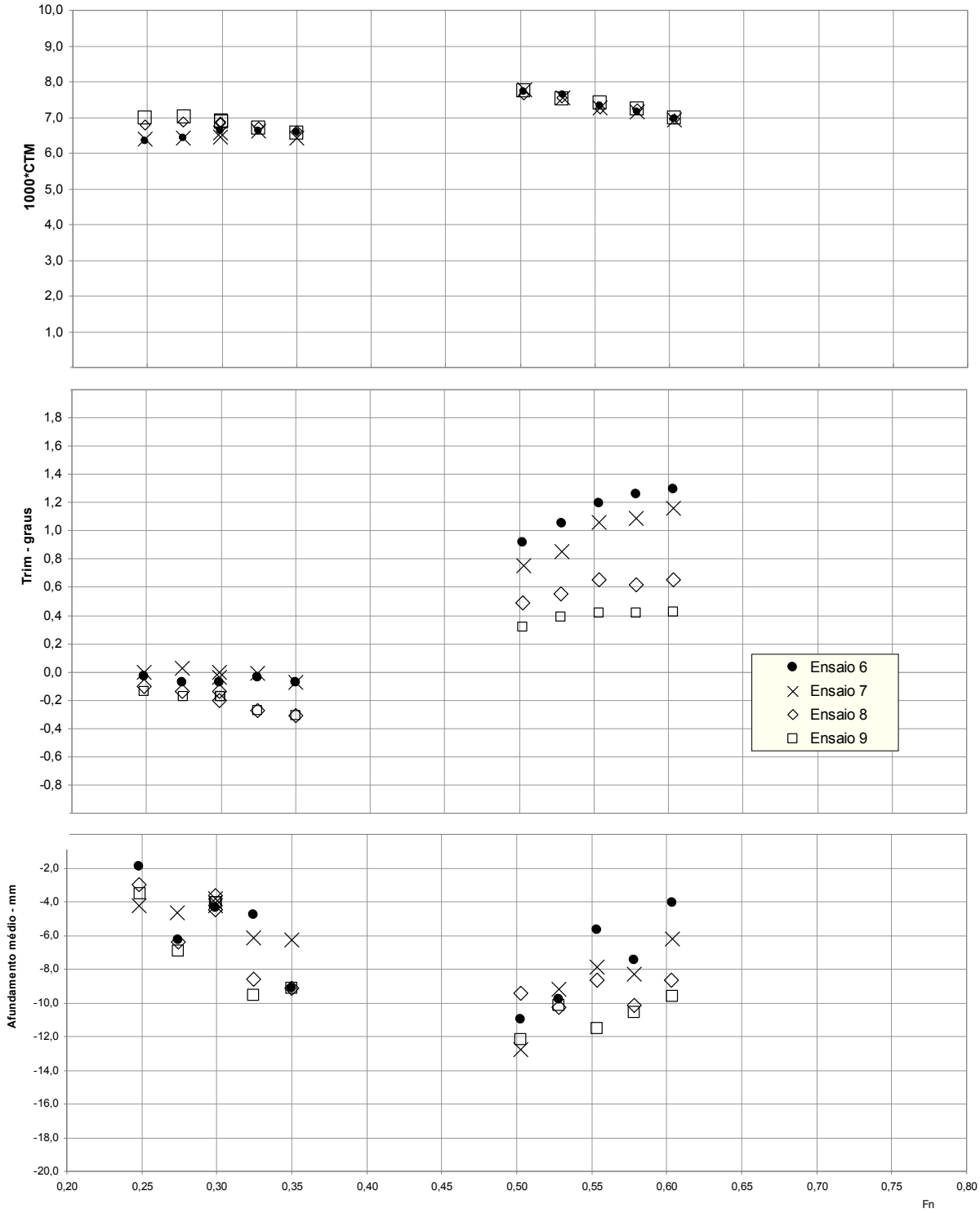


Figura 15 – Ensaios 6,7,8 e 9: Comparação C_{TM}, trim e afundamento versus número de Froude.

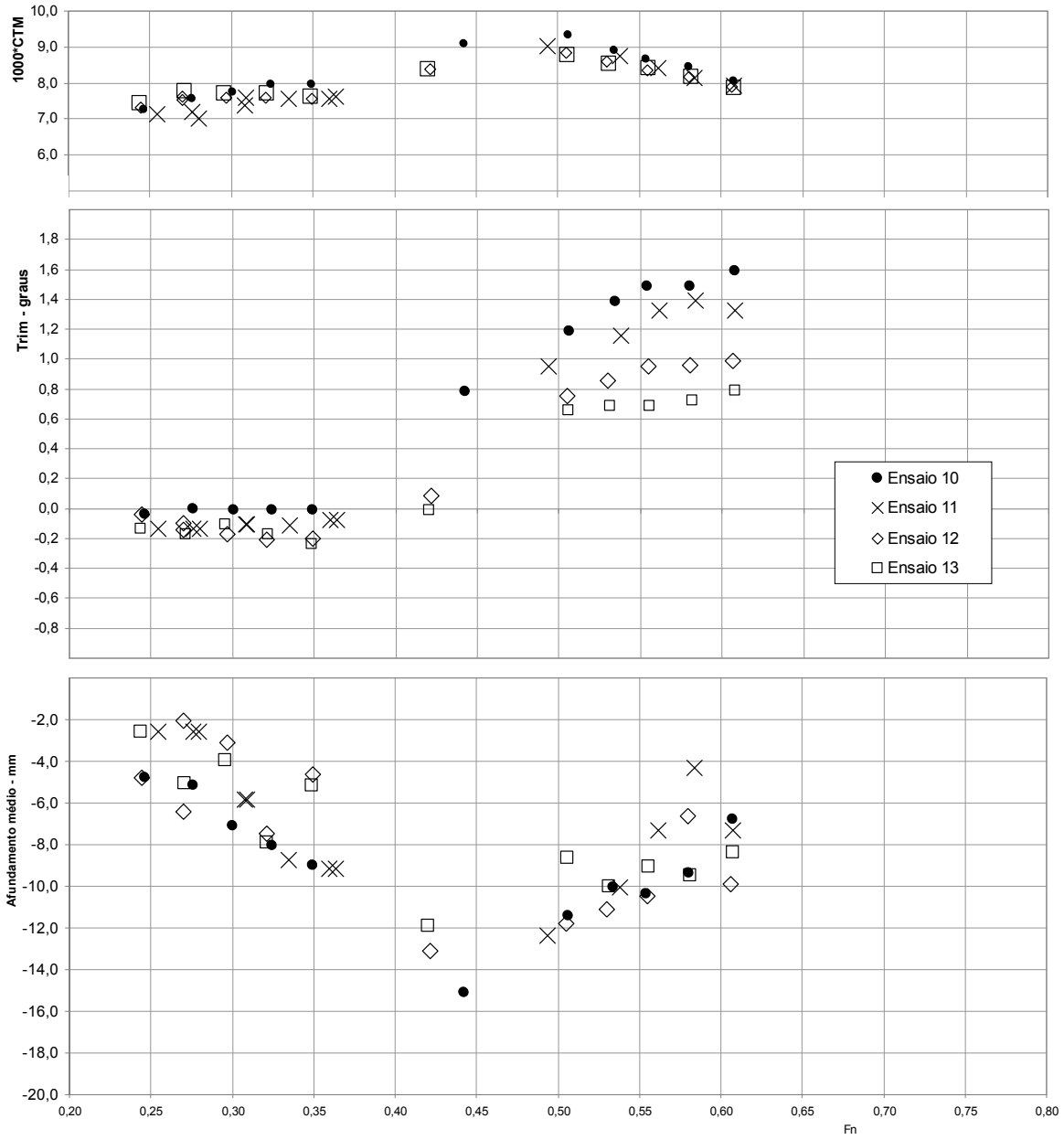


Figura 16 – Ensaios 10,11,12 e 13: Comparação C_{TM}, trim e afundamento versus número de Froude.

O último resultado de interesse a ser discutido é apresentado na figura 17 em que se compara os ensaios 5 e 10, o primeiro incluindo o efeito de trim estático inicial. Normalmente, evita-se um trim estático inicial diferente de zero na condição de projeto, pois representa uma condição de pior desempenho em relação à resistência ao avanço, à manobrabilidade e, também, ao comportamento em ondas. O ensaio 5 corresponde ao navio com trim inicial pela proa de 0,27º (arctan *(TF-TA)/ LPP)*) para um calado médio de 2,05m. Observando a figura 17

percebe-se que, em altas velocidades, os valores de C_{TM} na condição com trim estático estão ligeiramente abaixo dos valores sem trim estático, resultado este que surpreenderia caso a embarcação fosse do tipo de deslocamento, podendo-se concluir que a afirmação anterior não seria válida para embarcações de semi-deslocamento.

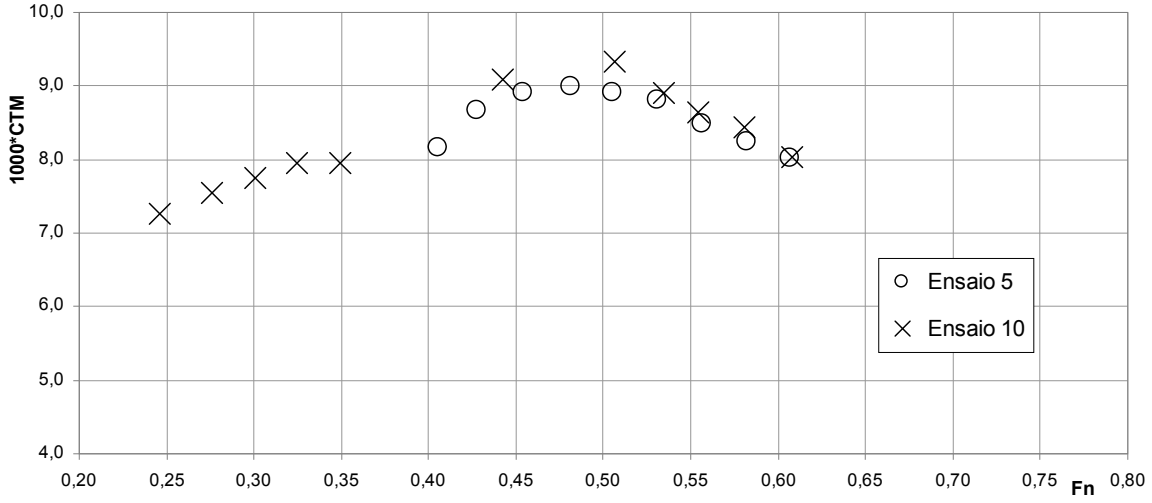


Figura 17 – Ensaios 5 e 10: Comparação C_{TM} versus número de Froude.

Finalmente, este trabalho permitiu tirar conclusões interessantes sobre o efeito da variação dos ângulos de aleta no desempenho de embarcações de semi-deslocamento para diferentes deslocamentos da embarcação além de, ainda que limitado por uma matriz de ensaios reduzida, avaliar o procedimento experimental. Como sugestão para a continuação do desenvolvimento desta linha de pesquisa em embarcações de alta velocidade, pretende-se ensaiar outros conjuntos de aleta com diferentes envergaduras e cordas, desenvolver um arranjo experimental mais adequado para a obtenção de imagens fotográficas tanto da proa (formação de "spray"), como da região de popa ("rooster tail").

Referências

[1] Savivsky, D. and Brown, P. W.; *Procedures for Hydrodynamics Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water*; Marine Technology, October 1976; pp. 381-400.

[2] Karafiath, G. and Fisher, S. C.; *The Effect of Stern Wedges on Ship Powering Performance*; Naval Engineers Journal, May 1987; pp. 27-38.

[3] Karafiath, G.; Cusanelli, D. S. and Lin, C. W.; *Stern Wedges and Stern Flaps for Improved Powering – U.S. Navy Experience*; Transactions SNAME, Vol. 107; 1999; pp. 67-99.

[4] Karafiath, G.; Cusanelli, D. S.; Jessup, S. D. and Barry, C. D.; *Hydrodynamic Efficiency Improvements to the USCG 110 Ft WPB ISLAND Class Patrol Boats*; Transactions SNAME, Vol. 109; 2001; pp. 197-220.

[5] Cusanelli, D. S. and Karafiath, G.; *Advances in Stern Flap Design and Application*; Proceedings FAST 2001, 4th – 6th September, Southampton, UK; 2001; pp. 307-319.

BREVE ANÁLISIS DE LOS PROCESOS EROSIVOS COSTEROS EN LA POBLACIÓN DE COJIMÍES

Arreaga Vargas Patricia[1]
Vera San Martín Leonor[1]

RESUMEN

Cojimíes es una zona cuyo conflicto principal son los procesos de erosión y sedimentación que se producen constantemente (PMRC 1988). El presente trabajo tiene como finalidad dar un diagnóstico general de los procesos que se dan en esta zona costera, basados en una inspección de campo del área en mención. Cojimíes es una zona muy dinámica, en la que los cambios en la profundidad de los canales y en los bancos de arena son muy frecuentes y se dan de manera muy brusca. En general el patrón de las corrientes a la entrada del estuario(en el flujo) como a la salida del estuario (en el reflujo), se ve afectada por la presencia de numerosos bajos que retienen la normal circulación de las aguas y además provocan que las corrientes se distribuyan irregularmente con diferente fuerza, haciendo esta zona muy dinámica e inestable. Por la morfología del lugar, se deduce que las corrientes de mareas son un factor primordial en la dinámica del lugar y el principal factor causante de la erosión en aquella zona. Para conocer exactamente cual es la dinámica del lugar será necesario disponer de información primordial como las corrientes, cambios en la batimetría y transporte de sedimento, de la cual no se dispone; esta información la cual deberá ser multitemporal, permitirá establecer si estructuras portuarias tales como espigones y otras obras navales son aconsejables para resolver el problema, ya que de lo contrario se considerarán como una agravante de la situación, dado el perfecto desconocimiento de la dinámica costera del lugar.

INTRODUCCION

La zona de Cojimíes constantemente ha sido erosianada por la acción de la energía del mar, las viviendas han sido trasladadas en diversas oportunidades, lo que ha provocado pèrdidas económicas en la población que se dedica especialmente a la pesca. Basados en un reconocimiento del área, efectuado en noviembre del 2003, se presenta de manera general un análisis de los procesos erosivos que se dan en este lugar con la finalidad de examinar daños, evaluar las causas y analizar las posibles soluciones al problema.

Hasta noviembre del 2003, la población (3600 hab.) estaba asentada en un área de 1200 m^2, de la cual un 10 %, mantiene sus casas en áreas muy próximas al mar, las cuales son azotadas por aguajes. En repetidas ocasiones los pobladores han movilizado sus viviendas alejándose del mar unos cuantos metros debido a la situación de constante riesgo. El desplazamiento se ha dado especialmente en dirección al interior estuario. La extensión de esta playa poblada y que se considera en riesgo es de 2 km, desde el lado del estuario hasta la punta.

ÁREA DE ESTUDIO

Cojimíes es parroquia rural del Cantón Pedernales, situada en la parte norte de la Provincia de Manabí, a orillas del estuario del mismo nombre, considerado uno de los principales de la provincia manabita, sus bordes interiores se estiman en 80 km., con una playa de aproximadamente 35 Km de extensión.

Morfológicamente en el sector de Cojimíes predominan los depósitos estuarinos y marinos de cordones litorales levantados que conforman terrazas en la megaflecha que es ahora la península de Cojimíes (donde está asentada la población). Ayón 1988. Figuras 1 y 2.

En el área de estudio predomina la sedimentación deltaica con la formación continua de bancos de arena. En su desembocadura el estuario presenta algunas nuevas islas de barrera que son muy notorias; esto se debe a las áreas de manglar que han sufrido disminución, y que tienen una función estabilizadora de los bancos de arena mediante la colonización en el área, por lo que su disminución provoca inestabilidad de los sedimentos. Existen dos ambientes predominantes en Cojimíes, la playa que da al estuario y la playa que enfrenta al mar. La Punta de Cojimíes tal como lo muestra la figura 2 tiene una dirección sur-norte, , de igual [1]forma su línea de costa guarda esta misma alineación. La playa que queda al descubierto durante la marea baja tiene diferentes extensiones conforme se aleja del estuario desde 200 m en la zona que da al estuario hasta aproximadamente 500m. Se estima que durante la época de sicigia (aguajes), estas extensiones de playa descubiertas serán mucho mayores. Los sedimentos que se encuentran en el área están constituidos por arena de grano fino, con un diámetro entre 0.21 – 0.125 mm.

Cojimíes tiene aproximadamente 3600 habitantes y sus principales actividades económicas son la pesca, la agricultura, la ganadería y el cultivo de camarón; considerado como uno de los principales sectores camaroneros de la Provincia de Manabí, viéndose muy afectada los últimos tiempos, por la "mancha blanca".

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

El conflicto principal tanto en la boca del Estuario de Cojimíes como en la zona costera son los procesos de erosión y sedimentación que se producen constantemente (PMRC 1988). Esta zona es muy dinámica y basados en testimonios de sus pobladores, los cambios en la profundidad de los canales y en los bancos de arena son muy frecuentes y se dan de manera muy brusca. No existe información batimétrica actualizada ni continua, que permita determinar la magnitud del cambio de las profundidades en la zona, y ayude a conocer la tendencia del desplazamiento del material removido. En estas zonas estuarinas la vegetación es primordial para mantener la estabilidad de la playa, por lo que la continua tala del manglar y de la vegetación en general ha contribuido para que los procesos erosivos predominen.
La dirección, velocidad y en general el patrón de las corrientes a la entrada del estuario(en el flujo) como a la salida del estuario (en el reflujo), se ve afectada por la presencia de numerosos bajos que retienen la normal circulación y además provocan que las corrientes se distribuyan irregularmente, con diferente fuerza, haciendo esta zona muy dinámica e inestable.
Basándose en la información de la carta IOA 1020 (1983), se estima que durante el flujo, la mayor parte del caudal de agua de mar ingresa principalmente por el canal norte de la isla. Mientras que en el reflujo, toda el agua de mar que ingresó al estuario, sumado el aporte propio del Río, tratarán de salir al mar por ambos lados de la Isla, sin embargo el bajo formdo en la parte sur de la isla impide la libre circulación de la misma, y es

[1] Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador

posible la formación de remolinos y fuertes gradientes de velocidad que erosionan esta parte de la playa. En la Figura 2 se muestra la dirección estimada de las corrientes ante la distribución de los bajos que muestra la carta batimétrica del lugar, sin embargo, no se puede confirmar esta hipótesis, sin contar con batimetría y estudios de corrientes actualizados.
Las figuras 3 y 4, corroboran el proceso erosivo de las playas y el daño a las estructuras costeras asentadas frente al mar.

CONCLUSIONES

Existen procesos activos de erosión y sedimentación tanto en la boca del Estuario como en la zona costera, lo cual se manifiesta en la constante disminución del área de playa, en la parte del estuario y la presencia de bancos de arena en toda la zona.

No se puede indicar exactamente cual es la dinámica del área en cuestión, debido a que no se dispone de información primordial como es el caso de las corrientes, cambios en la batimetría y transporte de sedimento.

Por la morfología del lugar, se deduce que las corrientes de mareas son un factor primordial en la dinámica del lugar. Las corrientes de marea son el principal factor causante de la erosión en aquella zona.

Las estructuras portuarias tales como espigones y otras obras navales son aconsejables una vez que se conozca perfectamente la dinámica costera de un lugar, de lo contrario se considerarán como una agravante de la situación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar los respectivos estudios que permitan determinar las causas del problema de erosión y sedimentación que existe en Cojimíes, será necesario realizar una batimetría de la zona para conocer las profundidades actuales de los canales y determinar el patrón de circulación que tenga su flujo.

Es importante establecer un estudio multitemporal de las condiciones batimétricas una vez que se obtengan datos actuales de las profundidades del lugar.

BIBLIOGRAFÍA

http://www.eldiario.com.ec/varios/especiales/cantones/pedernales.asp
Ecuador, Perfil de sus Recursos Costeros, 1998
Grandes Rasgos Geomorfológicos de la Costa Ecuatoriana, Héctor Ayón. 1988. PMRC.

FIGURAS

Figura 1 .- Área de estudio

Figura 2.- Características físicas del área de estudio. La Isla divide la boca del estuario en dos canales. Se aprecian profundidades incluso mayores que 10 en el canal norte, mientras que en el ramal sur las profundidades pueden llegar a 20 cm. Se asumen velocidades menores en el canal sur, dando lugar a la sedimentación en este sector.

Foto 3. Vivienda expuesta a la acción erosiva del oleaje en Cojimíes. Se aprecia el enrocado de protección y sacos de arena que han sido colocados para proteger la misma.

Foto 4. Vivienda destruida en su totalidad por la furia del mar. Se aprecian los sacos de arena cerca de otra viviendas expuesta a la envestida del mar, como medios de protección.

Validación de Resultados Numéricos en la Predicción de Comportamiento en la Mar de Buques Pesqueros

F. Pérez-Arribas[1], R. Zamora[1], L. Pérez-Rojas[1] & J. Freiria[2]

[1]Canal de Ensayos Hidrodinámicos - E.T.S.I.N., Universidad Politécnica de Madrid; Madrid, España
[2]Canal de Ensayos - Facultad de Ingeniería, Universidad de la República; Montevideo, Uruguay

Resumen

Uno de los aspectos más relevantes en la utilización de modelos matemáticos aplicados a fenómenos físicos es la confianza que los operadores tengan en los resultados, reconociendo ciertos márgenes de incertidumbre. La metodología de validación de estos modelos consiste en la comparación de resultados teóricos con datos obtenidos del prototipo. Sin embargo, por lo general no se cuenta con el prototipo o las dificultades prácticas de experimentación en condiciones reales hacen imposible la obtención de datos para estudios comparativos. Ante esta dificultad se deben obtener datos de otras fuentes confiables. En el ámbito de la Ingeniería Naval la metodología adoptada es la modelación física en canales de prueba basada en la teoría de similitud.

El empleo del Canal de Pruebas y la modelación física en aplicaciones navales ha demostrado sus bondades en más de un siglo de historia, desde la determinación de la resistencia hidrodinámica del agua sobre el casco hasta las aplicaciones más específicas como predicción de cavitación en hélices. El presente trabajo muestra la aplicación de esta herramienta para la validación de modelos matemáticos desarrollados para predecir los movimientos de buques sobre las olas.

Abstract

One of most relevant aspects of utilization of mathematical models on phisical phenomena is the operator confidence about results and uncertainty margin. Validation methodology consist on comparing theoretical results with prototype data. However, actual data is not available in general, as prototype do not exist or exists practical dificulties to obtain it. Data may be obtain from other sources, such as phisical modelling, universally adopted by Naval Engineering practices.

The use of flume tank on naval application has demonstrated its reliability through more than a century on several fields as resistence or cavitation prediction. The present work shows how this tool is applied to validate mathematical models of ship free motions heave and pitch for fishing vessels.

Introducción

Es bien conocido el efecto que la mar gruesa tiene sobre el rendimiento de un buque en todos los aspectos operativos. Todas las actividades abordo toman más tiempo que cuando el mar está en relativa calma debido a las dificultades derivadas de las aceleraciones y movimientos bruscos. En condiciones extremas el buque puede llegar a encallar o incluso hundirse, siendo ésta el último paso en la pérdida de eficiencia.

Si bien estas afirmaciones son ciertas en la generalidad de los casos, son extremadamente sensibles en buques pesqueros, sobre todo por la relación de sus tamaños con la longitud de onda de las olas encontradas, las características de estabilidad y las condiciones de trabajo abordo (Pérez Rojas, 1982; Roberts, 2002).

Los movimientos del buque sobre las olas han sido modelados teóricamente, pero existen dificultades prácticas para validar dichos modelos. Los ensayos en canales de prueba con modelos a escala reducida permiten obtener resultados experimentales que respalden los resultados numéricos. Adicionalmente, el comportamiento del modelo y como es afectado por distintas condiciones de mar puede ser registrado para utilizar en forma comparativa con datos del prototipo en condiciones similares (Bass et al, 2003; Pérez Rojas et al, 2003).

El objeto del presente trabajo es mostrar la validación de modelos matemáticos desarrollados para evaluar las amplitudes máximas de los movimientos de arfada y cabeceo en buques pesqueros, con una descripción breve del desarrollo de los mismos.

Modelos Numéricos

El beneficio de esta herramienta es tener una rápida estimación de las amplitudes de los movimientos de arfada y cabeceo por intermedio de fórmulas experimentales en las cuales intervienen un conjunto de parámetros geométricos y dinámicos relacionados con el buque, y otro conjunto de parámetros relacionados con la configuración del estado del mar.

Estas formulaciones analíticas son aplicadas a diferentes configuraciones de buques, las cuales son derivadas de tres formas tipo iniciales, correspondientes a tres buques representativos de la flota pesquera española. La generación de las diferentes configuraciones se logra mediante la variación sistemática de las dimensiones y relaciones para los buques testigo, lo que ha representado más de 7000 arreglos distintos descritos en la Tabla 1 (Perez Rojas, 2003).

Tabla 1. Formas analizadas

Buque Tipo	*Dimensiones Principales Lpp x B x D*	*Formas escaladas*
Ship A	*17.8 x 6.0 x 3.0*	*2700*

Ship B	*13.4 x 4.7 x 2.2*	*2700*
Ship C	*29.0 x 8.0 x 3.7*	*2160*

La aplicación de las formulaciones paramétricas a estas formas llevó a la representación análoga de los movimientos de arfada y cabeceo mediante el cálculo estadístico de los coeficientes funcionales de las respectivas variables no dimensionales: B/T, $\Delta^{1/3} / L_{pp}$, L_{pp} / B, x_B / L_{pp}, x_F / L_{pp}, C_F, C_B, C_P, GM_T, y variables dimensionales: altura de ola significativa, $H_{1/3}$ (m), período, T_0 (s), velocidad del buque, V (nudos), y ángulo de incidencia o encuentro, μ (º).

A las 7560 configuraciones se aplicó la teoría de rebanadas a los efectos del cálculo dinámico, y posteriormente los resultados fueron analizados mediante regresiones analíticas obteniendo los modelos numéricos correspondientes a ambos movimientos. Los límites en las variaciones paramétricas se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Rango de variación paramétrica

Parámetros	*Buque A*	*Buque B*	*Buque C*
B/T	*2.20 - 2.70*	*2.63 – 3.21*	*2.00 – 2.44*
$\Delta^{1/3}/L_{pp}$	*2.77 – 3.51*	*2.60 – 3.28*	*2.48 – 3.11*
L_{pp}/B	*2.43 – 3.63*	*2.33 – 3.48*	*2.97 – 4.43*
C_B	*0.60 – 0.67*	*0.55 - 0.60*	*0.59 – 0.63*
C_P	*0.68 – 0.75*	*0.64 - 0.70*	*0.67 – 0.72*
GM_T	*0.56 – 1.14*	*0.28 – 0.95*	*0.30 – 0.76*

Luego del análisis completo de las formas se desarrollan las ecuaciones para el cálculo de la amplitud del movimiento de arfada y del movimiento de cabeceo mediante la determinación de los coeficientes aplicados a cada uno de los parámetros descritos.

La metodología numérica está basada en la Teoría de las Rebanadas, siendo utilizado el software CMAR2D para la predicción de los movimientos del buque; este programa se fundamenta en la teoría de flujo potencial, no considerándose propiedades viscosas del fluido; para tener en cuenta estos efectos se han introducido coeficientes de amortiguamiento apropiados.

La Teoría de Rebanadas tiene un rango de aplicación limitado. Por lo general se debe limitar a relaciones λ / Lpp $\sim$ [0.5 - 3.5] (λ = longitud de onda); otras hipótesis de trabajo son: altas frecuencias de encuentro, bajas velocidades de avance, y buques esbeltos.

A pesar de estas limitaciones, las curvas numéricas RAO comparadas con las obtenidas en ensayos experimentales muestran una buena correlación (los valores del Número de Froude utilizados fueron menores que 0.36). También a pesar de la falta de esbeltez de los buques pesqueros, la teoría de rebanadas funciona con buenos resultados para buques con relaciones bajas L_{pp} / B, tanto como 2.5. Los valores RAO para los movimientos verticales en olas muy largas

pueden ser asumidos 1 para el movimiento de arfada y 0 para el movimiento de cabeceo. Para olas muy cortas, los valores RAO tienden a 0.

Finalmente se determinan los estimadores estadísticos (desviación estándar, estimador R^2) que muestran el grado de compromiso de las ecuaciones con la dispersión de valores experimentales.

Modelos matemáticos de Arfada y Cabeceo

Arfada

La amplitud del movimiento de Arfada es modelada mediante la siguiente ecuación, con una desviación estándar cercana al 6 %:

$$z = a_1 \cdot (B/T) + a_2 \cdot (\Delta^{1/3}/L_{pp}) + a_3 \cdot (L_{pp}/B) + a_4 \cdot (x_B/L_{pp}) + a_5 \cdot (x_F/L_{pp}) + a_6 \cdot C_F + a_7 \cdot C_B + a_8 \cdot C_P + a_9 \cdot H_{1/3} + a_{10} \cdot T_0 + a_{11} \cdot \mu + a_{12} \cdot V + a_{13} \cdot GM_T + a_{14} \quad (1)$$

donde

z = amplitud máxima (arfada); a_i = coeficientes generados estadísticamente

Desviación Estándar	*0.0548 (5.48 %)*
Estimador R^2	*0.9768*

Los coeficientes de la regresión, a_i, son constantes, siendo sus valores medios y desviación estándar del conjunto los expuestos en la tabla 3:

Tabla 3. Coeficientes de Regresión para Arfada

Coefficient	*Value*	*Coefficient*	*Value*
a_1	-0.03722306	a_2	0.01096243
a_3	-0.01196155	a_4	0.31665174
a_5	0.26772113	a_6	0.88720948
a_7	-0.16183691	a_8	-0.09828367
a_9	0.27797920	a_{10}	-0.04366304
a_{11}	0.00033875	a_{12}	0.00815160
a_{13}	0.00916594	a_{14}	-0.45639900

Cabeceo

El movimiento de cabeceo tiene la representación de su amplitud máxima mediante la ecuación que se describe a continuación, con una desviación estándar cercana al 12%, mayor que en el caso anterior debido a la fuerte dependencia de los coeficientes respecto a la velocidad del buque y del ángulo de incidencia de la ola respecto a la dirección de movimiento:

$$\theta = b_1 \cdot (B/T) + b_2 \cdot (\Delta^{1/3}/L_{pp}) + b_3 \cdot (L_{pp}/B) + b_4 \cdot (x_B/L_{pp}) + b_5 \cdot C_F + b_6 \cdot H_{1/3} + b_7 \cdot (H_{1/3})^3 + b_8 \cdot T_0 + b_9 \cdot GM_T + b_{10} + b_{11}(V^{\alpha} + 1) \quad (2)$$

donde

θ *= amplitud máxima (cabeceo);* b_i *= coeficientes generados estadísticamente*

Desviación Estándar *0.1197 (11.98 %)*
Estimador R^2 *0.9957*

Los coeficientes b_i*, como fue mencionado, son dependientes de la velocidad y el ángulo de incidencia de la ola:*

para i = 1 a 10

$$b_i = (a'_{i1} + a'_{i2} \cdot \mu + a'_{i3} \cdot \mu^2) \cdot v^2 + (a'_{i4} + a'_{i5} \cdot \mu + a'_{i6} \cdot \mu^2) \cdot v + (a'_{i7} + a'_{i8} \cdot \mu + a'_{i9} \cdot \mu^2) \quad (3)$$

donde

μ *= ángulo de incidencia; v = velocidad de avance del buque.*

para i = 1 a 10

b_{11} *= 1.1173,* α *= 0.7457.*

Los coeficientes a'_{ij} *son mostrados en tabla 4:*

Tabla 4. Coeficientes de Regresión para cabeceo, $b_i = f(a'_{ij})$*.*

	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	a_{i6}	a_{i7}	a_{i8}	a_{i9}
b_1	-0.0330768	0.0004151	-0.0000013	0.4168141	-0.0048706	0.0000146	-2.9114421	0.0402605	-0.0001080
b_2	-0.1409648	0.0018863	-0.0000055	1.2399164	-0.0144718	0.0000418	-4.9509878	0.0696842	-0.0001849
b_3	-0.0639065	0.0008569	-0.0000025	0.5737026	-0.0069155	0.0000214	-2.6327636	0.0375183	-0.0001133
b_4	0.2565755	-0.0035847	0.0000149	-3.9031403	0.0431715	-0.0001859	48.986943	-0.6954585	0.0019603
b_5	0.6318900	-0.0091812	0.0000269	-4.9361479	0.0661355	-0.0001965	16.894743	-0.2546103	0.0006663
b_6	0.0043081	-0.0000735	0.0000001	-0.0285328	0.0008314	-0.0000012	-4.5079854	-0.0683610	-0.0001927
b_7	-0.0001049	0.0000017	-3.60 e-09	0.0008571	-0.0000190	4.24 e-08	0.0618286	-0.0009419	0.0000027
b_8	-0.0023163	0.0000349	-7.80 e-08	0.0193964	-0.0003491	0.0000008	0.6828553	-0.010474	0.0000305
b_9	-0.0089899	0.0001500	-0.0000003	0.0105501	-0.0005262	0.0000008	1.8449365	-0.026195	0.0000644
b_{10}	0.0141286	0.0006240	-0.0000041	-0.2332338	-0.0028525	0.0000373	-14.63183	0.2324656	-0.0006395

Resultados numéricos

Se consideraron dos buques a los efectos de la aplicación de los modelos de arfada y cabeceo, siendo sus dimensiones y datos hidrostáticos los que se muestran en tablas 5 y 6:

Tabla 5. Modelo de Buque 1 – Dimensiones y propiedades hidrostáticas

Eslora entre Perpendiculares (L_{pp}), m	*13.37*
Manga (B), m	*4.70*
Calado en Perpendicular de Popa, m	*1.92*
Calado en Perpendicular de Proa, m	*1.31*
Calado Medio (T), m	*1.62*
Desplazamiento (Δ), ton	*62.675*
LCB desde Perpendicular de Popa (x_B), m	*5.56*
LCF desde Perpendicular de Proa (x_F), m	*5.37*
Coeficiente de Bloque (C_B)	*0.419*
Coeficiente Prismático (C_P)	*0.631*
Coeficiente de Flotación (C_F)	*0.848*
Altura Metacéntrica (GM_T)	*0.62*

Figura 1 – Modelo de Buque 1 – Vista General

Tabla 6. Modelo de Buque 2 – Dimensiones y propiedades hidrostáticas

Eslora entre Perpendiculares (L_{pp}), m	*19.00*
Manga (B), m	*6.60*
Calado en Perpendicular de Popa, m	*3.56*
Calado en Perpendicular de Proa, m	*2.67*
Calado Medio (T), m	*3.11*
Desplazamiento (Δ), ton	*244.655*
LCB desde Perpendicular de Popa (x_B), m	*7.22*
LCF desde Perpendicular de Proa (x_F), m	*7.21*
Coeficiente de Bloque (C_B)	*0.612*
Coeficiente Prismático (C_P)	*0.727*
Coeficiente de Flotación (C_F)	*0.823*
Altura Metacéntrica (GM_T)	*0.50*

Figura 2 – Modelo de Buque 2 – Vista General

Los resultados de la aplicación de los modelos matemáticos de arfada y cabeceo se muestran en las Tablas 8 a 11 indicados con subíndice "num".

Experimentos con modelos físicos

Modelos

Los factores geométricos y cinemáticos seleccionados para los modelos físicos fueron:

Modelo 1 $e_{L1} = 1 / 8$, $e_{v1} = 1 / \sqrt{8}$

Modelo 2 $e_{L2} = 1 / 13$, $e_{v2} = 1 / \sqrt{13}$

Configuración del tren de olas

Se consideraron condiciones de mar representativas para la zona de operación; de acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO) los códigos de estado del mar se muestran en la siguiente tabla (Guedes, 1995):

Tabla 7. Códigos de Estado del Mar (WMO)

Estado del Mar Código	*Altura Significativa de Ola* *m*	*Período* *s*	*Descripción*
3	*0.875*	*7.5*	*Suave*
4	*1.875*	*8.8*	*Moderado*
5	*3.250*	*9.7*	*Grueso*

La ITTC recomienda el espectro de energía de Bretschneider para representar un estado de mar de olas irregulares a los efectos del cálculo numérico. La densidad de energía está caracterizada por:

$$S_{\xi} = \frac{A}{\omega^5} \cdot e^{\frac{-B}{\omega^4}} \qquad (4)$$

donde

$$A = \frac{173 \cdot \left(H_{1/3} \right)^2}{\overline{T}^4} \qquad (5)$$

$$B = \frac{691}{\overline{T}^4} \qquad (6)$$

$\overline{T}$ = *Período (Valor medio);* $H_{1/3}$ = *Altura de Ola significativa*

La respuesta del buque al espectro de energía para un movimiento "m" debe escribirse como:

$$S_m(\omega_e) = S_\xi \cdot(\omega_e)|H_m(\omega_e)|^2 \qquad (7)$$

siendo

$$S_\xi(\omega_e) = \frac{S_\xi(\omega)}{1 - \left(\frac{2 \cdot \omega \cdot V}{2 \cdot g}\right) \cdot \cos\alpha} \qquad (8)$$

el espectro de amplitudes de ola incidente para un buque que desarrolla una velocidad V;

$$|H_m(\omega_e)|^2 \qquad (9)$$

es denominado "Operador de Respuesta de Amplitud" (RAO) para el movimiento "m".

Los operadores fueron escogidos de tal manera que $(\eta_i/\xi)^2$ con i = 2, 3, …6 para movimientos del buque y $(s_p/\xi)^2$ para movimientos relativos respecto a la superficie de la ola.

La densidad espectral para aceleraciones fue calculada utilizando:

$$RAO(acceleration) = \omega_e^{\,4} \cdot RAO(movement) \qquad (10)$$

Los resultados fueron presentados en forma RMS, siendo

$$rms = \sqrt{m_0} \qquad (11)$$

donde m_0 es descripta por

$$m_0 = \int_0^\infty S_m(\omega_e) \cdot d\omega_e \qquad (12)$$

Resultados con modelos físicos

Los modelos fueron ensayados en el Canal de Experiencias Hidrodinámicas a dos velocidades representativas, 4 y 8 nudos (prototipo).

Los movimientos del modelo son registrados por medio de instrumentos electrónicos. Dos acelerómetros colocados en los extremos de popa y proa miden aceleraciones verticales en esos puntos, mientras tres dispositivos laser permiten componer la posición angular del modelo y la posición vertical de su centro de gravedad respecto a una referencia fija.

La información registrada es procesada para obtener la correspondencia experimental entre el ángulo de trimado generado por el cabeceo del buque, y el movimiento vertical, arfada, en función del tiempo.

Los valores RMS de arfada y cabeceo se desprenden de los datos experimentales y son mostrados en las tablas 8 a 11 indicados con subíndice "exp".

Datos Comparativos

El conjunto de datos experimentales (subíndice "exp") y numéricos (subíndice "num") son mostrados en las tablas 8 a 11, correspondientes a ambos buques 1 y 2 para las velocidades predefinidas 4 y 8 nudos.

Tabla 8. Resultados Buque 1, 4 nudos.

$H_{1/3}$ m	z_{num} cm	z_{exp} cm	θ_{num} °	θ_{exp} °
0.88	30.3	24.0	1.7	1.9
1.88	52.5	51.0	3.0	3.1
3.25	86.6	84.0	4.6	4.4

Tabla 9. Resultados Buque 1, 8 nudos.

$H_{1/3}$ m	z_{num} cm	z_{exp} cm	θ_{num} °	θ_{exp} °
0.88	33.6	27.0	3.8	2.0
1.88	55.7	55.0	5.2	3.3
3.25	89.9	98.0	6.7	5.7

Tabla 10. Resultados Buque 2, 4 nudos.

$H_{1/3}$ m	z_{num} cm	z_{exp} cm	θ_{num} °	θ_{exp} °
0.88	23.1	22.0	2.6	1.7
1.88	45.2	48.0	3.9	2.8
3.25	79.3	83.0	5.4	4.1

Tabla 11. Resultados Buque 2, 8 nudos.

$H_{1/3}$ m	z_{num} cm	z_{exp} cm	θ_{num} °	θ_{exp} °
0.88	26.3	24.0	4.7	3.1
1.88	48.5	51.0	6.0	5.2
3.25	82.6	86.0	7.6	7.7

Las figuras 3 – 10 muestran las tendencias de los resultados obtenidos mediante la aplicación de ambas metodologías

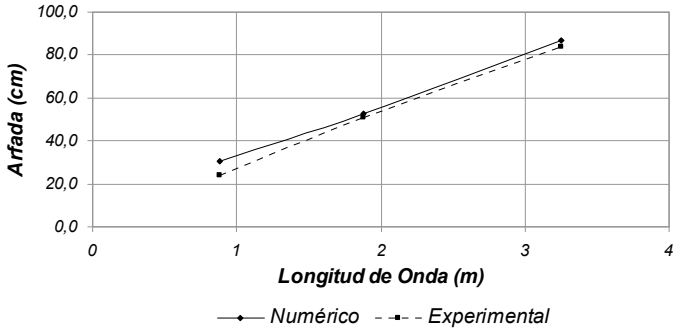


Figura 3 – Arfada - Buque 1, 4 nudos

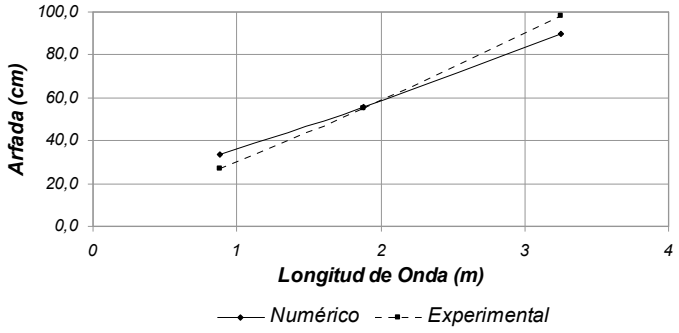


Figura 4 – Arfada - Buque 1, 8 nudos

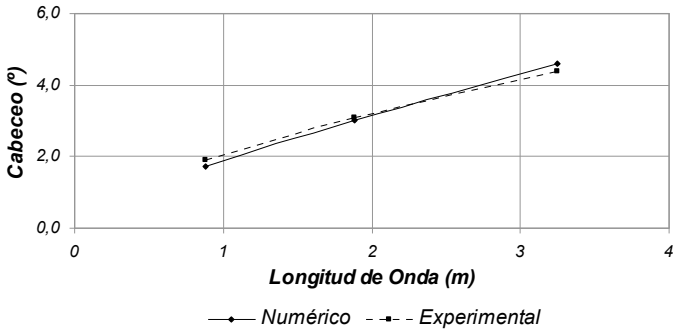


Figura 5 – Cabeceo - Buque 1, 4 nudos

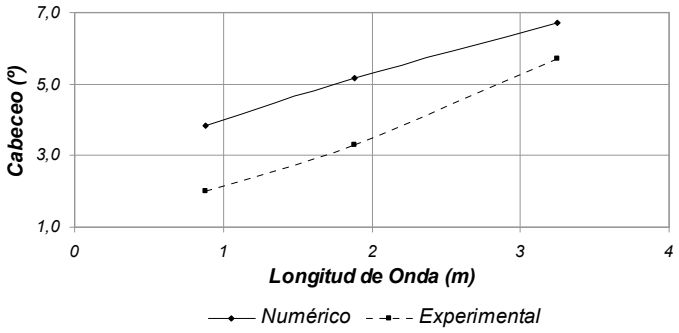


Figura 6 – Cabeceo - Buque 1, 8 nudos

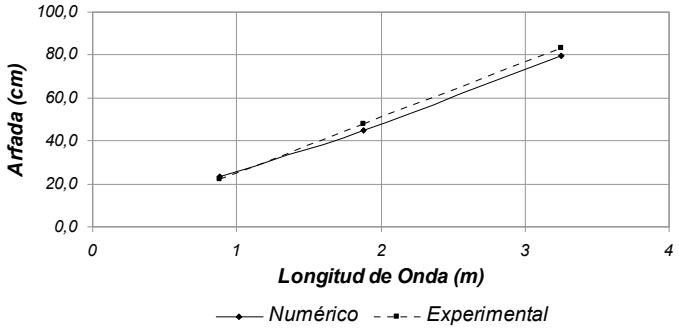


Figura 7 – Arfada - Buque 2, 4 nudos

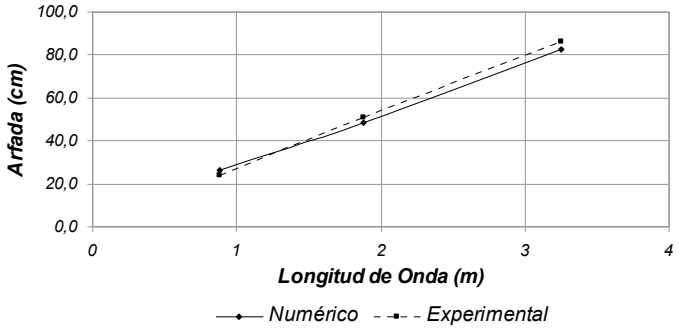


Figura 8 – Arfada - Buque 2, 8 nudos

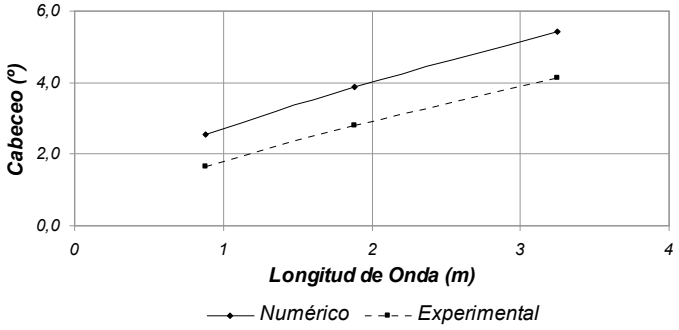


Figura 9 – Cabeceo - Buque 2, 4 nudos

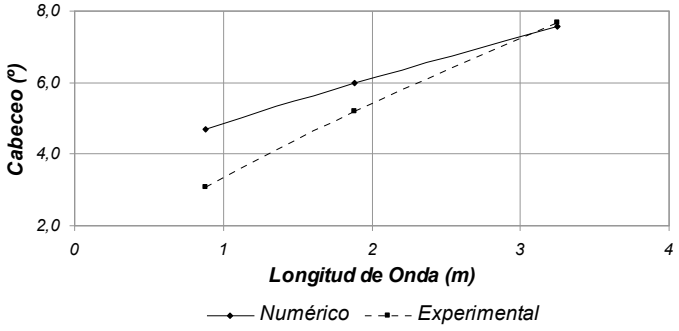


Figura 10 – Cabeceo - Buque 2, 8 nudos

Conclusiones

Las formulaciones obtenidas para calcular las amplitudes de los movimientos de arfada y cabeceo representan en forma estadísticamente correcta los datos numéricos de los más de 7000 casos de estudio propuestos, representando sus desviaciones estándar un 6% para la arfada y un 12% para el cabeceo. Los resultados de su aplicación a los buques seleccionados, denominados "1" y "2", muestran resultados numéricamente comparables con observaciones en prototipos para este tipo de embarcaciones.

Por otro lado, la correcta modelación de acuerdo a un esquema de flujo que mantiene constante el Número de Froude, permite obtener en forma funcional los movimientos de arfada y cabeceo para una amplia serie de configuraciones de olas. Si bien dichas configuraciones son generadas en forma de olas regulares, la aplicación del espectro de amplitudes de Bretschneider recomendada por la ITTC, permite transformar la información obtenida sobre la base de una distribución de mar irregular.

La comparación de ambos resultados, permiten demostrar que el modelo numérico en general lleva a resultados comparables, manteniendo las tendencias de crecimiento y rango de valores. En el caso del movimiento de arfada los valores son comparables para ambos casos y velocidades. En el otro caso, el movimiento de cabeceo muestra una mayor desviación con relación a los valores experimentales; salvo en un caso puntual el resto de las predicciones sobreestiman el fenómeno.

La contribución de la modelación física puede ser evaluada en distintos ámbitos. Uno de estos es la verificación primaria de los datos numéricos. El otro es la generación de datos para el ajuste de los modelos numéricos.

Referencias Bibliográficas

[1] Roberts, S.E.; "Hazardous Occupations in Great Britain", Lancet 2002. pp 543 – 44.

[2] Hall, T.A.; "Stability of capsized Fishing Vessels During Dive Rescue Operations", Marine Technology. July 1997, Vol. 34 No. 3, pp 155 – 180.

[3] Pérez – Rojas, L.; "La seguridad en los buques pesqueros", Ingeniería Naval, October 1982, pp 360 – 379.

[4] Bass, D., Hopkins, D., Bose, N. and Carroll, B.; "Seakeeping Correlation Studies". Proceedings 8th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles", Madrid, September 2003. pp 677 – 687.

[5] Pérez – Rojas, L., Abad, R., Pérez – Arribas, F., and Arias, C.; "Some Experimental Results on the Stability of fishing Vessels". Proceedings 8th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles", Madrid, September 2003. pp 643 – 653.

[6] Guedes Soares, C.; Fonseca, N. and Centeno, R.; "Seakeeping Performance of Fishing Vessels in the Portuguese Economic Zone". International Conference on Seakeeping and Weather, RINA, London, 1995

[7] Pérez – Arribas, F.; Zamora, R.; Pérez – Rojas, L.; Freiria, J.; "A Quick Estimation of Seakeeping Characteristics on Fishing Vessels". Proceedings of IMAM 2005 - Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources; International Maritime Association of the Mediterranean; Lisboa, Portugal, Septiembre 2005.

RCB *Sociedad Clasificadora*

XIX COPINAVAL

Titulo: "Variación de los Parámetros Operacionales en los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas"

Autor: Ing. Juan Guerra Macias
Oficina de Inspección Oriente. *RCB*

RESUMEN:

Este trabajo ha sido promovido a solicitud de las Organizaciones Políticas, del Gobierno y de la Dirección del Puerto de Santiago de Cuba con el objetivo de buscar soluciones alternativas para lograr una mayor y mejor explotación de las instalaciones portuarias de la provincia, ya que se proyecta el arribo de buques con mayor eslora, calado y desplazamiento, además de buscar una alternativa que permita seguir operando los buques que tradicionalmente arriban al puerto y que ven restringidas sus operaciones por las limitaciones de los parámetros de explotación de las instalaciones hidrotécnicas, producto de las limitaciones de calado en las mismas.

Para la ejecución de este trabajo se utilizó la información elaborada por la ESPO, al solicitarnos la variación de los Certificados de Seguridad de las instalaciones hidrotécnicas del Puerto Guillermón Moncada.

Haciendo gala de nuestra Política de la Calidad que define que toda la actividad del RCB está dirigida a garantizar la Seguridad de la navegación y actividades relacionadas con la esfera del transporte marítimo, y al mismo tiempo que trabajamos por garantizar el cumplimiento de los encargos de los clientes, nos dimos a la tarea de profundizar en los análisis de las documentaciones e informaciones para extraer de ellas todo lo que pudiera ayudarnos en este empeño.

Es por ello que de conjunto con funcionarios de la Empresa de Servicios Portuarios del Oriente nos dimos a la tarea de valorar la posibilidad de explotar al máximo las Reservas Operacionales (Eslora, Calado) existentes en las instalaciones hidrotécnicas de nuestro territorio.

Dirección: Ave. Jesús Menéndez s/n Esq. Jagüey, Santiago de Cuba.
Teléfono: (0226) 62 33 36, 62 21 15
e-mail: rcbstgo@scu.trasnet.cu

Centro Laboral: RCB Sociedad Clasificadora
UEB Oficina de Inspección Oriente

ÍNDICE

	INDICE	2
	RESUMEN	3
I	DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y DE LA SOLUCION PROPUESTA	4
1	Introducción	4
2	Situación existente	4
3	Objetivos	5
II	DESARROLLO	5
1	Descripción del Trabajo	5
2	Evaluación de los resultados obtenidos	5
III	CALCULO DEL EFECTO ECONOMICO	7
1	Efecto Económico para ESPO	8
2	Efecto Técnico y Social	9
3	Efecto y repercusión para el RCB	9
IV	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9
1	Conclusiones	9
2	Recomendaciones	9
	Bibliografía	10
	Anexos	11
	Avales	16

I.-DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y DE LA SOLUCION PROPUESTA:

1- INTRODUCCIÓN:

Las instalaciones hidrotécnicas están sometidas de forma constante a una gran degradación por el uso, los accidentes, las acciones destructivas del mar y los daños provocados por parte del propietario.
Tanto los propietarios de los atraques como las autoridades responsables de los mismos están obligados a tener una evaluación de la situación que se presenta en la estructura, para poder definir el nivel de los trabajos a realizar y garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones.
El nivel de deterioro de las instalaciones hidrotécnicas y sus acuatorios operacionales cada día es mayor, y la causa fundamental es el elevado costo de los trabajos de reparaciones y dragados que se requieren, con la baja disponibilidad del financiamiento necesario para ejecutarlos por parte de los armadores u operadores.
Esto ha provocado que progresivamente nuestra entidad, el Registro Cubano de Buques, al renovar los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotecnicas establezcamos nuevas condicionales y limitaciones que afectan sensiblemente las operaciones en las mencionadas instalaciones. Se requiere establecer métodos o procedimientos alternativos que permitan, sin violar las normas de seguridad para la navegación existente, devolverle a las instalaciones afectadas, nuevas posibilidades de operación.
La Resolución No 56/96 del Ministerio del Transporte, establece la obligatoriedad de presentar la Certificación Batimétrica de las cajas de atraque de las instalaciones hidrotécnicas por parte de los clientes al *RCB* para comenzar el Proceso de Aprobación de la Seguridad, según corresponda.
Esta información gráfica se utiliza para la determinación de elementos principales del certificado, tales como:

- ✓ Profundidad mínima en la caja de atraque
- ✓ Eslora máxima permisible
- ✓ Calado máximo permisible referido al NMT

Realmente, las posibilidades de extraer un mayor nivel de información de la certificación batimétrica estaban subutilizadas por nuestros especialistas y por los operadores, lo cual no permitía realizar una valoración integral de las posibilidades reales de operación de las instalaciones hidrotécnicas.

2- SITUACION EXISTENTE

Este trabajo puede estar referenciado a cualquiera de nuestras instalaciones, pues su contenido así lo abarca, pero para este trabajo tomaremos como desarrollo y evaluación, el análisis y los resultados obtenidos en los dos últimos certificados otorgado al Muelle Ro-Ro, perteneciente a la Empresa de Servicios Portuarios del Oriente de Santiago de Cuba.

En esta instalación, las operaciones de los buques estaban limitadas por las condicionales que establecía el Certificado de Seguridad de Obras Hidrotécnicas emitido, tanto en la eslora como en el calado, tal como se muestra en la Tabla No 1. Ver anexo N°4

Tabla No 1. Condicionales de Operación de las Instalación Hidrotécnica: Muelle Ro-Ro/2003

No	Denominación	No de Certificado	Condicionales
1-	Muelle RO - RO	CING 30096	Eslora máxima permisible: 170.00 m Calado máximo permisible: Proa ---5.10m Popa---6.10m

- El Certificado de Seguridad de las Instalación Hidrotécnica, no expresa en realidad las posibilidades reales de operación de las mismas.
- Las Condicionales de los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas son rígidos y no permiten alternativas de operación en las mismas
- El elevado costo de ejecución de las reparaciones y dragados no permite aumentar las posibilidades de operación de las instalaciones hidrotécnicas.
- Las condicionales y limitantes que se introducen en los Certificados de Seguridad, limitan el tonelaje de mercancías que pueden ser manipuladas en las instalaciones.

3- OBJETIVOS QUE SE PERSIGUE CON ESTE TRABAJO:

- ✓ Que los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas constituyan una herramienta de trabajo flexible para el sistema: **armador – operador – práctico - seguridad para la navegación.**
- ✓ Que los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas realmente reflejen las posibilidades operacionales de las instalaciones.
- ✓ Aumentar las posibilidades operacionales de las Instalaciones Hidrotécnicas que tienen limitaciones, sin que esto implique costos adicionales de dragado por el momento.
- ✓ Mejorar sustancialmente las posibilidades técnico - organizativas de la actividad de Practicaje y de Operaciones Portuarias contribuyendo a elevar la eficiencia en la operación de los buques.
- ✓ Posibilitar el incremento de la manipulación de mercancías y pasajeros por buque en las instalaciones.

II.-DESARROLLO:

1- DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO

Para el análisis del trabajo que se propone hay que dar por descontado que la instalación posea el Certificado de Seguridad con criterios de aceptación de **satisfactorio** para todos los sistemas fundamentales que conforman la instalación:

- Estado técnico - estructural.
- Sistema de defensa.

- Sistema de amarre.
- Sistema de iluminación.
- Sistema de señalización.
- Sistema de redes contra incendios.

De acuerdo a los requisitos y exigencias que forman el Manual de Aprobación de Seguridad de Obras de Ingeniería (MASOI) por el cual se rige dicho proceso.

El trabajo realizado, establece las siguientes etapas de trabajo:

a) Determinación de los parámetros de los buques tipos.
b) Obtención de la información batimétrica.
c) Procesamiento de la información.
d) Establecimientos de los nuevos parámetros de explotación de la instalación.
e) Conciliación de la información.

Determinación de los parámetros de los buques tipos

En todo momento debemos partir de las características del buque tipo de diseño, que garantiza la explotación de la instalación en condiciones normales.
La determinación de las características de los buques tipos que operan u operarán las instalaciones constituye una de las principales etapas de este trabajo, ya que define en función de que tipo de embarcación se emitirá el Certificado de Seguridad, estableciéndose así, a partir de este momento el necesario e imprescindible vínculo de la instalación con él.
Estos criterios que parten de las características técnicas de los buques, se utilizan para proyectar nuevas instalaciones, dragados y otras obras hidrotécnicas, pero en nuestro caso, constituyen un medio alternativo para valorar las posibilidades reales de una instalación, que se encuentra afectada y limitada, además de no contar con los recursos necesarios para la ejecución de un dragado de limpieza o reparación, lo cual le devolvería rápidamente su capacidad operacional.

Para comprender el sentido y los conceptos que son necesarios manejar en este procedimiento definiremos algunos términos técnicos, relativos a la construcción naval en general, que una vez comprendidos facilitarán la ejecución del trabajo, ya que están vinculados indisolublemente con el contenido de los Certificados de Seguridad que propondremos, ellos son: (Ver anexo N°1)

Se determinaron las características de los buques que son necesarios conocer tales como:

- ✓ Eslora
- ✓ Eslora entre perpendiculares.
- ✓ Manga máxima (Cuaderna Maestra) (B3 - B3'). Ver anexos N°2 y 3.
- ✓ Calado.
- calado a proa.
- calado popa.
- calado al medio.
- calado medio.

La valoración integral de estos elementos origina establecer los siguientes criterios para la determinación de los parámetros de explotación de las instalaciones:

- ✓ Espacio real que puede ocupar el cuerpo de la embarcación en el cajón de atraque, tanto longitudinal como transversalmente. Ver Fig. N° 1 y N° 2
- ✓ Posición que ocupa la quilla en el cajón de atraque (**I**) Fig. 1
- ✓ Distancia desde la quilla hasta la línea de atraque, incluyendo el diámetro del tipo de defensa instalada a máxima compresión (D) Fig. 1
- ✓ Determinación de las **Isobatas Límites**, en dependencia de los calados de los buques tipos
- ✓ Determinación de las **Mangas Límites,** en dependencia de las mangas de los buques tipos

Una vez determinados los criterios de explotación, pasamos a la segunda etapa

Obtención de la información batimétrica

La caracterización batimétrica de los cajones de atraque de las instalaciones se obtiene de la Certificación Batimétrica que obligatoriamente tienen que presentar los operadores, cada cuatro años. Para ello, cuando se realice la contratación de la Certificación Batimétrica con GEOCUBA, es necesario establecer las características del levantamiento batimétrico que se desea con los Requisitos de Seguridad necesarios para cumplimentar los Levantamientos Batimétricos, para los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotecnicas, según la **Tarea Técnica** elaborada por el *RCB*.

A partir de la definición de los nuevos elementos técnicos de diseño, se establecieron las áreas de atraque en función de las posibles esloras y calados máximos permisibles, para lo cual se analizó el levantamiento batimétrico, a partir de las siguientes consideraciones:

- ✓ Determinación de la Reserva Bajo la Quilla
- ✓ Trazado de las Mangas Límites.
- ✓ Corrida del Buque Tipo por el Cajón de Atraque
- ✓ Determinación de los nuevos parámetros de explotación de la instalación

A partir de los nuevos elementos de diseño de la instalación se establecieron los nuevos parámetros de explotación de las instalaciones, que serán incluidos en los Certificados de Seguridad de las instalaciones, tales como:

- ✓ Manga límite del buque
- ✓ Eslora límite
- ✓ Áreas de atraques
- ✓ Calados máximos permisibles

Tabla No 2. Nuevos Parámetros de explotación de la Instalación: Muelle Ro-Ro/2004

No	Inst.	Punto de Referencia	Manga (m)	Eslora (m)	Distancia o banda de atraque	Calado (m)
			Emb. Auxiliares	40	Primeros 40m	3.60

			y patanas		Banda de Estribor	
1-	Muelle RO –RO	Partiendo del Extremo Oeste de la instalación	< 16	Hasta 214	A partir de los 40m Banda de Estribor	Proa: 5.90 Popa:7.60
			16 – 22	Hasta 214	A partir de los 40m Banda de Estribor	Proa:6.00 Popa:7.60
			22 – 25	Hasta 214	A partir de los 40m Banda de Estribor	Proa: 6.10 Popa: 7.90

Conciliación de la información

Una vez determinados los parámetros, se procedió a conciliar los datos obtenidos con los Prácticos del Puerto de Stgo de Cuba y con el visto bueno de los mismos, conciliamos entonces con el Distrito de Seguridad Marítima de Oriente, elaborándose la propuesta del Certificado de Seguridad, siendo aprobados posteriormente (Anexo No 5)

2-EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Para evaluar correctamente el efecto económico que ha proporcionado la aplicación de este procedimiento técnico para la ESPO, partiremos de la evaluación de los resultados obtenidos, comparando los antiguos parámetros de diseño de las instalaciones con los nuevos.

Tabla No 3:. Establecimiento de nuevas características operacionales de las instalación:

No	Inst.	Tipo de buque		Aumento de parámetros	
		Antes 2003	Actual 2004	Eslora (m)	Calado (m)
1-	En los 28.00m iniciales	**Cert. Seg: CING30096** **Embarcaciones** No se permiten operaciones	**Cert. Seg: CING40229** **Embarcaciones Auxiliares y Patanas** Eslora: ≥ 40.00 m Calado: Hasta 3.60 m	+40.00	+3.60 m
		Cargueros Eslora: 170.00 Manga: No especifica Calado: Proa: 5.10m Popa: 6.10m	**Cargueros y Porta Contenedores** Eslora: Hasta 214.00 m Manga: <16 m Calado Proa: 5.90m Popa: 7.60m Manga: 16÷22 m Calado Proa: 6.00m Popa: 7.60m Manga: 22÷25 m Calado Proa:6.10m Popa:7.90 m	+44.00	+0.60m +1.50m +0.90m +1.50m +1.00m +1.80m

Analizando la Tabla No 3, observamos que los resultados de la aplicación de este procedimiento técnico, se manifiestan de la siguiente forma:

1-Establecimiento de mayores características operacionales de las instalaciones, tales como:

- ✓ Aumento de la eslora máxima permisible.
- ✓ Aumento del calado máximo permisible referido al NMT de los buques.
- ✓ Recuperación de 1 área en la cual no se podían realizar ningún tipo de operación.

2-Aumento de la capacidad operacional de la instalación.

La evaluación de esta instalación permitió:

- ✓ Recuperar 40 metros de atraque que se encontraban limitados de operaciones
- ✓ Incluir dentro de las operaciones que puede realizar, la de permitir el atraque de embarcaciones auxiliares y patanas en esa área, con calados de hasta 3.60 m
- ✓ Permitir el atraque de cargueros y porta contenedores de hasta 214.00m de eslora. (Ver condicionales en el anexo N°5)

III- CÁLCULO DEL EFECTO ECONOMICO POR LA APLICACIÓN DE LA SOLUCION:

1 Efecto Económico logrado

La realización y generalización de este trabajo a todas las instalaciones del Puerto de Stgo de Cuba proporcionó un sustancial efecto económico en la ESPO, ya que sin realizar ningún tipo de inversión de dragado se logró mejorar las capacidades operacionales de las instalaciones.

De acuerdo a los datos aportado por el Proyecto Técnico Ejecutivo elaborado, confirmamos que la posibilidad de mejorar las características operacionales mediante el aumento del calado en los cajones de atraques de las instalaciones hidrotécnicas del Puerto de Santiago de Cuba, sólo es posible lograrlo, mediante la ejecución de un dragado de limpieza para restituir el calado operacional de las mismas, que alcanza un volumen total de 1'270,000$m^{3,}$ a un costo de 1'844,000 pesos, de ellos 80 000m^3 pertenecen al Muelle Ro-Ro, objeto de este estudio, tal como se desglosa a continuación, y pendiente de ejecución por financiamiento, dado su elevado costo:

Tabla N°4.Valoración de los trabajos de dragado en el Muelle Ro-Ro del Puerto de Santiago de Cuba según el presupuesto elaborado

Para posibilitar las operaciones de los buques de 22 m de manga con el aumento del calado logrado, la Empresa hubiera tenido que realizar un dragado de limpieza, en el cajón de atraque de la instalación, con el siguiente gasto financiero:

No	Concepto	Valor		Total	Observaciones
		MCUP	MCUC		
1-	**Dragado**				**Volumen**
1.1	Cajon de Atraque "RO–RO"	125.20	43.10	168.30	80,000 m^3
1.2	Acarreo de materiales	13.70	6.50	20.20	

1.3	Movilización y Desmovilización	0.00	30.00	30.00	
1.4	Control Técnico del Dragado	5.00	1.00	6.00	
1.5	Certificación del Dragado	2.70	0.33	3.03	
1.6	Licencia Ambiental	1.80	0.22	2.02	
	Total:	**148.40**	**81.15**	**229.55**	

- De acuerdo con lo establecido en los Certificados de Seguridad emitidos en el año 2004, después de aplicar este procedimiento, en todas las instalaciones del puerto, pueden atracar buques cargueros con Esloras de hasta 214 m, Mangas de 22 m y con un Calado, que varía en dependencia de la instalación.
- El resultado de aplicación de este procedimiento amplió y mejoró las posibilidades operacionales de las instalaciones de tal forma que:
  - ✓ La eslora operacional de las de las instalaciones aumentó a 214.00 m
  - ✓ El calado operacional de las instalaciones aumentó. (Ver tabla N°3)
  - ✓ Se habilitó 1 área en la instalación en la que estaban limitadas las operaciones

El costo de los trabajos realizados es el siguiente:
Para la aplicación del procedimiento se utilizó la Certificación Batimétrica que correspondía realizarse en el año 2004, la cual era de obligatoria realización, o sea un gasto planificado.

No	**Denominación**	**Valor**		**Total**
		MCUP	**MCUC**	
1-	Certificación Batimétrica 2004 * Dársena del Muelle RO-RO	9.00		9.00
2-	Mano de obra de Especialista	0.32		0.32
3-	Materiales y electricidad	0.07	0.03	0.10
	Total:	**9.39**	**0.03**	**9.42**

2 <u>Efecto Técnico y Social</u>

La realización y generalización de este trabajo a todas las instalaciones del Puerto de Stgo de Cuba proporcionó el siguiente efecto técnico y social en la ESPO

- ✓ La aplicación del procedimiento mejora sustancialmente las posibilidades técnico – organizativas de la actividad de Practicaje y de Operaciones Portuarias contribuyendo a elevar la eficiencia en la operación de los buques.
- ✓ La aplicación del procedimiento permite la posibilidad de incrementar el arribo de buques con mayor calado contribuyendo esto a la manipulación de una mayor cantidad de mercancías, principalmente alimentos

3 <u>Efecto y repercusión para el *RCB* con los resultados de este trabajo.</u>

- ✓ Elevación del prestigio de la entidad por la calidad y profesionalidad en los servicios que presta.
- ✓ Influir de forma determinante en el proceso de evaluación y análisis del aumento de la capacidad operacional de las instalaciones hidrotécnicas de la ESPO.

- ✓ Introducir mejoras en el Proceso de Aprobación de la Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas.

IV- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

1. CONCLUSIONES:

Los beneficios que aporta este trabajo están dados por el cumplimiento de los objetivos propuestos, o sea:

- ✓ **La solución propuesta se aplica ya, en la esfera de los Servicios Portuarios en Santiago de Cuba**.
- ✓ Se aumentaron las posibilidades operacionales de las instalaciones hidrotécnicas que tienen limitaciones, sin que esto implique costos adicionales de dragado.
- ✓ Se mejoraron sustancialmente las posibilidades técnico- organizativas de la actividad de Practicaje, y de Operaciones Portuarias contribuyendo a elevar la eficiencia en la operación de los buques.
- ✓ Se logro que los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas realmente reflejen las posibilidades operacionales de las instalaciones
- ✓ Se logro que los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas constituyan una herramienta de trabajo flexible para el sistema **armador – operador – práctico – seguridad para la navegación**
- ✓ Se posibilitó el incremento de la manipulación de mercancías y pasajeros por buque en las instalaciones

2. RECOMENDACIONES:

- ➢ La solución puede ser generalizada en el resto de las Empresas de Servicios Portuarios del país.

- ➢ La solución puede ser generalizada en el resto de las Empresas que posean Instalaciones Hidrotécnicas.

BIBLIOGRAFIA:

1- Manual de Aprobación de la Seguridad de Obras de Ingeniería. (MASOI), Capítulos 1 y 2.

2- Procedimiento para el Control del cumplimiento de las Regulaciones Marítimas referente a los Puertos.

3-Procedimiento Técnico para la Evaluación de las Reservas Operacionales de la ESPO.

4-Cursos de Acreditación para los Especialistas de Obras de Ingeniería.

5- Levantamiento Topo-batimétrico de GEOCUBA de Diciembre 2003.

6- Resolución 56/96 del MITRANS:

7- Instrucción DSIM N° 2-2002.

8- Libro de Calado.

9- Resolución N° 66-04.

ANEXO Nº 1

Definiciones de algunos términos:

Eslora Total: Es la longitud horizontal de una embarcación entre los puntos más salientes en la proa y la popa.

Eslora entre perpendiculares: Es la longitud de diseño de una embarcación y corresponde a la distancia horizontal entre dos perpendiculares al plano de flotación de diseño en los puntos que corta a la roda y al codaste.

Manga máxima: Se mide en la sección o cuaderna maestra del buque y representa el ancho máximo que el buque posee en la referida sección.

Finos de Proa: Tienen por objeto darle a la proa o parte anterior del buque una forma afilada con el objeto de facilitar su penetración en el agua durante la marcha y los **Finos de Popa**, facilitar la llegada del agua para llenar el vacío que deja el buque en su movimiento y facilitar la acometida de agua a las hélices.

Calado máximo permisible referido al Nivel Mínimo Teórico (NMT): Profundidad que alcanza el borde inferior de la quilla del barco, medida desde el NMT.

Calado del Buque: Es la distancia vertical existente entre el canto bajo de la quilla y la superficie de flotación, existiendo cuatro definiciones del mismo:

- ✓ Calado a proa
- ✓ Calado a popa
- ✓ Calado al medio
- ✓ Calado medio este concepto es importantísimo, ya que a él se refieren cuando el buque está en su máxima flotación constituyendo la semisuma de los calados a proa y popa.

Coeficiente de afinamiento del buque: Es la relación existente entre los volúmenes o superficies del buque.

Canal de acceso: Parte más profunda, generalmente balizada, que siguen los barcos para entrar a los puertos y navegar, además permiten la comunicación entre dársenas, fondeaderos y atraques en las distintas zonas portuarias.

Dársena o Caja de atraque: Parte del acuatorio utilizada para la maniobra de acercamiento del buque al amarradero, para ser fijada a este y en su operación inversa generalmente limitada por muelles y espigones.

Dársena de maniobras: Parte del acuatorio destinada al giro de los barcos, por lo que posee una superficie acuática que permite el círculo de maniobras.

ANEXO Nº 2

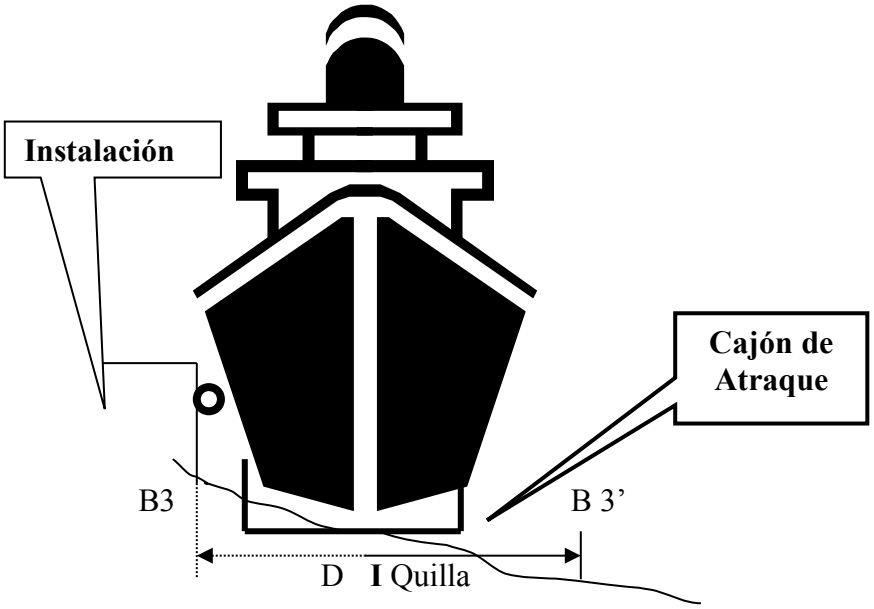


Fig. 1 Esquema de contacto de la Sección Maestra del buque B3, B3'

A la vista de cualquier buque se observa perfectamente que su manga tiene su valor mínimo en el extremo o proa del buque y va aumentando, hasta adquirir su valor máximo en la sección maestra, situada aproximadamente a la mitad de la eslora del buque y luego comienza a disminuir en la medida que nos acercamos a la popa o extremo posterior del buque.

ANEXO N^0 3

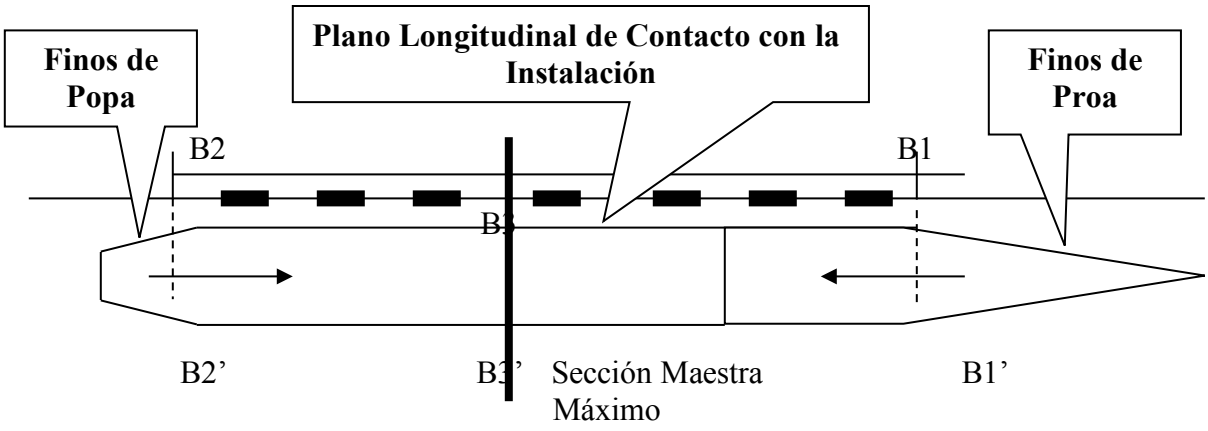


Fig. 2 Esquema de contacto del Plano Longitudinal B1, B2 y finos

Finos de Proa: Tienen por objeto darle a la proa o parte anterior del buque una forma afilada con el objeto de facilitar su penetración en el agua durante la marcha y los **Finos de Popa**, facilitar la llegada del agua para llenar el vacío que deja el buque en su movimiento y facilitar la acometida de agua a las hélices, esta áreas, aproximadamente coinciden con los limites delantero y trasero de los Planos de Formas Longitudinal B1,B 2 de buque que realmente tienen contacto con el muelle Fig. 1 y que abarca el volumen del cuerpo B1B2 – B1'B 2' ,de mayor calado que aumenta desde la proa y la popa hacia la Sección Maestra del buque Fig. 2

ANEXO Nº 4

Hoja Nº 2 del Certificado de Seguridad del año 2003 (N°:CING30096)

SE ESTABLECE PARA LA INSTALACION

Operaciones	Profundidad mínima en la caja de atraque(m)
CARGA GENERAL Y CONTENEDORES	7.00

EN LA INSTALACION PUEDEN ATRACAR EMBARCACIONES

Embarcaciones	Eslora máxima permisible (m)	Calado máximo permisible referido al NMT (m)	Desplazamiento máximo permisible (t)
CARGUEROS Y PORTACONTENEDORES	170.00	PROA – 5.10, POPA – 6.10	30 000

CONDICIONALES BAJO LAS QUE SE ENTREGA EL CERTIFICADO

1. No se permite el atraque en los primeros 28.00m desde el extremo Oeste y hacia el Luis Felipe Mena Gil, por existir bajas profundidades.
2. Las maniobras de atraque se realizarán por la banda de Estribor con un ángulo no mayor de 10° y a una velocidad no mayor de 0.11 m/s.
3. Se permite el atraque de embarcaciones de hasta 214.00m de eslora, siempre que se mantengan los calados propuestos y con ayuda de remolcadores
4. Entregar al *RCB* el certificado que emite la Agencia de Protección Contra Incendios, antes de Junio del 2003.
5. Entregar al *RCB* el estudio topobatimétrico antes de Abril 2004.
6. Cualquier cambio o accidente que ocurra en la instalación deberá comunicarlo de inmediato al *RCB.*
7. Este certificado sustituye al del N° CING30096 con fecha de emisión 12 de mayo del 2003.

El *RCB Sociedad Clasificadora,* declara no válido este certificado si no se cumplen las condiciones y condicionales bajo las cuales se expidió el mismo.

Dado en Santiago de Cuba, **29** de **mayo** del **2003**.

Vigente hasta el **28** de **mayo** del **2004**.

Por el *RCB* *Sociedad Clasificadora*

CSOH (M) 2/2.

ANEXO N°5

Hoja N° 2 del Certificado de Seguridad del año 2004 (N°:CING40229)

SE ESTABLECE PARA LA INSTALACION

Operaciones	Profundidad mínima en la caja de atraque(m)
CARGA GENERAL Y AVITUALLAMIENTO	PROA – 5.90, POPA -7.90

EN LA INSTALACION PUEDEN ATRACAR EMBARCACIONES

Embarcaciones	Eslora máxima permisible (m)	Calado máximo permisible referido al NMT (m)	Desplazamiento máximo permisible (t)
CARGUEROS, PORTACONTENEDORES, AUXILIARES Y PATANAS	170.00	VER CONDICIONALES N° 1 Y 2	30 000

CONDICIONALES BAJO LAS QUE SE ENTREGA EL CERTIFICADO

1. Los calados en el Muelle Ro-Ro, partiendo de la Banda Oeste del mismo serán, para **Mangas:**

menores de 16.00m.	**e/ 16.00m – 22.00m.**	**e/ 22.00m – 25.00m**.
-PROA: 5.90m	-PROA: 6.00m	-PROA: 6.10m
-POPA: 7.60m	-POPA: 7.60m	-POPA: 7.90m

2. En la zona de los primeros 40.00m, partiendo del extremo Oeste, se permitirá el atraque de embarcaciones auxiliares y patanas, con calado de hasta 3.60m.

3. Se permite el atraque de embarcaciones de hasta 214.00m de eslora, siempre que se mantengan los calados establecidos y la distancia mínima de 20.00m entre buques.

4. El atraque se realizará paralelo y aconchante hacia la línea de atraque, por la banda de Estribor y a una velocidad no mayor de 0.11 m/s.

5. Las maniobras de atraque y desatraque de embarcaciones con mangas mayores de 16.00 m deben realizarse con la ayuda de remolcadores.

6. Entregar al *RCB* la actualización del certificado que emite APCI, antes de Marzo del 2005.

7. El *RCB* realizará una inspección anual para chequear el estado de la instalación, sus sistemas y el cumplimiento de las condicionales.

8. Cualquier cambio o accidente que ocurra en la instalación deberá comunicarlo de inmediato al *RCB*.

El *RCB Sociedad Clasificadora,* declara no válido este certificado si no se cumplen las condiciones y condicionales bajo las cuales se expidió el mismo.

Dado en Santiago de Cuba, **29** de **mayo** del **2004**
Vigente hasta el **28** de **mayo** del **2007**

Por el *RCB* *Sociedad Clasificadora*

CSOH (M) 2/2.

Ministerio del Transporte
Empresa de Servicios Portuarios del Oriente

VIII FORUM DE CIENCIA Y TECNICA

AVAL

Por medio de la presente certifico que el trabajo:

"Variación de los Parámetros Operacionales en los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas"

Del Autor:

- **ING. JUAN GUERRA MACIA**

La Variación de los Parámetros Operacionales en los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas de la Empresa de Servicios Portuarios, ha posibilitado recuperar y ampliar las capacidades operacionales de las Instalaciones Hidrotécnicas de la E.S.P.O., sin la implicación de gastos por concepto de dragado de limpieza, permitiendo flexibilizar las Condicionales en los Certificados de Seguridad de las instalaciones.

Y para que así conste firmo la presente a los 20 días del mes de Junio del 2004, "Año del 45 Aniversario del Triunfo de la Revolución"

Ing Omar Miralles Fernández
Jefe Dpto Inversiones E.S.P.O.

Ministerio del Transporte
Organización Nacional de Prácticos de Cuba

VIII FORUM DE CIENCIA Y TECNICA

AVAL

Por medio de la presente certifico que el trabajo:

"Variación de los Parámetros Operacionales en los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas"

Del Autor:

- **ING. JUAN GUERRA MACIA**

La Variación de los Parámetros Operacionales en los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas de la Empresa de Servicios Portuarios, nos ha servido en nuestro trabajo como un medio de ayuda para mejorar sustancialmente las posibilidades técnico - organizativas en la actividad de Practicaje, ya que es un modelo más amplio y con mayor información que los anteriores, también pensamos que es un medio muy útil para los operadores portuarios contribuyendo a elevar la eficiencia en la operación de los buques.

Y para que así conste firmo la presente a los 4 días del mes de Noviembre del 2004, "Año del 45 Aniversario del Triunfo de la Revolución"

Hugo Roca Somoza.
Práctico Mayor del Puerto de Santiago de Cuba.

VIII FORUM DE CIENCIA Y TECNICA

AVAL

Por medio de la presente certifico que el trabajo:

"Variación de los Parámetros Operacionales en los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas"

Del Autor:

- **ING. JUAN GUERRA MACIA**

La variación de los Parámetros Operacionales en los Certificados de Seguridad de las Instalaciones Hidrotécnicas, ha permitido mejorar y ampliar las capacidades operacionales de las Instalaciones Hidrotécnicas de la E.S.P.O. en este caso, pero esto es válido para cualquier instalación que así lo requiera.
Este trabajo es una muestra de la experiencia y profesionalidad que vamos adquiriendo en esta actividad de Obras de Ingeniería en el Territorio de Oriente.

Y para que así conste firmo la presente a los 3 días del mes de Noviembre del 2004
"Año del 45 Aniversario del Triunfo de la Revolución"

Ing José Salazar Silegas
Jefe Oficina de Inspección Oriente. *RCB*

VISION DE FUTURO

DE

AUTORIDAD PORTUARIA DE PUERTO BOLIVAR

por

Ing. Arnaldo Carrasco García

CONTENIDO

1. **INTRODUCCIÓN**
2. L**OS DESAFÍOS DEL DESARROLLO EN LOS PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO**
3. **LA SITUACIÓN PORTUARIA DE AMÉRICA LATINA**
4. **EL CONTEXTO PORTUARIO ECUATORIANO**
5. **PUERTO BOLÍVAR**
6. **LA CONCESIÓN**
7. **CONCLUSIONES**
8. **BIBLIOGRAFÍA**

9. INTRODUCCIÓN

Puerto Bolívar es uno de los cuatro puertos de cargas generales de titularidad estatal del Ecuador. Está administrado por una Autoridad Portuaria que lo representa legalmente y gestiona su actividad económica. Situado en la parte Sur del país tiene un área natural de influencia económica correspondiente a todo el austro ecuatoriano, con extensión al norte del Perú.

Ubicado en medio de una rica región bananera su principal actividad es la exportación de dicha fruta. La Administración del puerto trabaja en la modernización del mismo, y en ese contexto, lleva a cabo un proceso de concesión que permita la introducción de capitales para el desarrollo de la infraestructura a la vez que dinamice la actividad portuaria aprovechando la agilidad característica de la empresa privada en la gestión comercial y de servicios.

Adicionalmente se busca diversificar las cargas operadas mediante la captación de nuevos tráficos de contenedores y la construcción de una instalación especializada para la exportación de minerales.

Complementan estas acciones la implantación de un sistema informático que cubre todas las actividades que se realizan dentro del puerto así como la relación con los agentes externos vinculados al mismo.

10. LOS DESAFÍOS DEL DESARROLLO EN LOS PAÍSES EN VIAS DE DESARROLLO

Una de las funciones principales de un puerto es servir de interfaz entre el transporte marítimo y el transporte terrestre y proporcionar servicios que complementen las operaciones de carga y descarga tales como el almacenamiento, la transformación y la distribución. Para cumplir estas funciones, se deben tener en cuenta varios aspectos: el físico, el comercial, el social y el estratégico, ya que todos ellos inciden en el desarrollo del mismo.

La eficiencia portuaria es un concepto que ha cambiado de significado. Actualmente, ésta alude a la capacidad de operar la maquinaria y las instalaciones portuarias con el rendimiento previsto en su diseño. Sin embargo, el término eficiencia es mucho más amplio y comprende aumentos de productividad y reducciones de costos de todos los insumos necesarios para operar y mantener la maquinaria y las instalaciones, la capacitación para los operadores y el personal de reparación y mantenimiento, y las inversiones en el campo de las comunicaciones electrónicas para facilitar los servicios aduaneros y bancarios conexos.

Con la introducción de los contenedores en el transporte marítimo, la mayoría de los navieros ya no manipulan ni estiban las mercancías. Estas funciones se realizan, cada vez en mayor medida, en las fábricas y en terminales interiores de carga, donde se llenan y vacían los contenedores. Los navieros manipulan y estiban los contenedores, no la carga como tal. Sus servicios se han vuelto muy semejantes y compiten solamente en términos de precios, rutas, tecnologías y plazos de entrega. Los contenedores han transformado el transporte de los productos manufacturados en una nueva rama de operaciones a granel.

Los costos portuarios comprenden los correspondientes a los servicios relacionados con los buques y la carga, y también los que se generan por el uso de las maquinarias y los

procedimientos administrativos y laborales. Estos costos inciden directamente en las oportunidades de mercado de los dueños de la carga. Si los costos portuarios son excesivos, ya sea por que el puerto es ineficiente, no utiliza tecnologías adecuadas o aplica reglamentos obsoletos, se verá afectada la competitividad de las mercaderías movilizadas en los mercados internacionales, se limitarán las ventas y caerá la demanda de servicios portuarios.

Los operadores de terminales privadas han comenzado a realizar inversiones en una gran variedad de puertos diseminados por todo el mundo. El alcance global de este proceso posibilitará a los clientes de los puertos - exportadores, importadores y transportistas - exigir servicios normalizados, de calidad y bajo costo. Uno de los resultados secundarios de estas actividades ha sido promover el acercamiento de los países, los puertos, los usuarios, los productores y los trabajadores. Esto significa que cualquier mejora en las operaciones de un puerto o terminal será adoptada rápidamente por otros, aumentando la competitividad entre los operadores de las terminales.

Además, se formularán enlaces a mayor nivel, posibilitando a todos los que participen en las actividades portuarias adquirir una visión global de las funciones de los puertos y establecer parámetros de eficiencia totalmente nuevos. Estos enlaces permitirán incorporar nuevos conocimientos sobre las tecnologías, las políticas oficiales y el marco institucional.

El posible impacto de la introducción de sistemas computarizados en los puertos se ha comparado con el producido por el uso de los contenedores. Ello se debe a que estos sistemas y el intercambio electrónico de datos permiten tener una visión integral de los bienes y de las cadenas de producción y de transporte.

Se observa una tendencia hacia los servicios de transporte multimodal, pero muy pocas empresas ofrecen ese tipo de servicio porque no quieren responsabilizarse de las mercancías y de los medios de transporte desde el punto de partida hasta el lugar de destino si no cuentan con los medios para controlarlos. Los sistemas de computación y el intercambio electrónico de datos pueden proporcionar las herramientas necesarias para tener una visión integral de los bienes y de los medios de transporte y permitir que los transportistas se hagan cargo del transporte puerta a puerta.

11. LA SITUACIÓN PORTUARIA DE AMÉRICA LATINA

El proceso de adaptación de los Sistemas Portuarios Latinoamericanos al nuevo modelo macroeconómico mundial tiene más de cuatro décadas de desarrollo. Ese se ha ido extendiendo a los diferentes países, y más aceleradamente desde 1990, año en el cual casi todos los países iniciaron sus reformas. Entre los años 60 y 70 se establecieron esquemas similares, todos bajo las reglas económicas de la época, con modelos de economías cerradas y protegidas y con una fuerte incidencia del Estado en el manejo portuario.

En las nuevas condiciones el nuevo rol que el Estado debe asumir frente a los problemas de reestructuración y readecuación de los puertos son: fijar el marco jurídico, regular la competencia, velar por el medio ambiente y el desarrollo sostenible y buscar el justo equilibrio entre lo público y lo privado.

El Estado tiene funciones indelegables que desarrollar, las que han cambiado con las condiciones actuales de evolución económica y social. Los Estados siempre tienen un rol que cumplir, sustituyendo el tradicional estilo monopolístico y centralizado a uno con nueva mentalidad y visión de futuro. A pesar de los procesos de privatización, la mayoría de los puertos siguen siendo de propiedad del Estado, el que interviene diseñando políticas, fijando el marco reglamentario, el rol del puerto, y asegurando las inversiones.

La modernización portuaria de los años sesenta y setenta abarcó casi exclusivamente la construcción de nueva infraestructura y la adquisición de nuevo equipo de manipulación de carga. Las tecnologías modernas, como las grúas especializadas y las computadoras inciden directamente en toda la gama de actividades comerciales inherentes al intercambio internacional - producción, distribución, publicidad y ventas - y también constituyen la base del proceso de concentración registrado en esta rama de actividad.

El empleo del contenedor marítimo impulsó un aumento enorme en el tamaño de los buques ya que permite aumentar la velocidad de manipulación de las cargas. A su vez, la construcción de buques de mayor tamaño ha hecho necesario el desarrollo de tecnologías de carga y descarga aún más rápidas, la simplificación de los trámites aduaneros, el intercambio electrónico de datos y el aumento de las superficies destinadas al almacenamiento de contenedores a fin de mejorar la rentabilidad de los inversionistas.

Muchos puertos esperan poder beneficiarse de la tendencia hacia más tráfico de trasbordo y tránsito, así generando nuevos negocios portuarios en forma de un puerto pivote o de transferencia. Sin embargo habría que analizar cuidadosamente el potencial

real de tales puertos. En la costa del Pacífico sudamericano, han surgido expectativas que aparentemente son demasiado optimistas teniendo en cuenta que los grandes flujos de cargas son en sentido horizontal en el planeta y que los puertos de EEUU, México y Panamá son grandes concentradores de cargas. El transporte a lo largo de la costa oeste de Sudamérica se estima que básicamente sería en buques feeders de porte medio de tercera generación con características de 2500 a 3000 TEUs, de 275 m de eslora, 30 de manga y calado de 12.5 m.

Hoy la nueva tendencia de desarrollo, está centrada en la búsqueda del equilibrio entre la participación del Estado y la operación de la empresa privada en el sistema, más que en la venta de los activos de infraestructura, de ahí el auge de las concesiones en casi todo los países latinoamericanos.

En general, la iniciativa para la participación privada en los puertos estatales responde a uno o más de los factores siguientes: la competencia de otros puertos o la que se desencadena entre los clientes, las plataformas políticas de los gobiernos, el cuestionamiento de los altos costos portuarios, la baja productividad, las pérdidas en las cargas y la falta de disponibilidad ágil y oportuna de las mercancías.

Todos aquellos que ofrecen infraestructura y servicios portuarios deberían operar en un entorno comercial regido por los mecanismos del mercado. En ese sentido, los gobiernos deben adoptar un régimen jurídico que integre la desregulación, y la descentralización, con las leyes antimonopolio y la legislación específica sobre la participación de los intereses privados.

Los gobiernos tienen una gran capacidad para manejar situaciones estables que exigen la formulación de políticas, la adopción de leyes y reglamentos, y para administrar dichos regímenes, asegurando su observancia. En cambio, el sector privado está habilitado para responder a situaciones dinámicas, inciertas y especulativas en cuanto a sus operaciones e inversiones.

Uno de los principales obstáculos a la privatización en muchos países ha sido el temor a los monopolios privados. La creación de instituciones de regulación, la medición de potenciales abusos monopolísticos, y la capacitación de funcionarios públicos en sus nuevas tareas serán unos de los principales desafíos a vencer.

Mientras que, en el pasado, los puertos de América Latina y el Caribe servían sobre todo como mal ejemplo en relación a ineficiencia, corrupción, y elevados costos, hoy en día, en los países que más han avanzado con sus privatizaciones, parece surgir un modelo

mucho más positivo. Como consecuencia de la apertura económica, la geografía, y el comercio exterior, las características de este modelo son las siguientes: 1) Puertos públicos de tipo landlord; propiedad estatal, operación privada. 2) Puertos especializados privados. 3) Posibilidad de establecer nuevos puertos privados 4) Elevada participación de empresas extranjeras. 5) Un gran número de puertos y terminales, con un volumen de tráfico menor que el promedio mundial. Aunque no se observen estas cinco características en todos los países de la región, la tendencia en la mayoría de los países apunta hacia este modelo.

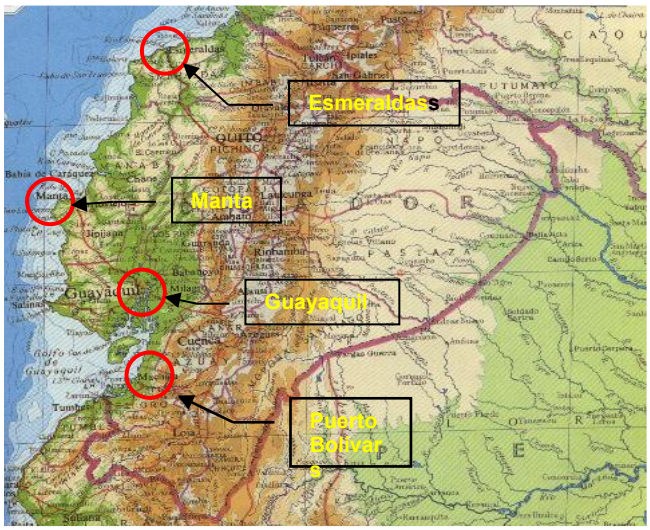
Las principales presiones en contra de la participación privada surgen de varios presuntos efectos de la privatización, es decir: 1) el traspaso de un monopolio del sector público al sector privado, 2) la socialización de las pérdidas y la privatización de las utilidades, 3) el sometimiento de la soberanía nacional a los intereses privados o a los intereses privados de otro país, 4) la constitución nacional y demás leyes prohíben la enajenación de la propiedad pública y la inversión privada en las zonas costeras, 5) la pérdida de puestos de trabajo que resulta del despido de los trabajadores excedentes con los consiguientes costos sociales, 6) la pérdida del control de los puertos que presuntamente debe tener el gobierno central por razones estratégicas.

Sin duda que el proceso de Modernización Portuaria en Latinoamérica se ha orientado a la necesidad de buscar una mayor competitividad, producir una apertura del comercio exterior, instaurar una desburocratización de los procedimientos, y lograr un objetivo final claro en la búsqueda de sistemas portuarios más eficientes, que propendan a obtener menores costos totales en toda la cadena del transporte.

Se han ido incorporando elementos tales como la competitividad dentro de los puertos y además entre puertos, la participación activa del sector privado y el mantenimiento de la influencia del Estado en carácter de ente normativo superior, más que como Estado Empresario. Lo anterior se ha ido traduciendo en estrategias basadas en los siguientes lineamientos: 1) Descentralización o transformación de los entes Estatales que administran los puertos. 2) Transferencia al sector privado de las actividades relacionadas con la manipulación de las cargas, los servicios a las naves y la operación de los equipos. 3) Creación de un marco regulador que permita y aliente la participación del sector privado en el desarrollo portuario. 4) Control general del sistema por el Estado, creando un marco competitivo para los servicios.

La aplicación de estos principios generales se ha traducido en la práctica en acciones específicas que los gobiernos han elaborado e implementado de diferentes formas administrativas y operativas. Todos ellos han requerido de una reforma legal en la cual se han establecido los principios generales en leyes de puertos específicas, que han constituido el marco regulador.

12. EL CONTEXTO PORTUARIO ECUATORIANO



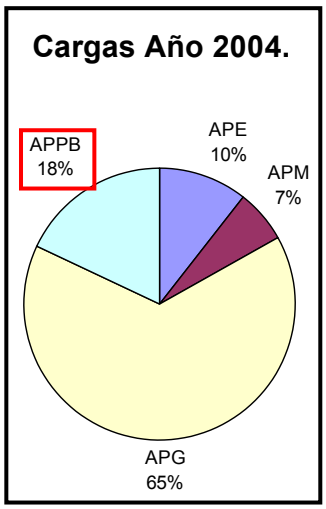
Las acciones para la modernización de los puertos se enmarca en un Plan de Modernización del Estado que se inició en marzo de 1993, comprendiendo los puertos de Guayaquil, Manta, Bolívar y Esmeraldas.

El mismo contó con el apoyo de importantes sectores de la economía y el comercio como: exportadores, importadores y navieros, y abarcó reformas de los marcos jurídicos, reestructuración administrativa, y nuevo marco tarifario con el establecimiento del régimen de libre competencia de los servicios.

Históricamente los sindicatos se consideraban muy fuertes en el sector estatal, y generaron una gran oposición a la modernización. Efectuada ésta, se comenzaron a descargar progresivamente y pacíficamente las estructuras portuarias, con indemnizaciones a los trabajadores.

Simultáneamente se comenzó a privatizar los servicios eliminando actividades realizadas por la autoridad y tercerizando varias funciones en forma planificada. Los puertos trabajan en forma continua los 365 días del año y se produjo una fuerte baja en los costos y en las tarifas.

Los principales puertos de titularidad estatal son: Guayaquil, con aproximadamente el 65 % del movimiento de cargas; Puerto Bolívar, con el 18 %; Manta con un 7 % y Esmeraldas con un 10 % de un total de 8´552,581 t anuales en el año 2004.



13. PUERTO BOLÍVAR

13.1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Ubicación: Provincia de El Oro, borde Este del Estero Santa Rosa, frente a la Isla Jambelí, Coordenadas geográficas: 03'15'55" latitud sur, 80 00'01" longitud oeste.

Acceso marítimo: Desde la boya de mar, 4.5 millas náuticas hasta el puerto. Profundidad oficial 10.5 m NMBS.

Tiempo de acceso desde ruta internacional de navegación hasta la boya de mar: 3Hrs 45m

Viento, oleaje, corrientes, profundidades: La velocidad del viento varía entre 1.7 y 4.2 m/seg. La velocidad media de la corriente en el canal es de 1 nudo (0.5 m/seg). La profundidad en muelles es de 10.5 m.

Topografía: La topografía del área es baja y regular, con alturas inferiores a 5 metros sobre el nivel medio del mar.

Acceso por tierra: Conectado con carreteras de primer orden con Guayaquil 182 Km., con Cuenca, por Pasaje y Girón, 180 Km., con Loja 230 Km. y con Huaquillas 80 Km. Y de segundo orden con Zamora 300 Km. y con Macas 440 Km.

Maniobralidad: Maniobras en el Estero Santa Rosa fáciles, con aguas calmadas y amplia superficie

Atraques

1 Espigón con 2 atraques de 130 metros de longitud cada uno, un ancho total de 30 metros y una profundidad de 10.5 metros

Muelle marginal, situado en la ribera del estero. Tiene una longitud de 360 metros, un ancho de 25 metros y 10.5 metros de profundidad, lo que permite el atraque simultáneo de 2 buques de hasta 20.000 TPM.

Existe otro espigón llamado de Cabotaje, dedicado especialmente al turismo, con 60 metros de extensión y 5.7 metros de profundidad

Patios de almacenamiento

Patio reefer

Bodegas

Áreas de reserva

Equipos de manipulación de carga
(provistos por la empresa privada)

Remolcadores: 3 remolcadores privados

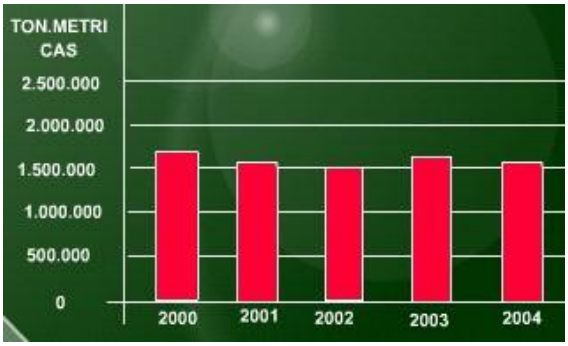
Bodegas abiertas y cerradas de uso para carga general, paletizado de banano, y graneles con un área total de 27,104 m2

Patios: para contenedores secos y de carga general y áreas no pavimentadas de reserva con un área total de 419,493 m2

13.2. ÍNDICES OPERATIVOS

13.3

AÑOS	TON. METRICAS	N. BUQUES
2000	1.743.288	547
2001	1.571.333	581
2002	1.521.543	492
2003	1.610.848	470
2004	1.552.154	495



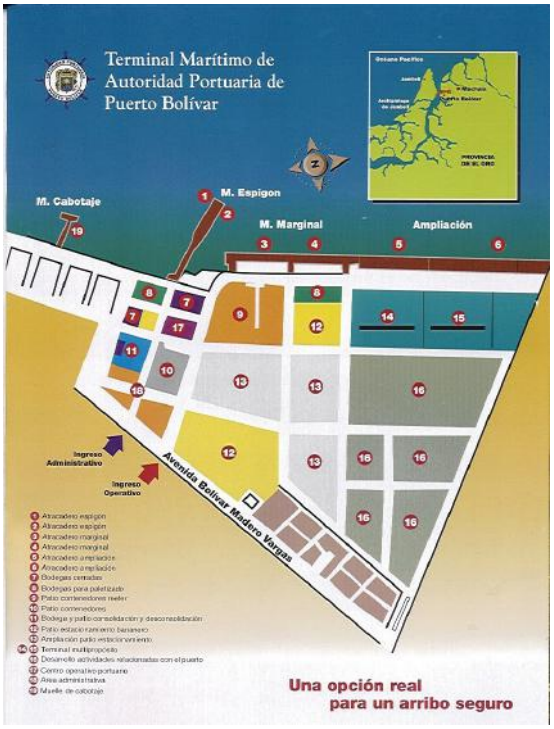
ENTORNO ECONÓMICO

La zona de influencia de Puerto de Bolívar está determinada por los puntos de origen y destino de la carga manejada a través del puerto y movilizada por la red de transporte terrestre. La ubicación geográfica del puerto determina a la región austral del país como la zona natural de influencia económica incluyendo a las provincias de Azuay, Cañar, Loja, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y el Oro, tanto para productos de exportación como para aquellos de importación.

Se estima que aproximadamente 500.000 t, correspondientes en sus tres cuartas partes a exportación y el resto a importación, pertenecen a la zona de influencia de APPB. El esfuerzo de comercialización se está enfocando principalmente a captar estas cargas.

13.4. SUS LÍNEAS DE DESARROLLO

En el plan de desarrollo físico del puerto se ha previsto la construcción de dos nuevos muelles marginales de 200 m de longitud cada uno. Estos se completarán con sus respectivas áreas de servicio. Para el año 2007 entraría en operaciones el primero de ellos. Inicialmente se dragaría a una profundidad de 10.5 m referido NMBM junto con el canal de entrada al puerto, que por motivo de sedimentación, presenta en puntos aislados profundidades de 9.0 m. La infraestructura de los nuevos muelles estaría preparada para ser dragados en una segunda oportunidad a 14.0 m NMBM.



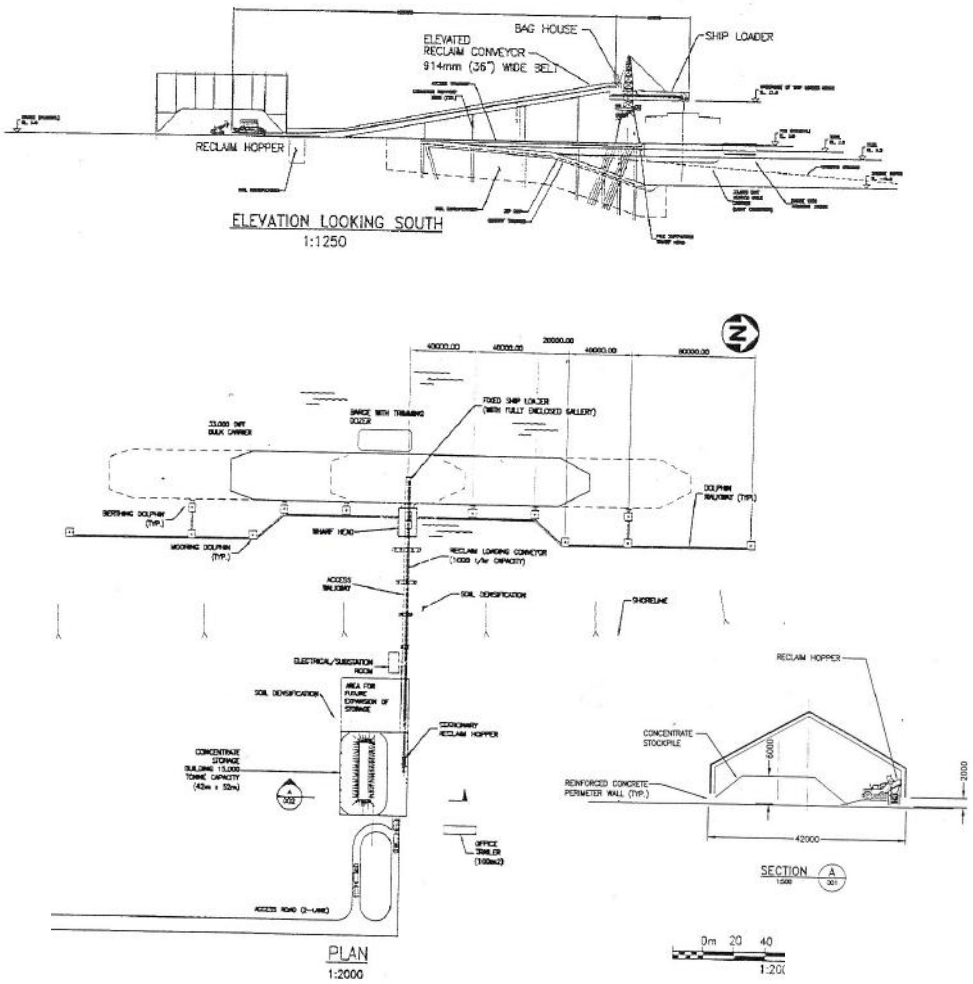
Uno de éstos atraques tiene como principal finalidad descongestionar los muelles actuales, que debido a las condiciones del corte del banano en las fincas, que no se realiza los fines de semana, hace que se concentran los buques a cargar en cuatro días de la semana.

Ya que la exportación de banano es básicamente en cajas sueltas, utilizando jaulas con dos pallets elevadas con el aparejo de los buques y estiba manual en las bodegas, se obtienen productividades muy bajas, a lo que se agrega la calificación de la fruta al costado del buque inmediatamente antes de la carga, se produce congestión en los días de operaciones.

El otro atraque estaría básicamente destinado a la manipulación de contenedores, de inicio, con grúas torres móviles hasta que la demanda justifique la dotación de equipo de mayor rendimiento. También operaría con otras cargas generales.

Hacia el extremo norte del recinto portuario se ubicaría una instalación de carga a granel de minerales provenientes de la zona oriental del país. Sería en forma de espigón

equipado con cintas transportadoras impermeables al polvo. El mineral llegaría al puerto en camiones tapados y se almacenaría en una bodega cerrada.



La administración portuaria ha puesto a punto un sistema integral de información. Apoyado en una red de datos interna, se registran, procesan y sistematizan en tiempo real tanto las actividades técnicas, como las financieras y contables. También se enlazará con Aduanas, bancos y empresas operadoras de carga y otras que de un modo u otro están relacionadas con la actividad del puerto.

En cuanto a la seguridad de la instalación y de los buques, el puerto está calificado de acuerdo a las normas y procedimientos del Código Internacional para la Protección de Buques e Instalaciones Portuarias (ISPS) y está afiliado a la organización Business Anti-Smuggling Coalition (BASC) para evitar el contrabando de mercancías, narcóticos y terrorismo. Además contaría con una unidad especial contra narcotráfico ubicada dentro del propio recinto portuario.

Una posibilidad, aunque todavía lejana, es que pudiera servir de enlace en una cadena de transportación fluvial a través de América del Sur en la salida al Océano Pacífico, desde la Zona Franca de Manaos, en Brasil, a las cargas que van destinadas a la costa Oeste de Norteamérica y Asia. Brasil es uno de los grandes exportador e importador por vía marítima y fluvial de América Latina, con 90 millones toneladas métricas de importaciones y mas de 200 millones de exportaciones y de concretarse la ruta sería indiferente cual de los puertos ecuatorianos sería la salida al mar pues todos pudieran participar de acuerdo a la disponibilidad.

14. LA CONCESIÓN

De acuerdo con las directrices económicas y legales generales del país se concesionará el puerto para que una empresa privada opere las instalaciones e invierta en el desarrollo del mismo. Esta acción tiene, además el objetivo de aprovechar la agilidad de la empresa privada permitiendo la independencia del puerto de los mecanismos propios de la administración estatal, la inversión de capitales y la asunción del riesgo de esta operación por la misma, y la buena y oportuna gestión comercial del inversionista, que estará altamente motivado a aumentar el trabajo del puerto atrayendo nuevos tráficos y facilitando y diversificando los servicios a los clientes.

Las principales características de la Concesión serían: a) Se concesiona el puerto completo con todas sus áreas y frentes de atraque a un concesionario monoperador por un

período de 25 años, b) La Autoridad Portuaria continuará siendo la propietaria de las instalaciones portuarias, c) Se reduciría el personal administrativa en 40 %, ya que básicamente su tarea sería ejercer el control de la concesión, d) La Autoridad Portuaria recibe del concesionario un canon fijo por el uso de las instalaciones y un canon variable por la operación, de conformidad a la cantidad de las cargas que se movilicen, e) Se incluirá en el Contrato de Concesión todas aquellas cláusulas que impidan el uso de acciones monopólicas o discriminatorias por parte del concesionario en cuanto a los servicios que éste deberá prestar, f) El concesionario invertirá en la construcción de un nuevo muelle marginal, el dragado asociado y en maquinaria y equipos, g) El concesionario brindará los servicios de manera universal y en igualdad de condiciones a todos los solicitantes

15. CONCLUSIONES

La visión de futuro de la Autoridad Portuaria está en sintonía con las principales directrices de la Modernización Portuaria en Sudamérica en el sentido de que no se va a producir una privatización total de Puerto Bolívar, es decir, no existirá una venta y transferencia al sector privado de los bienes que conforman la infraestructura portuaria, sino que la empresa privada invierte, opera y revierte al Estado de sus ganancias por el trabajo realizado por la depreciación por el uso de la infraestructura y para el mantenimiento de la entidad que realiza el control. Debido a su participación se puede lograr mas flexibilidad, agilidad y un mas completo servicio a los clientes.

Se diversificarán las cargas con la gestión de nuevos tráficos y se ampliará la infraestructura del puerto para adecuarla a la flota prevista que operará en la región.

En el futuro inmediato se facilitará el acceso al puerto de cargas desde Perú y en la perspectiva, la posibilidad de participar en un corredor de cargas desde Brasil.

Se utilizará el concepto de intercambio electrónico de datos con fin de que no sólo sea un instrumento para transmitir la información relativa al comercio y el transporte sino que permita tener una visión integrada de la carga y del equipo de transporte en todo el proceso de distribución.

16. BIBLIOGRAFÍA

1. Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar. Plan Estratégico 2002
2. Boletín FAL. No. 128. IX Conferencia Portuaria Interamericana 1996
2. Boletín FAL No. 154. CEPAL 199 Visión Estratégica de los puertos en el año 2010
3. Boletín FAL No. 161. Actualidades y Perspectivas del transporte Multimodal, marítimo y puertos. 2000.
4. CEPAL. Modernización Portuaria: Una pirámide de desafíos entrecruzados. LC/G.2031 1998
5. Plan Maestro. Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar. 2001
6. Sepúlveda D. Los procesos de reforma portuaria en Latinoamérica. III Coloquio Portuario Andino. 2000

BUQUES PATRULLEROS DE APOYO FLUVIAL PARA LA ARMADA NACIONAL DE COLOMBIA

"Un proyecto en evolución"

Capitán de Fragata JORGE E. CARREÑO M.
Director I+D+i COTECMAR
Cartagena de Indias, 1 de Abril de 2005

ANTECEDENTES

El diseño y la construcción BUQUES NODRIZA o PATRULLEROS DE APOYO FLUVIAL y su puesta en servicio para la Armada Nacional de Colombia es un caso exitoso de Innovación en el campo de la Ingeniería Naval, en el que se ha creado a partir de una necesidad sentida de seguridad nacional una familia de buques evidenciado un mejoramiento continuo en el diseño, construcción, logística, control de calidad y retroalimentación de las experiencias operacionales a partir del primero de los cinco buques construidos desde el año 1998 hasta el año 2005.

Colombia tiene aproximadamente 13.000 Kilómetros de ríos navegables, con cuencas hidrográficas muy ricas que contrastan con la situación social, con amenazas internas de grupos subversivos, terroristas y traficantes de substancias ilícitas. Por ello la Armada Nacional con su Brigada Fluvial de Infantería de Marina, ejerce control sobre estos ríos, teniendo desde hace varias décadas con los elementos de combate fluvial (ECF) la responsabilidad de garantizar la libre navegación, mantener el control fluvial, combatiendo los grupos generadores de violencia y narcotraficantes, llegando de esta forma a las zonas más apartadas del país, en muchas de las cuales los ríos son la única vía de acceso.

Un elemento de combate fluvial (ECF) es una organización especial de combate de infantería de marina que reúne las características de rapidez, maniobrabilidad, flexibilidad y poder de fuego, con un radio de acción limitado por el consumo de combustible. Esta compuesto por un bote de comando y control y tres botes tácticos y tiene la capacidad de transportar un grupo de Infantes de Marina, denominado Grupo de Asalto Fluvial (GAF) para efectuar operaciones en tierra.

Las operaciones que puede cumplir un elemento de combate fluvial son operaciones de asalto, operaciones de vigilancia, interdicción y seguridad y operaciones de apoyo, está dotado con armas automáticas y de acompañamiento

que le imprimen un alto poder de fuego, al igual que potentes motores fuera de borda que le dan alta velocidad y gran maniobrabilidad.

El agudizamiento del conflicto interno y el aumento de la producción de narcóticos, trajo como resultado la necesidad de incrementar las operaciones fluviales, situación que se logra con la inclusión del concepto del BUQUE NODRIZA o PATRULLERO DE APOYO FLUVIAL, cuyo propósito es prolongar la duración y el espacio de cubrimiento de los ECF, asegurando un apoyo logístico eficiente durante el cumplimiento de las operaciones, a la vez que tiene la capacidad de efectuar operaciones de vigilancia y control en el área de operaciones.

El BUQUE NODRIZA o PATRULLERO DE APOYO FLUVIAL, fue conceptualizado desde el punto de vista operativo, de acuerdo con las características de nuestros ríos y las necesidades de suministros de los Elementos de Combate Fluvial y desde el punto de vista tecnológico, como una Unidad segura y capaz de ejecutar eficientemente las operaciones para las que fue proyectada.

EVOLUCION DEL PROYECTO

Ilustración 1 Primera Generación, Nodriza I "ARC Guillermo Londoño" en Pruebas de mar, Enero 2000

La Armada Nacional de Colombia desde el año 1997, tomó la decisión de iniciar el Programa de Diseño y Construcción de diez buques Nodriza o Patrulleros de Apoyo Fluvial, confiando esta labor a los Oficiales, Suboficiales y civiles que formaban parte del Departamento Técnico de la Base Naval ARC Bolívar en Cartagena. La Ingeniería Básica de los primeros buques se desarrolló en el año 1997 y la construcción de los dos primeros buques en los años 1998 y 1999. Estos Buques fueron construidos en el Astillero de la Base Naval ARC Bolívar e iniciaron pruebas en el mes de Agosto de 1999. La primera generación de buques Nodriza, entró en servicio en Enero de 2000 y está representada por los

Buques ARC Guillermo Londoño (Ilustración 1) y ARC Sénen Araujo, en honor a héroes de la Armada Nacional que han ofrendado su vida en el altar de la patria.

Tan solo tres meses después de haber entrado en servicio la primera generación de buques Nodriza, enfrentaron la primera prueba, el ARC Guillermo Londoño, fue atacado por los terroristas de las FARC cerca de Vigía del Fuerte en el Río Atrato en el mes de Marzo de 2000. Esta solo sería la primera de una serie de ataques que recibirían estos buques por parte de los enemigos de la patria que veían cómo la Fuerza Pública llegaría a brindar seguridad a regiones que hasta ese entonces estaban vedadas para las fuerzas del orden. Los ataques continuaron y los buques siguieron demostrando su excelente desempeño, a la vez que los Ingenieros se retroalimentaban de las experiencias operacionales y evaluaban el desempeño de cada uno de los sistemas de los buques para validar su comportamiento y mejorar aquellos en los que se evidenciaran deficiencias.

En el año 2000 continuó el programa de construcción del tercer y cuarto buque de esta serie, la construcción se traslada a los Astilleros de Mamonal, recientemente adquiridos por la Armada Nacional y que se constituye la principal sede de COTECMAR, Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial de Colombia, cuyos socios fundadores fueron el Ministerio de Defensa – Armada Nacional de Colombia, La Universidad Nacional de Colombia, La Universidad Tecnológica de Bolívar y la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito” (socio hasta Diciembre de 2004).

Los resultados operacionales de la primera generación de buques Nodriza, requirió una reingeniería de algunos sistemas para adaptarlos a las nuevas necesidades y amenazas encontradas en los ríos, surgiendo la Segunda Generación de Buques Nodriza, la cual terminó en el año 2004 con la entrega del cuarto buque de la serie.

En el año 2002 se inició un proceso de reingeniería total que abarcase no solo algunos sistemas tal como sucedió con la segunda generación de Buques Nodriza, sino que se adicionaron nuevos roles y misiones, mayores capacidades para operar conjuntamente con unidades de aire, tierra y de superficie (fluviales), surgiendo el concepto de tercera generación de Buques Nodrizas, llamados a partir de este momento Patrulleros de Apoyo Fluvial.

CONCEPTO DEL DISEÑO PRIMERA GENERACION

Como resultado de los requerimientos del MANDO NAVAL, basados en las amenazas existentes, se generaron los siguientes criterios de diseño de las unidades Nodriza:

Capacidad para apoyar un Elemento de Combate Fluvial (ECF) y un Grupo de Asalto Fluvial (GAF), durante un período de 15 días.

El apoyo requerido para los ECF consiste en el suministro de:

- Alojamiento, comida y servicios médicos de primer nivel
- Munición, Combustible, repuestos, víveres y raciones de campaña

Las áreas de operación, la localización de apostaderos o Bases fluviales imponen los siguientes parámetros de diseño:

- Seguridad y sencillez de operación
- Funcionalidad
- Economía de operación
- Bajo costo de mantenimiento
- Movilización interior a los puestos de combate
- Blindaje en zonas críticas
- Alta capacidad de fuego
- Muy poco calado

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE DIMENSIONAMIENTO

Las dimensiones principales de la unidad, se derivaron de un estudio paramétrico de buques semejantes que se encuentran operando en los Ríos Colombianos.

La eslora es condicionada principalmente por la sinuosidad de los ríos, la disposición del armamento, sus ángulos de tiro, así como las zonas de aprovisionamiento de combustible a los ECF.

La manga se determinó jugó un papel importante en la determinación del calado y la disposición de espacios de alojamiento y carga, así como de la adecuada distribución de las dos líneas de ejes y maquinaria propulsora.

El calado máximo se determinó en función de las profundidades de los Ríos en zonas de navegación mayor en temporada de bajas lluvias.

Las dimensiones principales del buque son:

- Eslora total 38.45m
- Manga 9.5m
- Calado medio 1,0m
- Puntal 2.8m
- Desplazamiento 260 T

LÍNEAS DE FORMA

Partiendo de las dimensiones anteriores se procedió al diseño de un casco del tipo de desplazamiento, con cuadernas en “V” en el cuerpo de proa y transición suave a cuadernas en “U” en el cuerpo paralelo con astilla muerta de 3° para mejorar sus condiciones hidrodinámicas y eliminar los hombros en la curva de áreas seccionales.

El cuerpo de popa está provisto de un espejo recto, dos túneles de sección variable para alojar los dos timones y las hélices. Tanto los timones como las hélices no sobresalen por debajo de la línea base con el propósito de evitar daños debidos a roces con el fondo, hecho muy común en la navegación fluvial.

La cubierta principal tiene una brusca lineal para permitir la evacuación de agua, así mismo posee arrufo para disminuir el embarque de agua por la proa cuando efectúe navegaciones costaneras.

ESTABILIDAD

Los criterios tomados como referencia para comprobación de la estabilidad del buque tanto en condición de buque intacto como en averías, fueron los de la US Navy según DDS-079 y OMI.

Los cálculos de estabilidad se efectuaron con el programa GENERAL HYDROSTATICS (GHS) y los resultados muestran que en todas las condiciones de carga estudiadas se cumplen los criterios con amplios márgenes. Esto se debe gran parte a la alta relación manga-calado (B/T), lo cual influye directamente en la obtención de valores de altos radio metacéntrico.

La subdivisión del buque por medio de seis (6) mamparos transversales estancos, le permite soportar la inundación total de dos compartimentos aledaños manteniendo unas condiciones mínimas de estabilidad de acuerdo a los criterios de la marina de Guerra de Estados Unidos.

CASCO Y ESTRUCTURA

Como es sabido, los elementos estructurales del buque de guerra deben escantillonarse siguiendo criterios distintos de los establecidos para otro tipo de buques debido a que las condiciones operativas son más exigentes.

En el escantillonado del buque Nodriza, se han tenido en cuenta esfuerzos especiales originados por explosiones, rebufo del armamento principal y la resistencia a la penetración de metralla y fragmentos. Por otra parte, la posibilidad de inundaciones en condiciones de avería producto de situaciones de combate, originan la necesidad de una mayor compartimentación y del calculo de la resistencia longitudinal en diferentes condiciones.

Los elementos estructurales en cubierta tienen una disposición longitudinal, en los costados transversal y fondo es mixta. El casco está construido en acero Naval ASTM A-131 grado A. Las zonas críticas de la unidad se encuentran protegidas con Acero Blindado.

El escantillonado de la estructura global de la viga buque, se desarrolló según las reglas de Sociedad de clasificación. Finalmente los planos estructurales fueron aprobados por la sociedad internacional de clasificación de buques BUREAU VERITAS.

La soldadura de materiales diferentes como lo es el acero estructural con el acero blindado, constituyó un reto tecnológico importante, que implicó el estudio y selección de material aportante apropiado para su fundición y nuevos procedimientos de soldadura, cuyas características permitieran una unión sin problemas de agrietamiento.

PLANTA PROPULSORA Y MAQUINARIA AUXILIAR

La planta de propulsión esta compuesta por dos motores diesel electrónicos, accionando dos hélices de paso fijo alojadas en túneles.

La estimación de resistencia al avance, coeficientes propulsivos, potencia propulsora y proyecto de las hélices se efectuó con el programa NAVCAD, se comparó con la potencia instalada en buques similares tomando márgenes sobre Potencia (BHP). Las hélices se seleccionaron empleando la Serie B de Wageningen y fueron construidas en acero inoxidable.

El sistema de control de propulsión se efectúa a través de un PLC desde el puente de mando o localmente en la cámara de máquinas. La consola de control de cristal líquido, despliega los parámetros de funcionamiento de los motores y ejecuta las funciones de vigilancia y control de la planta propulsora.

El buque se encuentra dotado con todos los equipos y sistemas necesarios para operar de manera segura y autónoma, brindando confort a sus tripulaciones; entre los cuales vale mencionar dos generadores de energía eléctrica accionados por motores Diesel, sistema de contraincendio con agua de río, sistema sanitario, sistema de agua potable, sistema de achique y lastre, sistema de combustible Diesel para servicio del buque y de gasolina para los ECF, aire acondicionado y cuartos fríos para carmes y verduras, sistema de gobierno para controlar el rumbo entre otros.

Dada la gran cantidad de material combustible transportado abordo, se han tenido en cuenta los siguientes aspectos para la prevención, detección y combate de incendios son:

- Empleo mínimo de materiales combustibles en la construcción
- Sensores de humo y temperatura en los compartimentos
- Identificación y aislamiento de zonas con alto riesgo de explosión
- Empleo de sistemas antiexplosión en los tanques de almacenamiento de combustible.
- Empleo de equipos eléctrico EX PROOF en zonas clasificadas
- Instalación fija CO2 para los motores generadores y tablero de distribución
- Instalación fija de CO2 de inundación compartimentos aledaños tanques de gasolina
- Dotación a la unidad de un grupo de reparaciones con elementos para combatir incendios y vías de agua.

EQUIPO DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES

El equipo de comunicaciones de la unidad está compuesto por:

Comunicaciones interiores: El buque cuenta con los equipos de comunicaciones necesarios para monitorear y controlar los principales sistemas y detección de riesgos de incendio, a la vez que le permiten comunicarse por diferentes medios a las diferentes estaciones de operación y control del buque.

Comunicaciones exteriores: El buque cuenta con los equipos necesarios para establecer comunicaciones de corto, mediano y largo alcance en diferentes frecuencias con otras unidades a flote, unidades aéreas o instalaciones fijas en tierra.

El equipo de navegación esta compuesto por Radar de navegación, Ecosonda digital, Compás magnético y geo posicionador satelital GPS, que le permiten efectuar navegaciones seguras tanto marítimas como fluviales.

SEGUNDA Y TERCERA GENERACIÓN

En el año 2003 entró en servicio la ***SEGUNDA GENERACIÓN DE BUQUES NODRIZA O PATRULLEROS DE APOYO FLUVIAL*** representada por el “ARC TNEIM Mario Villegas”, tercera de esta serie (Ilustración 2) y en el mes de Mayo de 2004 se efectuó la entrega del “ARC TECIM Tony Pastrana Contreras”, cuarto Buque de la serie (Ilustración 3). Estas unidades de segunda generación son el producto de la experiencia operacional de las dos primeras unidades que desde al año 2000 ejecutan misiones de seguridad y vigilancia en los Ríos Atrato y Magdalena.

COTECMAR ha interpretado los requerimientos en los diferentes niveles del mando, desde las tripulaciones y Comandantes de las unidades, pasando por los comandantes tácticos, de Brigada y ha concretado estas necesidades con los

entes responsables del Material Naval en la Armada Nacional, de tal forma que se han obtenido mejoras significativas en el desempeño de los Buques de segunda generación.

Ilustración 2 Segunda Generación. Nodriza III "ARC TNEIM Mario Villegas" en Construcción, Mayo 2002

Los principales mejoras que se lograron en estos buques son una disposición de armas más funcional, incluyendo la dotación de tres casamatas blindadas y con movimiento en ronza asistido electromecánicamente diseñadas y construidas por COTECMAR, se amplió la cobertura de blindaje del casco y de la superestructura, se mejoró la habitabilidad al igual que se incorporaron nuevos compartimentos para equipos de comunicaciones exteriores acordes con las misiones que cumple la unidad. De la misma manera se han mejorado diversos sistemas de la unidad como el de propulsión dotando a los buques con motores propulsores más potentes que cumplen con las normas de emisiones ambientales, se optimizó la maniobrabilidad rediseñando el sistema de gobierno entre otras muchos aspectos que hacen de estas unidades más habitables y funcionales.

Ilustración 3 Segunda Generación. Nodriza IV "ARC TECIM Tony Pastrana" en pruebas de mar, Mayo 2004

Las unidades de este tipo están cumpliendo misiones conjuntas con el Ejército y Fuerza Aérea, motivo por el cual fue requerido por el Comando de la Armada Nacional que se dotara a este tipo de unidades con la capacidad de tomar helicópteros de porte mediano para su reaprovisionamiento. Es así como nace el concepto de la ***TERCERA GENERACIÓN DE BUQUES NODRIZA O PATRULLEROS DE APOYO FLUVIAL***, (Ilustración 4) incorporando además un sistema de propulsión tipo "Pump Jet" fabricado por la empresa Alemana Schottel, especialmente diseñado para operar en ríos, y con materiales especificados para las aguas de nuestras vías fluviales, con lo cual se elimina el uso de ejes de propulsión, arbotantes, hélices y timones y se garantiza una excelente maniobrabilidad, a la vez que se minimiza el riesgo de avería en los componentes de los sistemas de propulsión y gobierno.

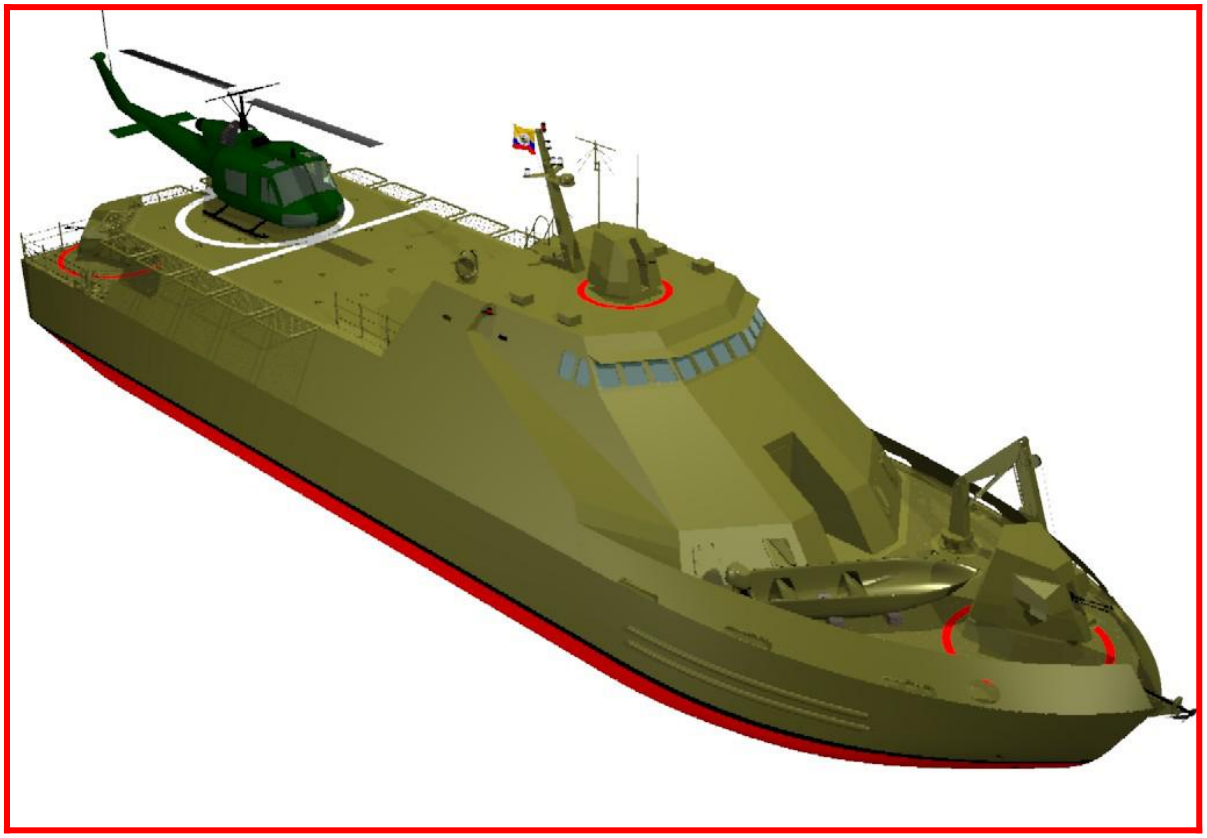


Ilustración 4 Tercera Generación de Buques Patrulleros de Apoyo Fluvial, 2004

En el año 2003 COTECMAR desarrolló la ingeniería Básica del Proyecto, en la cual se definieron todos los sistemas, se dimensionaron y seleccionaron los equipos y por primera vez se hicieron pruebas de resistencia al avance y autopropulsión en un canal de experiencias hidrodinámico (Ilustración 5). En el mes de Septiembre de 2003, se desarrollaron estos ensayos en la ciudad de Gdansk en Polonia en el CTO “Centrum Techniki Okretowej”, el objetivo fue predecir de manera más confiable la resistencia al avance del buque en diferentes condiciones de profundidad teniendo en cuenta el efecto de canal. Como resultado de estos ensayos con modelos a escala se obtuvieron unas formas hidrodinámicamente optimizadas y se determinó la potencia efectiva requerida para que el buque navegue a la velocidad de diseño con menor potencia instalada y por supuesto con menor consumo de combustible.

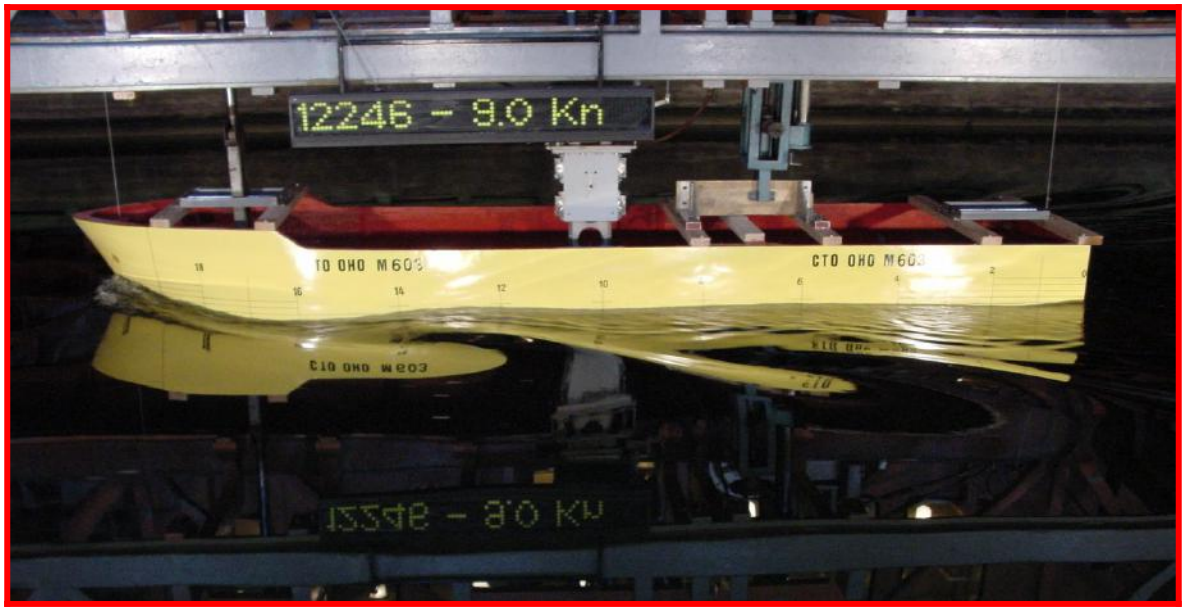


Ilustración 5 Ensayos de modelos a escala en CTO Polonia. Septiembre 2003

La Ingeniería de detalle igualmente representó un reto importante para COTECMAR, por cuanto se desarrolló en un Software de diseño de alta tecnología como es el caso de Tribon®, el Buque patrullero de apoyo fluvial V se constituyó en el proyecto piloto para aplicar esta herramienta, con lo cual se redujo a un año la construcción de este tipo de buques, permitiendo la mejora de los procesos productivos por medio de la adopción de una estrategia de construcción del buque por zonas. La construcción del casco se desarrolló en seis bloques (Ilustración 6) y es así como el dia 15 de Enero de 2004 se inició el corte de acero del primero de ellos y el 29 de Noviembre de 2004 se efectuó el lanzamiento del buque al agua.

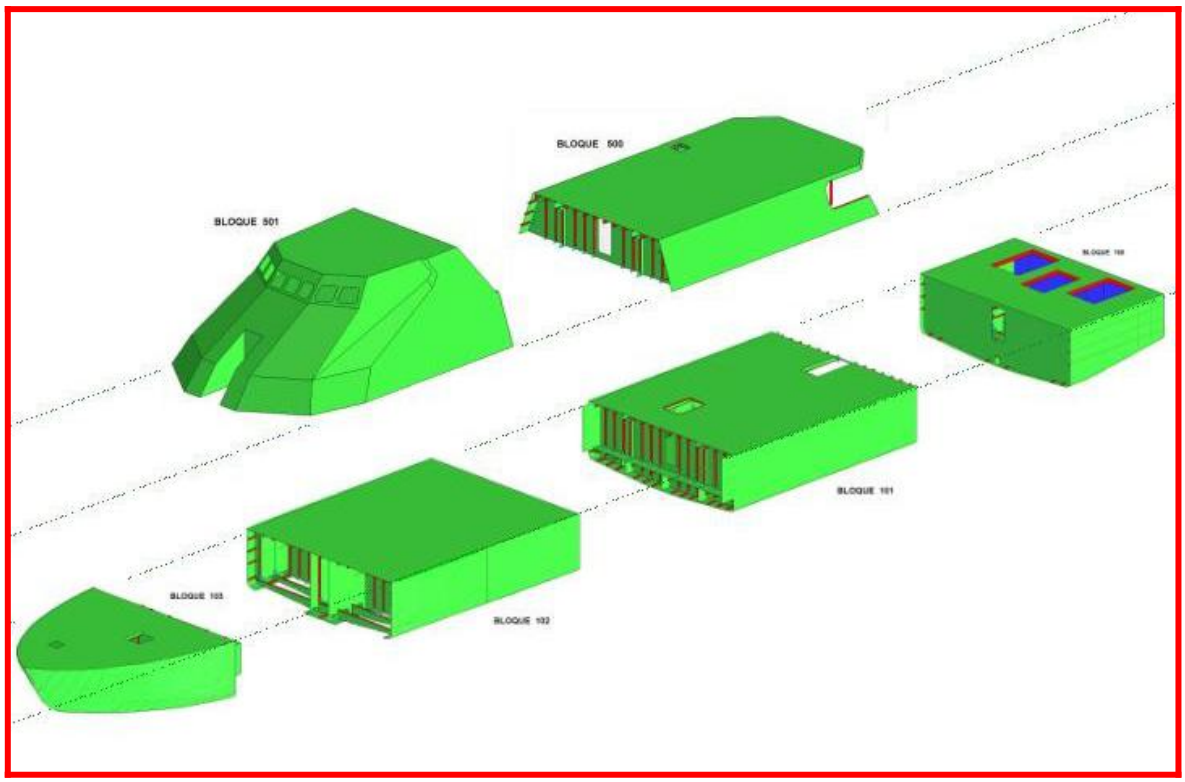


Ilustración 6 Estrategia Constructiva Nodriza Tercera Generación

En Marzo de 2005 se desarrollaron los protocolos de pruebas tanto de puerto como de mar especificados por los Ingenieros diseñadores de COTECMAR en conjunto con los proveedores de equipos y sistemas que componen el buque para validar los diseños que tomaron en total 20.000 horas de ingenieros y técnicos.

Ilustración 7 Tercera Generación Nodriza V "ARC TECIM Jorge Moreno Salazar" última fase construcción, Octubre 2004

Los resultados de estas pruebas han sido satisfactorios, mostrando entre otras las siguientes ventajas de la tercera generación de buques sobre sus antecesores:

- Incremento de maniobrabilidad, demostrada en la facilidad para cambio de rumbos, diámetros tácticos muy bajos y un excelente compromiso con la estabilidad de ruta.

- Alta confiabilidad en cuanto al desempeño del sistema de propulsión en su conjunto, especialmente al minimizar el riego de averías por impacto de objetos extraños en los sistemas de propulsión, ya que no cuenta con ningún tipo de apéndices como si lo tienen los sistemas tradicionales.

- Incremento en las condiciones de habitabilidad al reducirse los niveles de ruido y vibración en alojamientos y zonas de descanso, al ser eliminado la transmisión de ruido aéreo, estructural y por reverberación. Igualmente se ha eliminado una de las fuentes más importantes de ruido como es la cavitación de las hélices de propulsión.

- Incremento de Inter-operatibilidad, es decir se ha adquirido la capacidad de operar con helicópteros de porte mediano con capacidad de tomarlos en la cubierta de vuelo y de reaprovisionarlos con combustible. Igualmente se mantiene la capacidad de operar con unidades terrestres y otras unidades de superficie o fluviales.

- Incremento del nivel de protección del casco y de la superestructura frente a impactos de armas de fuego, por el diseño aerodinámico utilizando superficies inclinadas de moderno diseño.

- Optimización de áreas interiores destinadas e espacios de alojamiento, obteniendo más de área de espacios habitacionales por persona y mejorando la circulación interior para acudir de manera más funcional y seguro a las estaciones de control y operación del buque.

COTECMAR no solo ha apostado por invertir en la capacitación y la formación del talento humano con que cuenta entregándoles herramientas de diseño de alta tecnología, sino que ha implementado un Sistema de Gestión de Calidad para el Diseño y Construcción de Buques y consultoría en Ingeniería Naval según la norma ISO 9001-2000, el cual ha sido certificado por Lloyd's Register Quality Assurance de Londres, que le permite garantizar una cultura de mejoramiento continuo satisfaciendo las necesidades de sus clientes.

Este es el buque número 13 construido por COTECMAR que sin lugar a dudas es el fruto del talento y conocimiento adquirido por los Ingenieros y técnicos que participan en este tipo de Proyectos siguiendo el legado de aquellas personas visionarias que hicieron una realidad el resurgimiento de la Industria Naval de Colombia con este proyecto de Buques Patrulleros de Apoyo Fluvial para la Armada Nacional de Colombia.

Ilustración 8 Tercera Generación Nodriza V "ARC TECIM Jorge Moreno Salazar", Pruebas de mar Abril 2005

CERTIFICACIÓN DE UNA ESCOTILLA DE RECATE DE UN SUBMARINO 209 PARA EL ACOPLE DE UN DSRV Y UN SRC.

Patricio Sepúlveda Araos, Ingeniero Constructor Naval
Dirección de Ingeniería de Sistemas Navales
Avenida Prat #773, 6° piso, Valparaíso Chile
psepulvedaa@armada.cl, psepulvedaa@yahoo.com,
Tel: (56) 32-506871, Fax: (56) 32-506891

DSRV

SRC

1.- Objetivos.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar parte del proceso de certificación de una escotilla de rescate de un submarino que demande el uso de los vehículos de rescate (DSRV) o una campana (SRC) para ir en auxilio de algún submarino siniestrado.

2.- Introducción.

Después del accidente del submarino soviético Kursk (K-141), de la clase Oscar-II, en el Mar de Barents el 12 de agosto de 2000, en donde 118 tripulantes perdieron la vida a una profundidad de 118 metros, la Armada de Chile entre otras, comenzó a evaluar en forma

más exhaustiva el estado de las escotillas de rescate de los submarinos 209 y su posibilidad de recibir un vehículo de rescate. Esta evaluación concluyó que si bien existía un compromiso de asistencia de un DSRV o un SRC de parte de la Armada Norteamericana ante un siniestro, no era menos cierto que esta asistencia estaba condicionada a una previa certificación, de la escotilla de rescate de los submarinos 209.

A partir de esta constatación se comenzó con el proceso de de certificación de acuerdo a las especificaciones establecidas en el manual del Navsea (SS700-AAINS-010). La estrategia para abordar esta tarea involucra una serie de actividades que se describen a continuación:

- Análisis técnico y validación de los cálculos: a través de modelaciones numéricas mediante el método de los elementos finitos (FEM), realizando un benchmarck con problemas analíticamente probados.
- Adquisición de los materiales, construcción de los dispositivos a tractar y su instalación: Es necesario antes de adquirir los materiales y construirlos una aprobación de los cálculos por parte del organismo certificador.
- Inspección y pruebas de tracción a los dispositivos a instalar, tanto para el DSRV como para el SRC: Parte del proceso involucra la certificación de los procesos de soldadura
- Aprobación y carta de certificación por parte del organismo certificador (NAVSEA).

Para la primera etapa se utilizaron modelaciones numéricas usando el método de los elementos finitos (FEM) a los dispositivos involucrados, siendo estos en general el truck de rescate, los dispositivos de sujeción para el DSRV y el dispositivo de sujeción para el SRC con sus respectivas cargas de prueba, que para el caso del dispositivo de tracción del DSRV es de 50.000 [lb] en distintas posiciones y para el dispositivo de tracción del SRC la carga de prueba debe ser de 12.000 [lb] también en distintas posiciones, además para ambas pruebas se deberá efectuar una prueba real a estos dispositivos con estas cargas especificadas, para lo cual se tuvo presente la actual distribución geométrica y la capacidad de resistencia de los materiales y elementos involucrados.

Antes de comenzar con el trabajo exigido por el Navsea, se consideró realizar un benchmarck con dos problemas analíticamente probados, como son un recipiente con presión interna sin tapa y una viga empotrada en un extremo con una carga distribuida,

para posteriormente continuar con una modelación de la escotilla patrón que el manual entrega para su comparación, y habiendo realizado esta modelación y existiendo una diferencia aceptable (menor a un 5%) entre los cálculos se pasa a modelar las escotillas de rescate reales con sus distintas configuraciones tanto para le caso centrado como descentrado (offset).─

Continuando con las etapas planificadas se procedió a la definición de los procesos de soldadura (WPS) y a la definición de la calificación de los soldadores (WPQ) y a la adquisición de la lista de materiales que incluyen Monel, HY-80, bronce y soldadura.

Antes de continuar con esta etapa se remitió un preinforme al Navsea para su aprobación, de manera, de poder avanzar con la próxima etapa que básicamente era la de instalación de los dispositivos en la escotilla y posteriormente llevar a cabo las pruebas de tracción que deberán ser efectuadas en la planta de Asmar Talcahuano. Finalizando con la entrega de un informe final al organismo certificador de toda la documentación escrita, sea está: pre-informes, planos, especificaciones, certificados de procesos, calificación de soldadores, certificados de calidad de los materiales, de manera de poder justificar la trazabilidad del proceso de certificación ante el organismo certificador.

3.- Antecedentes preliminares

Para poder certificar, se requiere necesariamente no sólo validar los cálculos y las pruebas exigidas a la escotilla de rescate de los submarinos, sino además es necesario certificar poder evaluar la capacidad que tiene el país de poder albergar toda la infraestructura que se deberá movilizar, lo que hace necesario evaluar además los aeropuertos, caminos y puertos que permitan trasladar al vehículo con sus equipos y personal que participa en el rescate y que asiste en el lugar del siniestro.

Dado el aviso de siniestro se activa un conjunto de acciones que hacen entre otras cosas mover los equipos que se requiera dada la situación. Si el siniestro es a una profundidad inferior a 250 [m] es posible actuar con ambos equipos, ya sea el DSRV o el SRC, pero si el accidente es sobre esta profundidad e inferior a 600 [m], el DSRV es el vehículo que se deberá utilizar.

No es intención hablar de la operación de estos equipos en este trabajo, sino más bien en como poder utilizar el servicio que presta el Navsea, cumpliendo sus exigencias. La figura Nº 1, muestra los pasos que se cumplen cuando una alarma de siniestro se activa.

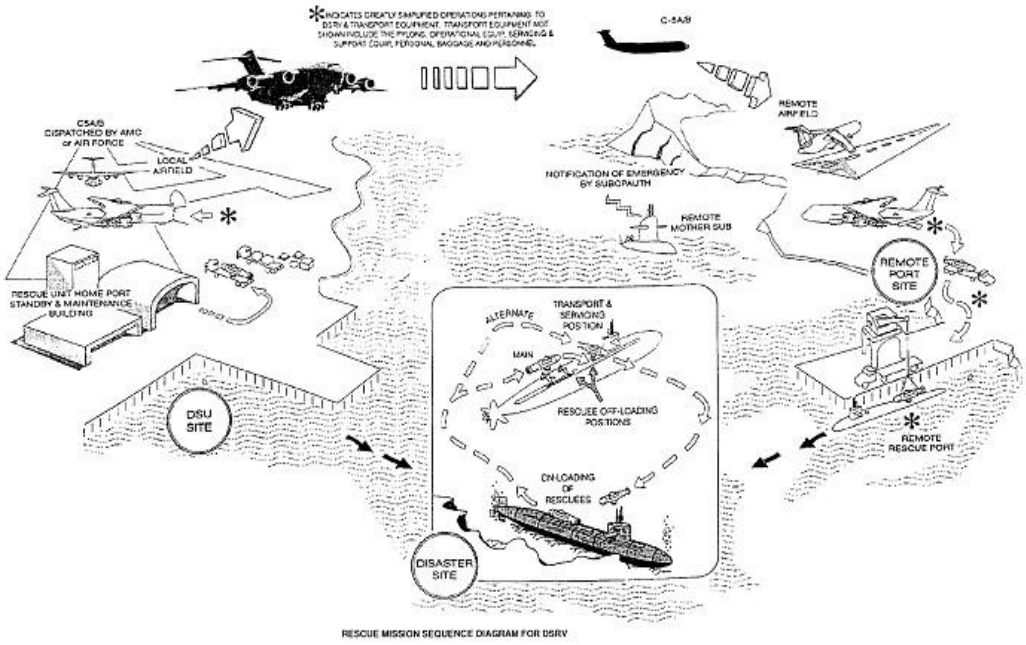


Figura Nº1

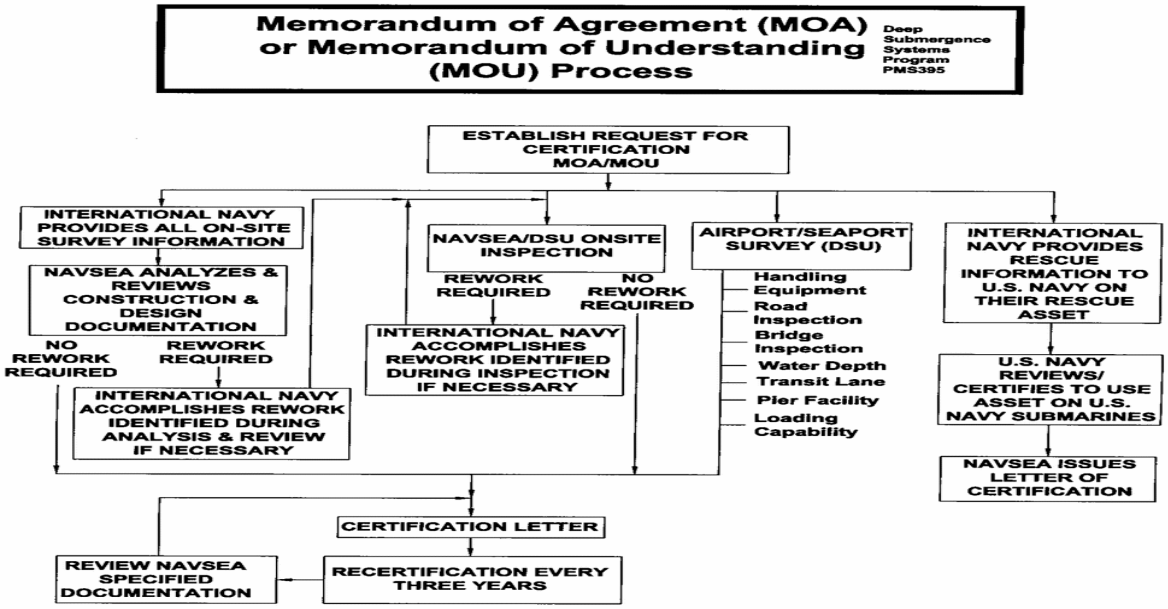


Figura Nº 2,

La figura Nº 2, se muestra un diagrama que permite explicar el proceso completo que demanda la certificación.

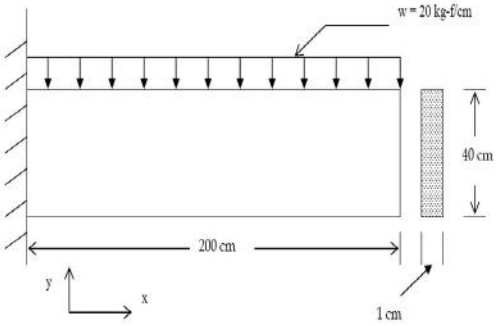
4.- Proceso de cálculo para la certificación de la escotilla de rescate.

4.1.- Análisis técnico y validación de los cálculos.

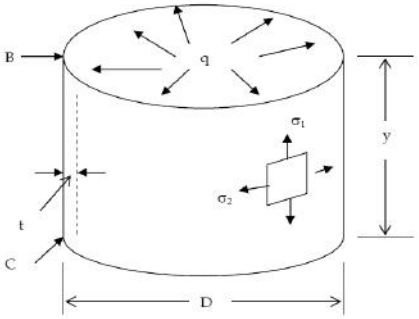
Este etapa se ejecuto con la asistencia de la Universidad Federico Santa María, utilizando el software de elementos finitos ADINA v.8.0.2. de ADINA R&D Inc., para ello se planifico primero efectuar un benchmarck con dos problemas analíticamente probados de manera de verificar el proceso y forma de modelación numérica.

4.1.1 Viga Cantilever y Cilindro con presión interna.

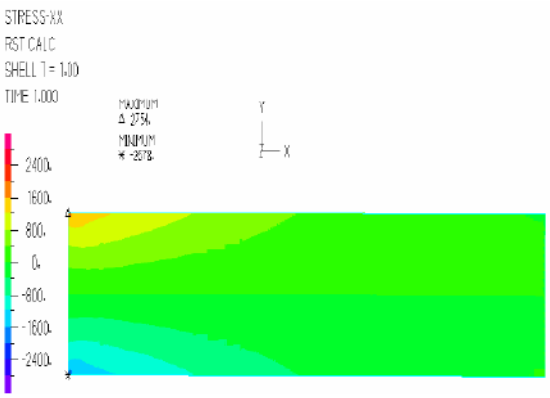
Las figuras Nº 3 y Nº4 adjuntas corresponden a un recipiente con presión interna sin tapa y una viga cantilever de acero empotrada en un extremo con carga distribuida, a los que se le aplicó las cargas correspondientes de manera de poder simular el efecto y evaluar sus resultados.



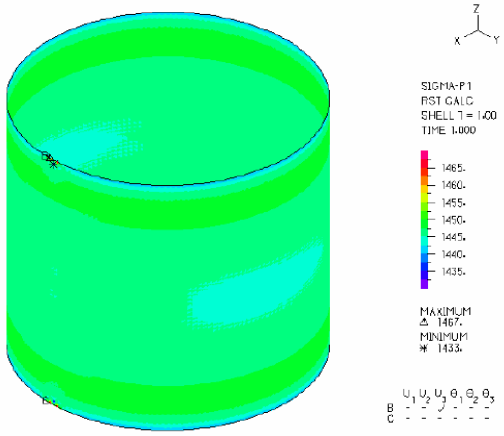
Viga cantilever empotrada
Figura Nº 3



Recipiente con presión
Figura Nº4



Distribución de esfuerzos
Figura Nº 5



Distribución de esfuerzos
Figura Nº 6

y cuyos resultados son respectivamente son mostrados en las siguientes tablas:

Data	Analytical solutions	Numerical solutions
L = 200 [cm]	$I = bh^3/12 = 5333{,}3$ [cm^4]	
h = 40 [cm]	$\delta_{max} = wL^4/8EI = 0{,}357$ [cm]	0,3718 [cm] (4.14 % difference)
b = 1 [cm]	$W = I/y_{max} = 266{,}6$ [cm^3]	
w = 20 [kg-f/cm]	$M_{max} = wL^2/2 = 400000$ [kg-f - cm]	
E = 2.1E6 [kg-f/cm^2]	$\sigma_{max} = M_{max}/W = 1500$ [kg-f/cm^2]	1200 - 1600 [kg-f/cm^2]

Tabla Nº1

Data	Analytical solutions	Numerical solutions
D = 2R = 30"	$\sigma_1 = 0$	≈ - 15 [psi]
y = 30"	$\sigma_2 = qR/t = 1500$ [psi]	≈ 1450 [psi] (3.3% difference)
q = 100 [psi]	$\Delta R = qR^2/Et = 7.5E\text{-}4$ (radial expansion)	7.485E-4 (0% difference)
t = 1"	$\Delta y = -qRvy/Et = 4.5E\text{-}4$ (axial expansion)	4.499E-4 (0% difference)
E = 30E6 [psi]		
v = 0.30		

Tabla Nº 2

4.1.2 Escotilla Patrón Navsea

Posteriormente se realizo una modelación de la escotilla patrón que el manual proporciona para su comparación, como se muestra en la figura adjunta, el cual fue confeccionado por el Navsea por el software de FEA Nastran, para evaluar los niveles de esfuerzo. El modelo USM fue construido con 36.832 elementos de placa con cuatro nodos por elementos, teniendo un tamaño cada uno de 0,5x 0,5 [pulg^2]. El material es HY-80, con un modulo de elasticidad de E=30 x10^6 [psi], relación de Poisson ν=0,3 y un esfuerzo de fluencia de σ = 80.000 [psi]. (La figura Nº 7 muestra una "típica" unión del vehículo de rescate DSRV con una escotilla de un submarino cualquiera)

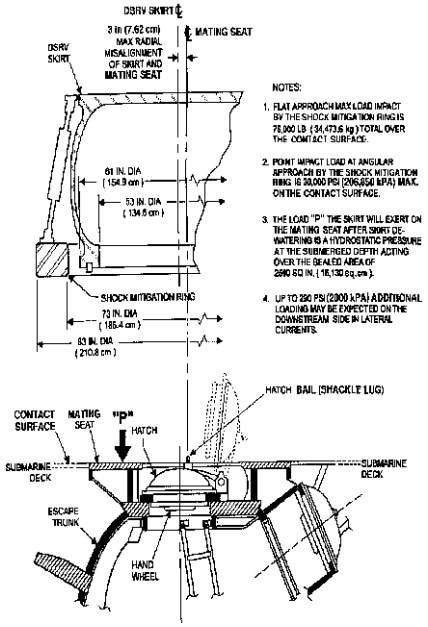


Figura Nº 7

Se simulo el efecto de la adhesión del vehículo de rescate a la cubierta del trunk (maiting seat) con un anillo de 4" de espesor usando elemento de resorte. Las cargas hidrostáticas se aplicaron en función de la profundidad , además se consideró el efecto de una presión generada de una corriente lateral de un nudo. La modelación USM consideró cuatro

inmersiones de 300, 500,600 y 700 [m], y dos posiciones de la falda del DSRV, un caso donde la falda cae centrada y otra donde la falda del DSRV cae descentrada 3" (offset).

El análisis fue del tipo lineal elástico, y los resultados obtenido consideran valores de esfuerzos mínimos en la dirección vertical para cada uno de los casos analizados.

Los valores de presión P_1 y P_2 están definidos por el NAVSEA en la referencia Nº1. "p" es la presión hidrostática medida en [psi], P_1 y P_2 se definen como:

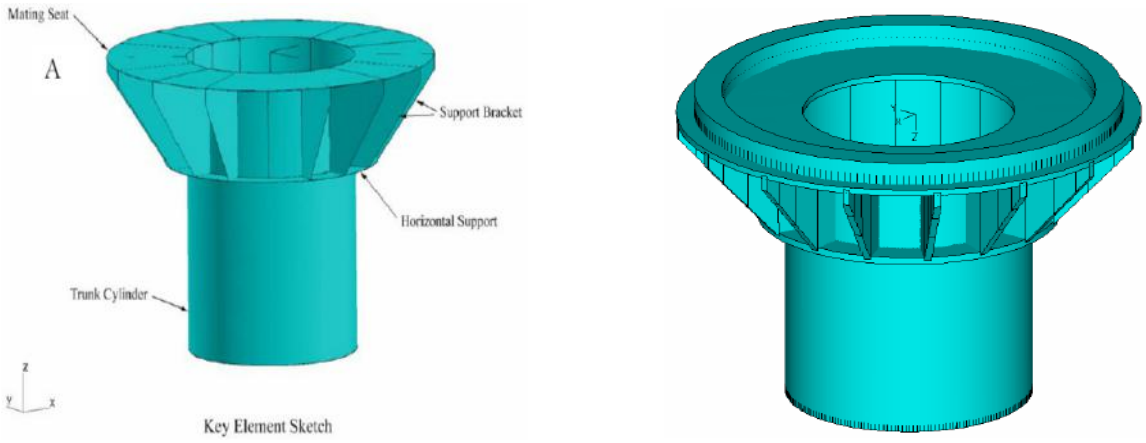
$$P_1 = p - P_l,$$
$$P_2 = p + P_l$$

Siendo "P_l"la presión lateral, cuyo valor según el Navsea es de 290 [psi] generándose los siguientes valores de presión, que muestran en la tabla Nº3.

x, [m]	x, [ft]	p, psi	p, MPa	P_1, [psi]	P_2, [psi]	P_1, [MPa]	P_2, [MPa]
300	984	453	3.1	162	743	1.11	5.1
500	1640	745	5.1	454	1035	3.11	7.1
600	1969	891	6.1	600	1181	4.11	8.1
700	2297	1037	7.1	746	1327	5.11	9.1

Valores de la presión hidrostática de presión
Tabla Nº 3

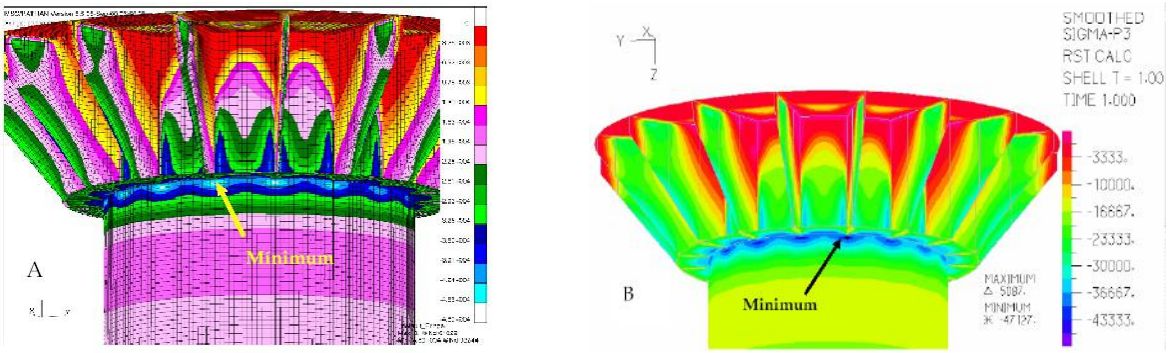
Las figura Nº 8 muestra los modelos generados por el Navsea y la USM



Modelo Navsea Modelo USM

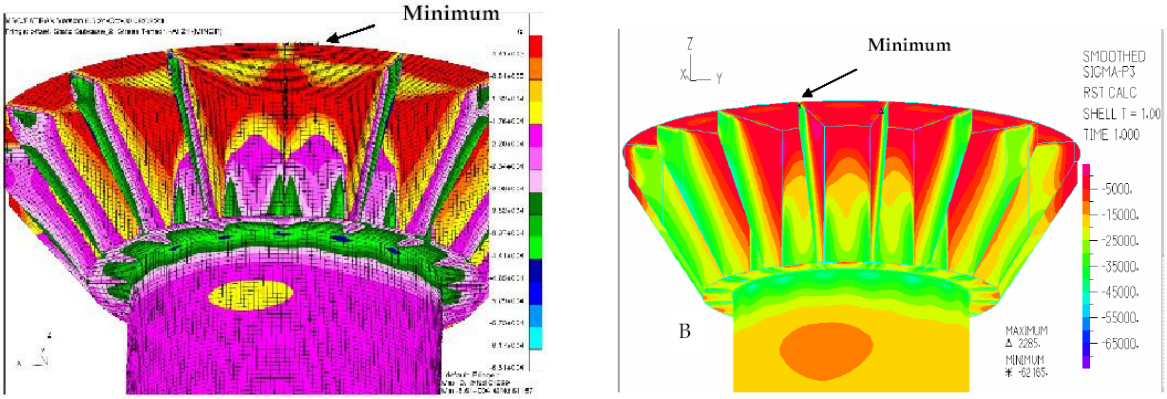
Figura Nº 8

Las figuras siguientes muestran los niveles de esfuerzo tanto para el caso, en que las cargas se encuentran centrada como el caso en que la carga esta descentrada en 3" (offset)



Modelo Navsea Modelo UTFSM

Figura Nº9, caso con cargas centrado



Modelo Navsea Modelo UTFSM

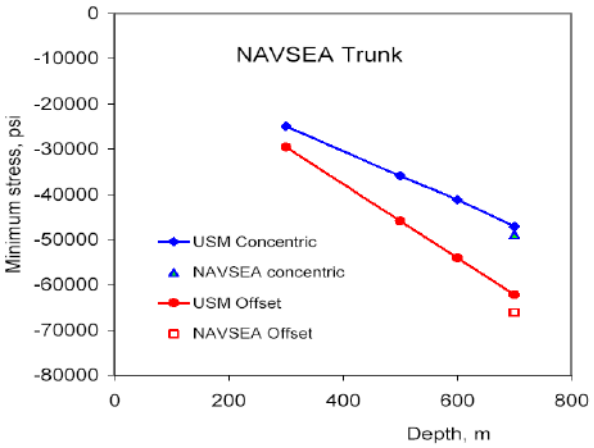
Figura Nº10, caso con cargas descentrada

Los resultados obtenidos muestran que los niveles de esfuerzo comparando el trunk genérico del Navsea, para el caso concéntrico a 700 [m], con el modelo de la UTFSM no exceden el 3.63% de diferencia y para el caso descentrado la diferencia de los niveles de esfuerzo llega a 5,95% (Navsea sugiere valores inferiores a 5% y no superiores a 10%).

Depth	NAVSEA, 700 [m]	USM, 700 [m]	Difference, %	USM, 600 [m]	USM, 500 [m]	USM, 300 [m]
Concentric case	-48 900	-47 127	3.63	-41 157	-35 986	-24 953
Offset case	-66 100	-62 165	5.95	-54 028	-45 891	-29 560

Valores de esfuerzo a distintas profundidades
Tabla Nº4

Otra forma de mostrar los resultados son como lo muestra la figura siguiente:



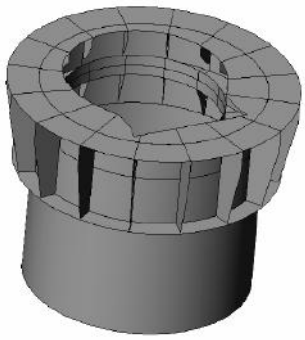
Distribución de esfuerzos para los casos centrado y offset de la USM y el Navsea
Figura Nº 11

En la figura Nº 11, muestra la relación que existe entre los diferentes niveles de esfuerzos y la profundidad, tanto para el modelo Navsea como para el modelo USM.

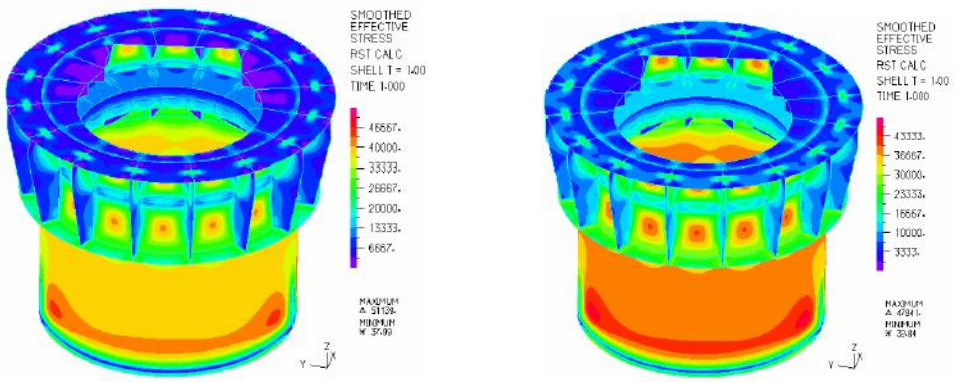
4.2.- Escotilla de rescate real del SS-209

Habiendo realizado la etapa anterior de modelación y existiendo una diferencia aceptable entre los cálculos, se procedió a modelar las escotillas de rescate real del SS-209 con sus distintas configuraciones de carga, profundidad, y de los casos centrado como descentrado (offset).

La figura Nº 12, muestra la configuración geométrica de la escotilla de rescate de los SS-209, considerando la modelación anterior del trunk patrón, se procedió a modelar la escotilla de la figura Nº13, donde se utilizo 56.000 elementos tetraedros con cuatro nodos por elementos, los elementos tienen un tamaño de 2 a 3 [mm]. Se modelaron dos trunk con distintos espesores de cubierta uno de 12 [mm] y de 16 [mm]. Y cuyos resultados son mostrados en la tabla Nº 5.



Trunk de rescate SS-209
Figura Nº12



Trunk con cubierta de 12 [mm] Trunk con cubierta 16 [mm]

Figura Nº 13

La tabla incluye los valores máximos de los esfuerzos efectivos (Von Mises); los esfuerzos verticales (”Z”); el desplazamiento vertical (“Z”) ; y el esfuerzo de corte.

			12 mm		16 mm	
z (m)	Pressure [psi]	Equiv. Press.	Concentric	Offset	Concentric	Offset
Von Mises		[psi]				
100	156,92	547,91	10827	11563	9765	11404
200	299,15	1044,52	17547	18630	15817	18364
300	441,4	1541,19	24269	25698	21870	25326
400	583,6	2037,71	30989	32764	27922	32286
500	725,9	2534,44	37712	39833	34442	39249
600	868,05	3030,9	44431	46899	41196	46208
700	1010	3526,54	51140	55872	47940	54657
"Z" stresses						
100	156,92	547,91	-11214	-12208	-10085	-12087
200	299,15	1044,52	-18133	-19235	-16298	-18957
300	441,4	1541,19	-25053	-26516	-22512	-26131
400	583,6	2037,71	-31971	-33796	-28724	-33521
500	725,9	2534,44	-38891	-41078	-34940	-40477
600	868,05	3030,9	-45808	-48357	-41149	-47648
700	1010	3526,54	-52715	-55623	-47350	-54808
"Z" displacements						
100	156,92	547,91	-0,00922	-0,014	-0,00918	-0,0139
200	299,15	1044,52	-0,014	-0,0216	-0,0139	-0,0215
300	441,4	1541,19	-0,0187	-0,0292	-0,0187	-0,0291
400	583,6	2037,71	-0,0235	-0,03677	-0,0235	-0,0367
500	725,9	2534,44	-0,02821	-0,0444	-0,0282	-0,0443
600	868,05	3030,9	-0,033	-0,0519	-0,03296	-0,0519
700	1010	3526,54	-0,0377	-0,0595	-0,0377	-0,0595
Shear stress						
100	156,92	547,91	5625	6114	5061	6053
200	299,15	1044,52	9094	9714	8176	9512
300	441,4	1541,19	12563	13361	11919	13108
400	583,6	2037,71	16031	17111	15760	17089
500	725,9	2534,44	19601	21107	19602	21080
600	868,05	3030,9	23440	25098	23441	25067
700	1010	3526,54	27273	29559	27274	29048

Tabla Nº 5

La figura adjunta muestra los niveles de esfuerzos máximo efectivo (von Moisés) como una función de la profundidad.

4.3.- Dispositivos de sujeción para el DSRV

La figura 14 y 15 muestran la distribución propuesta por el Navsea en su manual. El dispositivo propuesto por la Dirección de Ingeniería esta dispuesto de tal manera que no interrumpa las faenas permanentes que la tripulación realiza y es requerido para proporcionar al DSRV un anclaje seguro antes de abrir la escotilla de rescate del submarino siniestrado, la cual debe estar provista de cuatro de estos elementos. La certificación requiere que estos elementos sean capaces de soportar la carga de 50.000 [lb] de tracción el cualquier dirección a 22,5º por un periodo no menor a 10 [min]. Las figuras adjuntas muestran la disposición de dos de ellos, los que han sido modelados con la carga y cinco posiciones de tracción.

El material del dispositivo es de Monel (aleación de Ni-Cu) dispuesto en el manual de certificación, además se a agregado una cartela de refuerzo que permita disminuir los niveles de esfuerzo producto de la carga, refuerzo que no estaba dispuesto por el Navsea en su manual pero que la Dirección de Ingeniería de la Armada de Chile dispuso considerando que la cubierta del modelo Navsea es de 25 [mm] y que los primeros ensayos sin cartela arrojaron valores muy marginales al esfuerzo de fluencia del Monel. Las uniones soldada entre el Monel y la cubierta de HY-80 se modelaron con un electrodo MIL-10018

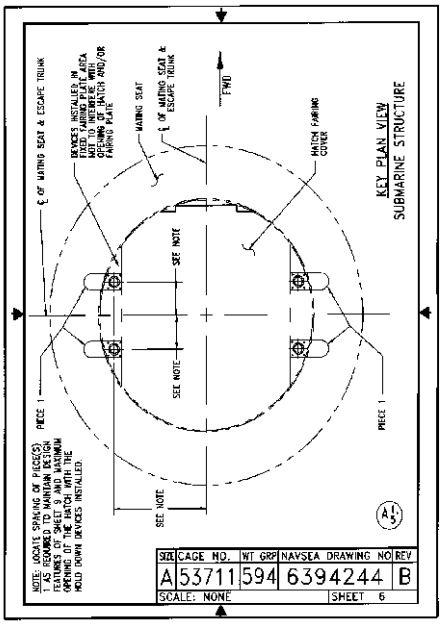


Figura Nº14

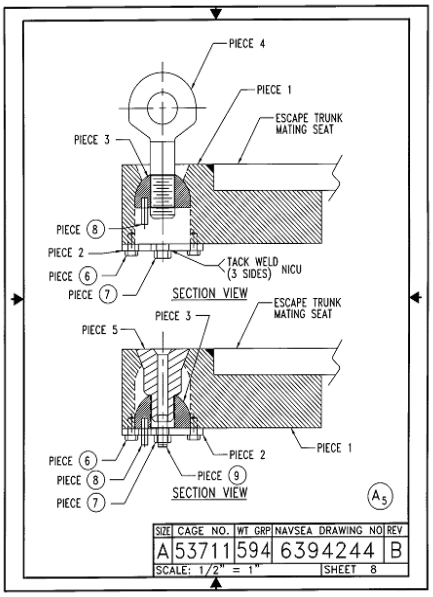


Figura Nº 15

Los modelos fueron construidos con 310.000 elementos tetraedros de cuatro nodos de tamaño 6 [mm] y 69.000 nodos.

Los resultados fueron divididos entres grupos:

- Modelos sin cartela de apoyo
- Modelos con cartela de apoyo de 16 [mm]
- Modelo con cartela de apoyo de 25 [mm]

Todas las figuras muestran el esfuerzo de von moises que se compara con los valores de los materiales usados y cuyos valores de esfuerzo de fluencia son:

a) Monel, metal base con esfuerzo de fluencia de: 40 [ksi]

b) Monel, metal de aporte con esfuerzo de fluencia de: ~ 45 [ksi]

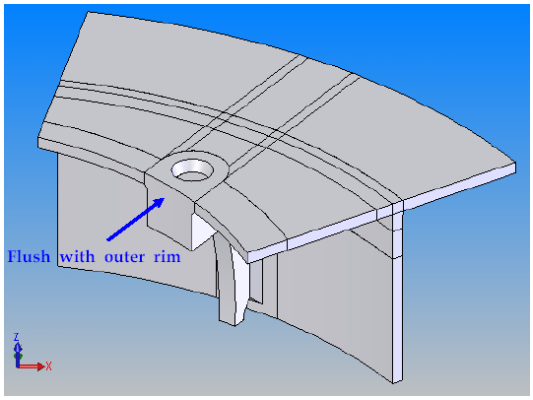
c) HY-80, metal base con esfuerzo de fluencia de: 80 [ksi]

Se determino que de las cinco posiciones estudiadas para cada dispositivo (vertical, más cuatro casos a un ángulo de 22.5º) los mayores esfuerzos fueron producto de los esfuerzos verticales, las posiciones 3 y 5 de los dispositivos de sujeción mostrados el la figura Nº 16, sólo corresponden a casos con tensión vertical.

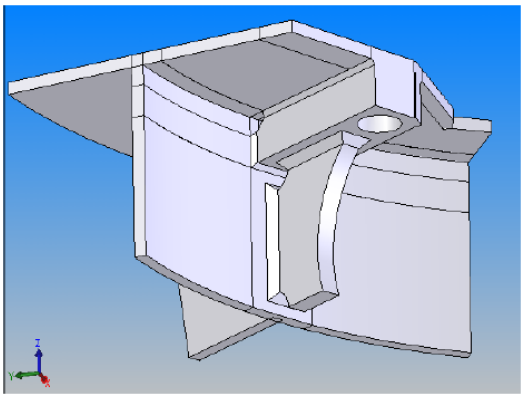
Los resultados obtenidos sin cartela sobrepasan los valores de esfuerzo esperado. De hecho, las tensiones en la soldadura y el Monel son de un esfuerzo admisible mucho mayor. Por lo que al colocar una cartela de 16 [mm] ayudo a bajar las tensiones locales en la zona de tracción. Pero las tensiones con ese refuerzo eran aún muy marginales por lo que se incremento el espesor del refuerzo a 25 [mm] para garantizar que la integridad estructural de la unión y de la escotilla se ven afectada.

La tabla Nº 6 resume y compara los valores máximo de esfuerzo efectivo para todos los casos analizaron, en términos de posición, espesor de cubierta, y ángulo de la tracción.

En el resumen, la disposición propuesta proporciona niveles de esfuerzo aceptable para poder llevar acabo las pruebas exigidas, considerando que los esfuerzos se encuentran en niveles bajo las tensiones limites del material.



Posición 3 del dispositivo



Posición 5 del dispositivo

Figura Nº 16

No bracket				
	Position 3		Position 5	
Traction	12 mm deck	16 mm deck	12 mm deck	16 mm deck
Vertical	130 070	---	98 130	---
1	126 773	---	97 547	---
2	118 056	---	85 582	---
3	119 359	---	92 090	---
4	121 968	---	91 691	---

16 mm bracket				
	Position 3		Position 5	
Traction	12 mm deck	16 mm deck	12 mm deck	16 mm deck
Vertical	70 045	73 646	73 589	72 898
1	67 190	70 448	71 192	68 913
2	63 522	66 133	72 131	68 286
3	61 571	64 587	64 441	62 675
4	68 321	71 983	72 888	73 527

25 mm bracket				
	Position 3		Position 5	
Traction	12 mm deck	16 mm deck	12 mm deck	16 mm deck
Vertical	---	50 234	---	57 708

Tabla Nª 6

Nota: Orientaciones 1, 2, 3, y 4 corresponde a las orientaciones para la prueba de tracción no-vertical respecto a una coordenada absoluta del sistema, para la posición 3 y 5 de los dispositivos de tracción, siendo el ángulo de tiró, es el mismo para todas las condiciones, 22,5 º.

4.4.- Dispositivos de sujeción en la tapa de escotilla para el uso del SRC

Este dispositivo es de uso exclusivo para el SRC y va adosado a la tapa de escotilla, el material del cáncamo es de HY-80 y se requieren al igual que el DSRV pruebas de tracción para verificar su capacidad. Esta prueba debe realizarse con una carga de 12.000 [lb] en cinco posiciones (vertical, más cuatro casos a un ángulo de 30º). Las figuras adjuntas muestran la distribución de esfuerzos, tanto en el cáncamo como en la tapa.

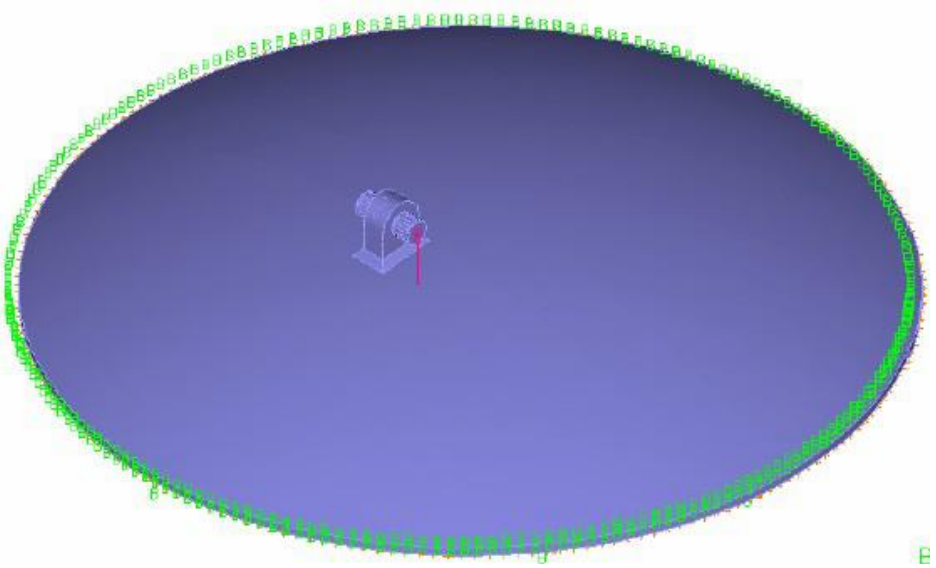


Figura Nº17

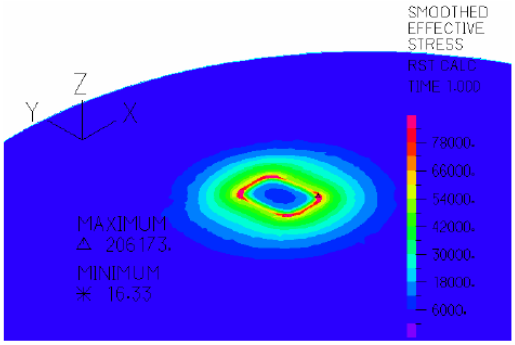


Figura Nº 18

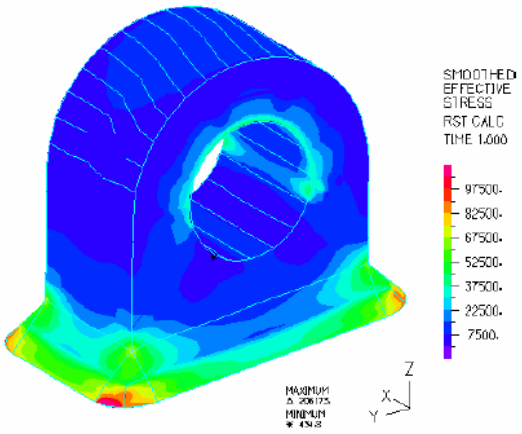


Figura Nº19

5.- Adquisición de los materiales, construcción de los dispositivos a tractar y su instalación.

Esta tarea la llevó a cabo la planta de Asmar Talcahuano, la que a la fecha ya ha adquiriendo todos los elementos necesarios y los especificados tanto por el Navsea como por la Universidad Federico Santa Maria, para la ejecución de las pruebas. La confección de los dispositivos de tracción se encuentra detenida hasta que el Navsea apruebe definitivamente el procedimiento y los cálculos realizados, a la fecha existen pre-informes aprobados por ellos.

6.- Inspección y pruebas de tracción a los dispositivos a instalar, tanto para el DSRV como para el SRC y arobación y carta de certificación por parte del organismo certificador (NAVSEA).

Etapa que aún esta pendiente realizar hasta no haber completado las etapas anteriores, en especial la de aprobación formal por parte del Navsea del informe con los procedimientos y planos de instalación de los dispositivos. La dirección de Ingeniería a la fecha se encuentra en espera de esta aprobación. Por el momento se esta planificando la ejecución de las pruebas que consideran sin deformaciones permanentes en los dispositivos y además pruebas no destructivas de las uniones soldadas posterior a las pruebas de tracción, las cuales pueden ser: líquidos penetrantes, partículas magnéticas o las que sean necesarias, etc.

Es importante mencionar que se desarrollaron dos formas para soldar los dispositivos adosados a los SS-209: el WPS (Welding Procedure Specification), y el WPQ (Welder Performance Qualification). El WPS es el documento que sirve como una guía en el proceso de soldadura, requiere un cupón el cual es soldado y posteriormente probado mecánicamente siguiendo las pautas especificadas por el Navsea en el Documentos de la Referencia 3 y 4. Por otro lado, el WPQ, es el documento que certifica que un soldador puede depositar metal del relleno en un substrato y no dejar ningún defecto en la unión soldada. Ambos procedimientos fueron remitidos al Navsea en un preinforme para su aprobación. La dirección de Ingeniería de Sistemas navales ha especificado a la planta de Asmar la conveniencia de calificar a lo menos tres soldadores para llevar acabo las uniones soldadas y trabajos requeridos para las pruebas de tracción.

La última etapa, se hace efectiva posterior a las pruebas de tracción y al informe final que se debe remitir al organismo certificador la Dirección de Ingeniería de Sistemas Navales de la Armada de Chile.

7.- CONCLUSIÓN

a.- La metodología de benchmarcking, mediante el análisis de problemas analíticamente probados con la verificación del proceso y forma de simulación numérica, además de la comprobación que los resultados estén dentro de un porcentaje de error aceptable, garantiza que el procedimiento de modelación ha sido adecuado.

b.- La secuencia metódica y sistemática seguida, ha permitido que al modelar el trunk real de los SS-209, se haya hecho con un grado de experiencia que disminuya el error e incertidumbre.

c.- Este es un proceso lento que demanda un equipo de profesionales especializado en FEA como en la ciencia de los materiales.

8.- NOMENCLATURA

DSRV : Deep Submergence Rescue Vehicle.
Navsea : Naval Sea Systems Command.
SRC : Submarine Rescue Chamber.
Monel : Aleación de Ni-Cu
WPS : Welding Procedure Specification
WPQ : Welder Performance Qualification

9.- REFERENCIAS

1 - Manual NAVSEA SS700-AA-INS-010, “International Submarine Rescue Requirements and Instruction Manual for Mating with U.S. Navy Rescue Assets”.

2.- ADINA Manual, v. 8.0.2., ADINA R&D Inc.

3.- NAVSEA Doc. S9074-AQ-GIB-010/248, Requirements for Welding and Brazing Procedure and Performance Qualification, 1995.

4.- NAVSEA Doc. T9074-AD-GIB-010/1688, Requirements for Fabrication, Welding, and Inspection of Submarine Structure, 1997.

5.- “Roark’s Formulas for Stress and Strain”, Warren C. Young, 1989, McGraw-Hill, ISBN 0-07-072541-1.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EMBARCACIONES MILITARES RAPIDAS EN COLOMBIA

TN. Fredy Zárate
Dirección de Investigación, desarrollo e innovación, COTECMAR. Colombia

INTRODUCCION

ANTECEDENTES.

SITUACION ACTUAL

Las condiciones climatológicas de los Andes que hacen propicio el cultivo y procesamiento de sustancias psicotrópicas especialmente en países como Colombia, permitieron el crecimiento del narcotráfico en la región desde la década de los 80, esto se tradujo en el nacimiento y establecimiento de grandes carteles de la droga. Los efectos colaterales de este flagelo ponen en peligro la existencia del estado por cuento generan la descomposición social a través de su poder corruptor y desestabilizante. Por otra parte los grupos subversivos han optado por financiar sus actividades con dineros provenientes del narcotráfico. Es a través del mar y los ríos donde se trafican la mayor parte de las sustancias ilegales y se importan y distribuyen los precursores químicos para su procesamiento, así como también las armas que usan los grupos al margen de la ley.

Dadas las condiciones descritas, el gobierno Colombiano emprendió diversas medidas con el ánimo de contrarrestar dichas amenazas, dentro de este marco de acción la Armada Nacional de la República de Colombia (ARC) con la responsabilidad del control de mares y ríos para mantener la soberanía nacional, la vigencia de las instituciones, la integridad territorial y el orden constitucional, ha venido emprendiendo una serie de planes y tareas en el marco de un activo proceso de modernización con el ánimo de neutralizar las amenazas en todos sus niveles cerrándole a esas organizaciones los espacios que les permiten su accionar delictivo, desde este punto de vista la ARC no solo cumple con su tradicional mandato constitucional controlando las amenazas foráneas sino las domésticas siendo estás ultimas quienes han reclamado últimamente un mayor foco de atención por su alta motivación y taza de crecimiento desprendidas de un negocio tan lucrativo que los mismos grupos rebeldes

(guerrillas) y paramilitares optaron por financiarse también de el convirtiendo este en un problema muy importante a nivel nacional con lógicas repercusiones internacionales, por esta razón la ARC se ha preocupado por fortalecer su pie de fuerza en personal y equipos de manera que las acciones contra estos agentes sean más efectivas y contundentes.

JURISDICCIÓN MARÍTIMA

Colombia posee un extenso litoral sobre las dos costas, en el caribe con una extensión de 1600 Km. Y en el Océano Pacífico 1.300 Km. con amenazas internas de grupos traficantes de armas y substancias ilícitas.

Colombia limita en sus zonas marítimas con 9 países: Costa Rica, Ecuador, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, República Dominicana y Venezuela. Este Privilegio, sumado al de poseer una inmensa extensión marítima, constituye una garantía para su desarrollo económico y social.

RIOS NAVEGABLES

Colombia tiene aproximadamente 13.000 Kilómetros de ríos navegables, con cuencas hidrográficas muy ricas que contrastan con la situación social, con amenazas internas de grupos subversivos y traficantes de substancias ilícitas.

COTECMAR

Con el propósito de adquirir equipos mejor adaptados a las condiciones de la situación actual del país, la ARC vio la necesidad de destinar recursos para desarrollar proyectos propios que permitieran desarrollar estas capacidades y permitieran igualmente la adquisición del "know how" que no se había logrado con la compra tradicional de las embarcaciones a otras naciones, transacciones en las cuales, no se desarrollaba un adecuado intercambio del conocimiento, fue aquí donde COTECMAR (Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial) apareció como la institución encargada de liderar este esfuerzo, funcionando como una empresa privada sin ánimo de lucro. COTECMAR es una industria que le pertenece a la ARC y a varios socios representados en instituciones universitarias como lo son la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, y la Universidad Nacional de Colombia, esta unión tiene como propósito fundamental el desarrollo

del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico del país y la reinversión de sus utilidades en investigación e innovación tecnológica con los beneficios que esto implica.

COTECMAR es una Corporación de ciencia y tecnología orientada al diseño, construcción, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales, tiene como prioridad la investigación, el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías, productos, materiales y procesos, dirigidos a satisfacer las necesidades técnicas del mercado nacional e internacional. DIDESI Es la "Dirección de Investigación, desarrollo e innovación", es una unidad de apoyo de COTECMAR encargada dentro de otras actividades del diseño de las embarcaciones que COTECMAR construye en sus astilleros y promueve a nivel nacional e internacional.

Con base en lo anterior COTECMAR a través de DISESI ha efectuado el diseño de varias embarcaciones militares. En este documento se describirán dos proyectos relacionados con botes pequeños de alta velocidad, el primero de ellos lo constituyen las lanchas tipo ORCA para el cuerpo de Guardacostas y el segundo las lanchas tipo LPR[1] para la Infantería de Marina; el proyecto ORCAs se desarrolló completamente hasta su etapa de construcción y entrega, el segundo proyecto se encuentra en la etapa de diseño contractual ya aprobado para su construcción dentro de los dos próximos años con dos botes prototipo.

EMBARCACIONES MILITARES RÁPIDAS TIPO "ORCA" Y "LPR"

En las zonas costeras del mar Caribe y Pacífico Colombiano el Cuerpo de Guardacostas es quien ejerce funciones de vigilancia y patrullaje. Los botes rápidos de persecución son los que efectúan labores de interdicción de lanchas ilegales tipo "Go Fast" en aguas marítimas. Para suplir esta necesidad, la Armada Nacional a través de COTECMAR desarrolló el diseño y construcción de las lanchas de intercepción tipo "ORCAS".

En los ríos, los "Elementos de Combate Fluvial" (ECF) son una organización especial de combate de infantería de marina que reúne las características de rapidez, maniobrabilidad, flexibilidad y poder de fuego, con un radio de acción limitado por el consumo de combustible. Está compuesto por un bote de comando y control y tres botes tácticos, tiene la capacidad de

[1] LPR: Lancha Patrullera de Rio

transportar un grupo de inteligencia y localización. Para cubrir estas necesidades, disminuir las limitaciones de las embarcaciones existentes y ampliar su pie de fuerza, la Armada emprendió el proyecto LPR, en la actualidad ya se desarrolló el diseño preliminar de estos de botes para patrullaje de río tipo LPR "Lancha Patrullera de Río", serán una versión actualizada de los botes tipo LPR construidos en BENDER USA. adquiridos por Colombia en el año 1993 con muy buenos resultados, pero con aspectos por mejorar como ve verá más adelante.

EL DISEÑO BÁSICO DE LOS PROYECTOS "ORCA" Y "LPR".

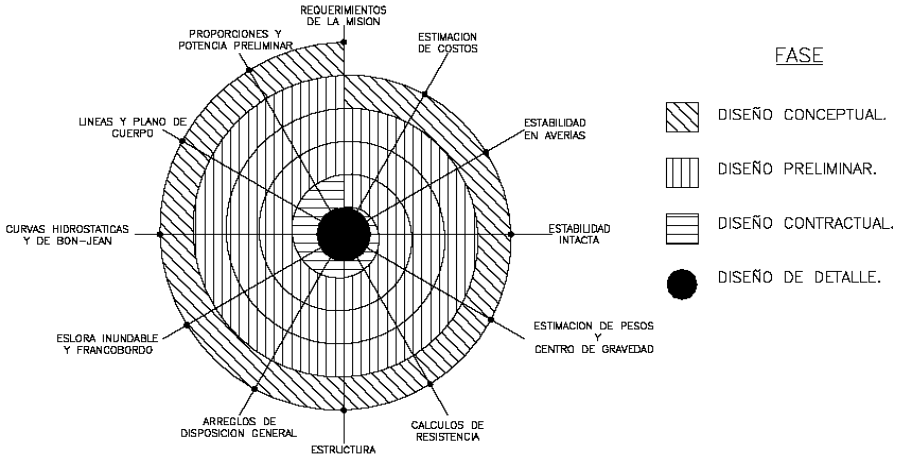
Tanto para las ORCA y LPR como en cualquier tipo de proyecto de diseño y construcción de una embarcación, el diseño básico abarcó la definición de las características mayores de la embarcación que impactan su costo y desempeño. El diseño básico contempló la selección de las dimensiones del casco y su forma, potencia (cantidad y tipo a través de la comparación de diferentes sistemas de propulsión y en el caso de las ORCA el empleo de CFDs como herramienta para optimizar las formas del casco y garantizar la velocidad esperada[2] por la Armada), y arreglos preliminares del casco y maquinaria como también de la estructura principal. La correcta definición de estos parámetros es vital pues garantiza el logro de los requerimientos de la misión paralelamente con otros aspectos fundamentales en el producto final como lo son, un buen desempeño en el mar, maniobrabilidad, velocidad deseada, resistencia, capacidad de carga y peso muerto entre otros. El diseño básico comprendió entonces tanto el diseño conceptual como al diseño preliminar. Este resultó en la definición de las características principales los botes, lo que permitió una buena estimación inicial de los costos de producción.

Continuando con el proceso de diseño, después del diseño preliminar se desarrolló el diseño contractual y se concluyó con el diseño de detalle, solamente en el caso de las ORCA ya que el proyecto LPR aunque aprobado, no ha pasado a la etapa contractual todavía por razones presupuestales. Como su nombre lo indica, en el diseño contractual, se elaboraron los planos y especificaciones técnicas requeridas para entregar la oferta definitiva de las ORCA y fue con esta información que se otorgó el contrato de construcción. El diseño de detalle es responsabilidad del astillero constructor y consistió en la elaboración de toda la información requerida para la construcción de en este caso, los botes tipo ORCA o LPR, esta información

[2] Este trabajo fue desarrollado por NAUTATEC, Chile.

entregada a los talleres, en el caso de COTECMAR al departamento de Nuevas Construcciones, en forma de planos de taller.

Para hacer más fácil de entender el proceso de diseño empleado, se acostumbra resumirlo en un gráfico conocido y difundido en el ámbito del diseño y la construcción naval como la "espiral de diseño", empleada originalmente por Harvey Evans en 1959, esta describe el proceso de diseño muy claramente como un proceso iterativo que va desde los requerimientos de la misión hasta el diseño de detalle.



La espiral de diseño puede adoptar varias formas según sea la aplicación en la que se vaya a emplear, sin embargo en la mayoría de los casos conserva la misma estructura funcional y en definitiva se debe repetir cada una de las etapas tantas veces como sea necesario para lograr una correcta integración entre todos los componentes y sistemas de la embarcación con sus formas y misión principal antes de iniciar la construcción. DIDESI emplea este tipo de estructura funcional para el desarrollo de los diseños de embarcaciones que lleva a cabo.

En este caso en particular, el proyecto de diseño de ambas embarcaciones siguió la metodología de la espiral de diseño fundamentándose en la misión que deben cumplir, esta misión fue definida claramente por el cliente, en este caso la ARC, y debe ser así siempre ya que el cliente y usuario final de cualquier embarcación es quien mejor conoce lo que quiere obtener de ella. Este paso aunque obvio es complicado porque se debe tener un concepto muy claro del propósito y objetivo de los botes para definir una misión adecuadamente, si no se hace de esta forma el producto final será diferente de lo requerido, la comunicación entre el cliente y el constructor es vital en esta etapa, en el proyecto ORCA se desarrollaron no pocas

reuniones con representantes de guardacostas de manera que quedara claro este aspecto. Auque en el contexto de las misiones a desarrollar por de los botes ORCA y LPR, ambas son diferentes, existe un eje común como se puede observar en el siguiente diagrama que resume factores de diseño considerados en ambos proyectos, la mayoría de estos son comunes en ambas embarcaciones, sin embargo no lo son en todos los casos, por ejemplo la capacidad de trasporte de los botes a bordo de aeronaves es una característica táctica exclusiva de las LPR.

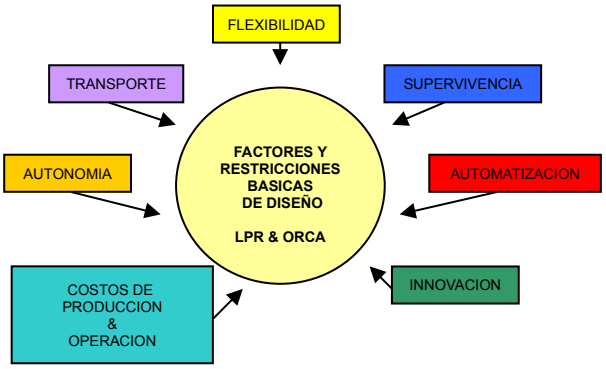


Figura 1 - Factores y restricciones básicas de diseño.

El principal inconveniente en el diseño de este tipo de proyectos de embarcaciones de alta velocidad en los cuales se deben manejar muchas variables de manera interdependientes, la modificación de un parámetro obligatoriamente influye en otro(s), por ejemplo la ubicación a proa del centro de gravedad longitudinal puede afectar la velocidad final máxima del bote mientras que su ubicación a popa puede inducir el fenómeno de porpoising, siendo estos botes muy sensibles con el tema de la distribución del peso. La resolución de estos factores puede demandar mucho esfuerzo y trabajo, a pesar de que la espiral de diseño permite resumir gráficamente como se organiza este proceso de forma iterativa, las interrelaciones entre diferentes aspectos del diseño permanecen ocultas a quien no interviene directamente en el diseño de los mismos, para el proyecto LPR se desarrolló una forma de visualizar el problema y de esta forma poder abordarlo más eficientemente a través de la elaboración de mapas de relación entre variables de los sistemas, por ejemplo en el siguiente gráfico se puede observar la dependencia de los botes ORCA y LPR entre algunas variables tenidas en cuenta desde la perspectiva del análisis de la resistencia al avance.

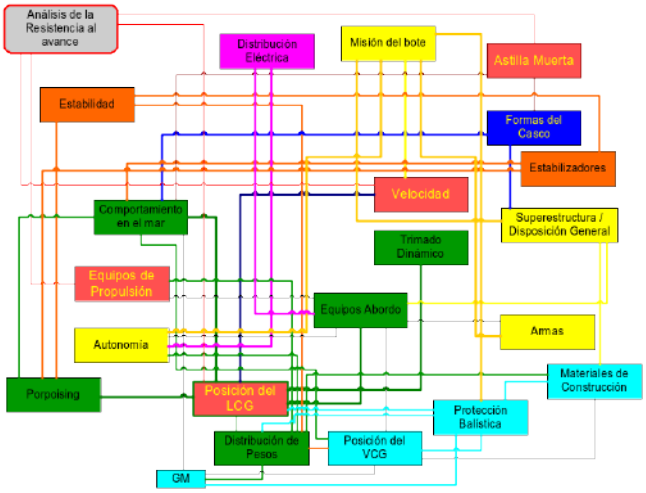


Figura 2 – Algunas variables en el diseño desde el punto de vista del análisis de la resistencia al avance.

A continuación se hará una descripción breve de los proyectos ORCA y LPR

LANCHAS ORCA

Figura 3 - Bote tipo ORCA.

Las lanchas de interdicción tipo ORCA, son una nueva generación de embarcaciones destinadas a reemplazar los botes tipo DELFIN de 7.81m de eslora, y 40 nudos de velocidad máxima, encargadas de desarrollar misiones de patrullaje e interdicción marítima, búsqueda y rescate en aguas interiores, botes que prestaron un servicio esencial en muchas de las operaciones de interdicción marítima con las que se obtuvieron muchos resultados positivos en años anteriores.

El proyecto ORCA se realizó bajo las normas internacionales de construcción de embarcaciones en materiales compuestos. Con este proyecto se introdujo una nueva tecnología en Colombia en el campo de fibra de vidrio, como es la laminación al vacío para la construcción de botes, el cual es un proceso que se realiza cuando se desea, en laminados ya endurecidos, adherirles un núcleo seco, para darle mayor resistencia estructural a las piezas.

El diseño de la lancha tipo ORCA se realizó siguiendo la guía para embarcaciones de alta velocidad de ABS (High Speed Craft Guide del American Bureau of Shipping), los esquemas de laminación se calcularon para materiales compuestos de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio tipo sándwich para la cubierta y cabina, y laminado sólido para el casco. Para la

organización del proyecto se utilizo como guía el SWBS[3] (Ship Work Breakdown Structure) de la US NAVY. DIDESI se organiza de esta forma y cada grupo constructivo conforma un departamento de la Dirección, cada departamento a su vez está conformado por profesionales en cada área constructiva y todos los proyectos de diseño, construcciones reparaciones y consultorías se basan en el seguimiento de este sistema que permite hablar en términos claros de cualquier parte o trabajo que se requiera desarrollar a bordo de un proyecto de diseño de embarcaciones.

MISION

Las lanchas ORCA fueron diseñadas para ejecutar operaciones para apoyo de interdicción costera y patrullaje en las aguas jurisdiccionales del territorio Colombiano, estas embarcaciones junto con los helicópteros constituyen el último eslabón en la cadena de medios desplegados en las operaciones de interdicción y persecución de embarcaciones tipo "GO FAST", en la cual se emplean recursos que van desde sistemas de detección en tierra como estaciones de control o centros de operaciones hasta plataformas marinas con equipos de inteligencia y sistemas de detección como fragatas, submarinos o aeronaves de patrullaje incluyendo embarcaciones y/o aeronaves de otras naciones.

Las características de la lancha son las siguientes:

- Eslora total 11.85 m.
- Eslora en flotación 10.465 m
- Manga máxima 2.7 m.
- Astilla muerta 21.5 º
- Calado máximo en flotación 0.580 m
- Capacidad tanques de combustible 1515 lt.
- Capacidad tanques de agua dulce 189 lt
- Tripulantes 5
- Autonomía 500 millas náuticas

[3] El SWBS, fue inicialmente promulgado por el NAVSEA, (Naval Sea Systems Command), de la marina de los Estados Unidos, el primero de marzo de 1973 con el propósito de proporcionar un lenguaje único para definir todo el ciclo de vida útil de un buque desde los estudios preliminares de costo/diseño, hasta su salida del servicio. Este sistema divide todo el buque en varios grupos bien definidos permitiendo la organización de los trabajos de diseño y mantenimiento en sectores técnicos claramente diferenciados el uno del otro, así como la organización del trabajo por especialidades profesionales asegurando que cada uno de estos segmentos pueda ser manejado por personal experto en cada área definida.

- Motores F/B 03x200HP a 5500 RPM.

La lancha tiene la capacidad de desarrollar una velocidad máxima de 40 nudos en la condición de máximo desplazamiento (6200 Kg) en una condición de mar 2 con una potencia máxima de 600 HP dados por 03 motores F/B @ 5500 RPM.

Otra de las principales tareas de estos botes es la del control del tráfico marítimo en puerto actuando como unidades independientes actuando bajo el comando y control operacional de la estación de Guardacostas de Cartagena, en este tipo de labores prestan tareas de control policivo del puerto y del tráfico de buques de carga en su entrada y salida de puerto, así como también cumple un papel importante en el control del contrabando y del cuidado del medio ambiente de los usuarios del puerto de Cartagena.

DISEÑO

Siendo la velocidad final de las ORCA un objetivo esencial de este proyecto, para el diseño del casco, se trabajó en conjunto con NAUTATEC – Chile aprovechando su amplia experiencia en el tema, en el desarrollo y afinamiento de las formas del mismo, para esta tarea se emplearon CFDs para el modelamiento y optimización de las formas y así garantizar esta velocidad final en contraste con un requerimiento importante de peso por la autonomía requerida por la ARC para las misiones prolongadas, ya sea como unidad destacada en el mar o dilatadas persecuciones en alta velocidad. Finalmente el diseño obtenido permitió al bote alcanzar 40nudos de velocidad como fue requerido inicialmente.

Otro elemento importante que se tuvo en cuenta en el diseño de las ORCA fue el estudio y cuidado de la comodidad y ergonomía, un factor muy importante que impacta positiva o negativamente la psicología y actitud de los tripulantes del bote, permitiéndoles tener una actitud más positiva en el desarrollo de sus funciones, esto redunda en el éxito de operaciones que en otras circunstancias podrían no serlo así con tripulaciones menos motivadas producto de medios menos confiables e incómodos aumentando el nivel de estrés de estos y reduciendo así las probabilidades de éxito en las operaciones.

Por este motivo el diseño de la cabina se desarrolló teniendo especial cuidado en la ubicación de los tripulantes respecto a las consolas de mando y la utilización de sillas amortiguadas para

reducir la sensación de los impactos del bote con el agua cuando se navega en altas velocidades en mares en condiciones Beaufort 2 y 3.

A diferencia de los botes tipo DELFIN, a los botes ORCA se le proporcionó espacio para descanso de los tripulantes consistente en un camarote en proa para dormir, una sección para sentarse y tomar alimentos en donde se ubica un pantry y un baño con una bomba manual, Ver Figura 4.

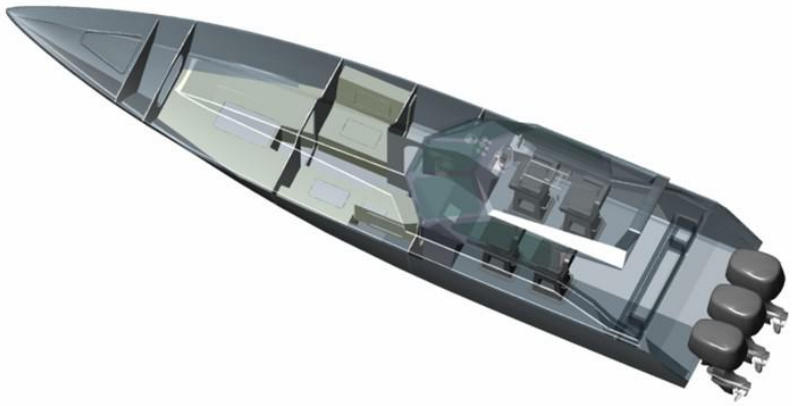


Figura 4 - Disposición interior bote tipo ORCA

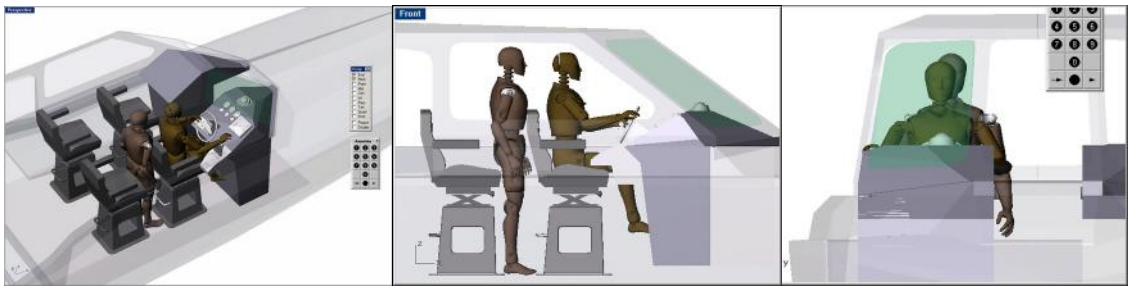


Figura 5 - Diseño ergonómico de espacios interiores y la consola de gobierno.

También se tuvo en cuenta aumentar la visibilidad exterior desde la cabina respecto otros botes similares usados por Guardacostas, para esto se explotaron las bondades del poder contar con el modelo digital tridimensional de la ORCA, desarrollado por el Departamento de Arquitectura Naval, lo cual nos permitió identificar potenciales problemas en este campo, como resultado, la cabina resultante permite una visibilidad superior a otros botes similares al mismo tiempo que una posición cómoda del piloto del bote en las navegaciones.

Otro objetivo fundamental en el diseño de estos botes fue proporcionarles una autonomía adecuada que les permitiera operar con buenos márgenes de independencia en navegaciones

prolongadas por ejemplo en persecuciones por varias horas a altas velocidades, por este motivo se le proporcionó a estos botes una autonomía de 500millas náuticas representadas en una capacidad de transporte de 1515litros de combustible.
Desde el punto de vista de los costos de adquisición se pudo estimar una reducción de los costos de adquisición en un 50% a los de un bote similar adquirido en los Estados Unidos.

A continuación se describirá de forma breve el proceso de la producción de estos botes.

CONSTRUCCIÓN

A partir del diseño básico se construyó un modelo digital de la embarcación para generar la información de producción tanto de los modelos a construir como del ensamble de la estructura de la lancha en Fibra de Vidrio y sus sistemas auxiliares.
El modelo del casco se realizó en madera en escala 1:1, las partes que conformaron los modelos se hicieron en una máquina de corte numérico[4] para asegurar la exactitud de las medidas. Es aquí en donde se hacen evidentes la utilidad y los beneficios de la generación del diseño en formato digital, luego exportado a códigos CNC para el corte y producción del molde y de los restantes componentes del bote no solamente del casco.

Figura 6 - Elaboración del modelo del molde.

Para la elaboración del molde elaboró primero su respectiva matriz "modelo", como se observa en las fotografías, una vez armadas las secciones transversales cortadas ya sea manual o utilizando una máquina de CNC como se hizo en esta oportunidad, se colocó una capa de fibra, luego se enmasilló, lijó y luego se pintó, este procedimiento se repitió varias veces, enmasillar, lijar y pintar, hasta que la superficie quedó con un acabado reflectivo, como un espejo sin ondulaciones y sin imperfecciones, ya que de este acabado dependería la calidad del

[4] Base fundamental para la obtención de piezas con buen acabado superficial.

molde. Esta etapa de construcción para el casco duró 56 días, el de la cubierta-cabina 45 días y el de los modelos interiores 16 días.

Figura 7 - Modelo del molde y molde con refuerzos.

El molde se elaboró en su totalidad en fibra de vidrio. Partiendo del modelo, a este se le aplicaron varias capas de cera, luego gel coat, luego del adecuado tiempo de secado y se procedió a laminar, es decir se colocaron varias capas de fibra de vidrio, según esquema de laminación aprobado por diseño.

Esta etapa de construcción fue más rápida que la del modelo; el molde del casco empleo 15 días, el de la cubierta-cabina 14 días, y los interiores 7 días.

Figura 8 - Elaboración de un casco tipo ORCA.

Figura 9 - Desmolde del primer casco ORCA.

Posteriormente a la elaboración del casco y componentes interiores, se procedió al ensamble de los botes, etapa que una vez superada permitió dar inicio a una serie de pruebas exitosas realizadas tanto en la bahía interior del puerto de Cartagena como en algunas ubicaciones de las Islas del Rosario. 150 días después de iniciado el proyecto, tres botes fueron entregados a los representantes de la ARC en el mes de abril de 2003 y en la actualidad se encuentran al servicio del cuerpo de guardacostas de Colombia en Cartagena y Barranquilla.

Fig.6 Lanchas Orca

LANCHA PATRUILLERA DE RIO LPR DE 40 PIES

Figura 10 - Lancha Patrullera de río LPR de 40 pies.

Las lanchas patrulleras de río LPR son botes de alta velocidad, alto poder de fuego y bajo calado que pueden ser transportados a los más apartados lugares gracias a su tamaño que les permite ser embarcados a bordo de aviones *Lockheed Martin C-130*, pudiendo apoyar en cuestión de horas las operaciones fluviales en lugares apartados del territorio.

Las principales necesidades que motivaron a la Armada Nacional de Colombia la necesidad de diseñar los nuevos botes LPR fueron entre otras:

- Mejora de los anteriores botes LPR(1993) construidos en Bender Shipbuilding & Co, Estados Unidos.
- Expansión de la flota de la Armada Nacional de Colombia, con el objeto de fortalecer el pie de fuerza fluvial, en este caso, cubrir mayores áreas del territorio para combatir los agentes generadores de violencia.
- Dotar a la Armada con embarcaciones ágiles, de última generación que brinden apoyo a las operaciones que hace la ARC con otras fuerzas en diferentes lugares del territorio Colombiano.

MISIÓN LANCHA PATRULERA DE RÍO (LPR).

Ejecutar operaciones para vigilancia, patrullaje y control fluvial en ríos.

Esta misión, puede ser desarrollada:

- Como unidad independiente.
- En formación encabezando un Grupo de Combate.
- Como soporte de otros patrulleros de río de menores prestaciones.

Misión Principal.

- Operación autónoma para vigilancia, patrullaje y control fluvial.

Misión Secundaria.

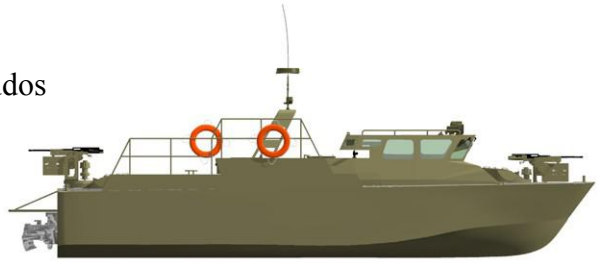
- Apoyo de fuego y comunicaciones a nivel Grupo de Combate Fluvial.

Misión En Tiempo de Paz.

- Control territorial, presencia del estado en las zonas apartadas del territorio nacional
- Entrenamiento.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LPR - 40pies

- Material del casco : Aluminio 5086-H116 / H111
- Velocidad : 25-29 Nudos
- Autonomía :+950 Km @ 25Nudos
- Eslora total : 12.72 m
- Manga : 2.8 m
- Calado Medio : 0.713 m
- Desplazamiento : 13700 Kg
- Combustible Diesel : 540 Gal
- Agua Potable : 160 Gal
- Tripulación Lancha : 4 tripulantes. (01-02-01).
- Motores principales : 2 X CATERPILLAR C9
- Potencia total : 503 BHP @ 2500 RPM
- Propulsores : 2 x Waterjet.
- Armamento (con protección para el operario).



- Ametralladoras : 02 .50 ó 01 .50 y 01 MK19, 02 M-60.
- Protección Balística : Nivel NIJ III plus

CAPACIDADES OPERATIVAS Y DE VIGILANCIA.

Para el cumplimiento de su misión, las lanchas LPR tienen las siguientes capacidades:

- Velocidad máxima de 25 - 30 nudos en la condición de máximo desplazamiento aproximadamente (13700 Kg.) en aguas tranquilas.
- Velocidad de crucero de 25 nudos en la condición de máximo desplazamiento. Aguas tranquilas.
- Capacidad de navegación en bahías y entradas a puerto.
- Autonomía mínima de 950km @ velocidad de crucero de 25 nudos.
- Zona interna de maniobra para armas, con dos montajes para M60 (una por costado).
- Dos puestos principales de combate uno a proa y el otro a popa, con capacidad para una ametralladora .50 doble en la proa y una ametralladora .50 sencilla en la popa o 01 lanzagranadas MK-19.
- Con capacidad de comunicación inalámbrica al puente, por medio de un dispositivo adosado al casco de combate accionado por cráneo tipo PTT.
- Dos (02) reflectores de búsqueda portátiles a 12 VDC.
- Dimensiones y peso para ser transportada a bordo de aviones Hércules C-130.

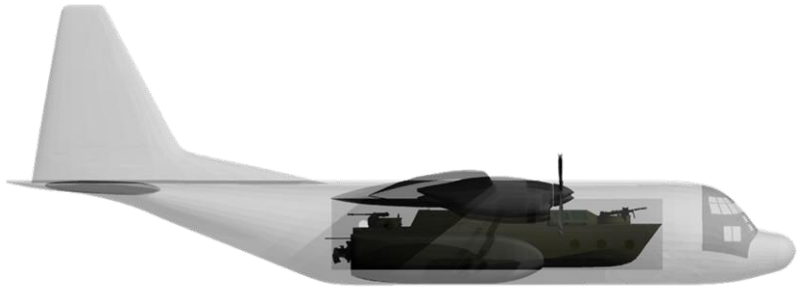


Figura 11 - Embarque del bote en el avión C-130.

DISEÑO

La ARC adquirió nueve botes LPR de este tipo en 1993 (LPR93), construidos en Estados Unidos en Bender Shipbuilding & Co, en el año 1993, en la actualidad se encuentran todos operativos, funcionando en diferentes guarniciones de la ARC. El proceso de diseño de las nuevas LPR comprendió muchas fases, dentro de las cuales cabe resaltar lo siguiente:

Se utilizaron como referencia para el diseño los botes actuales con los que cuenta la ARC para cumplir el mismo tipo de misiones que deberá cumplir la LPR.

Se identificaron las debilidades en el desempeño de los botes LPR93 y de otras embarcaciones con las que cuenta la Infantería de Marina que cumplen misiones similares como las PRF de 45pies, así como las fortalezas con el fin de conceptuar un bote mejorado, más compatible con las necesidades y el ambiente operacional al cual serán sometidos.

Ejemplos de algunas de esas deficiencias son:

- Distribución inadecuada del espacio interior (LPR93).
- Incapacidad de ser trasportadas a otras ubicaciones del territorio en forma rápida (PRF).
- Problemas con el sistema de propulsión por múltiples causas (LPR93), como consecuencia de eso los botes deben sufrir muchas reparaciones imprevistas y no son eficientes en el consumo de combustible, lo que conlleva altos costos de operación.
- La velocidad de los botes ha disminuido con el tiempo. (LPR93).
- Protección Balística insuficiente para la situación actual (LPR93) y (PRF).

Lamentablemente no es posible enumerar en este trabajo todos los aspectos tenidos en cuenta en el diseño de los botes LPR, por lo tanto se enumerarán los más importantes que representan un avance importante respecto a los botes de su categoría empleados en la ARC y constituyen los campos de supervivencia e innovación de los que se hizo referencia en la Figura 1.

La LPR dispone de dos posiciones de armas en el interior de la cabina protegidas por paneles y vidrios blindados, dichos puntos portarán ametralladoras M60, una por cada costado. Estos puntos de armas tienen la ventaja de estar completamente protegidos al estar ubicados dentro de la cabina, disponiendo de las cajas de munición que se ubican justo bajo estas posiciones de combate, adicionalmente a eso las M60 proporcionan todo el fuego de costado de acción inmediata.

La LPR también dispone de un sistema de armas automático, el cual le proporciona al bote mayor efectividad y disminuye la exposición de los tripulantes al fuego enemigo en los combates, estas pueden ser operadas desde el puente de gobierno y desde el arma, también pueden ser utilizados manualmente si así se requiere o en caso de alguna falla de alimentación eléctrica, o falla del sistema de armas como se aprecia en la Figura 12. El sistema de armas automatizadas del bote (SAA-LPR), ver Figura 14 es una de sus características tácticas más importantes y junto con las demás prestaciones sitúan a la LPR como un bote con capacidades sobresalientes, muy apto para enfrentar las condiciones actuales de seguridad nacional en el mundo de hoy.

El montaje principal se encuentra en la proa, está diseñado para ser utilizado con ametralladoras .50 o lanzagranadas MK-19, el montaje consiste básicamente en un sistema de engranes accionados por servos, y un sistema de cámaras que le permite al sistema hacer correcciones y calcular la trayectoria del disparo, todo este conjunto se comunica con el puente con enlaces electrónicos de manera que se puede controlar el arma desde ambas partes, y también grabar las imágenes del video que registran las cámaras de los montajes de las armas de proa y popa, con una grabadora de video ubicada en el puente.

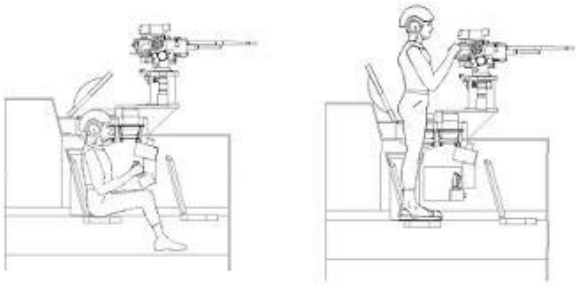


Figura 12 - Concepto de funcionabilidad del SAA - LPR.

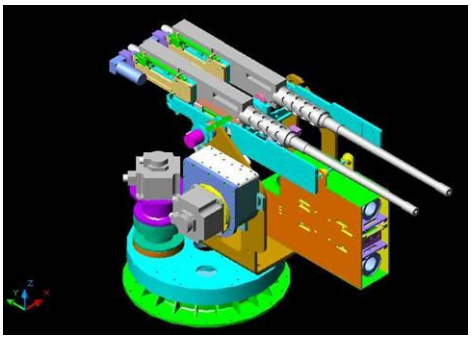


Figura 13 - Montaje Arma de Proa LPR.

En la Figura 13 se puede apreciar el montaje. Este sistema de armas es la segunda generación de este tipo utilizados con éxito en las nodrizas y desarrollados en Colombia bajo el liderazgo del Departamento de Armas y Electrónica (DARET) de la Base Naval ARC Bolívar, en Cartagena.

El montaje sencillo se ubica en la popa y al igual que el montaje de proa, la base del arma puede recibir tanto una ametralladora M2 .50 o un lanzagranadas MK-19. Se tripula desde la cubierta principal y se ubica encima del servomotor. Su funcionamiento es idéntico al del sistema de armas de proa.

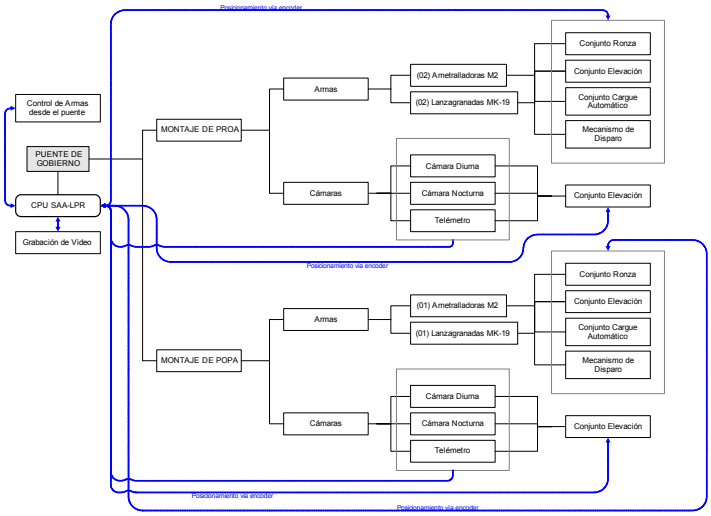


Figura 14 - Esquema SAA - LPR

Otro aspecto importante en el tema de la supervivencia de la LPR es la protección balística la cual le ofrecerle al bote y tripulantes protección efectiva contra una amenaza tipo NIJ III especial en todas las zonas vitales como alojamiento, puente, cuarto de motores, e igualmente los puntos de SAA, tanto en proa como en popa, finalmente la protección en la cabina se complementa con vidrios blindados.

Uno de los principales problemas observados en las LPR93 está relacionado con los problemas del sistema de propulsión disparando los costos operacionales de los mismos, por este motivo especial cuidado se tuvo en la selección del mismo haciendo un extenso análisis de diferentes configuraciones de motor y propulsor dando como resultado la selección de WaterJets como los propulsores dándole a las LPR excelentes capacidades de maniobrabilidad, capacidad de navegación en aguas restringidas y velocidad de +29nudos a plena carga, esto lógicamente incide en un ahorro en el ciclo operativo de los mismos si se compara con los anteriores botes.

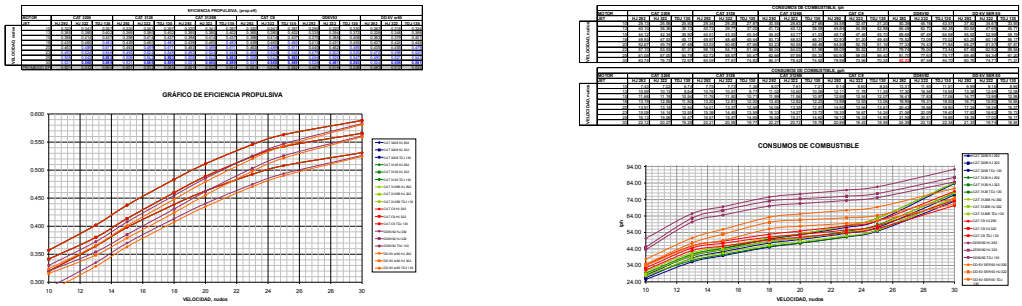


Figura 15 – Análisis de la eficiencia propulsiva y consumos de combustible.

Sumando a lo anterior otras características fundamentales del diseño como las formas del bote, y su optimización mediante el análisis de la resistencia al avance aplicando el método de Savitsky, "Hydrodynamic design of Planing Hulls, Daniel Savitsky, Octubre (1964)", el análisis de la estabilidad estática y dinámica, tomando como referencia la norma GL "GERMANISCHER LLOYD. Rules and Guidelines: Stability of Monohull Craft, Parte 1, Capítulo 5, Anexo 8, 2003", junto con la norma DDS-079 de la Armada de los Estados Unidos, y el NAVSEA, Norma DDS-079-1, Design Datasheet – Stability and buoyancy of US Naval Surface Ships. Febrero de 1984, y los conceptos para la habilitación del bote en la norma ASTM con la designación F 1166 – 95a (2000), - "Standard Practice for Human Engineering Design for Marine Systems, Equipment, and Facilities1" y otras normas y publicaciones internacionales, como la norma ABS, "High Speed Craft 2003", sirvieron como parámetros de control en el diseño para ofrecer una embarcación segura y confiable.

Las nuevas características y mejoras que tiene la nueva LPR con respecto a los otros tipos de botes que cumplen una función similar son:

- Capacidad para ser transportada abordo de un avión tipo C-130.
- Rediseño del espacio interior y mejor distribución del alojamiento y puente.
- En términos generales la protección balística se ha incrementado mucho, el diseño ha procurado tener a los operadores tanto de las armas como el personal en la cabina mejor protegidos que en cualquier otro bote disponible en la ARC.
- Se analizaron 24 configuraciones diferentes del sistema de propulsión con el fin de identificar un sistema con mayor eficiencia propulsa, y un óptimo consumo de combustible.
- La propulsión con WaterJets le permite al bote navegar en aguas menos profundas que sus contrapartes con propulsión con hélices, igualmente le proporcionarán al bote una mejor maniobrabilidad.
- El bote tendrá sistemas de armas automáticos lo que le permitirá una mayor precisión y contundencia en sus operaciones lo que junto con la protección balística mejorada traerá una mejor disposición psicológica de los tripulantes en combate.

- El bote está diseñado como arma ofensiva, sin embardo dado su nivel de protección y sistemas de armas automáticos puede pasar rápidamente de una situación defensiva a una ofensiva.
- Las armas pueden ser operadas tanto en modo automático como manual.
- Se pueden disparar y en general operar las armas desde el puente de gobierno.

Los siguientes gráficos resumen otras características del diseño de los botes LPR.

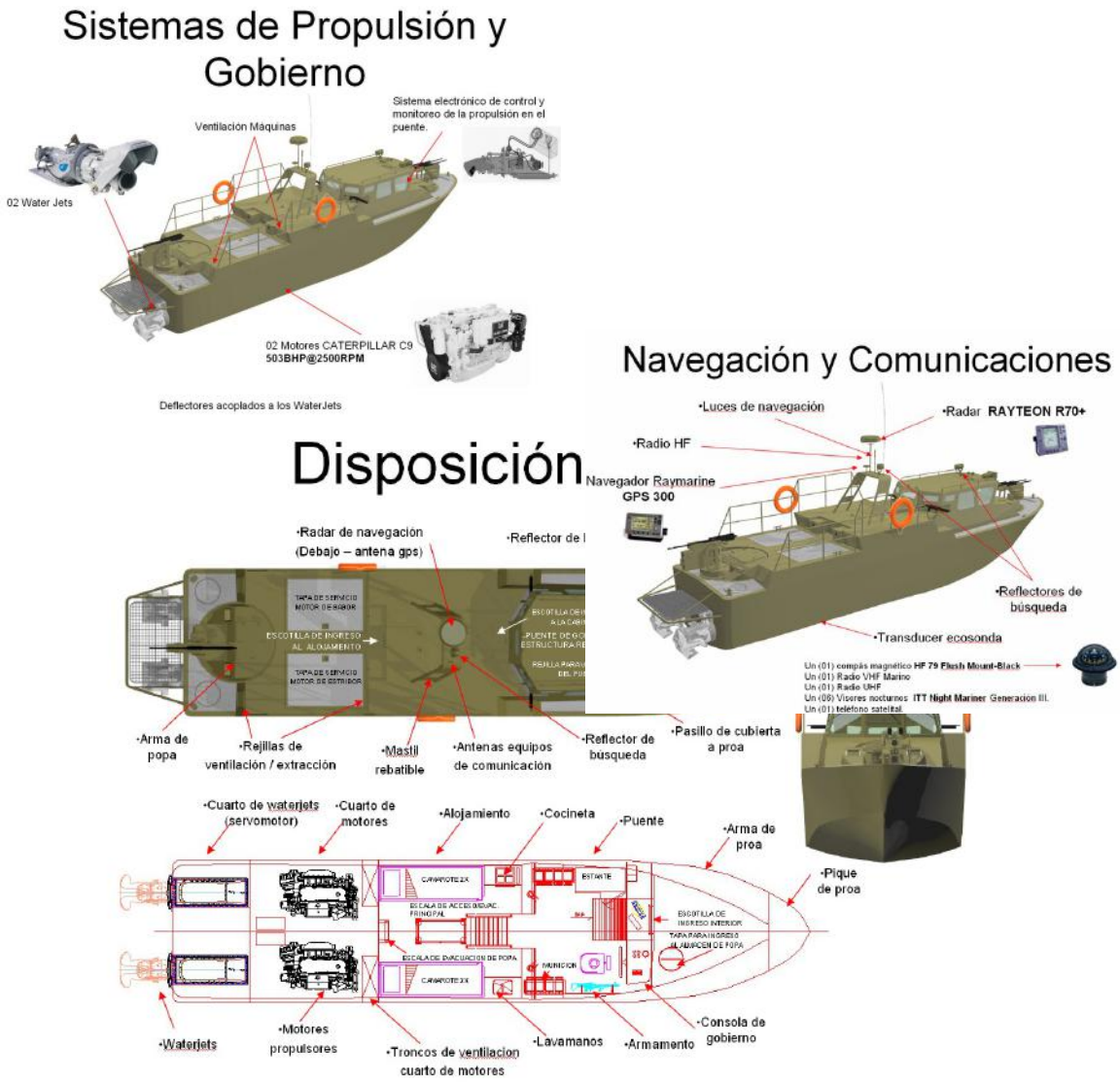


Figura 16 - Disposición General LPR.

CONCLUSIONES

APORTE DE LAS ORCA Y LPR A LA SITUACION ACTUAL DE COLOMBIA

Las embarcaciones de este tipo le proporcionan al estado Colombiano mejores herramientas para combatir los agentes generadores de violencia, como consecuencia de eso contribuyen para que el mismo le pueda ofrecer tranquilidad y mejor calidad de vida a sus habitantes.

Estas embarcaciones que han sido desarrolladas a la medida de las exigentes condiciones de seguridad Colombianas, constituyen una nueva generación de embarcaciones diseñadas con el objetivo principal de superar los medios anteriores con los que contaba la Armada de Colombia para combatir estos agentes generadores de violencia.

Representan en si mismas una versión actualizada de otras similares que fueron igualmente efectivas en su momento como lo fueron las lanchas tipo DELFIN o las LPR93, sin embargo, dadas las condiciones cambiantes del conflicto y el crecimiento de los agentes generadores de violencia gracias a su capacidad de financiarse a través del narcotráfico y otras actividades delictivas muy lucrativas como el secuestro y la extorsión, se ha visto la necesidad de trabajar muy en serio en nuevas soluciones que neutralicen de manera efectiva y contundente con esas crecientes amenazas.

Siendo estos botes diseñados con altos estándares de confiabilidad, lógicamente pueden ser empleados en otra serie de aplicaciones teniendo en cuenta las capacidades con las que cuentan por ejemplo la velocidad y agilidad de las ORCAS o la Integridad, maniobrabilidad y Autonomía de las LPR así como de su capacidad de navegación en aguas restringidas.

A pesar de las específicas necesidades que dieron nacimiento a estos proyectos la versatilidad de los mismos les permitiría ser utilizados en otras aplicaciones:

- Control del tráfico marítimo en puertos y bahías.
- Fuerzas de Policía y Aduana.
- Patrullaje de costas y Control de Contrabando.

- Escolta.

Con proyectos como este, la Armada Nacional de Colombia y COTECMAR, continúan liderando el desarrollo de la industria naval en Colombia.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN BUREAU SHIPPING, Guide for Building and Classing High Speed Naval Craft, 2003.
- ASTM, Standard Practice for Human Engineering Design for Marine Systems, Equipment and Facilities, Designation: F1166-95a, Reapproved (2000).
- GERMANISCHER LLOYD. Rules and Guidelines: Stability of Monohull Craft, Parte 1, Capítulo 5, Anexo 8, 2003.
- HARVEY, Evans J. Basic Design Concepts, Naval Engineers Journal, November. 1959.
- LANCHA PATRULLERA DE RÍO, Manual, Armada Nacional de Colombia, 1993.
- NATIONAL INSTITUTE OF JUSTICE, Standard 0108.01, Ballistic Resistant Protective Materials, U.S. Department of Justice, Septiembre 1985.
- NAUTATEC. Lancha Guardacosta 38': Informe Técnico. Rev 0, NI-I-NCH008. Valdivia: Nautatec Chile, 2002.
- Principles of Naval Architecture, 7ª Edición, New York, The society of Naval Architects and Marine Engineers, 1986, 824 p.
- SAVITSKY, Daniel. Hydrodynamic design of Planning Hulls, Marine Tecnology,1964, 23 p.
- TAGGART, Robert. Ship Design and Construction, New York: Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1980, 738 p.

EEZ PATROL BOAT OPTIMIZATION USING MULTICRITERIA DESIGN OPTIMIZATION (MDO)

Oscar Dario Tascon Muñoz, CCEIN, Naval Architect

ABSTRACT

Two simultaneous parametric studies were developed in order to find the optimum dimensions for an EEZ Protection Patrol Vessel taking into consideration hydrodynamic performance (powering and seakeeping) and life cycle cost. The alternative designs generated were compared using a Multicriteria Design Optimization approach.

The first parametric study, *Minimum Deck Area Approach*, uses the deck area as a reference. The second parametric study, *Constant Beam Approach*, is a variation of the *Enlarged Ship Concept* developed at the Delft Technical University, as presented in reference [9], in which beam is kept constant through alternative designs.

More than finding the optimum vessel from different approaches, and the optimum between them, the aim was to observe the change in the objective function. This was done in both studies by systematically changing the principal dimensions (length, draft and depth) until the hard constraints imposed to each of these variables were reached. All the different alternative designs generated, 660 in total, are in essence equivalent in that all of them satisfy the owner's requirements by being capable of performing the mission assigned to this type of vessel.

The conclusion of the parametric study is that the minimum main deck area approach produced the optimum design. In both cases the optimum was the alternative with the lower depth studied, but not the longest one. The results of the parametric study can be used as a reference for the development of a new hull.

This paper has been divided into different sections which correspond to two different but related phases of ship design. The first sections describe the calculations typical of the preliminary design concept for this type of vessel and the rationale behind them. The last section, Multidisciplinary Design Optimization (MDO), describes the process used to arrive to the best solution by the use of a *normed weighted sum optimization* approach, as presented in reference [14]. The objective of this section is to link the information presented in the first sections by showing their relation with the objective function, variables, parameters and constraints in the optimization problem.

Oscar Dario Tascon Muñoz
Lieutenant Commander - Colombian Navy
Naval Architecture Department Head
COTECMAR
Km. 9 Vía Mamonal
Cartagena, Bolívar
COLOMBIA
arq-nav@cotecmar.com
57-5-668-5377

1 SHIP DESCRIPTION

A database of similar ships was assembled using the information published in *Combat Fleet 2002-2003*. A total of 25 Minor Surface Combatants, specifically Coastal Patrol Crafts (PC), were used for this purpose. They were used as a reference for the selection of the bounds in the principal dimensions, and for comparison purposes once the result of the parametric study and the MDO were obtained. However, the starting point for the parametric study was a 40 meter length, 7.62 meter beam, from the patrol boat designed by CDR Jorge Enrique Carreño (Colombian Navy) at the Universidad Politecnica de Madrid (Spain) in 1997, revisited at the Escuela Superior de Guerra (Colombia) in 2001.

1.1 Principal Dimensions

Length. Length was varied between 40 meters and 50 meters in increments of 1 meter between alternative designs. The upper limit was selected taking into consideration the dimensions of similar vessels in the database generated, the limitations of the weight model, and the expected increase in acquisition cost. Designs of length under the patron design were not pursued acknowledging the proven fact that an increase in length favors powering and vertical plane seakeeping in head seas. The optimum length, 44.55 meters, was found with the minimum deck area approach.

Beam. In the minimum deck area approach, the beam was decreased as the length was increased in order to obtain the fixed value of 305 m^2. A minimum of 6.1 meters beam was found to be required to accommodate the twin engines in the engine room and allow some space for maintenance and inspection. For the minimum deck area case, the later value set a maximum length of 50 meters. The metacentric height (GM) was calculated for each alternative design from parameters. The designs with a length-beam product equal to 305 m^2 which did not pass the minimum metacentric height were penalized with an increase in deck area until the GM requirement was satisfied. In the constant beam approach, the value of the parent design, 7.625 meters, was used through designs. No problems were encountered with

GM in this case. The optimum beam was found to be 6.85 meters with the constant deck area approach.

Draft. Alternative designs were generated for two different drafts: the value from the original design of 2 meters, and 2.3 meters. The upper limit imposed to this dimension corresponds to the natural constraint of the available water depth in the operational area, including a safety margin. Only draft values above 2 meters were pursued since a higher draft benefits maximum propeller diameter, seakeeping and controls fixed stability. Nevertheless, the optimum design was found at the lower bound of this variable.

Depth. Depth lower limit was derived from the disposition of tanks and decks in the hull. A lower bound of 4.6 meters was imposed accounting for a maximum top tank of 2 meters and a minimum distance between the interior deck and the main deck of 2.6 meters at the midship section. The minimum depth defined was also checked versus the minimum height required by the main engines in the engine room. The 5 meters depth of the patron design was used as upper bound. The lower limit imposed was found to be an active constraint since the optimum value for this variable was found to be 4.6 meters.

The following table summarizes the information presented in this section:

APPROACH	MINIMUM DECK AREA			CONSTANT BEAM	
VARIABLES	**Min. [m]**	**Max. [m]**	**Optimum [m]**	**Min. [m]**	**Max. [m]**
Length	40.00	50.00	44.55	40.00	50.00
Beam	6.100	7.625	6.850	7.625	7.625
Draft	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5
Depth	4.6	5.0	4.6	4.6	5.0

1.2 Hull Form Coefficients

Hull form coefficients were calculated to be used for resistance prediction and weights extrapolation. *Fung's Transom Stern Vessel Resistance Estimation (R1)*, Excel spreadsheet, developed at the University of Michigan, was used for this purpose.

Block Coefficient was obtained from displacement for each of the alternatives generated by systematically altering length (L), beam (B) and draft (T). An iterative process was implemented in the weight's extrapolation model to balance weight and displacement. The Maximum Section Coefficient C_x was calculated from longitudinal prismatic coefficient and block coefficient. C_x was used in the resistance prediction method. The longitudinal prismatic coefficient was calculated as a function of the Froude Number following equation (11) in reference [6]. This predicted C_p is intended to result in least resistance. C_p was used in both the resistance method and the weight's extrapolation model. Displacement-length ratio and Volume-length coefficient were calculated for all designs once weight was iterated to achieve equilibrium in the extrapolation model. Displacement-length ratio was used in the resistance prediction and Volume-length coefficient was used in the seakeeping estimation. Waterplane Coefficient was calculated with Schneekluth's formula as presented in reference [19], as it produced the best result for this type of vessel. C_{WP} was used in the weight's extrapolation model. The longitudinal position of the Center of Buoyancy (LCB) was calculated as a function of Froude Number with equation (12) in reference [6]. The position calculated in this way is intended to result in least resistance. LCB was indirectly used in the resistance prediction since it was ultimately used to obtain the value for the water surface coefficient CWS.

1.3 Hull Form Description

The twin screw, transom stern, hybrid hull form (round bilge forward and hard chine aft), used in the 40 meters parent hull, was assumed for all the alternative designs generated in the parametric study. The recommendations for the selection of monohull forms in references [2], [4], [18] and [22], were taken into consideration when this assumption was made.

2 HYDRODYNAMIC PERFORMANCE ESTIMATION

2.1 Propulsion Performance Estimation

A power design margin of 3% was used due to a rational estimate of air drag resistance was included into the calculation. A service margin of 15% was used for the matching point between engine and propeller. It accounts for added resistance in shallow waters, waves, wind and fouling, among others. The latter value was selected taking into consideration that a controllable pitch propeller was approached as a first option for the engine–propeller arrangement.

Fung's Transom Stern Vessel Resistance Estimation (R1), was used for the calculation of the shaft power required at 18 different speed-length ratios. Use of most of the regression equations programmed in this tool was made in order to allow the computation of parameters unknown at early stages of design.

Wetted Surface was calculated from the wetted surface coefficient CWS, equation (5) in reference [5]. The value obtained was compared with the estimate from SSPA-SFDV which was found to produce a good estimate for fast small vessels. Denny's formula, as programmed in the original spreadsheet for comparison purposes, was found to underpredict the wetted surface of this type of vessels, and for this reason it was replaced in the estimator. The air drag frontal area was found assuming a constant superstructure equivalent height of 4.65 meters, then the frontal area was calculated by the product of the beam times the equivalent height of the superstructure. An air drag coefficient of 0.67 was used for the assumed superstructure shape. The half entrance angle was calculated from equation (3) in reference [5]. This equation was already programmed in the estimator that was used. Transom Area (TA) was calculated as a function of the Froude Number and the Maximum Section Area (Ax), using equation (13) in reference [6]. This predicted value was intended to result in least resistance. Transom Draft (TT) was kept constant (0.8 meters) in order to allow the use of a rear platform for the interception boat. Transom Beam (TW) was calculated as a percent (93.5%) of the beam corresponding to a rectangular transom when calculated using the area and draft previously obtained.

As mentioned above, a controllable pitch propeller of fixed diameter, 1.2 meters, was assumed for all alternative designs generated. However, the propeller's diameter could have been increased with draft taking into consideration the geometry of the stern and the fact that the transom draft was maintained constant through designs. A more refined model could include this enhancement.

2.2 Seakeeping Performance Estimation

Estimates for vertical plane seakeeping were obtained following the procedure outlined in reference [7]. Pitch and Vertical Acceleration at the Center of Gravity in head seas were calculated only for two different speeds. This can be justified in this case by the fact that seventy percent (70%) of the time the vessel would be operating between these speeds, according with the operational profile given. Besides, the experiments reported in the same reference were carried out only at two different Froude numbers which closely correspond to these two speeds. In this case they match the operational conditions of patrolling and persecution.

Extrapolation of the experimental data was required as the objective of that work was ferries and bigger warships than the one intended here. Even though, the results obtained have engineering meaning and for this reason were used for the MDO. The significant wave height (H_s) and the modal period (T_p) used in the calculations were 4 meters and 6.04 seconds, respectively. They were taken from two different Classification Society Rules for Naval Vessels, ABS and Lloyd's Register. The intended design was considered a Coastal Vessel according with the rules. These two parameters (H_s and T_p) also agree with the observations in the Colombian Caribbean Sea. Only the behavior in head seas was considered, since this condition generally imposes the largest restrictions in the operability of the vessel with regard to safety and riding comfort. The criteria selected for the comparison is the one proposed by Karpinen (1987) as presented in reference [20]. These criteria are based on vessels operating in naval patrolling roles, without passengers, but with availability requirements for systems and crew, and therefore were considered suitable for this study. These limits, in conjunction

with the response amplitude operators for pitch and acceleration at the center of gravity, were used to calculate the limiting significant wave height at each speed.

3 ARRANGEMENTS

The space for accommodations was assumed to be constant through alternative designs. In the constant main deck area approach this was naturally obtained by the proportional decrease in beam as length was increased. In the constant beam approach it was assumed that the position of bulkheads is kept constant and therefore the spaces delimited by them.

The minimum space required for installation and maintenance of two main diesel engines and two generator sets was used as a reference. The length of the engine room, used in the weight's extrapolation model, was calculated by using a formula taken from reference [13]. In the case of the minimum deck area approach, it set the minimum beam admissible and therefore the maximum length to be pursued.

Identical weapons were considered through alternatives designs. Between parametric models one difference is worth mentioning here. In the case of the constant beam approach, the position of the guns was assumed constant. Whereas, in the case of the minimum deck area approach, the position of the guns was parametrically varied with the length of the ship.

Tankage capacity for fuel oil, lube oil, and potable water was kept constant through designs since they are mission related. The position of the tanks with respect to the position of the watertight bulkheads was assumed constant through designs in both parametric models.

4 WEIGHT AND CENTERS ESTIMATION

Weights were organized following the system defined in the Ship Work Breakdown Structure (SWBS), reference [11]. In the SWBS all shipboard material is classified to fall in one of seven functional groups; Deadweight and Payload are classified to fall in the FXX groups. Reference [21] was followed in the application of the SWBS to weight estimate.

Lightship weight was calculated following reference [12]. The same existing vessel used to develop the weight distribution of the 40 meters patron design was used to produce the weight distribution of each of the alternative designs generated. From the principals of the existing design, it was decided not to extrapolate the results far from the 50 meters length vessel. The vertical and longitudinal position of the new center of gravity for each of the items in the estimation was found using a parallel process as for the new weights.

Group 100 – Weights for all the items corresponding to this group were calculated by scaling the parent hull using the scaling factors for weights in reference [21]. Centers of gravity were scaled longitudinally and vertically with length and depth respectively.

Group 200 – Weights for the main engines, including reduction gears and clutches, were obtained directly from manufacturer's catalog. The weight of the main engines for each design was varied by using regressed data from the manufacturer. The weight of the reduction gears and clutches was kept constant through designs. For all the other items, they were calculated as in group 100. Centers of gravity for all items were calculated as in group 100.

Groups 300 and 400 - Weights and centers of gravity were calculated as in group 100.

Group 500 – Weights for the sewage treatment plant and the distilling plant were obtained directly from manufacturer's catalog. Weights for these items were kept constant through designs because manning was assumed constant. For all the other items, they were calculated as in group 100. Centers of gravity for all items were calculated as in group 100.

Group 600 - Weights and centers of gravity were calculated as in group 100.

Group 700 - Weights for the gun, ammunition stowage and small arms and pyrotechnic launching devices were obtained directly from manufacturer's catalog. Weights for these items were kept constant through designs taking into consideration that they are mission related. Centers of gravity were scaled as in group 100.

Deadweight and payload were calculated for the full load condition following reference [12]. They were kept constant through designs taking into consideration that they are mission related.

Design and growth margins for both weight and vertical position of the center of gravity, as recommended in NAVSEA INSTRUCTION 9096.6B, August 16 of 2001, were used in the calculation.

5 STABILITY ASSESMENT

Transverse Stability, Longitudinal Stability and Trim. The parameters required to define the transverse stability were obtained from empirical formulae typical at early stages of design, as presented in reference [13]. The transverse moment of inertia of the waterplane was calculated by using Brown's formula for the moment of inertia coefficient derived from regression analysis of small warships.

Noting that a minimum metacentric height (GM) of 0.3 m. was required at any condition, reference [12], a minimum GM of 0.85 m. was defined for the parametric study. This value includes a safety margin that accounts for the uncertainties in the formulae used. In the constant beam alternative designs, this requirement did not have any effect. On the other hand, in the minimum deck area, after some length value was reached this constraint was violated. These designs were penalized by increasing the beam (therefore increasing the deck area) until the minimum GM was achieved. Even keel was assumed for the designs generated through the parametric models.

Tankage Location and Volume. Eleven (11) tanks for water, fuel oil and lube oil, with capacity calculated to satisfy the mission requirements, were assumed for the alternative designs generated. Constant location of the tanks was assumed in the constant beam approach, in contrast with the variable location (as a function of the length-beam ratio) assumed for the minimum deck area approach.

Floodable Length and Subdivision. Ten (10) transverse watertight bulkheads were assumed in order to provide adequate subdivision to meet two compartment floodable length standard in every alternative design generated.

Freeboard. A lower bound of 2.1 m for the freeboard was imposed by setting the minimum depth at 4.6 m. and the maximum draft in 2.5 m. This minimum freeboard satisfies the USCG Code of Federal Regulations for vessels of the size considered in this study.

6 MACHINERY SELECTION, CONFIGURATION AND ARRANGEMENT

Propulsion Plant Sizing. MTU diesel engines were selected for propulsion taking into consideration their high power-weight ratio. Five (05) different models of this brand, in the range of 2,040 kW to 3,240 kW, were considered for this specific application. It was assumed that two main engines were installed in every case. The parametric model was set up for the calculation of the brake power required in such a way that the engine with brake power greater or equal to the brake power required is selected for that specific design.

The diesel engines selected for the parametric study were some of those classified for the manufacturer as *diesel engines for fast vessels with high load factors*, e.g. patrol boats and offshore patrol boats. The following table summarizes their characteristics.

MTU ENGINE MODEL	POWER		WEIGHT		DIMENSIONS		
					Length	Width	Height
	[bkW]	[bhp]	[kg]	[mt]	[mm]	[mm]	[mm]
12V 4000 M90	2040	2736	8095	8.095	3620	1520	1825
16V 396 TE94	2240	3004	7585	7.585	3995	1525	1850
16V 396 TB94	2560	3433	8155	8.155	3875	1420	2060
16V 4000 M90	2720	3648	9505	9.505	4525	1520	1890
12V 595 TE90	3240	4345	11475	11.475	3450	1500	2570

Electric Plant Sizing. An electrical plant composed by two diesel generators arranged in the auxiliary engine room and one emergency diesel generator arranged in the main deck was assumed constant for the alternative designs generated in the parametric study.

7 COST ESTIMATION

Acquisition Cost was calculated using *Shipbuilding Cost Estimate – Based Upon Carreyette (R8)* spreadsheet, developed at the University of Michigan. This uses the cost model for merchant vessels presented in reference [3], corrected to characterize ship construction in the United States in the year 2004. This model was used with no other cost model available, and it was just intended as a way to compare the different designs generated. The same economic parameters were used for all the alternative designs evaluated.

Operational Cost was estimated accounting for the cost of the fuel consumed by the main engines. The expected specific fuel consumption was calculated from the operational profile of the vessel, provided by the owner, and a typical diesel engine's fuel consumption curve as a function of load percentage. Regression analysis was used to derive an expression for the fuel consumption versus load. The operational profile was given as a mass probability function (discrete form) and it was used in this form, even though it could have been fitted to a mass density function (continuous form). A normal distribution curve with corresponding mean and standard deviation could have served that purpose. For the discrete speed values provided in the operational profile, the corresponding brake power required was interpolated by using a piecewise cubic polynomial. The brake power required was estimated at six speeds given in the operational profile, corresponding to 99% of the operational time, and from them the expected specific fuel consumption was obtained. It was assumed that both main engines operate at the same time, even though the power required to achieve a specific speed could have been provided by only one engine. The fuel consumption of the diesel generators was not taken into account since the difference in electrical power consumed between alternative designs was expected to be small. Then, for the sake of the comparison, they were considered irrelevant. The cost per gram of diesel fuel was assumed constant. Crew cost was not taken into account, since it was assumed that the vessel will be manned by Navy or Coastguard personnel.

Acquisition and operational cost were combined to obtain the 20 years Life Cycle Cost, operating 2,000 hours per year, following the procedure presented in reference [1]. It was

assumed that the construction of the design selected will start in 5 years from now and that at this time the acquisition cost will be paid in a single payment. Also, the operational cost will be paid annually. Both the acquisition cost and the operational cost were brought to present value assuming a constant three percent (3%) discount rate, which accounts for the mean devaluation rate during the utile life of the vessel.

8 MULTICRITERIA DESIGN OPTIMIZATION (MDO)

A MDO approach was used to compare the different alternatives generated by the use of the *minimum deck area* and *constant beam* approaches explained in the previous sections of this report. The purpose was to rationally compare the alternative designs generated by taking into account both hydrodynamic performance and cost. This was done by calculating percentages of availability and life cycle cost respectively. Since the designer or the owner could emphasize any of these objectives, the *Normed Weighted Sum Optimum*, as presented in reference [14], was used to form a single objective function and to characterize different design intents or owner preferences.

8.1 Mathematical Model

Objective Function. The objective of the optimization process is to find the most favorable compromise between hydrodynamic performance and cost, by also taking into account design intent or owner preference. In the problem at hand this involves finding the best compromise between maximum percentage of availability and minimum life cycle cost of the vessel. Using the *normed weighted sum optimum* approach this can be mathematically expressed as follows:

$$\min_x F(x) \equiv \min_x \left\{ w_1 \cdot \left(\frac{f_1^0}{f_1(x)} \right) + w_2 \cdot \left(\frac{f_2(x)}{f_2^0} \right) \right\}; \qquad w_1 + w_2 = 1$$

Where $f_1(x)$ represents the hydrodynamic performance objective function and $f_2(x)$ represents the cost objective function. Note that since the problem has been expressed as a minimization one, but it is desired to maximize the hydrodynamic performance function, its inverse has

been used. To reflect different design intents or owner preferences, the weights were systematically changed for each alternative generated.

Hydrodynamic Performance. Hydrodynamic performance is usually related to powering, seakeeping, and maneuvering. However, since no requirements were set by the owner for maneuvering capabilities (e.g. maximum tactical diameter), no globally accepted criteria currently exists for vessels of this size, and no tools were available to predict neither stability derivatives nor turning radius for fast small crafts, no attempt was made to incorporate a measure of maneuverability and/or controllability into the hydrodynamic performance objective function. Although powering is certainly part of hydrodynamic performance, in this case it was thought that it was not appropriate to include it into this objective function. The reason for this is that power directly influences life cycle cost, as has been explained above. Therefore it has already affected the global objective function. As a consequence of this, it was decided to use only seakeeping as a measure of hydrodynamic performance in the form of percentage of availability. The hydrodynamic performance objective function can be mathematically expressed as follows:

$$f_1(x) \equiv w_{11} \cdot f_{11}(x) + w_{12} \cdot f_{12}(x) \quad ; \quad w_{11} + w_{12} = 1$$

Where $f_{11}(x)$ and $f_{12}(x)$ represent the availability at the patrolling speed (14 knots) and the sprint speed (25 knots) respectively, and w_{11} and w_{12} are the normalized weights obtained from the operational profile provided by the owner.

$$f_{11}(x) \equiv P\left[H_S \leq \left\lfloor h_S \right\rfloor_{Limit\,@\,14\,Kts}\right] \quad ; \quad w_{11} \equiv 83\%$$

$$f_{12}(x) \equiv P\left[H_S \leq \left\lfloor h_S \right\rfloor_{Limit\,@\,25\,Kts}\right] \quad ; \quad w_{12} \equiv 17\%$$

Since limits where imposed to both acceleration at the center of gravity and pitch, it is evident that at each speed one of them should be dominant (has the lowest significant wave height limit) and therefore only this value should be taken into consideration for the calculation of the availability. This can be mathematically expressed as follows:

$$h_S \equiv \min\left[H_{a_{cg}}, H_{\eta_5}\right]$$

A Rayleigh probability density function was fitted to the frequency histogram of significant wave heights in the Colombian Caribbean Sea, provided by the owner. The probability of

significant wave height was then assumed to be Rayleigh distributed with parameter 2 meters. Then, the mass probability function for the significant wave height limit, calculated as explained above, corresponds to the desired availability.

$$P\{H_S \le h_S\} \equiv F_{H_S}(h_S) = 1 - \exp\left[-\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{h_S}{\beta}\right)^2\right]; \qquad \beta \equiv 2$$

Replacing into the equation yields the expressions used for calculating the availability at the patrolling and maximum speeds.

$$f_{11}(x) \equiv F_{H_S}\left(\min\left[H_{a_{cg}}, H_{\eta_S}\right]_{Limit\,@\,14\,Kts}\right) \qquad ; \qquad w_{11} \equiv 83\%$$

$$f_{12}(x) \equiv F_{H_S}\left(\min\left[H_{a_{cg}}, H_{\eta_S}\right]_{Limit\,@\,25\,Kts}\right) \qquad ; \qquad w_{12} \equiv 17\%$$

And replacing the last two into the first one yields the expression for the hydrodynamic performance objective function,

$$f_1(x) \equiv 0.83\cdot F_{H_S}\left(\min\left[H_{a_{cg}}, H_{\eta_S}\right]_{Limit\,@\,14\,Kts}\right) + 0.17\cdot F_{H_S}\left(\min\left[H_{a_{cg}}, H_{\eta_S}\right]_{Limit\,@\,25\,Kts}\right)$$

The approach presented here is neither comprehensive nor exclusive. Further enhancements include the use of availability indices derived from speed polar plots for different sea states, as in reference [17], weightened with the probability of occurrence of each sea state. Additionally, future analysis could include as a measure of performance the probability of capsizing. In that case, the normalized size of the basin of attraction, as proposed in reference [16], could be used as optimization criteria. On the other hand, it could be argued that the vessel with the largest availability is not necessarily the one with the best seakeeping characteristics (or riding comfort). In this case the motions responses are used as criteria, and therefore the hydrodynamic performance objective function should be minimized. When this approach was used during the completion of the present work the optimum length was found between the 46 m and 47 m, which is an expected result.

Life Cycle Cost. Life cycle cost is the cost of designing, building and operating the vessel until the end of its useful life. Therefore, when just looking at this objective function, the optimum vessel is the one with the lowest value. As explained above, life cycle cost was obtained by bringing to present value the acquisition and operating costs. The latter is equivalent to the use of a normed weighted sum, the weights being the discount factors.

However, in this case, the weights do not add up to one. Mathematically this can be expressed as follows:

$$f_2(x) \equiv w_{21} \cdot f_{21}(x) + w_{22} \cdot f_{22}(x)$$

Where $f_{21}(x)$ and $f_{22}(x)$ represent the acquisition and the operational cost respectively, and w_{21} and w_{22} are the weights calculated as follows:

$$w_{21} \equiv (1+r)^{-6} \quad ; \quad w_{22} \equiv \sum_{i=7}^{25} (1+r)^{-i}$$

Where *r* is the discount rate

This is thought to be a good approximation, and one that can be used for comparison purposes, under the assumptions that design times, crew size, auxiliary machinery and electronic equipment are the same through the different alternatives generated. As a consequence of this, it can be assumed that all of them have similar design and maintenance cost. Then life cycle cost for comparison purposes can be represented solely by the acquisition (building) cost and the expected cost of fuel burned.

Design Variables and Parameters. Length, beam, depth and draft, can be understood as the variables for the optimization problem, even though in the generation of the design alternatives depth and draft were treated as parameters. The vector of variables can be expressed as follows:

$$x = [L, B, D, T]$$

In the case of the *Constant Beam Approach*, the vector of variables can be reduced in one since beam is now defined by an equality constraint.

In general, the parameters for the optimization problem are those used for extrapolating weights from the parent to the new design generated. They can be summarized as follows:

- Endurance requirements
- Manning requirements
- Electrical plant power

- Superstructure volume

Constraints. Principal dimensions and parameters were constrained by imposing upper and lower bounds to them. Even though the rationales behind the definition of these bounds have been explained in the preceding sections of this paper, it is worth to summarize here the different aspects that were taken into account:

- Dimensions of the vessels in the data base
- Dimensions of the parent vessel
- Dataset bounds in the resistance prediction method
- Dataset bounds in the seakeeping prediction method
- Limitations of the weight model
- Static stability criteria
- Machinery selection, configuration and arrangement
- Operational area characteristics

8.2 Discussion of the Results

The value of the objective function for each of the alternative designs generated was obtained by assigning equal weight to the hydrodynamic performance and the cost functions. A sensitivity analysis was carried out in the weights by systematically varying them in order to reflect different design intents or owner preferences. In all cases, the results were mostly driven by the life cycle cost because the differences between the values of the hydrodynamic performance function (percentage of availability) in the different alternatives generated were not significant. The discussion of the results for each of the approaches follows.

Constant Deck Area. When equal weights were assigned to hydrodynamic performance and cost objective functions, the global optimum laid between the 45 meters and the 46 meters length, and 4.6 meters depth, alternatives. This optimum moved towards the shorter vessel when emphasis was placed on the hydrodynamic performance, being that the 40 meters length

was the one with the largest availability. On the other hand, when the emphasis was placed on cost the optimum moved slightly towards the 46 meters length alternative.

For every depth between 4.6 and 4.9 meters the optimum solution was obtained at the length where the power installed decreased from 5,440 kW to 5,120 kW. In the case of the 5.0 meters depth, this reduction in power installed was not achieved before the 50 meters length. Therefore, the local optimum for this depth was obtained when the power installed decreases from 6,480 kW to 5,440 kW. This explains why when depth was increased from 4.6 to 4.9 meters the optimum length increased reaching the 48.35 meters, but for the 5.0 meters depth alternatives the local optimum length decreased to 48 meters.

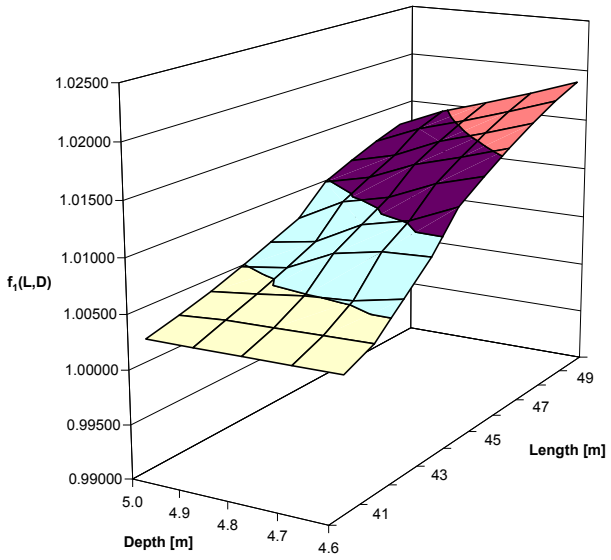
The results showed that the value of the objective function was driven by life cycle cost, because power installed affects both components of this objective function. The latter is explained by the fact that (1) acquisition cost is direct function of power installed, and (2) expected fuel consumption is function of the engine load. The optimum is then governed by the power installed and therefore by the value of the life cycle cost function.

Constant Beam. In contrast with the constant deck area approach, the optimum for the constant beam approach depends on the design intent. When equal weights were assigned to both objective functions, the optimum was found between the 44 meters and the 45 meters length alternatives. As in the case of the constant deck area approach, the 4.6 meters depth designs were always favored independently of the weights assigned to the objective functions. As the emphasis was increased in the hydrodynamic performance function (and therefore decreased in the life cycle cost function) the optimum changed linearly reaching the 40 meters length. Conversely, when the emphasis placed on cost was greater than the emphasis placed on hydrodynamic performance, the optimum was always obtained between the 45 and 46 meters length alternatives. This tendency was constant through the different depths studied. In this case, the optimum was governed by the life cycle cost only when the weight placed on it was greater than the weight assigned to the hydrodynamic performance. But due to the fact that the decrease in power achieved, consequence of the increase in length, never resulted in a

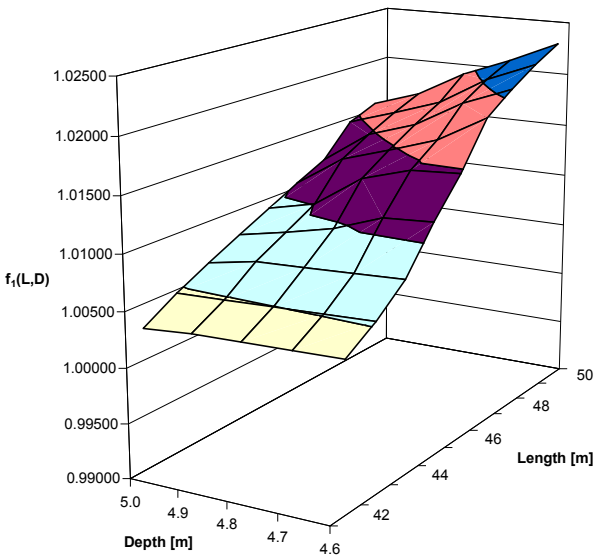
value that allows the installation of engines with a total power below the 6,480 kW, only the specific fuel consumption was affected and therefore the operational cost. This is the main reason why when comparing alternatives with the same variables values between approaches the objective function of the constant deck area approach has a lower value than the objective function of the constant beam approach.

Surface Plots. Twelve surface plots have been appended showing the change in the optimization objective function as a function of depth and length. Three different design intents were selected in order to show the behavior of the objective function for a given approach and draft. The first of them correspond to the hull optimized for seakeeping, the second one correspond to the hull optimized for life cycle cost and the last one correspond to a compromise solution between the first two.

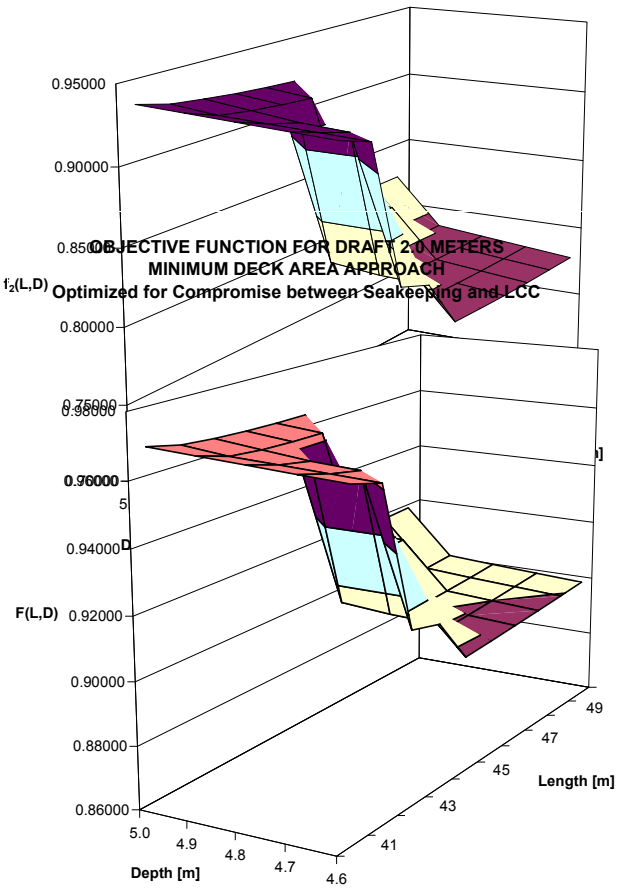
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.0 METERS
MINIMUM DECK AREA APPROACH
Optimized for Seakeeping



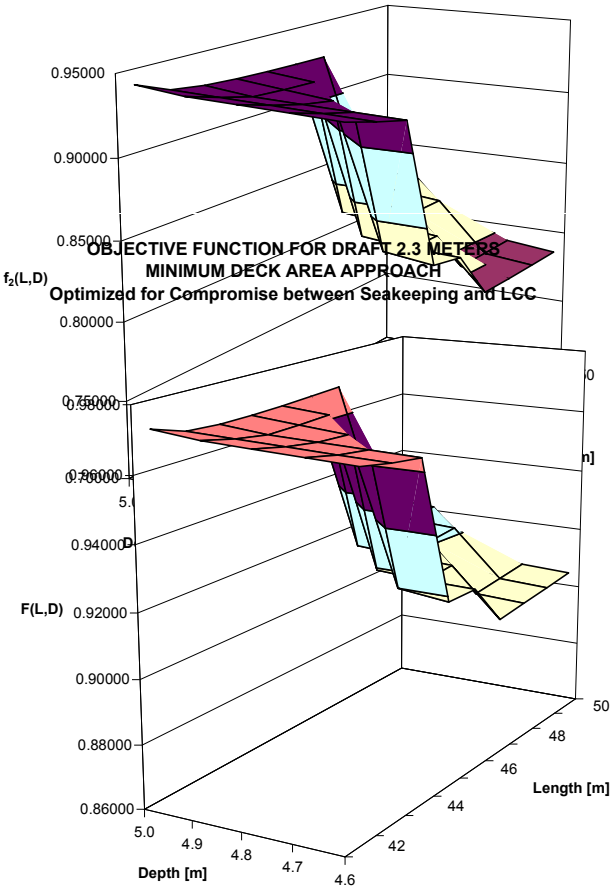
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.3 METERS
MINIMUM DECK AREA APPROACH
Optimized for Seakeeping



OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.0 METERS
MINIMUM DECK AREA APPROACH
Optimized for LCC



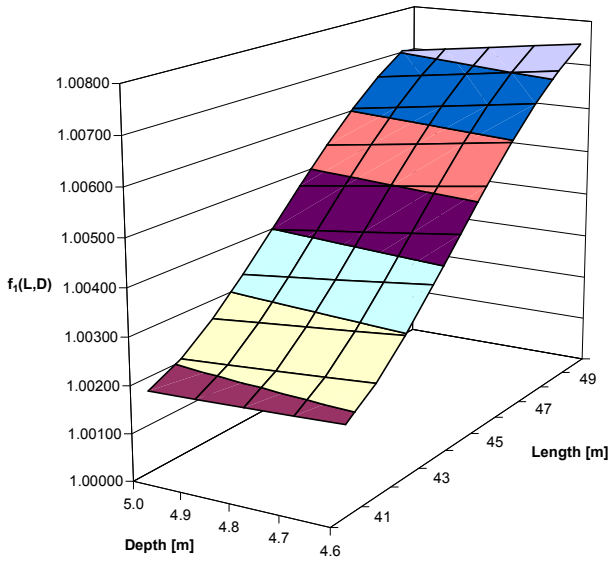
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.3 METERS
MINIMUM DECK AREA APPROACH
Optimized for LCC



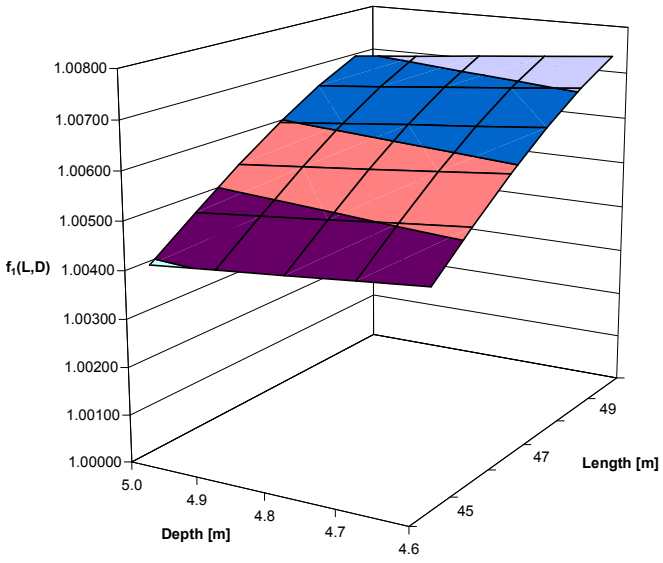
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.0 METERS
MINIMUM DECK AREA APPROACH
Optimized for Compromise between Seakeeping and LCC

OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.3 METERS
MINIMUM DECK AREA APPROACH
Optimized for Compromise between Seakeeping and LCC

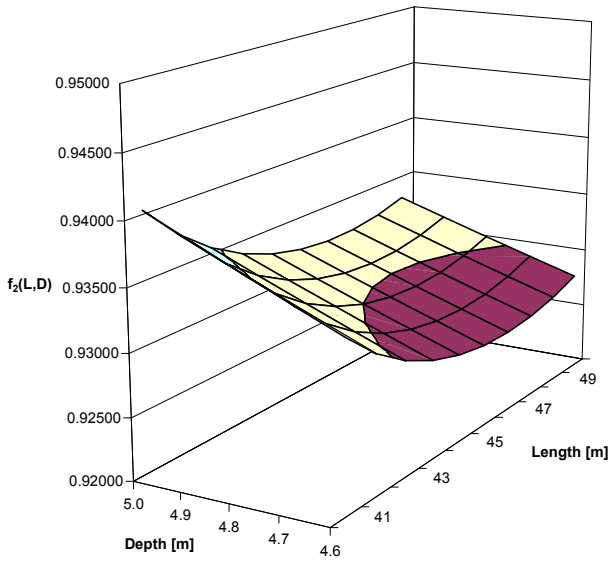
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.0 METERS
CONSTANT BEAM APPROACH
Optimized for Seakeeping



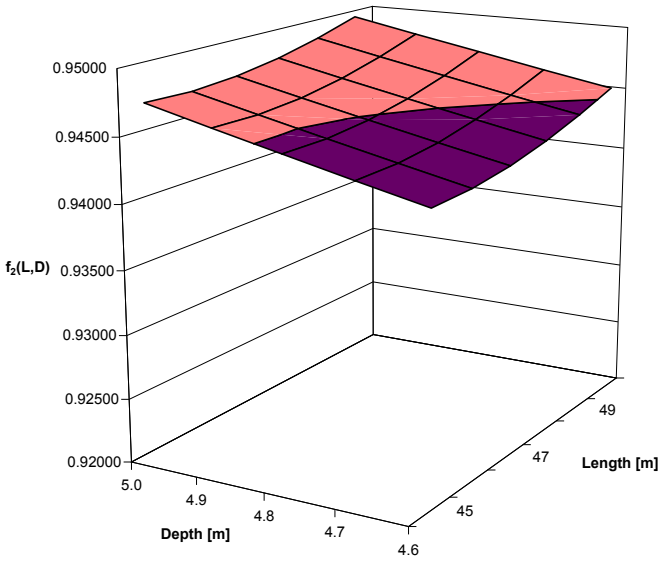
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.3 METERS
CONSTANT BEAM APPROACH
Optimized for Seakeeping



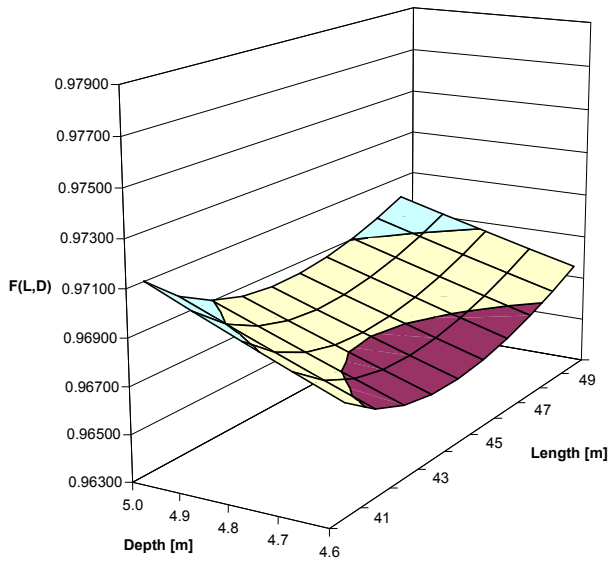
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.0 METERS
CONSTANT BEAM APPROACH
Optimized for LCC



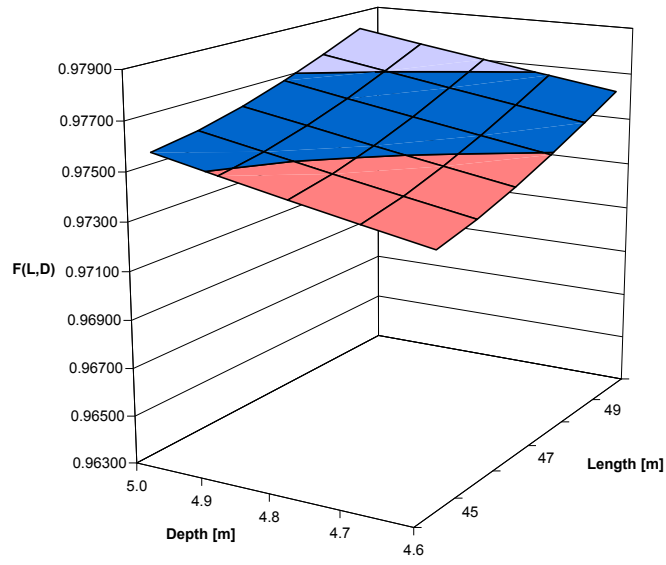
OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.3 METERS
CONSTANT BEAM APPROACH
Optimized for LCC



OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.0 METERS
CONSTANT BEAM APPROACH
Optimized for Compromise between Seakeeping and LCC



OBJECTIVE FUNCTION FOR DRAFT 2.3 METERS
CONSTANT BEAM APPROACH
Optimized for Compromise between Seakeeping and LCC



REFERENCES

[1] Benford, Harry: A Naval Architect's Guide to Practical Economics, University of Michigan NAME Report No. 319, October 1991

[2] Blount, Donald L.: "Factors Influencing the Selection of Hard-Chine or Round-Bilge Hulls for High Froude Numbers", FAST 95

[3] Carreyette, J.: "Preliminary Ship Cost Estimation", RINA Transactions, 1978

[4] Cohen, Steven H.; Ghosh, Debabrata; Dodge, William B.; McEachen, William: "Conceptual Design of an Offshore Patrol Boat", Flagship Section Patrol Boat Symposium, 13-14 March 1986, Arlington, Virginia.

[5] Fung, Siu C.: "Resistance and Powering Prediction for Transom Stern Hull Forms During Early Stage Ship Design", SNAME Transactions, Vol. 99, 1991, pp. 29-84

[6] Fung, Siu C.: "Resistance Predictions and Parametric Studies for High Speed Displacement Hulls", Naval Engineers Journal, March 1987

[7] Grigoropoulos, G.J. and Loukakis, T.A.: "Seakeeping Characteristics of a Systematic Series of Fast Monohulls", Intl. Conf. on Ship Motions and Manoeuvrability, London, Febr. 1998.

[8] Harries, Stefan and Abt, Claus: "Formal Hydrodynamic Optimization of a Fast Monohull on the Basis of Parametric Hull Design", FAST 99, pp. 417-428

[9] Keuning, J.A. and Pinkster Jakob: "Optimisation of the Seakeeping Behaviour of a Fast Monohull"

[10] Lahtiharju, Erkki; Karpinnen, Tuomo; Hellevaara, Matti and Aitta, Timo: "Resistance and Seakeeping Characteristics of Fast Transom Stern Hulls with Systematically Varied Form", SNAME Transactions, Vol. 99, 1991, pp. 85-118

[11] NAVSEA 0900-LP-039-9010, "Ship Work Breakdown Structure", August 1977

[12] NAVSHIPS Technical Manual 0901-290-002, Chapter 096, "Weights and Stability"

[13] Parsons, Michael G. 2002 "Informal Notes for NA470 Foundations of Ship Design", Department of Naval Architecture and Marine Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, MI.

[14] Parsons, Michael G. and Scott Randall L.: “Formulation of Multicriterion Design Optimization Problems for Solution with Scalar Numerical Optimization Methods”, Journal of Ship Research, Vol. 48, No. 1, March 2004, pp. 61-76

[15] Peri, Danielle and Campana, Emilio F.: “Multidisciplinary Design Optimization of a Naval Surface Combatant”, Journal of Ship Research, Vol. 47, No. 1, March 2003, pp. 1-12

[16] Soliman, Mohamed S. and Thompson, J.M.T.: “Transient and Steady State Analysis of Capsize Phenomena”, Applied Ocean Research, 1991, Vol 13 No.2, pp. 82-92

[17] Sarioz, Kadir and Narli, Ebru: “Seakeeping Performance of High Speed Warship Hull Forms: Deep Vee versus Round Bilge”, RINA International Conference on Ship Motions and Manoeuvrability, London, 1998

[18] Savitsky, Daniel: “Planing Craft” in Modern Ships and Craft

[19] Schneekluth, H. and Bertram V.: “Ship Design for Efficiency and Economy”, B-H, 2nd edition, 1998

[20] Skomedal, Nere G.; Aarsnes, Jan V.; and Falch, Sigurd: “Seakeeping Evaluation of High Performance Marine Vehicles”, HPMV’92, pp. 92-103

[21] Straubinger, Erwin K.; Curran, William C. and Fighera, Vincent L.: “Fundamentals of Naval Surface Ship Weight Estimating”, Naval Engineers Journal, May 1983

[22] Zborowski, Andrew and Chu Hui-shen: “Hard Chine Versus Round Bottom – Comparison of Stability in Waves and Seakeeping Performance of Small Displacement Ships”, SNAME Annual Meeting, 1992, pp. 345–376

19º CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E ENGENHARIA PORTUÁRIA – XIX COPINAVAL

OPERAÇÃO DE "LOAD-IN" DO SUBMARINO TIMBIRA

César Pinto Corrêa[1], Mário Ferreira Botelho[2], Guilherme Dionizio Alves[3], Marcos A. Westphalen Palma[4], Kazuo Nishimoto[5], João Alberto Alves[6]

1. RESUMO

O presente artigo apresenta os aspectos técnicos e gerenciais das etapas de planejamento, projeto e execução da inédita manobra de transporte do Submarino "Timbira", do mar para o interior da Oficina de Construção de Submarinos do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) – **"Load-in"** – utilizando balsa e carretas disponíveis no mercado de empresas de transportes, para a realização do seu primeiro Período Manutenção Geral (PMG).

Inicialmente são abordados os fatores geradores, para em seguida expor os principais conceitos que embasaram o projeto, que englobou a concepção da manobra, os requisitos para a contratação da empresa transportadora, a simulação em tanque de provas numérico e a preparação do AMRJ para vencer este desafio.

Concluída a fundamentação inicial, é exposto como o projeto foi estruturado e qual o envolvimento e a participação das instituições que o sustentaram.

Finalmente, ao descrever a execução da manobra, o artigo técnico aborda os principais aspectos de cada uma das fases mencionadas, oferecendo uma visão das dificuldades enfrentadas e das vantagens auferidas. O trabalho representa um marco na Engenharia Naval no Brasil, demonstrando ser possível, com os recursos atuais do Arsenal de Marinha e das empresas nacionais, transportar submarinos do mar para terra e vice-versa.

[1] Contra-Almirante, Engenheiro Naval, Diretor do AMRJ, 01@amrj.mar.mil.br
[2] Capitão-de-Mar-e-Guerra, Engenheiro Naval, gerente de Construção de Submarinos do AMRJ
[3] Capitão-de-Corveta, Engenheiro Mecânico, Encarregado da Divisão de Oficinas de Construção de Submarinos do AMRJ
[4] Capitão-de-Corveta, Engenheiro Naval, Encarregado da Seção de Estruturas do Departamento Técnico do AMRJ
[5] Professor Doutor, Livre Docente, Diretor do Tanque de Provas Numérico, Universidade de São Paulo
[6] Diretor da Empresa Superpesa

2. INTRODUÇÃO

No final da década de 70, a Marinha decidiu construir seus próprios submarinos, meta ambiciosa e que envolvia obstáculos de grande monta, tais como: adaptação das instalações do AMRJ, qualificação de pessoal especializado, implementação de novas filosofias de gerenciamento e aproveitamento do parque industrial brasileiro.

Essa decisão foi concretizada por meio do Programa de Reaparelhamento de Meios de 1979, que expôs uma estratégia de longo prazo, que visava à aquisição e o domínio da tecnologia de projeto e construção de submarinos.

O resultado desse esforço empreendido pela Marinha do Brasil (MB) resultou na construção e no comissionamento de quatro submarinos, que obtiveram desempenhos equivalentes e em algumas oportunidades superiores ao do primeiro submarino da classe, construído na Alemanha.

Entretanto, apesar do sucesso obtido, vislumbrou-se uma possível descontinuidade nesse Programa, função da existência de uma janela temporal entre a conclusão do Submarino "Tikuna" e o início da construção do próximo submarino no Brasil.

A Marinha do Brasil passou a buscar alternativas para superar este obstáculo, que podem ser sintetizadas nas palavras do CA (EN) Pinto Corrêa, Diretor do AMRJ: "treinamento contínuo e a adoção de uma estratégia que evite a ociosidade dos profissionais, mas os mantenham trabalhando nas suas especialidades, nos períodos em que as restrições orçamentárias sejam grandes, podem contribuir para a manutenção de uma massa crítica de profissionais que seria um núcleo de multiplicação futura de conhecimentos."

A opção por realizar o Período de Manutenção Geral (PMG) do Submarino "Timbira", segundo submarino construído no Brasil, no interior da oficina de construção, além de preencher essa lacuna temporal, colaborava na manutenção da filosofia, comprometimento com a qualidade e capacitação técnica que poderiam ser perdidas se esse grupo de profissionais do AMRJ fosse empregado em obras com grau de exigência menor.

Além dos pontos abordados acima, que por si só justificavam a opção pela inédita manobra de **"*load-in*"** do Submarino "Timbira" na MB, esta alternativa apresentava-se como tendo alta importância estratégica, pois devido ao seu ineditismo, combinava absorção de novas tecnologias com a manutenção dos padrões já alcançados pelo AMRJ.

O ineditismo deve-se ao fato de ser a primeira vez no Hemisfério Sul que um submarino (com deslocamento aproximado de 1200 t), foi retirado da água, a partir da condição de flutuação, e transportado para o interior da oficina, utilizando como recursos, apenas balsa e carretas.

Este artigo tem por objetivo apresentar uma análise sobre o projeto que culminou com a realização dessa manobra, conhecida genericamente como *"**load-out**"*, destacando os principais estudos de engenharia realizados.

A manobra é comumente utilizada pelos países que dominam a tecnologia da construção de submarinos. As seções do submarino são construídas e unidas no interior de uma oficina de construção e depois o submarino inteiro é transferido para um ***"synchrolift"***, dique flutuante ou balsa, sendo posteriormente lançado ao mar. No caso do Submarino "Timbira", foi realizada a manobra inversa, ou seja, o seu transporte ocorreu do mar para a oficina, manobra esta, denominada no âmbito da MB de ***"load-in".***

O artigo inicia com uma exposição sobre o processo de tomada de decisão que deu suporte à adoção do ***"load-in"***, estudo que teve como base fundamentos da Teoria da Decisão.

A seguir, é apresentada a concepção do projeto, enfocando os principais óbices e as soluções técnicas adotadas, bem como os conceitos que deram suporte ao estudo, priorizando a utilização dos recursos existentes no parque industrial nacional e uma intensiva racionalização de custos.

Concluída a fundamentação inicial, o trabalho expõe a evolução do projeto a partir da licitação que definiu a empresa transportadora.

Em seqüência, descreve criticamente a execução da manobra, mostrando a importância da parceria Marinha/Universidade/Empresa Privada para o sucesso da faina. Por último, expõe as conclusões decorrentes do estudo desenvolvido.

3. PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO

3.1 A OPÇÃO PELO *"LOAD-IN"*

O Submarino "Tikuna" está em fase final de construção, com incorporação prevista para o Setor Operativo da MB, em dezembro de 2005. Com o fim do ciclo de construção deste submarino, abre-se uma janela temporal cuja duração se estende até o início da construção do próximo submarino.

Com isso, a mão-de-obra especializada na construção de submarinos tende a ser deslocada para outras áreas. Essa descontinuidade pode colocar em risco o fluxo de transmissão de conhecimentos obtido no árduo processo de domínio da tecnologia de construção de submarinos pela MB.

A estratégia adotada pela MB para minimizar este problema foi utilizar essa massa crítica de profissionais na condução do Período de Manutenção Geral (PMG), do Submarino "Timbira", segundo submarino construído no Brasil.

Existem três possibilidades, descritas abaixo, para realizar o PMG do Submarino "Timbira" no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ):

a) no dique seco,

b) no dique flutuante e,

c) como alternativa às opções apresentadas acima, existe a possibilidade realizar o PMG após transportar o Submarino "Timbira" da água para o interior da Oficina de Construção de Submarinos (***"load-in"***).

O estudo que deu suporte à adoção da alternativa **c)** utilizou conceitos da Teoria da Decisão para comprovar a adequabilidade, exeqüibilidade e aceitabilidade desta manobra [7].

A Teoria da Decisão representa uma abordagem geral a problemas decisórios e oferece um conjunto de conceitos e técnicas para apoiar quem enfrenta problemas de decisão complexos. Visa à tomada de decisões racionais e consistentes, nomeadamente em condições aleatórias ou de incerteza.

Diversos modelos podem ser utilizados para disponibilizar as informações necessárias ao processo de tomada de decisões, dependentes que são dos ambientes cultural, organizacional e das situações envolvidas.

O modelo utilizado nesse estudo foi a matriz de decisão. Este modelo consiste em estipular critérios para escolha de determinado assunto e classificar as atividades segundo esses critérios.

Os critérios estabelecidos foram:

a) prazo (tempo necessário para concluir o PMG);

b) custo;

c) risco (possibilidade de ocorrência de danos que comprometam o submarino durante o período de manutenção, incluindo movimentação da água para oficina e vice-versa) e,

d) importância estratégica (combinação dos fatores absorção de novas tecnologias com a manutenção dos padrões já alcançados pelo AMRJ).

A matriz de decisão resultante indicou ser a manobra de **"*load-in*"** a melhor alternativa dentre as consideradas para realizar o PMG do Submarino "Timbira", segundo os aspectos **PRAZO**, **CUSTO**, **RISCO E IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA**.

Além de apontar a linha de ação a ser adotada, o estudo permitiu chegar às conclusões abaixo.

Estima-se um **PRAZO** de 24 meses para concluir o PMG do Submarino "Timbira" consideravelmente inferior aos dos PMG do Submarino "Tupi" e Submarino "Tamoio". Essa redução deve-se à aplicação direta de Homem-Hora (HH) na Oficina de Construção de Submarinos.

Estima-se uma economia da ordem de R$6.500.000,00 (seis milhões e quinhentos mil reais), para o PMG realizado no interior da Oficina de Construção de Submarinos decorrentes da dispensa de contratação de guindastes para manobras de peso e da redução do HH necessário para a realização do PMG. Também não se pode deixar de considerar que a realização do PMG do Submarino "Timbira" na Oficina permitirá a utilização dos diques seco e flutuante do AMRJ para a docagem e manutenção de outros meios navais, inclusive extra-marinha.

Sob o aspecto **RISCO** de comprometimento do submarino no período em que estiver com o casco cortado, esta opção é a mais segura, considerando que, no dique seco ou flutuante, existe uma pequena possibilidade de ocorrer algum alagamento inesperado.

Além dos pontos abordados acima, que por si só fundamentam a opção pela manobra de **"*load-in*"** ressalta-se que esta opção vai ao encontro das modernas práticas da Engenharia Naval, onde meios navais são construídos e reparados dentro de oficinas cobertas, o que garante **PRAZO**, **CUSTO** e **RISCO** menores associados a uma elevada produtividade.

3.2 A CONCEPÇÃO INICAL DO PROJETO

Uma vez definida a linha de ação a ser seguida, o próximo desafio foi desenvolver um projeto de engenharia que fosse capaz de transformar a opção pelo ***"load-in"*** em realidade.

Esse estudo iniciou em abril de 2004 com a criação, pela direção do AMRJ, de um Grupo de Trabalho Multifuncional, composto por Engenheiros de diversas especialidades, com a missão de desenvolver um projeto que viabilizasse o transporte do Submarino "Timbira" da água, na condição de flutuação, para o interior da oficina com o menor custo possível e priorizando a utilização dos recursos existentes no parque industrial nacional.

Em Novembro de 2004, após sete meses de desenvolvimento, esse Grupo de Trabalho chegou à conclusão do estudo: um projeto preliminar da manobra que tem a sua concepção sintetizada na Figura 1.

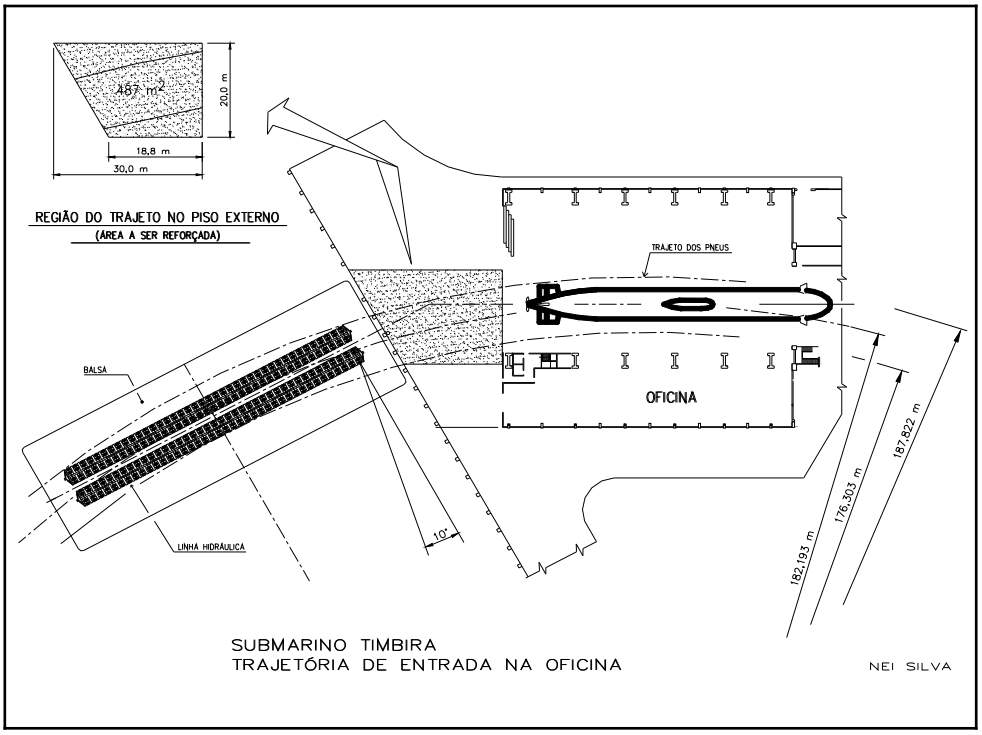


Figura 1 – Concepção da manobra de ***"load-in"***

A concepção deste projeto baseava-se em três etapas principais. A primeira consistia na docagem de uma balsa diretamente no piso de um dique seco do AMRJ. No alagamento do dique, a balsa permaneceria no fundo, o que possibilitaria a docagem do submarino sobre a balsa e posteriormente, a flutuação do conjunto balsa-submarino.

Na segunda etapa, com o submarino completamente fora da água, docado sobre a balsa, o conjunto balsa-submarino seria rebocado e atracado em frente à Oficina de Construção de Submarinos. A partir desta posição, na última etapa, duas carretas transportariam o submarino para o interior da oficina.

Concluída a concepção, o próximo obstáculo seria encontrar no mercado nacional uma empresa que fosse capaz de executar a manobra descrita acima.

Em Fevereiro de 2005, a empresa Superpesa venceu a licitação conduzida pelo AMRJ e assumiu legalmente o compromisso de executar o ***"load-in"*** da maneira mais fiel possível ao planejado inicialmente.

3.3 O IMPACTO DA INICIATIVA PRIVADA NO PROJETO "*LOAD-IN*"

A definição da empresa vencedora do certame representou um marco nesse processo, pois a partir deste momento, surgiram dificuldades técnicas, função das limitações dos recursos disponíveis, que tiveram que ser abordadas em uma parceria MB/Empresa privada, fundamental para o sucesso da empreitada. Essas dificuldades, bem como as soluções adotadas são abordadas a seguir.

3.3.1 INCLINAÇÃO DO CAIS COM A OFICINA

A princípio, as carretas, com suspensão hidráulica independente em cada eixo, deveriam desenvolver uma trajetória curva, conforme apresentado na Figura 1.

Porém, em virtude do grande comprimento, superior a setenta metros, as carretas não poderiam executar tal trajetória, fato que gerou o projeto de duas estruturas metálicas (rampas de transição) entre a balsa e o cais, de forma a permitir a passagem das carretas com segurança. Estas rampas podem ser visualizadas nas Figuras 11 e 12.

3.3.2 DESLOCAMENTO DO CONJUNTO LINHAS HIDRÁULICAS E BERÇOS

Devido à geometria dos apoios, as carretas deveriam suspender o submarino pelos berços em uma distância vertical superior ao curso permitido pela suspensão hidráulica.

A fim de eliminar interferências com os picadeiros centrais montados sobre o convés da balsa durante o deslocamento do submarino para a oficina, foram projetados complementos de quilha em madeira, a serem instalados sobre os picadeiros centrais e unidos aos berços, de forma a reduzir substancialmente a distância vertical a ser vencida.

Tal solução eliminou as interferências dos berços de apoio do submarino com os picadeiros centrais da balsa, no momento em que os berços e o submarino foram transportados pelas carretas para o interior da oficina, evitando, inclusive, a interferência dos berços com os picadeiros centrais previamente montados no interior da oficina. Esta solução é apresentada nas figuras 2 e 3.

Vale ressaltar que, em função das condições de contorno existentes, o problema descrito poderia inviabilizar a operação.

Figura 2 – Berços e complementos de quilha

Figura 3 – Complementos de quilha

3.3.3 NIVELAMENTO DA BALSA COM O CAIS

A balsa deveria possuir um sistema de sensores que permitisse medir o alinhamento e o nivelamento em relação ao cais e um sistema de lastro capaz de mantê-la alinhada e nivelada durante toda a manobra, corrigindo os efeitos de trim e banda que iriam ocorrer durante o transporte do submarino da balsa para a oficina.

Apesar da capacidade dos tanques da balsa ser suficiente para mantê-la nivelada, decidiu-se por iniciar a manobra com marés vazantes menores ou iguais a 0,9 m, pois caso a maré fosse superior a esse valor, o carregamento inicial na balsa (constituído pelo submarino, carretas, pesos diversos e lastro nos tanques centrais), seria grande e os esforços solicitantes implicariam em pequenos coeficientes de segurança (relativos à resistência estrutural da balsa).

Assim, para vencer este obstáculo, foi escolhida uma data para a manobra com pequena variação de maré, em fase da Lua quarto crescente ou minguante, preamar entre 07:00 e 08:30 hs a fim de evitar a incidência de ventos e preamar menor ou igual a 0,9 m.

3.3.4 ADAPTAÇÃO DOS BERÇOS PARA SEREM SUSPENSOS PELAS CARRETAS

Os berços de apoio do submarino, concebidos originalmente para serem utilizados na construção, permitiam o arrastamento e o transporte das seções do submarino da oficina para o dique flutuante, mas não possuíam dimensões suficientes para serem utilizados na manobra de ***"load-in"***, sendo necessário redimensioná-los, aumentando suas dimensões por meio de acréscimos estruturais [1].

O AMRJ projetou complementos estruturais para os berços já existentes, que possibilitaram o transporte do submarino por meio das carretas. Quando foi concluída a manobra, os berços serviram, conjuntamente com os picadeiros montados previamente no interior da oficina, como apoios do submarino. (Figura 2)

3.3.5 CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E ESTRUTURAIS DA BALSA

A balsa deveria ser capaz de resistir estruturalmente aos esforços solicitantes resultantes da docagem do submarino e ao posicionamento das duas carretas sobre seu convés. Além disso, deveria possuir pontal e calado que permitissem a docagem do submarino no dique seco e também manter o nivelamento do seu convés em relação ao cais durante a manobra de ***"load-in"***.

A balsa foi reforçada estruturalmente na linha de centro e no fundo, a partir de um estudo que gerou um projeto certificado pela Sociedade Classificadora "American Bureau of Shipping" (ABS) [2] e [3].

3.3.6 CAPACIDADE DOS TANQUES DE LASTRO DA BALSA

A balsa deveria possuir capacidade de armazenar lastro suficiente para mantê-la nivelada ao cais, em qualquer condição de maré.

Um procedimento elaborado pela Superpesa, certificado pela ABS e aprovado pelo AMRJ, descreveu em pormenores a manobra, a amarração, as forças envolvidas, o sistema de controle de lastro, os sensores, tanques e bombas utilizados, além de um estudo de estabilidade do conjunto submarino-balsa.

3.3.7 RESISTÊNCIA DO CAIS

O cais deveria resistir aos esforços decorrentes da passagem das duas carretas transportando o submarino durante a manobra. Até então, as movimentações de carga no Cais Sul, especialmente na região próxima à cantaria, eram realizadas por guindastes e cábreas.

Após estudo detalhado, o cais foi reforçado por uma empresa contratada pelo AMRJ, de modo a resistir com segurança aos esforços solicitantes calculados por ocasião da passagem do submarino, carretas e demais acessórios [4].

3.4 A UNIVERSIDADE COMO TERCEIRO PILAR DO PROJETO "*LOAD-IN*"

Concluídas as definições acerca das pendências técnicas geradas por limitações do equipamento, fez-se necessário executar alguns estudos, com alto grau de dificuldade, que pudessem entre outros aspectos, simular o comportamento dinâmico do conjunto balsa-submarino, levando em consideração diversos aspectos como topografia do fundo do mar e ação das condições ambientais, de modo a viabilizar o ***"load-in".***

O local escolhido, Tanque de Provas Numérico (TPN), da Universidade Politécnica de São Paulo (USP), é um laboratório pioneiro em hidrodinâmica aplicada e fruto da colaboração entre a indústria brasileira e as principais instituições de pesquisa do país. Seu principal objetivo é atuar como uma poderosa ferramenta para projeto e análise de sistemas flutuantes, o que permitiu executar as análises descritas em [5], resumidas a seguir.

3.4.1 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO CONJUNTO SUBMARINO-BALSA

Mostrou que os braços de endireitamento do conjunto submarino-balsa permitiam, como planejado, a realização com segurança da manobra de transporte do conjunto do Dique Almirante Régis para o Cais Sul.

Analisando a curva de estabilidade estática, apresentada na Figura 4, verifica-se que a balsa apresenta estabilidade adequada na condição de transporte do submarino. Observa-se um braço de endireitamento máximo a aproximadamente 20 graus e neste ângulo a área sob a curva vale 1,39 m.rad, valores que atendem aos critérios de estabilidade para balsas.

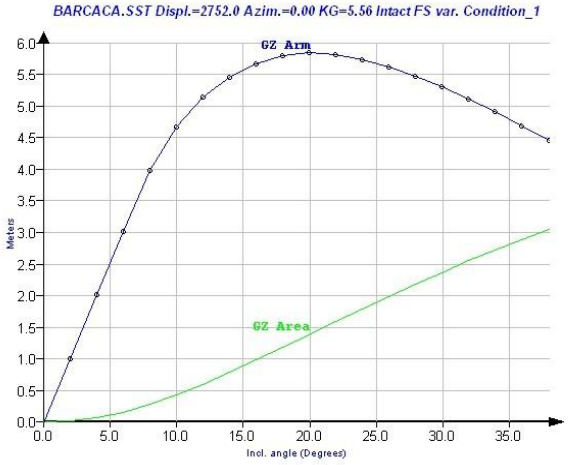


Figura 4 – Curva de Estabilidade Estática

3.4.2 ANÁLISE DINÂMICA DOS MOVIMENTOS DA BALSA

Foram considerados trinta cenários ambientais com diversos valores de vento, altura e freqüência de onda. A amplitude de movimento vertical da balsa ("heave") foi considerada significativa em diversas condições ambientais, o que limitou o início da operação a ventos inferiores a 4 nós e a alturas de ondas inferiores a 10 cm.

Neste estudo, utilizou-se o simulador Dynasim para verificar o comportamento dinâmico da balsa durante a manobra. Foram feitas simulações de 1000s e os resultados foram reduzidos estatisticamente. Foram analisados os movimentos de um ponto localizado a meia nau na quilha (origem) e outro localizado na popa no convés, próximo ao cais. As forças atuantes nas linhas de amarração também foram determinadas.

Os dados principais da balsa e do submarino estão sintetizados na Tabela I. Os momentos de inércia do conjunto submarino-balsa foram calculados, devido à impossibilidade do fornecimento dos mesmos.

Tabela-I - Características principais da barcaça carregada

Comprimento – Lpp	75 m
Boca	25 m
Pontal	4,84 m
Calado	2,6 m
Massa	4.940 t
Ix	2,752E05 t.m^2
Iy	2,150E06 t.m^2
Iz	2,256E06 t.m^2

O modelo simulado no Dynasim é mostrado na Figura 5. O efeito dinâmico da região de contato da popa da balsa com o cais foi desconsiderado, devido às condições de contorno. Em seu lugar foram colocadas amarras rígidas que impediam o deslocamento da balsa para ré. Os ângulos de lançamento das linhas foram determinados, sendo as linhas modeladas com nylon de 64mm de diâmetro e carga de ruptura de 72t. A Tabela II mostra as características do sistema de amarração.

Tabela-II - Características principais das linhas de amarração

Linha	Comprimento (m)	Azimute (grau)
1	85	300.0
2	90	296.2
3	134	21.4
4	40	20.3
5	100	313.2
6	76	24.2

Nas análises foram consideradas as ações de vento em rajadas (espectro de Harris) e ondas irregulares (espectro de Pierson-Moskowitz). Foram consideradas trinta condições ambientais, típicas do local, combinando direção, intensidade do vento, altura significativa de ondas e período de ondas.

A condição ambiental nº 1, crítica sob o aspecto “heave”, encontra-se resumida na Tabela III. Admitiu-se a ação de vento e onda colineares em todas as condições ambientais. Os resultados encontrados para a condição nº 1 estão representados na Tabela IV e as forças nas linhas de amarração, na Tabela V.

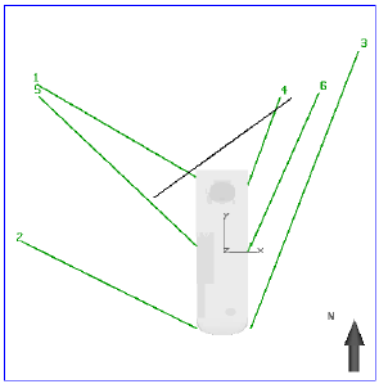


Figura 5 – Modelo simulado no Dynasim

Tabela-III – Condição ambiental nº 1

		onda		vento
Condição	dir (grau)	Hs (m)	Tz (s)	v (m/s)
1	135 (SE)	0,05	8,0	2,0

Tabela-IV – Movimentos esperados na popa-convés – condição ambiental nº 1

Movimento	Mean	St.Dev.	Max(A)	Min(B)	A-B	Wbl.Max(C)	Wbl.Min(D)	C-D
X (m)	0.037	0.017	0.084	-0.015	0.099	0.096	-0.036	0.132
Y (m)	32.462	0.020	32.516	32.403	0.113	32.528	32.394	0.134
Z (m)	2.096	0.016	2.145	2.045	0.100	2.155	2.034	0.121
Roll (º)	-0.021	0.019	0.039	-0.084	0.123	0.050	-0.094	0.144
Pitch (º)	0.082	0.021	0.152	0.020	0.132	0.163	0.004	0.159
Yaw (º)	-89.769	0.026	-89.696	-89.844	0.148	-89.679	-89.866	0.187

Tabela-V- Forças atuantes nas linhas de amarração – condição ambiental nº1

Forças	Mean	St.Dev.	Max(A)	Min(B)	Wbl.Max(C)	Wbl.Min(D)
Linha 1 (kN)	22.47	0.62	24.15	20.25	24.49	19.63
Linha 2 (kN)	30.47	0.72	32.43	28.18	33.25	27.61
Linha 3 (kN)	47.23	0.46	48.59	45.81	48.90	45.43
Linha 4 (kN)	58.46	1.32	62.03	55.03	62.86	54.27
Linha 5 (kN)	15.20	0.52	16.84	13.83	17.07	13.50
Linha 6 (kN)	57.06	0.70	58.99	55.24	59.39	54.78

3.4.2 ANÁLISES ESTRUTURAIS DA BALSA E DAS RAMPAS DE TRANSIÇÃO

As tensões previstas na balsa lastrada, nas rampas e nos olhais foram analisadas por meio de programa de elementos finitos.

Foi determinado o módulo da seção mestra da balsa. A estrutura da balsa foi então modelada com elementos de viga, reproduzindo costados, anteparas longitudinais e transversais, treliças longitudinais, espelho de popa e espelho de proa, elementos de maior rigidez na estrutura da balsa.

As seguintes condições de carregamento foram avaliadas:

a) Condição de transporte do submarino, com 70 toneladas de lastro nos tanques de proa;

b) Condição no início da manobra, com lastro nos tanques 1, 2 , 3 e 4; e

c) Condição com dezenove, de trinta e seis, linhas de eixo da carreta embarcados, com lastro nos tanques 1, 2, 3 e 4.

As tensões máximas combinadas para a condição de carregamento referente ao início da manobra, são mostradas na Figura 6.

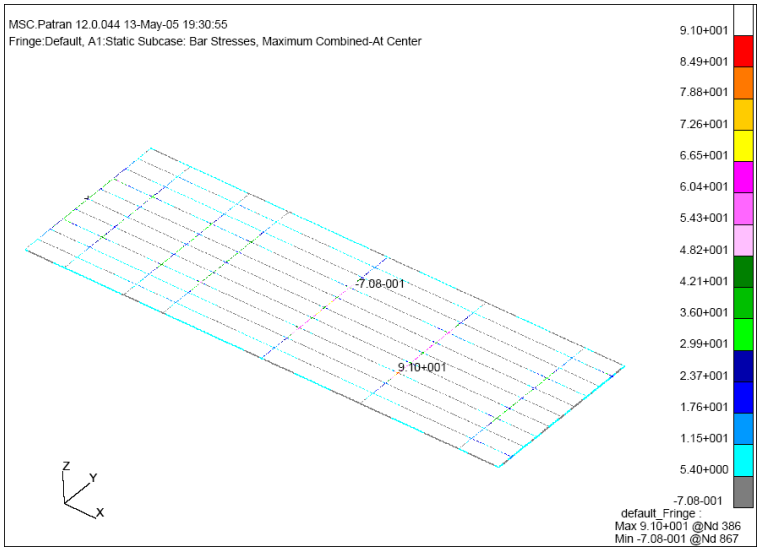


Figura 6 – Tensões máximas combinadas no fundo da balsa

A rampa de bombordo da balsa foi também modelada com elementos de viga. A Figura 7 apresenta os esforços máximos agindo na rampa na seguinte condição de carregamento:

Rampa com 190 t de carga e com 100 mm de torção no trecho apoiado no cais.

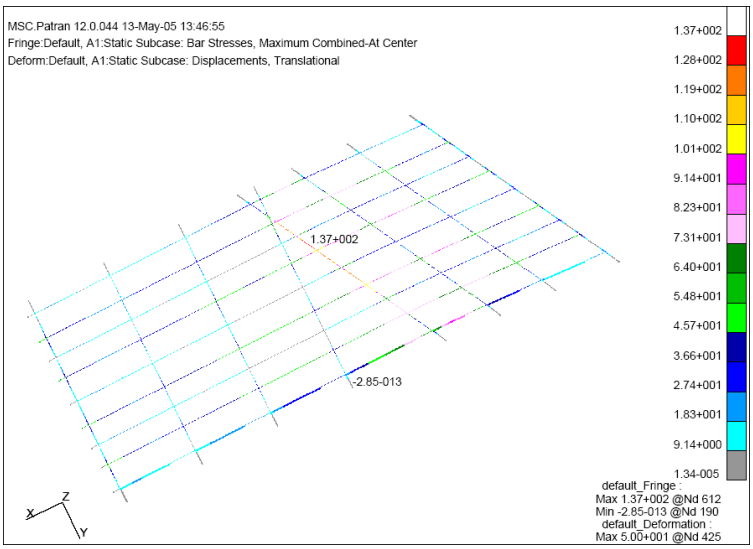


Figura 7 – Tensões máximas combinadas na rampa com torção

Os olhais de fixação da rampa na balsa foram modelados com elementos de placas. Foi aplicada uma carga de 25 toneladas agindo no furo do olhal. As Figuras 8 e 9 mostram respectivamente, as tensões máximas (Von Mises) e a estrutura deformada do olhal.

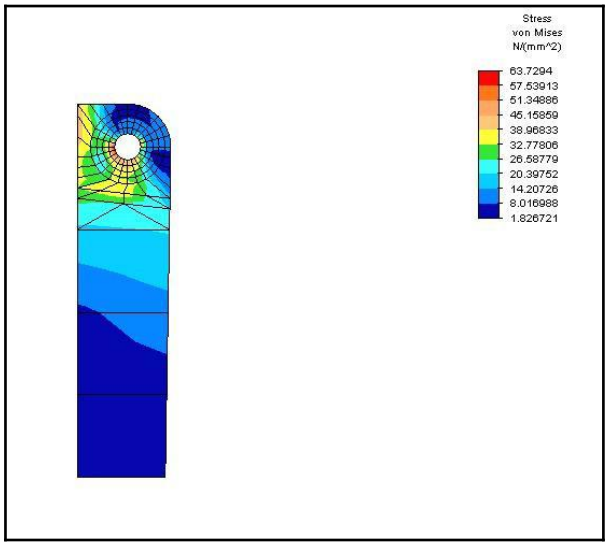


Figura 8 – Tensões agindo no olhal em N/mm^2

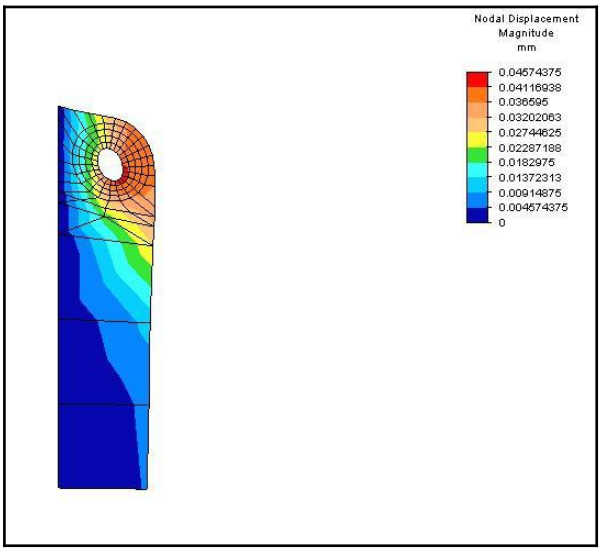


Figura 9 – Deformações no olhal (mm)

Concluiu-se que a estrutura da balsa e as rampas atendiam aos requisitos estruturais para o **"load-in"** do Submarino "Timbira". As tensões obtidas na balsa, em média, foram abaixo de 100 MPa, valores aceitáveis para a tensão primaria na viga-navio. As tensões encontradas no olhal estão abaixo de 65 MPa e são aceitáveis para este tipo de estrutura.

3.4.3 "SOFTWARE" DE CONTROLE DE LASTRO DA BALSA

Foi necessário desenvolver um "software" que automatizasse o processo de controle de lastro. Este "software" apresenta como saídas planilhas que informam trim, banda e calado da balsa, e foi elaborado a partir das informações de marés, número de eixos das carretas posicionados no cais e níveis de lastro dos tanques. (Figura 10)

Este programa, em uma condição de redundância, deveria ser utilizado caso os recursos de automação instalados na balsa – sensores eletrônicos de nível de tanques e de maré; inclinômetros digitais de banda e de trim; teodolitos eletrônicos; e programa indicador de inclinação, calado, lastro e alinhamento da balsa em relação ao cais – apresentassem algum defeito que os tornassem inoperantes ou se mostrassem inadequados para determinada situação durante a manobra.

LOAD IN DO TIMBIRA

1. VOLUME DE LASTRO

TANQUES	Sondagem (mm) ou Porcentagem	VALORES MAX SOND (m)	Peso de Lastro
TQ1 - BB (PROA) - TRIM	30	3710	68
TQ1 - C (PROA) - TRIM	40	3710	30
TQ1 - BE (PROA) - TRIM	30	3710	68
TQ2 - BB	0	4840	0
TQ2 - LC - TRIM	40	4840	446
TQ 2 - BE	0	4840	0
TQ3 - BB - BANDA	0	4840	0
TQ3 - LC - MARÉ	30	4840	1031
TQ3 - BE - BANDA	0	4840	0
TQ4 - BB - MARÉ	0	4840	0
TQ4 - LC - MARÉ	30	4840	344
TQ 4 - BE - MARÉ	0	4840	0
TQ5 - BB	0	4840	0
TQ5 - LC - TRIM	0	4840	0
TQ 5 - BE	0	4840	0
TQ6 - BB (POPA) - TRIM	0	4840	0
TQ6 - C(POPA) - TRIM	40	4840	182
TQ 6 - BE (POPA) - TRIM	0	4840	0
A entrada é sondagem (S ou N)	N		

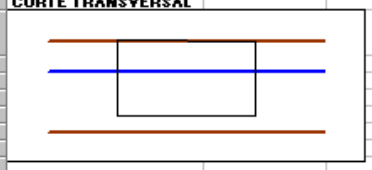
2. CARRETA E SUBMARINO

A carreta embarcou?	S
Numero de eixos embarcados (até o espelho de popa da balsa)	25
Distancia do centro do eixo (não desembarcado) até o espelho de po	1452
O peso do submarino foi transferido para a carreta?	S

3. DISTANCIA AO CAIS

ALTURA DA MARÉ (mm)	300
DESNÍVEL ENTRE O CONVES NA POPA E O CAIS (mm)	-2
DIST. VERT. DO CONVES NA MEIA NAU AO CAIS (mm)	-9
DESNÍVEL ENTRE O ULTIMO EIXO DA CARRETA E O CAIS (mm)	-10
TOTAL DE DESNIVEL ENTRE OS EIXOS DA CARRETA (mm)	7
Banda(graus)	-0,06
OBS.: Valor do ângulo positivo significa Banda a BE	
Trim (graus)	0,01
OBS.: Valor do ângulo positivo significa trim pela proa	
Calado à meia-nau (m)	2,80

CORTE TRANSVERSAL



CAIS

PERFIL LONGITUDINAL

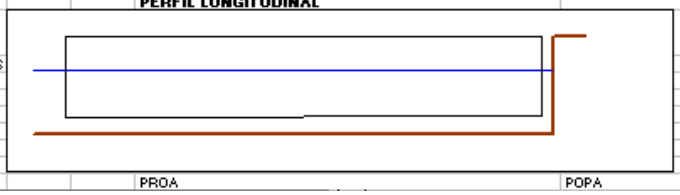


Figura 10 – Apresentação do “software” de controle de lastro da balsa

3.4.4 SIMULAÇÃO VIRTUAL DA MANOBRA

Foi elaborada uma simulação virtual de todas as fases da manobra, em aplicativo 3D StudioMax, a partir de informações, fotos e arquivos digitais selecionadas pelo AMRJ.

Esta simulação foi importante pois permitiu a visualização prévia de toda a manobra pelos envolvidos no projeto e por aqueles que teriam a responsabilidade de executá-la a posteriori.

Figura 11 – Imagem da simulação virtual da manobra

3.5 DEFINIÇÃO DAS EQUIPES DA MANOBRA

Concluído todo o trabalho de concepção, a próxima etapa foi concluir o planejamento da faina, de maneira a garantir que a execução da manobra não se afastasse da concepção.

Nesta última etapa, foram definidas equipes, cujas principais atribuições são descritas abaixo:

Apoio ao submarino – providenciar instalação e retirada de sistema provisório de redes de água salgada para resfriamento do sistema de ar condicionado do submarino na balsa; verificar acesso e situação de Controle de Avarias (CAV) do submarino; retirar o acesso ao submarino por ocasião do início do deslocamento; prestar apoio à tripulação durante a manobra.

Amarração e Reboque – verificar o posicionamento nos locais planejados da equipe de amarração da balsa, da balsa auxiliar e dos rebocadores no local da manobra; verificar a amarração e o posicionamento das defensas; testar os cabrestantes.

Monitoração das Variáveis Ambientais – verificar altura significativa de ondas, condições de vento e condições meteorológicas; acompanhar altura da maré.

Monitoração Terra – posicionar teodolitos, espelhos dos teodolitos na balsa e estação de controle de terra; verificar o funcionamento dos teodolitos, posicionamento da balsa principal, alinhamento da balsa principal em relação à linha de referência, alinhamento da balsa em relação ao nível do cais, trim e banda da balsa com teodolito e desnível da rampa em relação ao cais; posicionar rampas principais e auxiliares; corrigir eventual abertura entre rampa e cais.

Monitoração Bordo – verificar o posicionamento nos locais planejados das equipes de monitoração de lastro a bordo; testar e calibrar os instrumentos de medição dos tanques; verificar inclinômetros (trim e banda) e a transmissão de dados entre computadores de bordo e de terra; testar bombas (principais e reservas); verificar a régua de sondagem manual dos tanques; acompanhar manobras de lastro na balsa.

Inspeção das Carretas – inspecionar o convés da balsa, os picadeiros e os berços; verificar possíveis interferências do convés da balsa com os pneus das carretas; dar o pronto das carretas; verificar se as suspensões estão no limite inferior de altura; verificar acoplamento da carreta aos cavalos mecânicos e conexões hidráulicas; inspecionar visualmente os pneus.

Antes das carretas assumirem a carga do submarino, este time deveria verificar a aferição dos manômetros e o posicionamento longitudinal das linhas hidráulicas; retirar escoras laterais; elevar as suspensões hidráulicas para altura próxima aos berços; verificar a altura ao longo das linhas; travar os berços nas carretas.

Verificação do Posicionamento Submarino – verificar picadeiros na oficina, posicionamento final do submarino e condição de saída dos cavalos mecânicos; calçar lateralmente os berços 1 e 10.

Após diversas reuniões de trabalho, devido ao ineditismo e a alta complexidade da operação que estava por ser executada, chegou-se ao consenso da necessidade de se realizar um ensaio, de modo a comprovar a correção de todos os estudos desenvolvidos. Este ensaio precedeu a execução da manobra e está descrito a seguir.

4. EXECUÇÃO DA MANOBRA DE "LOAD-IN"

4.1 ENSAIO

Foi realizado um ensaio da manobra, sem o submarino, nos dias 17 e 18 de maio de 2005. O primeiro dia foi empregado para lastrar a balsa na condição inicial do ensaio. Neste teste foi possível perceber que a quantidade de bombas, reservada para transferência de lastro, era insuficiente, pois a balsa não conseguia acompanhar a variação da maré, permanecendo desnivelada em relação ao cais, fato que poderia comprometer a manobra.

No segundo dia, com a balsa nivelada, o ensaio foi considerado satisfatório. Os problemas de velocidade de compensação de lastro ficaram evidenciados e o número de bombas previsto para o dia da manobra foi aumentado de quatorze para vinte e seis. Além disso, foram disponibilizadas dez bombas reservas.

As carretas embarcaram na balsa, passaram a suportar os berços e os transportaram para o interior da Oficina de Construção de Submarinos.

4.2 DOCAGEM DA BALSA SUPERPESA IX

Os berços foram reposicionados na balsa, e esta rebocada para o Dique Almirante Régis, onde docou sobre o fundo do dique seco em 19 de maio. Em seguida, os tanques de lastro da balsa foram totalmente alagados, forçando-a a permanecer no fundo do dique simultaneamente ao seu alagamento.

4.3 DOCAGEM DO SUBMARINO “TIMBIRA”

No dia 20 de maio, o Submarino “Timbira” entrou no dique compassado, ou seja, sem banda e trim, com calado de 5,0 m. Cuidados adicionais com o posicionamento longitudinal do submarino antes de docá-lo foram tomados, pois caso houvesse um deslocamento superior a 100 mm para ré, o berço número 2 posicionado sobre o convés da balsa, interferiria com o casco do submarino. Por outro lado, um deslocamento para vante maior que 2.000 mm, causaria um abalroamento com as rampas já instaladas na balsa, submersas na ocasião.

4.4 DESDOCAGEM E TRANSPORTE DO CONJUNTO SUBMARINO-BALSA

Entre os dias 21 e 26 de maio foram realizados diversos serviços, tais como: hidrojateamento do casco; instalação de escoras; união dos berços 1 e 10 respectivamente aos berços 2 e 9; instalação de contentores do sistema de lastro, de sensores de nível de tanques e de guinchos de amarração, que haviam sido retirados antes da balsa submergir no dique. Além disso, a balsa foi lastrada para a condição de transporte e o dique mantido com lâmina d’água inferior a 2,5 m, de forma a impedir a flutuação antecipada do conjunto submarino-balsa.

No dia 27 de maio, o dique foi alagado até o conjunto submarino-balsa flutuar, o que aconteceu quando o calado na balsa atingiu 3,0 m. Verificou-se cuidadosamente se conjunto adquiriria trim ou banda, pois houve adição de cerca de 1.400 t à balsa, devido ao submarino e a demais pesos, após a sua docagem no fundo do dique. Após a constatação da inexistência de quaisquer trim ou banda, o dique foi completamente alagado e o conjunto submarino-balsa foi transportado com sucesso, em 30 minutos, até o Cais Sul.

Ao final do dia, as carretas embarcaram na balsa e foi realizado um teste de içamento do submarino. As carretas permaneceram por mais de 30 minutos sustentando o submarino sem que ocorresse qualquer avaria, demonstrando que estavam em plenas condições operacionais para a realização da manobra.

Figura 12 – Submarino e balsa no dique

Figura 13 – Transporte do conjunto

4.5 MANOBRA DE "LOAD-IN"

O dia 28 de maio foi dedicado a ajustes no sistema de lastro e de sensores. No dia 29, os tanques da balsa foram lastrados para a condição de início da manobra.

No dia 30, escolhido para a realização da manobra, as rampas foram posicionadas, os cavalos mecânicos embarcaram na balsa e o submarino foi suspenso pelas carretas, que passaram a sustentá-lo esperando o melhor momento para iniciá-la. O início da manobra ocorreu por volta das 07:15 h, no estofo da maré, com o deslocamento das carretas, eixo a eixo.

Desta forma, avançando em média 1,6 m entre cada parada, de forma a garantir o equilíbrio da balsa, foi possível compensar com lastro as pequenas variações de trim causadas pelo descarregamento de cada eixo e o peso que o mesmo suportava. A operação teve a duração de cerca de duas horas, até o desembarque do último eixo da balsa.

Figura 14 – **"Load-in"** do Submarino "Timbira"

Figura 15 – Submarino na oficina

4.6 CONCLUSÃO

Além das contribuições técnicas apresentadas neste artigo, talvez a maior relevância desse projeto seja trazer para a realidade industrial, concepções teóricas e uma sólida parceria Marinha-Universidade-Empresas Privadas.

O sucesso desta inédita manobra (considerando a forma como a mesma foi realizada), deveu-se à competência profissional, à criatividade e ao empenho dos militares e civis, engenheiros, técnicos e operários do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, das empresas contratadas e sub-contratadas e dos estudos desenvolvidos pela Universidade, demonstrando, mais uma vez, que as parcerias formadas constituíram fatores imprescindíveis para a manutenção e desenvolvimento de uma Tecnologia Militar Naval Nacional.

Deve-se ressaltar que desde a escolha da linha de ação a tomar, todas as decisões foram fundamentadas em estudos desenvolvidos por grupos de trabalhos multifuncionais, ratificando a tese de que toda atividade de engenharia, quando bem planejada, tem grandes probabilidades de ser bem sucedida.

5. BIBLIOGRAFIA

[1] DEPARTAMENTO TÉCNICO DO AMRJ (2004), Cálculo Estrutural – Complemento dos Berços.

[2] SUPORTE CONSULTORIA E PROJETOS (2005), Análise da Estrutura da Barcaça Superpesa IX para Load out do Submarino Timbira, 2.04.B04MC.940.003.

[3] SUPORTE CONSULTORIA E PROJETOS (2005), Procedimento de Embarque, Transporte e Desembarque – Submarino Timbira. P2.04.B04-PR.940.001.

[4] DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVIS DO AMRJ (2005), Projeto de Reforço do Cais Sul.

[5] TANQUE DE PROVAS NUMÉRICO / EPUSP (2005), Avaliação da Operação de "**Load-in"** – Submarino Timbira.

[6] GERE, JAMES M. (2003), Mecânica dos Materiais, 5 ed., São Paulo, Thomson.

[7] MANOBRA DE MOVIMENTAÇÃO DO SUBMARINO "TIMBIRA" PARA O INTERIOR DO ED. 17 PELO MÉTODO DE ***LOAD-IN*** (2004), Estudo para tomada de decisão

19º CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E ENGENHARIA PORTUÁRIA – XIX COPINAVAL

TRANSPORTE DE SEÇÕES DO SUBMARINO TIKUNA

Autores: César Pinto Corrêa[1], Sydney dos Santos Neves[2], Pedro Mauro Rodrigues Barbosa[3], Kazuo Nishimoto[4]

1 RESUMO

Dentro do processo construtivo adotado pelo Arsenal de Marinha dório de Janeiro (AMRJ) para a construção de submarinos, as seções 10, 20, 30 e 40 são transportadas para o dique-flutuante onde são unidas umas às outras por soldagem. A adoção de tal procedimento deveu-se, em parte, pela indisponibilidade no país, na década de 80, de equipamentos de transporte de peso capazes de transportar seções maiores que aquelas adotadas, ou mesmo de dispositivos e meios no AMRJ capazes de transportar o submarino por inteiro (já soldado) para o seu local de lançamento, a exemplo do que era adotado por diversos países construtores de submarinos.

Figura 1: Fases do processo de construção de submarinos.

[1] Contra-Almirante, Engenheiro Naval, Diretor do AMRJ.

[2] Capitão-de-Mar-e-Guerra, Engenheiro Naval, Superintendente Industrial do AMRJ.

[3] Capitão-de-Corveta, Engenheiro Naval, Encarregado da Divisão de Serviços de Estaleiros do AMRJ.

[4] Professor Doutor, Livre Docente, Diretor do Tanque de Provas Numérico, Universidade de São Paulo.

Para a construção do S. Tikuna, vislumbrou-se a possibilidade de se realizar a união das seções 20 e 30 no interior da oficina, de modo a reduzir o prazo de construção. A presença de equipamentos de transporte de peso de grande porte no país devido ao desenvolvimento da indústria oceânica permitiu a realização de estudos para verificar a viabilidade de tal empreendimento.

Este trabalho apresenta o projeto, bem sucedido, do AMRJ, realizado em conjunto com a Universidade de São Paulo e a iniciativa privada, para antecipar de onze meses a prontificação da construção do Submarino Tikuna, e em conseqüência, sua entrega ao setor operativo da Marinha do Brasil.

A construção do S. Tikuna, prevista inicialmente para durar seis anos a partir de 1997, teve seu cronograma estendido devido às diversas restrições orçamentárias que ao longo do tempo impediram que a obra ocorresse dentro do ritmo planejado. Por conta disso, no ano de 2003, previa-se que o submarino poderia ser incorporado à Armada somente ao final de 2006. Diante das dificuldades orçamentárias, o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro buscou alternativas para otimizar o processo construtivo e reduzir o prazo de entrega do navio.

Aproveitando a presença em águas brasileiras de cábreas de elevada capacidade, motivada por demanda da indústria petrolífera oceânica, optou-se por soldar duas seções intermediárias do submarino ainda no interior da oficina de construção, a fim de aumentar o rendimento dos trabalhos, que puderam avançar em condições abrigadas do tempo e com melhor apoio de facilidades da oficina.

A adoção daquela medida não foi uma decisão simples, uma vez que para viabilizar o aumento do peso máximo de seção a ser transportada, que passou de 350 para 600 toneladas, diversos aspectos tiveram de ser detidamente estudados, como a resistência do cais por onde as seções teriam de ser movimentadas até o ponto de serem içadas pela cábrea, as condições de vento e mar, além do comportamento dinâmico do conjunto cábrea-seções unidas até o momento da liberação da seção sobre o convés do dique-flutuante.

Foram realizadas simulações dinâmicas da manobra no Tanque de Provas Numérico da Universidade de São Paulo. Além destas verificações computacionais, para validar a manobra simulada, foram realizados testes de içamento com uma balsa lastrada, no meio da Baía da Guanabara.

O transporte de seções do submarino Tikuna do interior da oficina de construção para o dique-flutuante envolveu diversas inovações tecnológicas no processo de construção, o que permitiu a antecipação da data de incorporação do submarino em onze meses e com isso a redução de custos.

2 DETALHAMENTO DA MANOBRA

2.1 CARACTERÍSTICAS DAS SEÇÕES

As principais características das seções do S. Tikuna transportadas para o dique-flutuante são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 1: Peso e CG das seções – distâncias medidas em relação à extremidade de ré de cada seção.

SEÇÃO	*PESO (tf)*	*COMPRIMENTO (m)*	*POSIÇÃO DO CG (mm)*
10	200	14,3	9071 (excluindo o eixo propulsor)
20&30	550	28,4	12700
40	228	17,5	8250

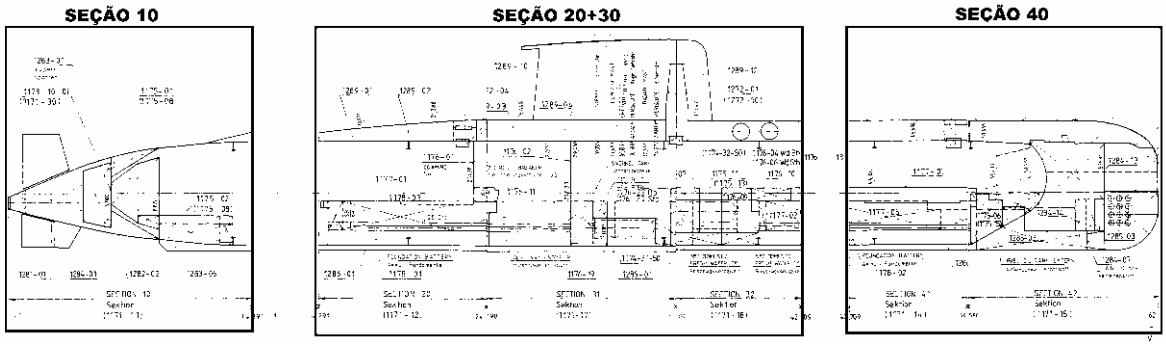


Figura 2: Seções 10, 20&30 e 40 do S. Tikuna.

2.2 CARACTERÍSTICAS DA CÁBREATAKLIFT 6

A cábrea Taklift 6 tem capacidade de 1200 t, dependendo da inclinação das lanças (“main tackle” e “fly jib”) e da configuração dos pontos de içamento. A embarcação tem sido empregada em águas brasileiras em operações de içamento e transporte de grandes pesos para a indústria offshore. A embarcação encontra-se fretada pela empresa Superpesa e operada pela empresa Smit, com ampla tradição no mercado de operações de manobra de grandes pesos. As princiais características são apresentadas a seguir.

Figura 3: Taklift 6 configurada para o transporte da seção 20&30.

Tabela 2: Principais características da cábrea Taklift 6.

Comprimento	72,56 m	Classificação	GL 100 A4 MC
Boca	30,50 m	Propulsão	2 x 480 kW
Pontal	5,50 m	Bowthruster	2 x 184 kW
Calado máx	4,90 m	Máquina de suspender	1 x 10 t – 235 m de amarra diâm. 56 mm
Calado mín	2,50 m	Cabrestantes	6 x 10/5 t + 4 x 30/10 t – cabos de aço
Desl. máx	3297 t	Acomodações	30 pessoas
Desl.mín	989 t	Capacidade	1200 t

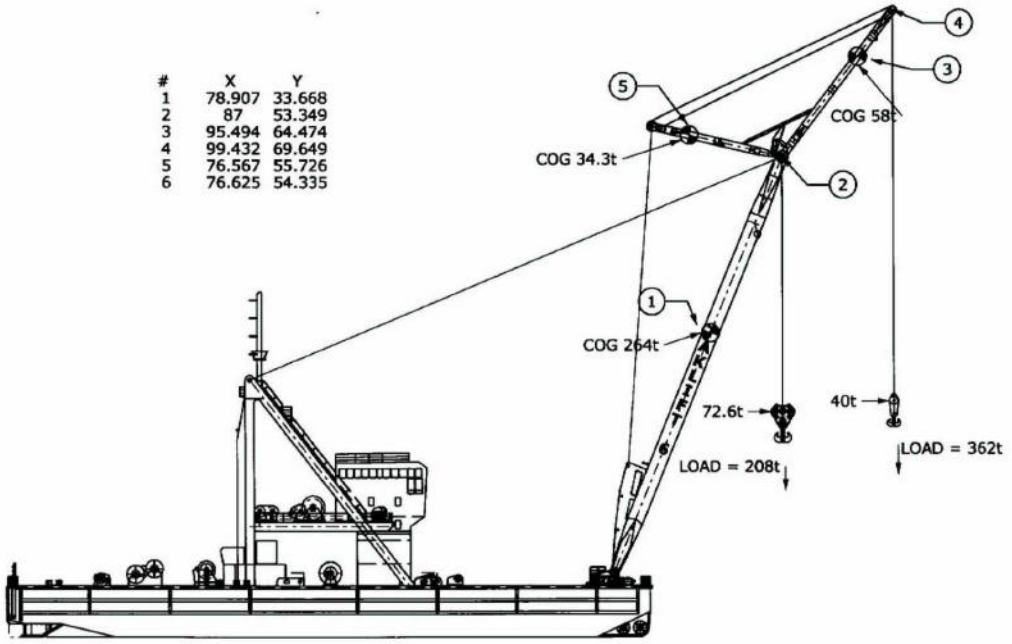


Figura 3: Desenho das forças e centros à Taklift 6 na configuração para transporte da seção 20&30.

2.3 SEQÜÊNCIA DA MANOBRA

Em linhas gerais, a manobra em questão pode ser desmembrada nas seguintes fases:

a) Deslocamento do interior da oficina (Figura 5) até a posição de içamento (Figura 6) - Para a seção 20&30 esta fase foi executada mediante o deslizamento sobre trilhos, na direção longitudinal e transversal, respectivamente, a cargo do próprio AMRJ. Para as seções 10 e 40, o deslocamento até o ponto de içamento foi realizado mediante carretas especiais, a cargo da empresa Superpesa;

b) Içamento da seção (Figura 5);

c) "Giro" da cábrea e deslocamento para o dique-flutuante ; e

d) Posicionamento da seção no dique-flutuante (Figura 7).

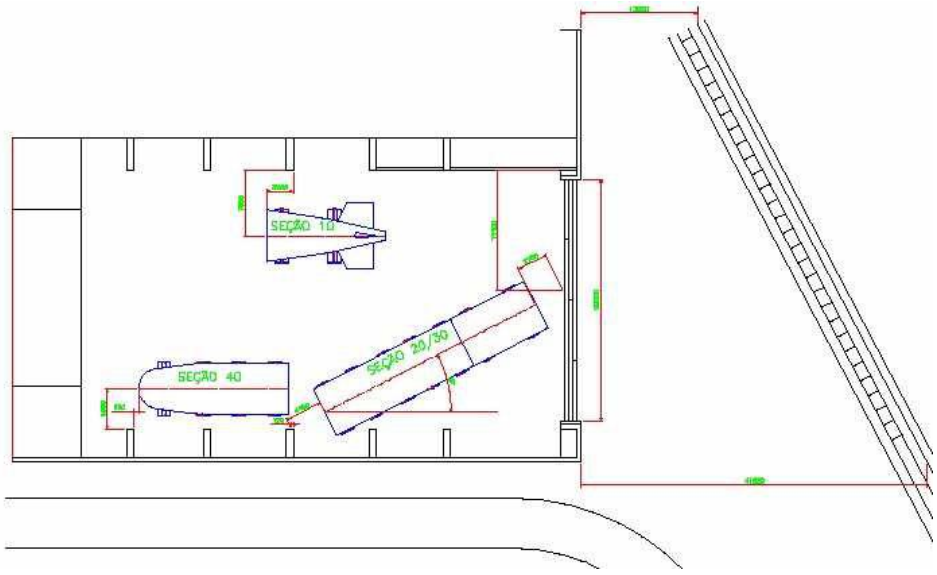


Figura 4: Posicionamento da seção no local de içamento.

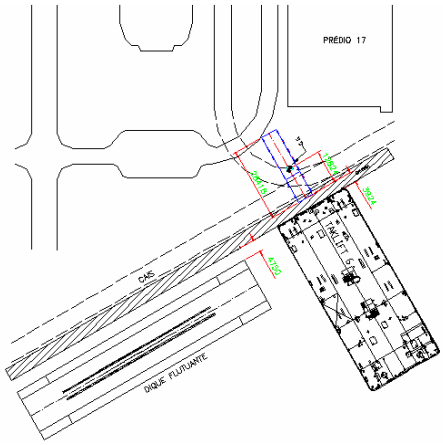


Figura 5: Içamento da seção.

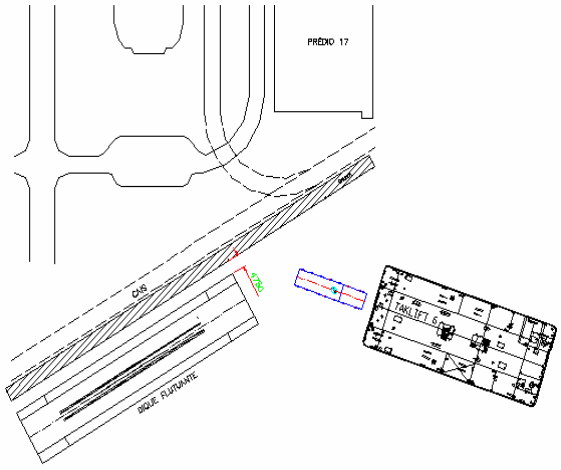


Figura 6: Giro da cábrea com a seção.

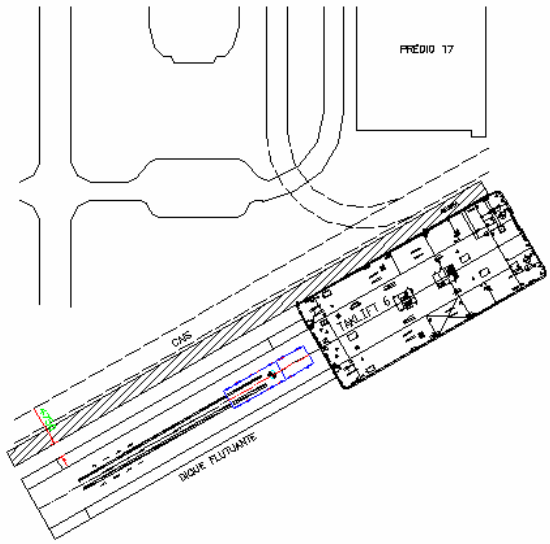


Figura 7: Posicionamento da seção no dique-flutuante.

3 DISPOSITIVOS ESPECIAIS E TESTES DE CARGA

Foram projetados e construídos dois dispositivos especiais para compatibilizar a geometria das seções e berços sobre os quais se apoiavam com as características da cábrea. O projeto, apresentado detalhadamente pela referência [1], atendeu às normas constantes das referências [2] a [7]. Na Figura 8 pode-se obervar os dispositivos em fase de fabricação na empresa Superpesa.

Figura 8: Detalhe da fabricação do "spreader bar"(a) e do "lifting frame"(b).

3.1 TESTE DE CARGA COM BALSA

Além das verificações de atendimento às normas constantes das referências, foi realizado um teste de carga, mediante o içamento de uma balsa lastrada para este fim.

O dispositivo de teste, apresentado na Figura 9 a seguir, foi concebido de modo a se obter condições de carregamento e estabilidade mais severas que aquelas encontradas no transporte de seções do S. Tikuna.

O arranjo de teste também permitiu que todos os cabos de aço, manilhas e demais acessórios empregados no transporte das seções fossem testados previamente, em adição aos requisitos de certificação impostos pelas normas pertinentes.

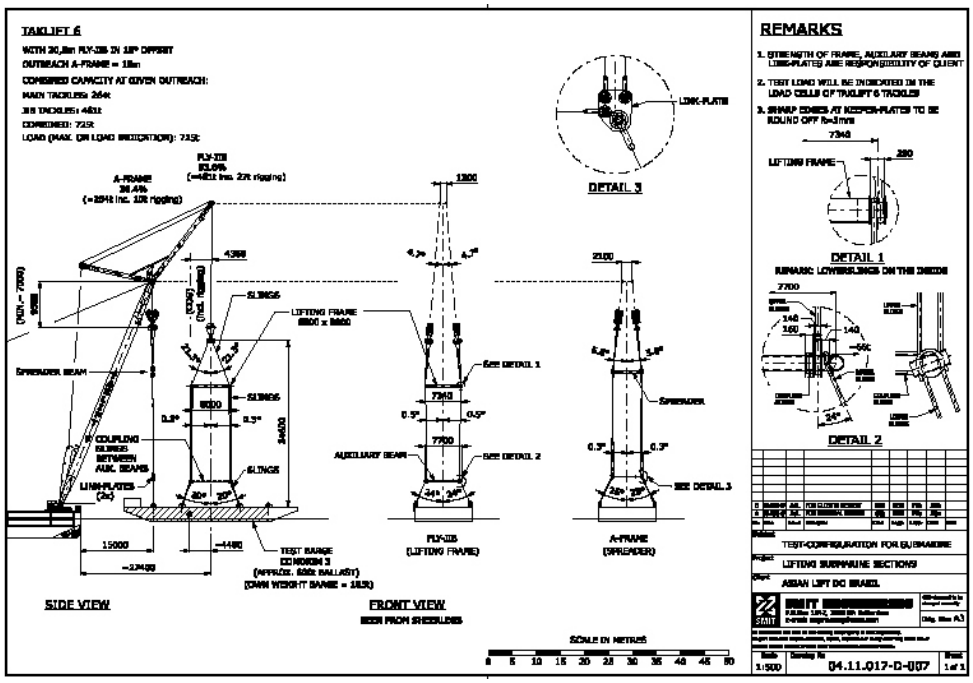


Figura 9: Detalhamento do teste de carga com balsa lastrada.

Figura 10: Detalhe da realização do teste da cábrea e do dispositivo de içamento.

4 ANÁLISE DINÂMICA DO IÇAMENTO DA CARGA

4.1 O TANQUE DE PROVAS NUMÉRICO DA USP

O Tanque de Provas Numérico da USP (TPN) iniciou suas atividades em Janeiro de 2001, sob a coordenação do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Fruto de um desenvolvimento conjunto da Petrobrás, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUCRJ), o TPN teve como motivação inicial apoiar a exploração de petróleo no mar.

O projeto de sistemas de produção de petróleo demanda análises e validações para se garantir a operação com segurança em condições ambientais adversas. Diante da limitação dos ensaios com modelos em escala reduzida (razão de escala mínima de 1:120), fez-se necessária a utilização de modelos para estudo de sistemas em águas profundas, o que requer o pós-processamento com um simulador numérico possante.

A viabilização do **TPN** foi possível graças ao uso de um *cluster* de 120 computadores PC, operando em processamento paralelo. A visualização *3D-Stereo* está baseada numa estação de trabalho *Silicon Graphics - Onyx Infinity Reality 3*. Dessa forma, o TPN veio complementar e estender as aplicações do Tanque de Provas Físico, servindo especialmente para validação de sistemas completos em projetos navais.

O simulador numérico possibilita a elaboração de modelos hidrodinâmios e estruturais de linhas (ancoragem e risers), computação de alto desempenhoe visualização 3D stereo. Na área de hodrodinâmica, pode ser empregado no cálculo de forças potenciais e viscosas, no estudo dos efeitos de interação entre corpos e de forças não modeláveis numericamente, mediante a calibração por resultados experientais. Destacam-se ainda, as aplicações na área de hidrostática não-linear.

4.2 ABORDAGEM DO PROBLEMA

Foi realizada uma análise dinâmica da operação de içamento e transporte das seções do submarino através do simulador do TPN. Estudou-se o comportamento dinâmico das seções do submarino durante manobra de carregamento no dique-flutuante. Para tanto, foram feitas análises acopladas considerando-se os seis graus de liberdade dos dois corpos (cábrea e seções), na trajetória típica empregada para a manobra. Foram simuladas dez condições ambientais distintas.

4.2.1 MODIFICAÇÕES E IMPLEMENTAÇÕES

Por se tratar de uma análise atípica, até então, foram implementadas modificações no simulador do TPN pra que a análise do comportamento da carga fosse realizada. Dentre essas modificações pode-se citar:

a) Implementação do modelo de corpo suspenso;

b) Imposição de trajetória prescrita para o navio (apenas no plano X-Y); e

c) Efeito sombra na força de vento

4.2.2 MODELAGEM

Por limitações do programa, o "frame" para auxiliar o içamento do módulo não foi modelado em seus detalhes. O conjunto módulo-frame foi considerado como sendo um único corpo rígido. Hipótese essa razoável, uma vez que a configuração do frame não sofre maiores alterações durante a operação. No caso, o mais importante são os pontos de conexão, que foram preservados.

A Figura 16 mostra a seção com o "frame" e os pontos 1 e 2, de conexão da linha do guindaste considerado na análise. A Figura 17 mostra a configuração do guindaste durante a operação. As coordenadas dos pontos 1 a 4 estabelecidas através dessa figura, assim como os comprimentos das linhas de ligação "a" e "b" (em azul).Os dados hidrodinâmicos foram obtidos através do programa WAMIT. Adotou-se um centro de gravidade

longitudinal de -4.5m, de forma que o navio guindaste ficasse com um ângulo de "*pitch*" próximo de zero durante a operação.

O sistema cábrea-seção foi simulado considerando-se uma trajetória prescrita (manobra para carregamento do dique-flutuante), definida pelo comandante da cábrea, a partir da apreciação de trajetórias estimadas proposta inicialmente.

Para as análises, foram consideradas dez combinações de condições ambientais. Aqui não foi considerada a ação de corrente por se tratar de uma área abrigada, sendo consideradas somente as ações de vento e onda. A Tabela 3 mostra as condições ambientais simuladas.

Decidiu-se adotar duas condições de vento e ondas, uma mais amena e outra um pouco mais forte, ambas atuando colinearmente. Foram adotadas duas direções de incidência, sendo uma perpendicular à linha do cais e outra com um ângulo de 45 graus ("noroeste"). As condições de 5 a 8 são idênticas às condições 1 a 4, porém consideram o efeito de rajadas do vento, conforme definido através do espectro de Harris. As condições 9 e 10 foram simuladas apenas para ilustrar a funcionalidade do programa, uma vez que as oscilações experimentadas pelo módulo sob as condições de 1 a 8 foram bastante reduzidas.

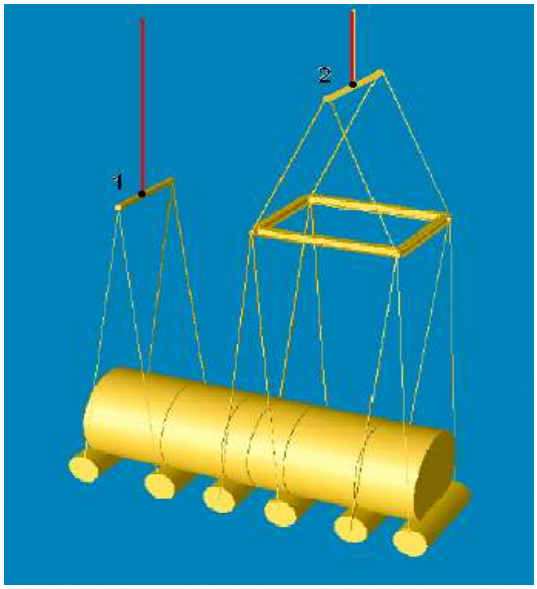


Figura 16: Modelagem do conjunto "frame" e seção para a seção 20&30.

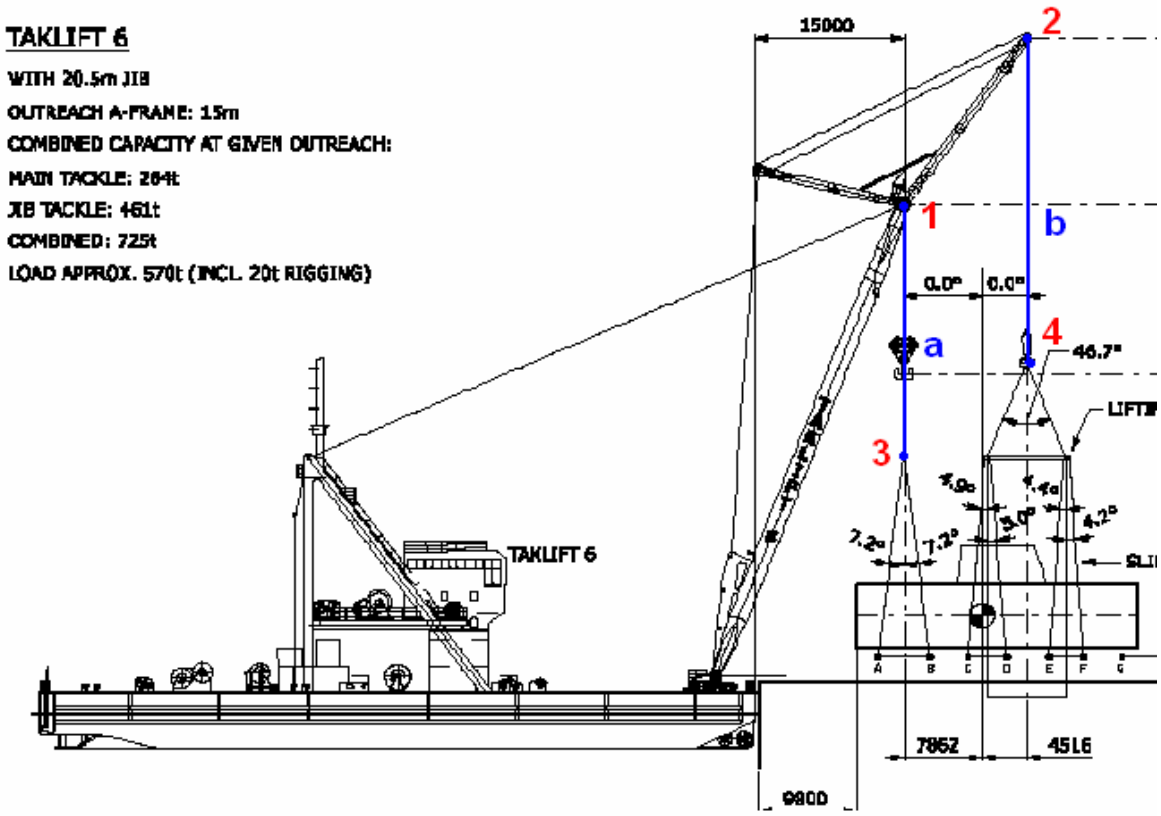


Figura 17: Configuração do içamento do módulo.

Tabela 3: Condições ambientais simuladas (V- considerado espectro de Harris).

Caso	Vento		Onda		
	Incidência (graus)	Veloc. (m/s)	Incidência (graus)	Hs (m)	Tz (s)
1	315	1.0	315	0.1	8.0
2	270	1.0	270	0.1	8.0
3	315	10.0	315	0.5	8.0
4	270	10.0	270	0.5	8.0
5	315	1.0 ^{V}	315	0.1	8.0
6	270	1. 0 ^{V}	270	0.1	8.0
7	315	10. 0 ^{V}	315	0.5	8.0
8	270	10. 0 ^{V}	270	0.5	8.0
9	315	10. 0 ^{V}	315	2.0	8.0
10	270	10. 0 ^{V}	270	2.0	8.0

4.3 RESULTADOS DA ANÁLISE DINÂMICA

As séries temporais do movimento da seção 20&30 e das tensões nas linhas de ligação dos 10 casos apresentados na Tabela-2 são apresentados nas figuras a seguir. Para quantificar o movimento de oscilação da carga durante a manobra, são apresentados os ângulos de *roll* e *pitch* do mesmo, uma vez que estes são dados em relação ao seu eixo local. Tal procedimento fez-se necessário pelo fato dos movimentos de oscilação do módulo no plano x-y ficarem praticamente imperceptíveis, pois estes apresentam a parcela do movimento da embarcação, que tem grandes amplitudes. O tempo total da manobra foi de 2000.0s. A simulação foi feita com um time-step de 0.05s e a série temporal dos movimentos e forças foi de 0.25s.

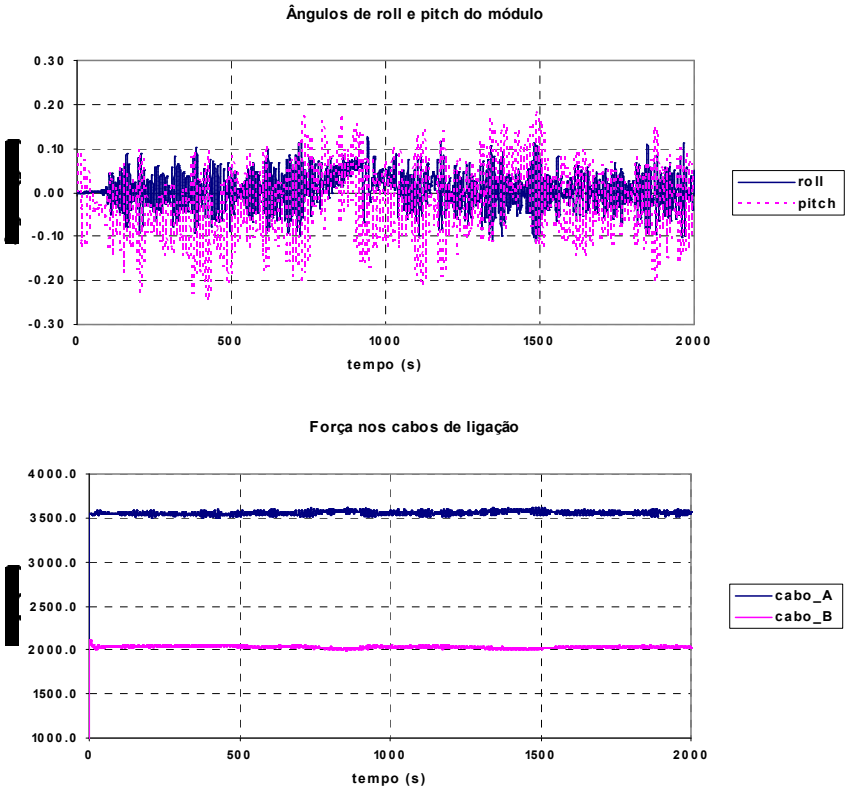


Figura 11: Série temporal de movimento e forças – Caso-1.

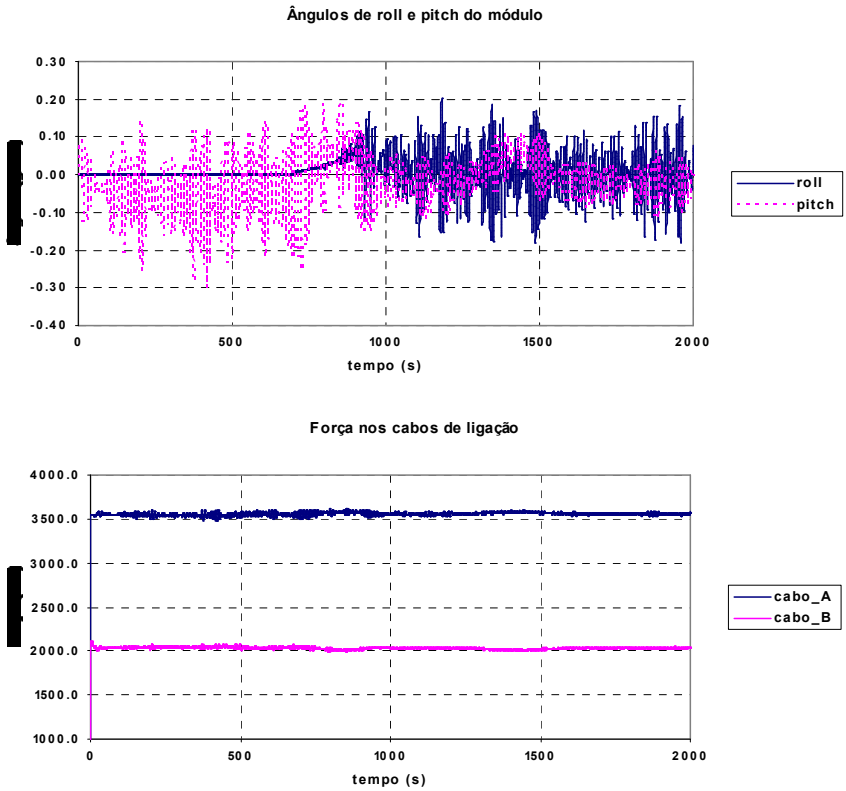


Figura 12: Série temporal de movimento e forças – Caso-2.

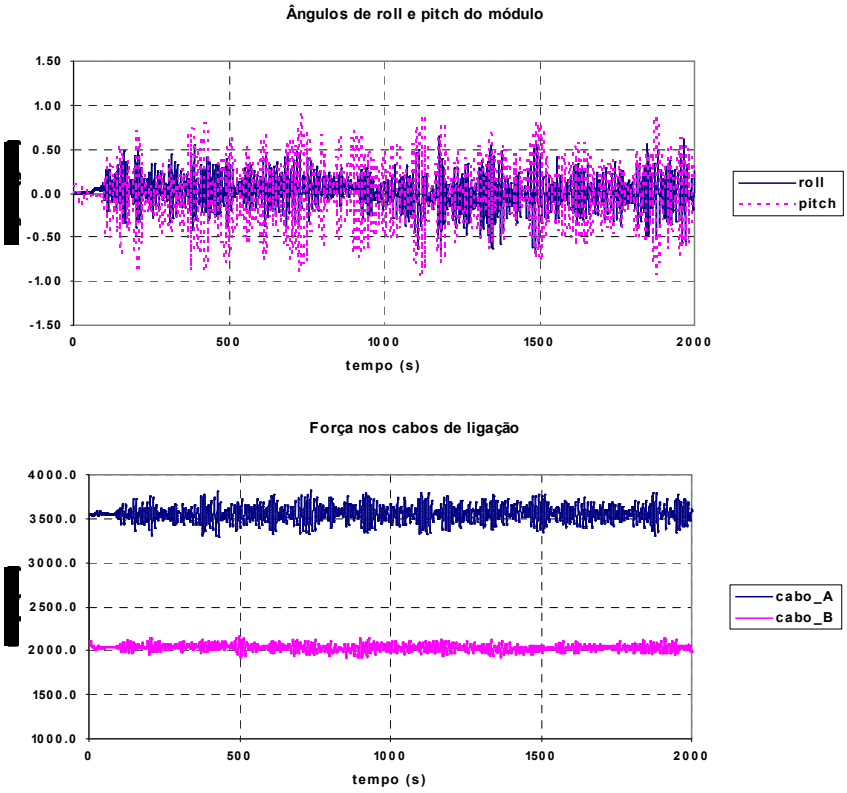


Figura 13: Série temporal de movimento e forças – Caso-3.

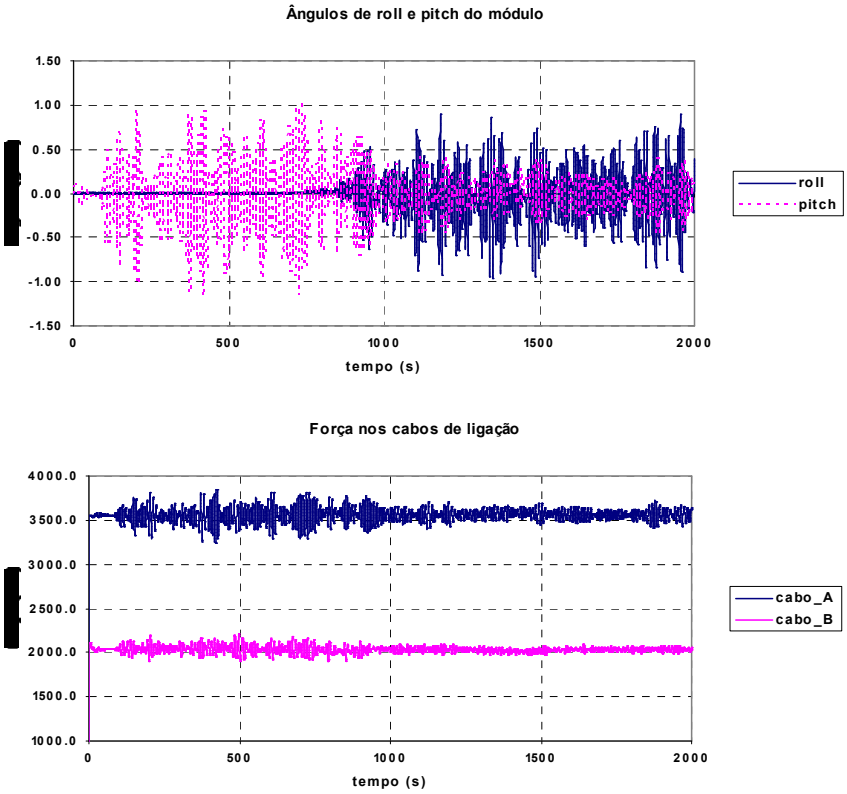


Figura 14: Série temporal de movimento e forças – Caso-4.

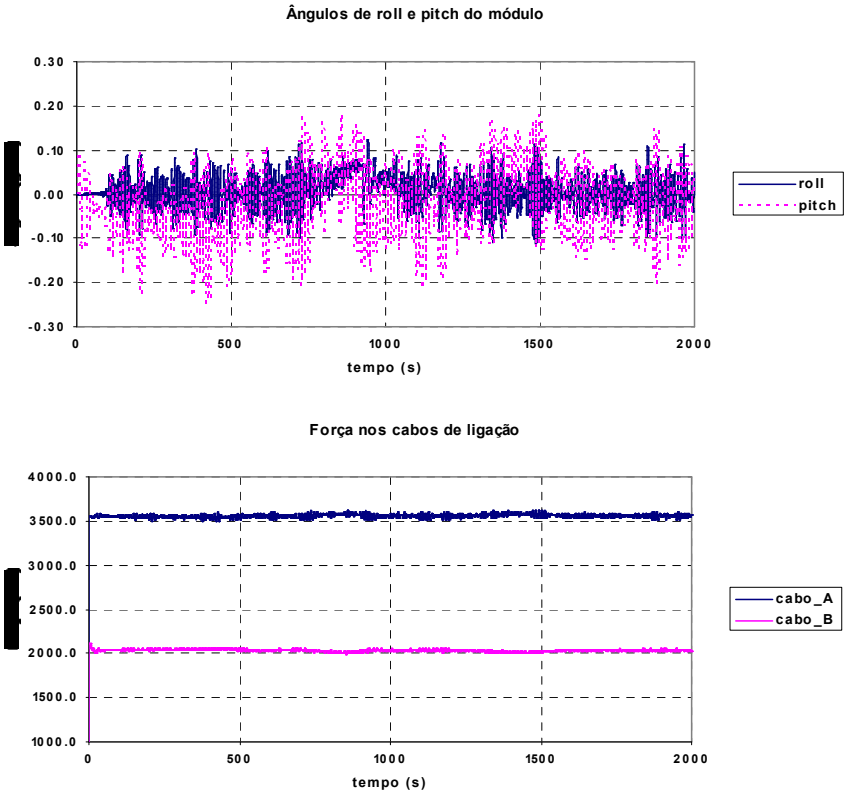


Figura 15: Série temporal de movimento e forças – Caso-5.

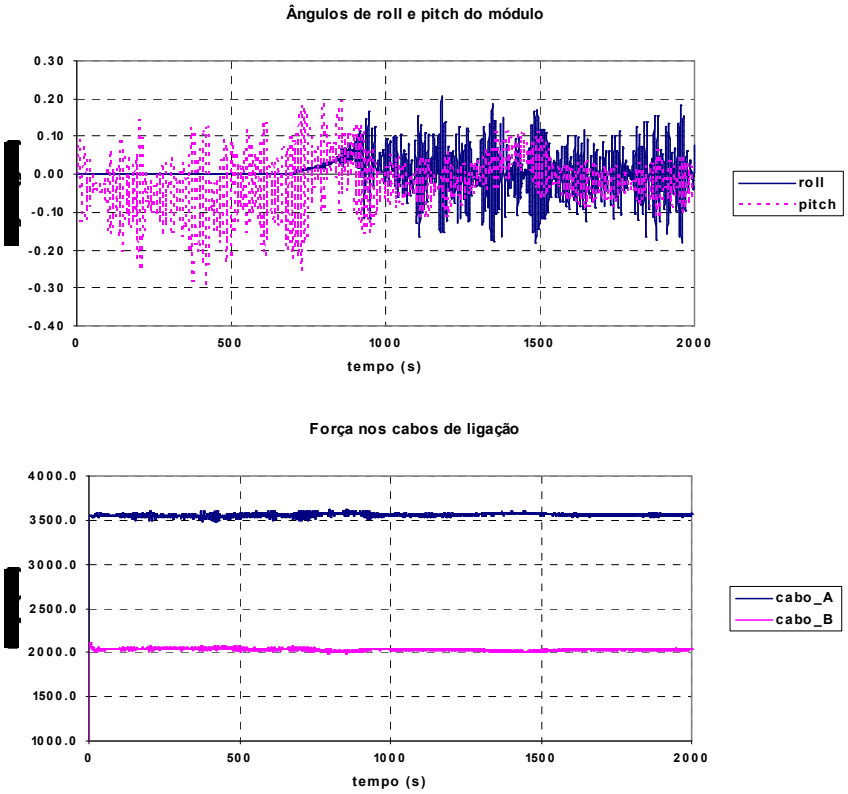


Figura 16: Série temporal de movimento e forças – Caso-6.

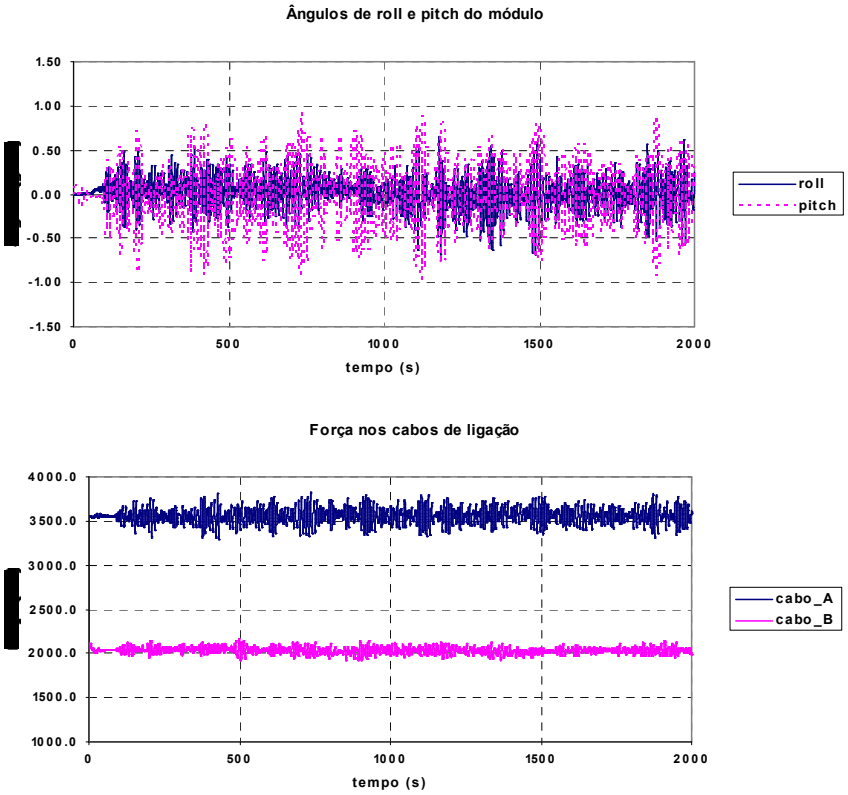


Figura 17: Série temporal de movimento e forças – Caso-7.

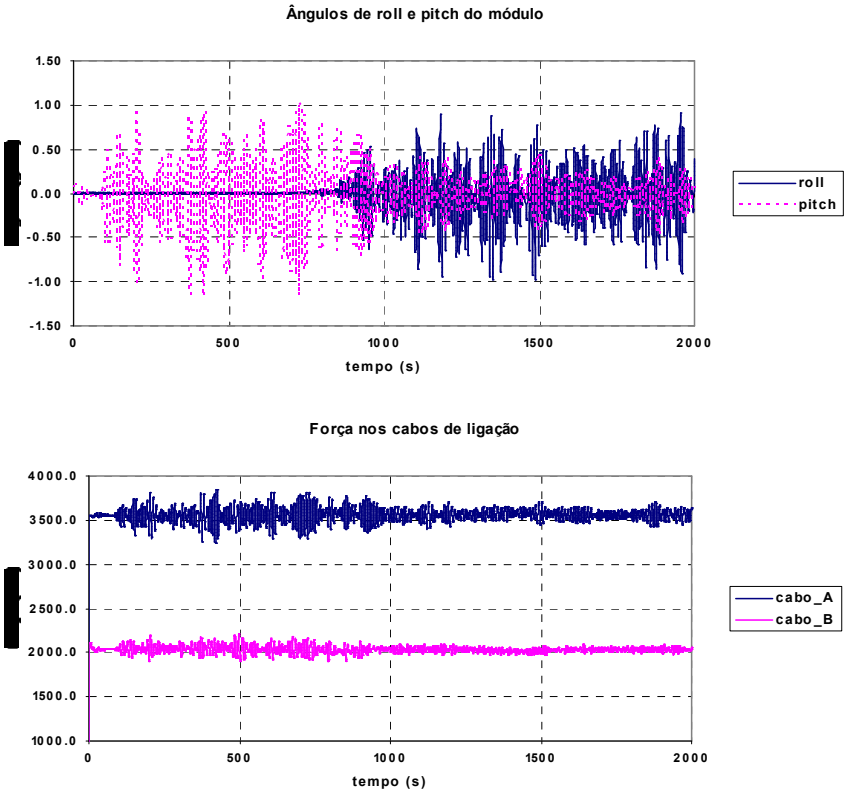


Figura 18: Série temporal de movimento e forças – Caso-8.

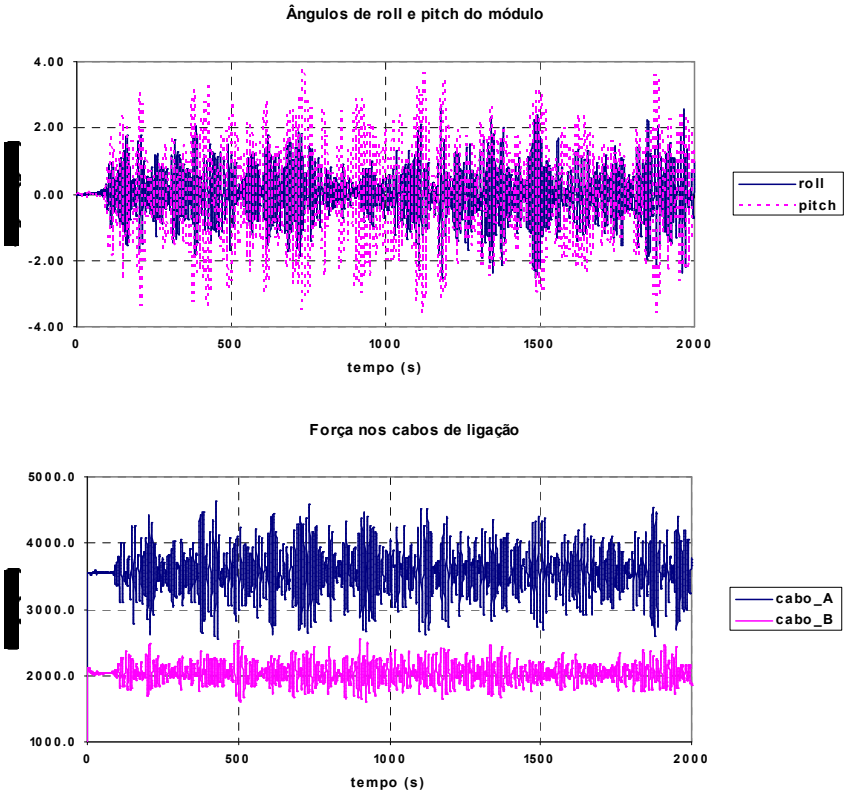


Figura 19: Série temporal de movimento e forças – Caso-9.

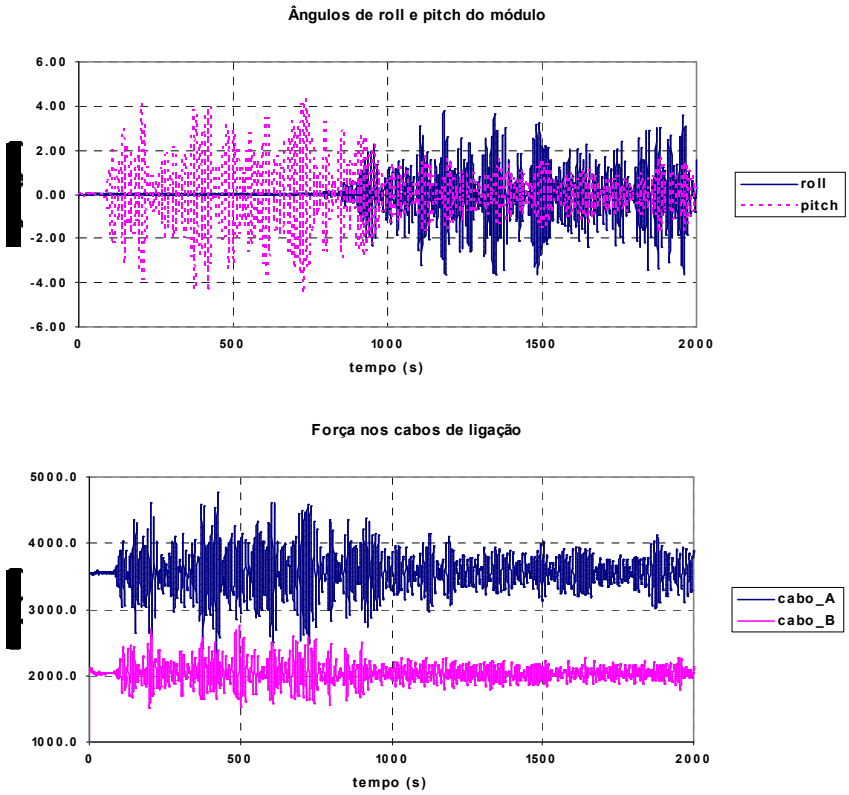


Figura 20: Série temporal de movimento e forças – Caso-10.

4.4 COMENTÁRIOS

Os casos com condições ambientais amenas (casos 1, 2, 5 e 6) apresentaram pouca excitação dinâmica imposta pelo navio guindaste, em consequência, não houve amplificação dinâmica das forças nas linhas. Mesmo nos casos com condições um pouco mais fortes não ocorreram maiores oscilações do módulo. O efeito de rajada do vento não foi significativo. A razão para tal pode ser a velocidade não muito elevada (10.0 m/s).

A realização da simulação possibilitou o estabelecimento de um envelope de segurança:

a) Vento: 10 m/s;

b) Altura de ondas: 0,5 m;

A realização da simulação permitiu o levantamento do carregamento dinâmico nos cabos principais. Verificou-se que o carregamento foi cerca de 15 % inferior ao carregamento máximo admissível.

A simulação contribuiu para o planejamento da manobra e sua realização de forma segura. Oscilações e carregamentos obtidos na simulação se mostraram consistentes com os encontrados na manobra

4.5 RENDERIZAÇÃO

Além da análise dinâmica da manobra, a renderização elaborada a partir da vizualização 3d-stereo constituiu ferramenta útil para o planejamento e detalhamento da manobra, tendo sido possível verificar se os deslocamentos (longitudinal e transversal) da seção 20&30 até a posição de içamento pela cábrea Taklift 6 teria algum tipo de interferência com outros equipamentos e com o pórtico da oficinas

Cumpre destacar ainda que a renderização gerada ainda nas fase de planejamento permitiu melhor interação com a tripulação da cábrea Taklift 6, de modo que foi possível introduzir na simulação a trajetória da embarcação durante a manobra com a menor margem de erro possível, além de nortear o comandante na aplicação do regime de máquinas compatível com a inércia das seções transportadas.

Figura 21: Renderização em 3D-stereo – verificação do movimento da seção para onda de 2m.

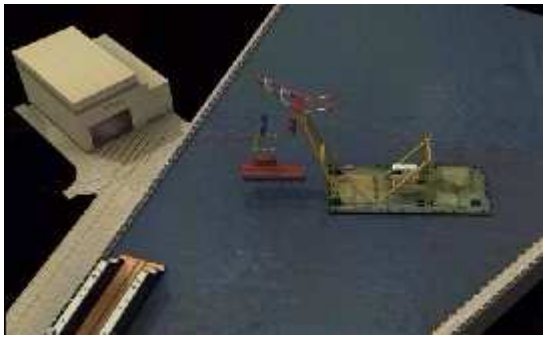


Figura 28: Transporte da seção 20&30 – giro da cábrea Taklift 6.

Figura 29: Seqüência da manobra conforme previsto na renderização

5 MANOBRA REAL

A manobra de transporte da seção 20&30 ocorreu em 17/09/04. A seção foi deslocada para o ponto de içamento mediante deslizamento sobre trilhos, impulsionada por um dispositivo hidráulico de força (Figura 22). A cábrea Taklift 6 realizou o içamento e o transporte conforme previsto nas simulações empreendidas pelo TPN da USP. Após o posicionamento no dique-flutuante, a seção foi deslocada novamente sobre trilhos até sua posição final do dique-flutuante.

Figura 22: Seção (20&30) prestes a ser retirada da oficina. Detalhe do equipamento hidráulico para deslizamento sobre trilhos.

Figura 23: Início da preparação para içamento da seção (20&30).

Figura 24: Posicionamento da seção (20&30) sobre o convés do dique-flutuante.

A Figura 25 abaixo apresenta as fases da manobra referente à seção 10 do S. Tikuna. O deslocamento da seção do interior da oficina para o ponto de içamento foi realizado mediante carreta. Pode-se avaliar também a visão da seção no momento em que foi posicionada no dique-flutuante a partir da cabina de controle da embarcação Taklift 6. Toda a manobra ocorreu conforme o que fora previsto através das simulações empreendidas.

Figura 25: Transporte da seção 10 - Preparação para içamento (a);Investindo para o dique-flutuante (b); e. Visão do controle da cábrea Taklift 6 no momento do posicionamento final.

O transporte da seção 40 pode ser observado na Figura 26 a seguir, onde pode-se observar o momento do içamento no cais e o posicionamento final no dique-flutuante.

Figura 26: Içamento da seção 40 e detalhe do ajuste do seu posicionamento sobre o dique-flutuante.

6 CONCLUSÕES

A manobra de transporte das seções do S. Tikuna do interior da Oficina de Construção de Submarinos para o dique-flutuante Almirante Schieck foi repleta de êxito, o qual pode-se tributar ao cuidadoso planejamento levado a efeito ao longo de quase um ano de preparação.

O planejamento da manobra envolveu a sinergia entre a Marinha do Brasil, a Universidade de São Paulo, através do TPN, e a iniciativa privada, representada pela empresa Superpesa.

A simulação contribuiu para o planejamento da manobra e sua realização de forma segura, tendo permitido o estabelecimento de um "envelope de segurança" em termos de velocidade do vento e altura de ondas de 10 m/s e 0,5 m respectivamente. Oscilações e carregamentos obtidos na simulação se mostraram consistentes com os encontrados na manobra.

7 REFERÊNCIAS

1. Especificação técnica de transporte das seções 10, 20&30 e 40 do S. Tikuna – Suporte Consultoria e Projetos – Superpesa, Transportes Especiais e Intermodais – 2.04.A71-PR.940.001, 2004.
2. Recommended practice for planning, design and constructing fixed offshore structures, 20ª ed.
3. Manual of steel construction, 9ª ed. – AISC.
4. Standard for insurance warranty surveys of marine operations, DNV.
5. General guidelines for marine transportations, Report 0014/DNI – Noble Denton.
6. Guidelines for lifting operations by floating crane vessels, Doc.0027DNI – Noble Denton.
7. Análise de içamento de carga – Nishimoto, Kazuo e Fucatu, Carlos - Relatório TPN, 02/12/04.
8. Análise dos aspectos relevantes da manobra para transporte das seções 20 e 30 unidas, do S. Tikuna, do interior do Edifício 17 para o dique-flutuante Alte. Schieck – Neves, Sydney dos Santos; Barbosa, Pedro Mauro Rodrigues – Estudo Técnico, Gerência de Construção de Submarinos – AMRJ, 24/05/2004.

Simulação e Análise de Sistema de Posicionamento Dinâmico

Vinícius Leite de Morais Véras
Glenan Assis do Lago
Eduardo Aoun Tannuri
Hélio Mitio Morishita

Vinícius Leite de Morais Véras
Glenan Assis do Lago
Eduardo Aoun Tannuri
Hélio Mitio Morishita

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Av. Prof. Mello Moraes, nº 2231 – 05508-030 – Cidade Universitária – São Paulo – SP – Brasil Tel. 55-11-3091-5350 ramal 200
email: vinicius.veras@poli.usp.br

Resumo

Este trabalho apresenta os algoritmos de controle e filtragem utilizados comercialmente em Sistemas de Posicionamento Dinâmicos (SPDs). Os algoritmos foram implementados em um simulador computacional, que possui modelos complexos da dinâmica da embarcação e dos agentes ambientais. Com isso, puderam-se realizar simulações para a análise do desempenho dos controladores em situações críticas. Estes algoritmos estão também sendo implementados no laboratório de análise de SPDs, descrito no trabalho Glenan et al. (2005), apresentado neste congresso.

Abstract

This work presents control and filtering algorithms applied in commercial Dynamic Positioning Systems (DPS). The algorithms were implemented in a computational simulator, considering also complete models for the dynamics and hydrodynamics of vessels. Several simulations were performed, in order to evaluate the performance of the controller under critical situations. Such control algorithms are also being implemented in the DPS laboratory, under development in University of São Paulo. This laboratory is detailed in Glenan et al. (2005), presented in this congress.

1. Introdução

O sistema de controle utilizado em SPDs é composto por um filtro e um controlador Proporcional-Derivativo (PD). O filtro é responsável pela separação entre as componentes de movimento de alta e baixa freqüência. As componentes de alta freqüência não devem ser controladas, pois possuem média nula e exigiriam uma enorme potência do sistema propulsivo.

Grande parte dos SPDs comerciais utilizam técnicas baseadas em Filtros de Kalman, para a realização da filtragem. Estes possuem modelos internos da dinâmica da embarcação, o que permite a separação entre as componentes de alta e baixa freqüência, simplesmente adotando-se modelos internos separados para estes dois tipos de movimentos. Adicionalmente, o Filtro de Kalman permite a fusão de medidas provenientes de diversos sistemas sensores, realizando a estimação ótima da posição e aproamento da embarcação considerando-se as várias medidas. Isto é particularmente interessante em SPDs, pois os mesmos operam com redundância dupla (e até tripla) em alguns sensores, para garantir confiabilidades. Além disso, a presença do modelo interno permite que o Filtro de Kalman estime a posição do navio mesmo na ausência total de novas medidas durante alguns minutos (*dead-reckoning*), o que aumenta mais ainda a confiabilidade do sistema de controle.

Neste trabalho será apresentada a estrutura do Filtro de Kalman usada em SPDs, considerando-se o modelo interno e o algoritmo de predição-correção. Um caso real de um petroleiro da Petrobrás é então simulado, a fim de se analisar o desempenho do controlador em face a condições reais de operação.

2. Modelagem do Sistema

O modelo dinâmico abaixo governa o movimento horizontal de uma embarcação em alto mar:

$$
\begin{aligned}
&(M + M_{11})\ddot{x}_1 - (M + M_{22})\dot{x}_2\dot{x}_6 - M_{26}\dot{x}_6^{\,2} + C_{11}\dot{x}_1 = F_{1E} + F_{1T};\\
&(M + M_{22})\ddot{x}_2 + M_{26}\ddot{x}_6 + (M + M_{11})\dot{x}_1\dot{x}_6 + C_{22}\dot{x}_2 = F_{2E} + F_{2T};\\
&(I_Z + M_{66})\ddot{x}_6 + M_{26}\ddot{x}_2 + M_{26}\dot{x}_1\dot{x}_6 + C_{66}\dot{x}_6 = F_{6E} + F_{6T}.
\end{aligned}
$$

Onde I_z é o momento de inércia, M é a massa do navio, M_{ij} são os elementos da matriz de massas adicionais, F_{iE} são as esforços de *surge*, *sway* e *yaw* causadas por fatores ambientais, como corrente, vento e ondas, e F_{iT} são as forças e momento gerados pelo sistema de propulsão. As variáveis $\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$ e $\dot{x}_6$ são as velocidades de surge, sway e yaw à meia-nau (Figura 1).

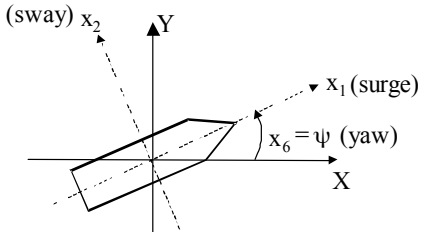


Figura 1: Sistema de coordenadas

A relação entre o vetor posição $\mathbf{X_L} = (X_L \quad Y_L \quad \psi_L)^T$ e velocidades no sistema de coordenadas ($\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$, $\dot{x}_6$) é dada por:

$$\begin{pmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix} = \mathbf{T}(\psi_L).\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_6 \end{pmatrix}, \text{ com } \mathbf{T}(\psi_L) = \begin{pmatrix} \cos(\psi_L) & -\operatorname{sen}(\psi_L) & 0 \\ \operatorname{sen}(\psi_L) & \cos(\psi_L) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

As simulações apresentadas no trabalho consideram diversas ações ambientais, incluindo onda (derivas média e lenta, forças de primeira ordem), vento (incluindo rajadas) e correnteza (incluindo a interação com ondas). Os modelos completos são apresentados no apêndice A.

3. Filtro de Kalman

Os SPDs comerciais utilizam o algoritmo de Filtro de Kalman (FK) para realizar a estimação da posição do navio. O FK incorpora um modelo do sistema (chamado de modelo interno), e considera os movimentos de baixa frequência separadamente aos de alta freqüência. Isto permite que o FK estime as componentes de movimento isoladamente, o que é desejável para o controle, já que este deve atuar apenas em função dos movimentos de baixa freqüência. A idéia de separar o modelo interno do FK em uma parcela de alta e uma de baixa freqüência foi originalmente proposta por Balchen et al. (1976).

Como o modelo de baixa freqüência possui não linearidades geométricas, deve-se utilizar a versão estendida do Filtro de Kalman (Filtro de Kalman Estendido – EKF).

Como mencionado, o modelo interno usado com o Filtro de Kalman é uma composição de três tipos de modelo. O primeiro descreve os comportamentos de baixa freqüência. Já o segundo é um modelo de alta frequência, e representa uma aproximação linear do espectro de ondas marítimas, funcionando como um Shaping Filter. Existe ainda um terceiro modelo que representa as forças ambientais externas.

Para o controlador, interessará apenas o vetor de estados x_L, proveniente do modelo de baixa freqüência e as estimativas das forças ambientais, que serão compensadas antes do controlador, em estilo *feed-forward*.

3.1 Modelo de Baixa Freqüência

O modelo linear aproximado de baixa freqüência segue a estrutura dos modelos encontrados em sistemas mecânicos, e pode ser escrito como:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}}_{\mathrm{L}} + \mathbf{D}\dot{\mathbf{x}}_{\mathrm{L}} = \mathbf{F}_{\mathrm{EL}} + \mathbf{F}_{\mathrm{T}} + \boldsymbol{\omega}_{\mathrm{L}}$$

onde as matrizes **M** e **D** (massa e amortecimento) valem:

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} M + M_{11} & 0 & 0 \\ 0 & M + M_{22} & M.x_G + M_{26} \\ 0 & M.x_G + M_{26} & I_Z + M_{66} \end{pmatrix} \quad ; \quad \mathbf{D} = \begin{pmatrix} B_{11} & 0 & 0 \\ 0 & B_{22} & B_{26} \\ 0 & B_{26} & B_{66} \end{pmatrix}$$

Para obtermos um modelo em equações de estados, devemos supor um vetor de estados $\mathbf{x}_{\mathrm{L}} = (X_L \quad Y_L \quad \psi_L \quad \dot{x}_{1L} \quad \dot{x}_{2L} \quad \dot{x}_{6L})^T$. Desta forma poderemos ter um modelo de primeira ordem da forma:

$$\dot{\mathbf{x}}_{\mathrm{L}} = \mathbf{A}_{\mathrm{L}}^{6\times6}\mathbf{x}_{\mathrm{L}} + \mathbf{A}_{\mathrm{EL}}^{6\times6}\mathbf{F}_{\mathrm{E}} + \mathbf{E}_{\mathrm{L}}^{6\times3}\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{L}} + \mathbf{B}_{\mathrm{L}}^{6\times3}\mathbf{F}_{\mathrm{T}},$$

onde F_T são as forças dos propulsores, F_E as forças ambientais e vetor momento, M a matriz de massas da embarcação e C uma matriz de amortecimento. O índice L indica movimento de baixa freqüência. $\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{L}}$ é um vetor 3x1 que contém ruídos gaussianos de média zero com matriz de covariância $\mathbf{Q}(\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{L}} \sim N(0, \mathbf{Q}_{\mathrm{L}}))$. As matrizes assumem os valores abaixo.

$$\mathbf{A}_{\mathrm{L}}^{6\times6} = \begin{pmatrix} \mathbf{0}_{3\mathrm{x}3} & \mathbf{T}(\psi_L) \\ \mathbf{0}_{3\mathrm{x}3} & -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{C}_{3\mathrm{x}3} \end{pmatrix} \; ; \quad \mathbf{A}_{\mathrm{EL}}^{6\times6} = \mathbf{B}_{\mathrm{L}}^{6\times3} = \mathbf{E}_{\mathrm{L}}^{6\times3} = \begin{pmatrix} \mathbf{0}_{3\mathrm{x}3} \\ \mathbf{M}^{-1} \end{pmatrix} \; ;$$

Caso tenhamos valores pequenos para o ângulo de guinada (yaw), podemos aproximar a matriz $\mathbf{A}_{\mathrm{L}}$ por:

$$\mathbf{A}_{\mathrm{L}} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ \mathbf{0} & -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{D} \end{pmatrix} .$$

3.2 Modelo de Alta Freqüência

As ondas do mar são descritas pelo espectro de potência da altura da superfície livre S(ω). Assim, o espetro de potência do movimento de alta freqüência x_{iH} do navio (P_{ii}) é calculado por:

$$P_{ii}(\omega) = RAO_i(\omega, \beta)^2 . S(\omega)$$

onde ψ é o ângulo de incidência de onda.

Um modelo linear para o movimento de alta freqüência seria mais adequado para a aplicação do Filtro de Kalman. A equação abaixo mostra o movimento x_{iH} como saída de um sistema linear, cuja função de transferência é dada por h(s). Este sistema é excitado por um ruído branco H(s) gaussiano com potência espectral unitária ($P_{\omega_H \omega_H}(\omega) = 1$).

$$x_{iH}(s) = h(s).\omega_H(s)$$

Saelid et al. (1983) abordaram este problema e propuseram a seguinte função:

$$h(s) = \frac{2\zeta\omega_0\sigma_\omega.s}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$$

sendo ζ um fator de amortecimento utilizado para melhor aproximar $P_{ii}(\omega)$ e ω_0 a freqüência de pico do espectro $P_{ii}(\omega)$. A constante σ_ω é obtida por:

$$|h(j\omega)|^2 = \frac{4(\zeta\omega_0\sigma_\omega)^2\omega^2}{(\omega - \omega_0)^2 + 4(\zeta\omega_0\omega)^2} \Rightarrow |h(j\omega_0)|^2 = \sigma_\omega^2 = P_{ii}(\omega_0)$$

ou seja, equivale à raiz quadrada do valor de pico de espectro do movimento de alta freqüência. Este modelo escrito em variáveis de estado assume a forma:

$$\dot{\xi}_{x_i} = x_{iH}$$
$$\dot{x}_{iH} = -2\zeta\omega_0 x_{iH} - \omega_0^2 \xi_{x_i} + \omega_{iH}$$, para i=1, 2 ou 6

O mesmo valor de ω_0 é utilizado para os três movimentos, pressupondo que a freqüência de pico do espectro dos movimentos sejam aproximadamente iguais, próximas à freqüência de pico da onda. O termo $2\zeta\omega_0\sigma_\omega$ é embutido no ruído branco, que passa a possuir potência espectral igual a $(2\zeta\omega_0\sigma_\omega)^2$. Assim, o vetor $\boldsymbol{\omega}_\mathbf{H}$ será composto por ruídos brancos gaussianos de média 0. Sua potência espectral deve ser ajustada para embutir o termo $2\zeta\omega_0\sigma_\omega$. Assim, sua matriz de covariância, para um determinado período de amostragem Δt deve valer $\mathbf{Q}_\mathbf{H} = \frac{(2\zeta\omega_0\sigma_\omega)^2}{\Delta t}\mathbf{I}_{3\times3}$.

Definindo-se o vetor de estados $\mathbf{x}_\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \xi_{x_1} & \xi_{x_2} & \xi_{x_3} & x_{1H} & x_{2H} & x_{6H} \end{pmatrix}^T$, o modelo completo de alta freqüência é dado por:

$$\dot{\mathbf{x}}_\mathbf{H} = \mathbf{A}_\mathbf{H}\mathbf{x}_\mathbf{H} + \mathbf{E}_\mathbf{H}\boldsymbol{\omega}_\mathbf{H}$$

com $\mathbf{A}_\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \mathbf{0}_{3\times3} & \mathbf{I}_{3\times3} \\ -\omega_0^2\mathbf{I}_{3\times3} & -2\zeta\omega_0\mathbf{I}_{3\times3} \end{pmatrix}$; $\mathbf{E}_\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \mathbf{0}_{3\times3} \\ \mathbf{I}_{3\times3} \end{pmatrix}$

3.3 Forças Ambientais de Baixa Freqüência

O modelo das forças ambientais de baixa freqüência deve permitir uma variação lenta destas perturbações. Como não há dinâmica modelada aqui, assumimos que a entrada é apenas o ruído branco $\mathbf{F_{EL}}$. Sua matriz de covariância $\mathbf{Q_{FL}}(\omega_{FL} \sim N(0, \mathbf{Q}_{FL}))$ deve, portanto, ser ajustada por métodos empíricos, de tal forma que não permita variações com amplitudes demasiadamente altas nem baixas.

$$\dot{\mathbf{F}}_{EL} = \boldsymbol{\omega}_{EL}$$

Para os controladores baseados em Filtro de Kalman Estendido, tanto para uma quanto para 3 freqüências, assumimos que o a freqüência de onda é um parâmetro lentamente variável, tendo uma dinâmica dada por:

$$\dot{\omega}_0 = \boldsymbol{\omega}_\omega \qquad \text{(EKF-1)}$$
$$(\dot{\omega}_{0X} \quad \dot{\omega}_{0Y} \quad \dot{\omega}_{0Z})^T = \boldsymbol{\omega}_\omega \qquad \text{(EKF-3)}$$

onde $\boldsymbol{\omega}_\omega$ ($\boldsymbol{\omega}_\omega \sim N(0, \mathbf{Q}_\omega)$) é um vetor de ruído branco Gaussiano, sendo um vetor 3x1 para três freqüências ou escalar para uma única freqüência.

3.4 Modelo Completo

O modelo interno a ser utilizado no Filtro de Kalman será, portanto, um modelo linear com um vetor de estados em $\Re^{15}$. Este modelo descreve o comportamento a baixas freqüências, a altas e os distúrbios ambientais de baixa freqüência. O mesmo pode ser escrito como:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{F}_T + \mathbf{E}\boldsymbol{\omega}$$
$$\mathbf{z} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{v}$$

com

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_L \\ \mathbf{x}_H \\ \mathbf{F}_{EL} \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\omega}_L \\ \boldsymbol{\omega}_H \\ \boldsymbol{\omega}_{F_{EL}} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_L^{6\times6} & \mathbf{0}^{6\times6} & \mathbf{A}_{EL}^{6\times3} \\ \mathbf{0}^{6\times6} & \mathbf{A}_H^{6\times6} & \mathbf{0}^{6\times3} \\ \mathbf{0}^{3\times6} & \mathbf{0}^{3\times6} & \mathbf{0}^{3\times3} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} \mathbf{B}_L^{6\times3} \\ \mathbf{0}^{6\times3} \\ \mathbf{0}^{3\times3} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{E} = \begin{pmatrix} \mathbf{E}_L^{6\times3} & \mathbf{0}^{6\times3} & \mathbf{0}^{6\times3} \\ \mathbf{0}^{6\times3} & \mathbf{E}_H^{6\times3} & \mathbf{0}^{6\times3} \\ \mathbf{0}^{3\times3} & \mathbf{0}^{3\times3} & \mathbf{I}^{3\times3} \end{pmatrix}$$

Os sinais medidos serão dados por:

$$\mathbf{z} = \begin{pmatrix} X_L + X_H + v_X \\ Y_L + Y_H + v_Y \\ \psi_L + \psi_H + v_\psi \end{pmatrix}.$$

O modelo abaixo é usado no algoritmo de Filtro de Kalman Discreto, sendo Δt o período de amostragem.

$$\mathbf{x}[k] = \mathbf{f}(\mathbf{x}[k-1], \mathbf{F}_{\mathrm{T}}[k-1], \boldsymbol{\omega}[k-1])$$
$$\mathbf{z}[k] = \mathbf{H}.\mathbf{x}[k] + \mathbf{v}[k]$$
$$\mathbf{f}(.,.,.) = (\mathbf{A}(\mathbf{x}).\Delta t + \mathbf{I}).\mathbf{x}[k-1] + \mathbf{B}.\Delta t.\mathbf{F}_{\mathrm{T}}[k-1] + \mathbf{E}.\Delta t.\boldsymbol{\omega}[k-1]$$

3.5 Filtro Estendido de Kalman

Sendo $\bar{\mathbf{x}}$ a estimativa a priori e $\hat{\mathbf{x}}$ a estimativa a posteriori do vetor de estados, **X** a matriz de covariância dos erros e **K** a matriz de ganhos de Kalman, o algoritmo do filtro de Kalman discreto é dado por:

Predição

$$\bar{\mathbf{x}}[k+1] = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}[k], \mathbf{F}_{\mathrm{T}}[k], 0)$$
$$\bar{\mathbf{X}}[k+1] = \boldsymbol{\Phi}.\hat{\mathbf{X}}[k].\boldsymbol{\Phi}^{T} + \boldsymbol{\Gamma}.\mathbf{Q}.\boldsymbol{\Gamma}^{T}$$

Onde

$$\boldsymbol{\Phi} = \partial\mathbf{f}/\partial\mathbf{x}|_{\mathbf{x}=\hat{\mathbf{x}}[k]}; \boldsymbol{\Gamma} = \mathbf{E}.\Delta t; \quad \mathbf{Q} = diag(\mathbf{Q}_{\mathrm{L}} \quad \mathbf{Q}_{\mathrm{H}} \quad \mathbf{Q}_{\mathrm{FL}} \quad \mathbf{Q}_{\omega})$$

Correção

$$\mathbf{K}[k] = \bar{\mathbf{X}}[k].\mathbf{H}^{T}.(\mathbf{H}.\bar{\mathbf{X}}[k].\mathbf{H}^{T} + \mathbf{R})^{-1}$$
$$\hat{\mathbf{x}}[k] = \bar{\mathbf{x}}[k] + \mathbf{K}[k].\varepsilon[k]$$
$$\hat{\mathbf{X}}[k] = (I - \mathbf{K}[k].\mathbf{H}).\bar{\mathbf{X}}[k]$$

sendo a inovação dada por $\varepsilon[k] = (\mathbf{z}[k] - \mathbf{H}.\bar{\mathbf{x}}[k])$.

O Filtro de Kalman Estendido para ajuste das 1 ou 3 freqüências pode ser implementado facilmente adicionando-se um estado a mais para cada parâmetro (freqüência) a ser ajustada, incluindo uma dinâmica.

No presente algoritmo, as equações escolhidas foram:

Desta forma, o antigo vetor de estados **x** foi aumentado para:.

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_{\mathrm{L}} \\ \mathbf{x}_{\mathrm{H}} \\ \mathbf{F}_{\mathrm{EL}} \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{Considerando-se a estimativa da frequência}} \mathbf{x} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_{\mathrm{L}} \\ \mathbf{x}_{\mathrm{H}} \\ \mathbf{F}_{\mathrm{EL}} \\ w \end{pmatrix}$$

Este método é uma generalização do Filtro de Kalman e de fácil implementação caso já se tenha o Filtro de Kalman já implementado.

4. Simulações

O controlador utilizado nas simulações é composto por três ações (Figura 2). Uma primeira ação é a de compensação das forças de vento. Uma medida de vento é filtrada inicialmente por um filtro digital com constante de tempo muito menor do que a mínima constante de tempo do modelo da embarcação. Em seguida é obtida uma estimativa das forças de vento através de um modelo de vento, que é compensada diretamente.

Há ainda um controlador PD, que compara a posição desejada com a melhor estimativa da posição atual obtida através do Filtro de Kalman e calcula os esforços de controle para minimizar tal erro.

A ação integral é obtida pela subtração das forças ambientais estimadas em baixa freqüência pelo FK.

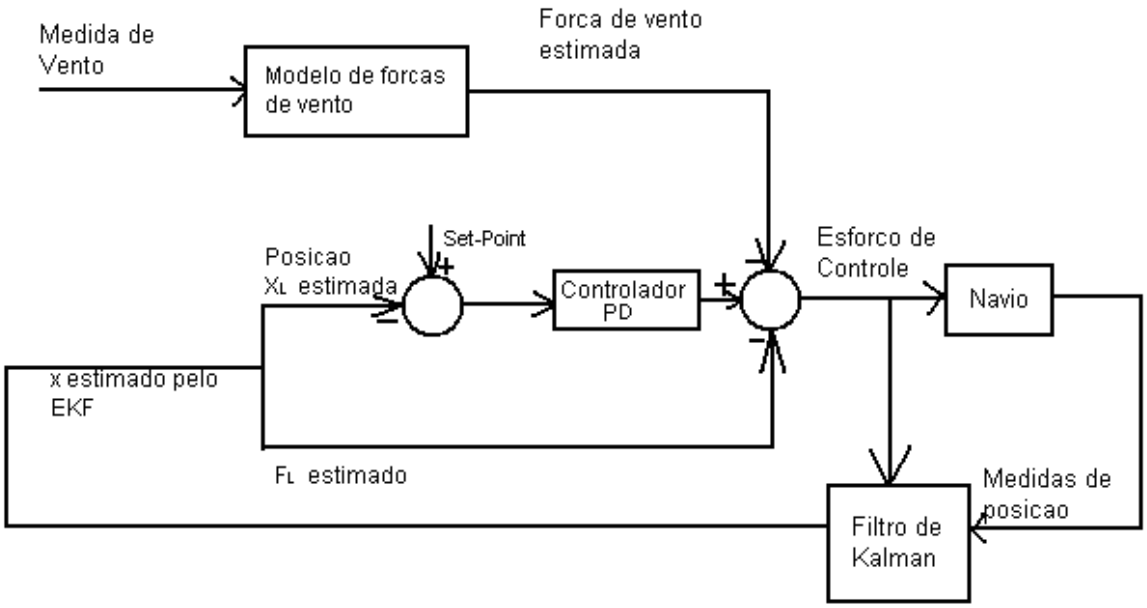


Figura 2: Estrutura do controlador

O controlador foi implementado em um simulador numérico, considerando uma embarcação real em operação nas águas brasileiras totalmente carregado. O principal objetivo desta simulação é verificarmos a eficiência do controlador em termos de posicionamento e filtragem. Foram consideradas perturbações ambientais como forças de vento, correnteza e ondas com intensidades normalmente presentes em operações na Bacia de Campos (Figura 3). O algoritmo de filtragem utilizado foi o Filtro de Kalman Estendido com estimação uma única freqüência de onda, descrito como EKF-1 em (Tannuri et al., 2005). Escolhemos este algoritmo por ele ter uma maior robustez quando comparado com o EKF-3 (Tannuri et al., 2005), onde são obtidas três estimativas de freqüência, uma para cada movimento.

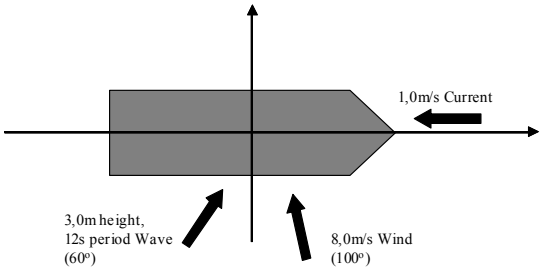


Figura 3: Condições ambientais consideradas na simulação

Os valores de referência para posição e aproamento foram nulos. Os movimentos da embarcação são apresentados na Figura 4. Após o transitório, podemos ver que os erros de posição são menores que 2m tanto para X quanto para Y, e menores que 0,5 grau para o movimento de *yaw*.

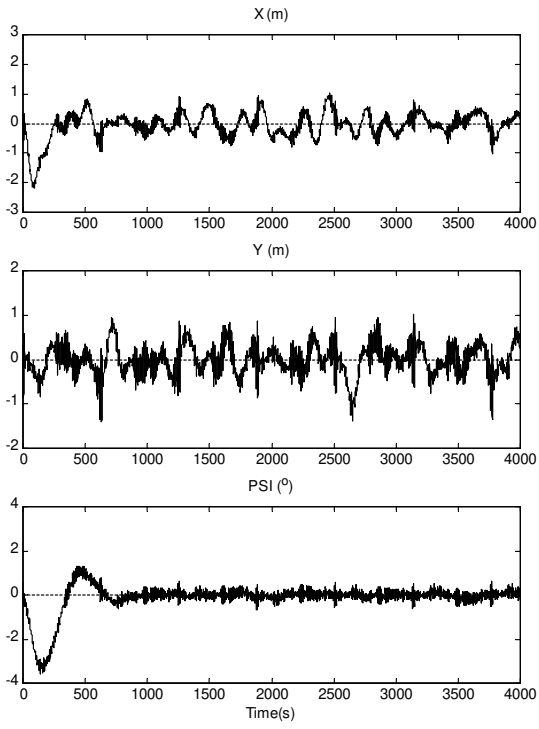


Figura 4: Movimentos da embarcação

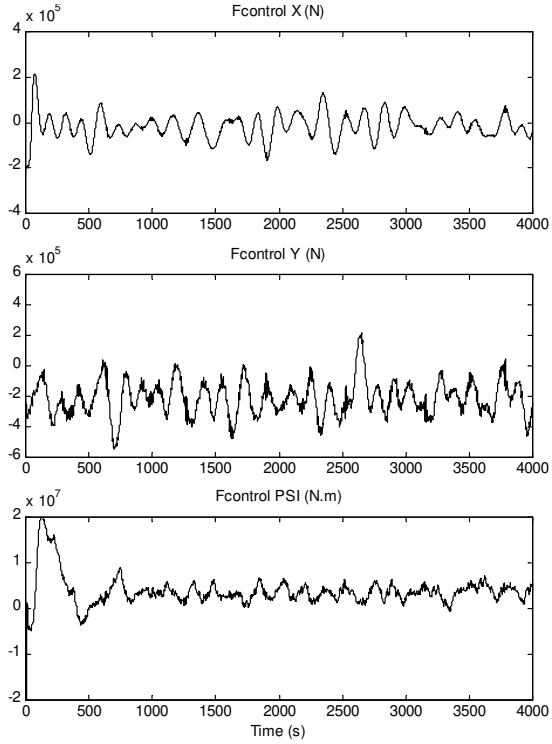


Figura 5: Esforços de controle

A estimativa da freqüência de onda é apresentada na figura 6. Após o transitório de 500s, a estimativa de período de onda $2\pi/\omega 0$ apresenta uma oscilação entre 13,5s e 14,5s, diferente do período de pico de 12s.

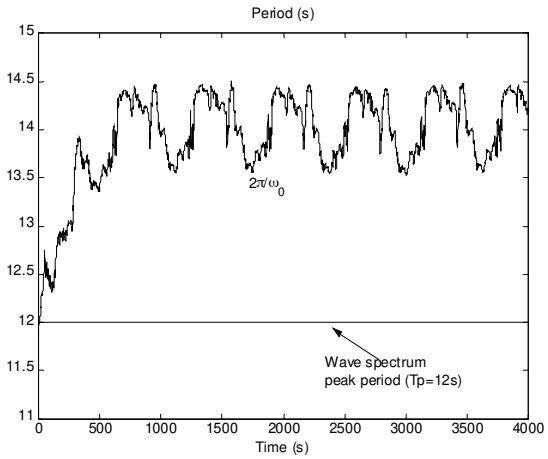


Figura 6: Estimação da freqüência

5. Conclusões

O algoritmo de controle implementado foi capaz de estabilizar e controlar a posição do navio, apresentando oscilações de pequena amplitude na posição, bem como um transitório pequeno. As oscilações nos esforços solicitados ao sistema de propulsão tiveram poucas oscilações em alta freqüência.

Este algoritmo está em fase de implementação no laboratório acadêmico de SPDs, descrito em Glenan et al. (2005).

Apêndice A

Este apêndice contém as principais fórmulas detalhando os modelos matemáticos neste estudo.

Corrente

As forças e momentos devidos à corrente são dados pelas seguintes equações (Leite et al., 1998):

$$F_{ci}(\beta, V) = \frac{1}{2}\rho T L^{p} C_{ic}(\beta)\left|V_c\right|^2$$

$$p = 1 \; for \; i = 1,2, \; p = 2 \; for \; i = 3$$

Onde os coeficientes hidrodinâmicos são dados por:

$$C_{ic}(\beta) = \left[\frac{0.09375}{(\log(\mathrm{Re}) - 2)^2}\frac{S}{TL}\right]\cos(\beta) + \frac{1}{8}\frac{\pi T}{L}(\cos(3\beta) - \cos(\beta))$$

$$C_{2c}(\beta) = \left[C_Y - \frac{\pi T}{2L} \right] \sin(\beta)|\sin(\beta)| + \frac{\pi T}{2L} \sin^3(\beta) + \frac{\pi T}{L} \left[1 + 0.4 \frac{C_B B}{T} \right] \sin(\beta)|\cos(\beta)|$$

$$C_{6c}(\beta) = \frac{- l_g}{L} \left[C_Y - \frac{\pi T}{2L} \right] \sin(\beta)|\sin(\beta)| - \frac{\pi T}{L} \sin(\beta)\cos(\beta) - \left[\frac{1 + |\cos(\beta)|}{2} \right]^2 \frac{\pi T}{L} \left[\frac{1}{2} - 2.4 \frac{T}{L} \right] \sin(\beta)|\cos(\beta)$$

onde B e T são boca e calado do navio, respectivamente; C_B é o coeficiente de bloco; C_Y o coeficiente de força lateral para corrente transversal; Re é o número de Reynolds (baseado no comprimento L); l_g mede a distância longitudinal entre o centro de massa do casco e a seção à meia-nau; β é o ângulo de ataque definido como $\beta = a\tan 2(v - v_c, u - u_c)$.

O amortecimento devido ao ângulo de yaw também é calculado baseado na teoria de asa curta, e é dado por:

$$X_D = - \frac{1}{4} \rho.\pi.T^2.L.v_r.r - \frac{1}{16} \rho.\pi.T^2.L^2.\frac{u_r}{|u_r|}.r^2$$

$$Y_D = \frac{1}{2} \rho.T.L^2.C_{D,2}.u_r.r - 0{,}035.\rho.T.L^2.v_r.r - 0{,}007.\rho.T.L^3.|r|.r$$

$$N_D = - \frac{1}{2} \rho.T.L^3.C_{D,6}.|u_r|.r - \frac{3}{20}.\rho.T.L^3.C_y.|v_r|.r - \frac{1}{32}.\rho.T.L^4.C_y.|r|.r$$

onde:

$$u_r = u - u_c \; ; \quad v_r = v - v_c \; ; \quad C_{D,2} = \frac{\pi.T}{2.L}.\left(1 - 4{,}4.\frac{B}{L} + 0{,}16.\frac{B}{T} \right)$$

$$C_{D,6} = \frac{\pi.T}{4.L}.\left(1 + 0{,}16.\frac{B}{T} - 2{,}2.\frac{B}{L} \right).$$

Vento

As forças de vento são determinadas pelas seguintes equações:

$$F_w = \frac{1}{2}.C_{iw}(\psi'_{rw}).\rho_w.V_w^2.A.L_{BP}^p$$

$$p = 0 \; for \; i = 1,2, \; p = 1 \; for \; i = 3$$

$$\psi'_{rw} = \psi_w - \psi$$

onde os coeficientes C_{iv} são determinados experimentalmente; Vw é a velocidade do vento; A é a área projetada da embarcação e ψ'_w é a direção do vento. Neste trabalho, os coeficientes de vento utilizados foram tirados de OCIMF (1994).

Ondas

As forças de onda de segunda ordem são resultantes da soma das forças de deriva média e lenta. Considerando as correções onda-corrente, as forças de deriva média podem ser calculadas a partir das seguintes equações. (Aranha, 1994)

$$\mathbf{F}_{\mathbf{md}_i}(\boldsymbol{\psi}_s) = 2\int_0^{\infty} S(\omega) d_i(\psi_{rs}, \omega) d\omega \quad i = 1,2,3$$

$$\psi_{rs} = \psi_s - \psi$$

onde $S(\omega)$ é o espectro de ondas do mar, ω é a freqüência, ψ_s a direção de onda e d_i é a força de deriva média em ondas incidentes considerando a interação onda-corrente.

Estes termos são definidos usando notação matricial. Seja D o vetor de componentes di, ie, $D = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & d_3 \end{bmatrix}^T$. O vetor D é calculado por:

$$D = D^0 + B.\begin{bmatrix} u_c - u & v_c - v & r \end{bmatrix}^T$$

com $B = \begin{bmatrix} B^1_{3x2} & B^2_{3X1} \end{bmatrix}$; $B^1 = \begin{bmatrix} b_{w1} & b_{r1} \\ b_{w2} & b_{r2} \\ b_{w3} & b_{r3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\psi_{rs}) & \sin(\psi_{rs}) \\ \sin(\psi_{rs}) & \cos(\psi_{rs}) \end{bmatrix}$; $B^2 = \begin{bmatrix} b_{3,2} \sin(\psi_{rs}) & b_{3,2} & b_{2,2} \end{bmatrix}$

Na equação acima, $D^0 = \begin{bmatrix} d_1^0 & d_2^0 & d_3^0 \end{bmatrix}$ é a força de onda incidente regular média, $b_{wi} = 4d_i(\omega, \psi_{rs}) + \omega \dfrac{\partial d_i(\omega, \psi_{rs})}{\partial \omega}$ e $b_{ri} = -2 \dfrac{\partial d_i(\omega, \psi_{rs})}{\partial \omega}$. As forças de deriva lenta são determinadas como séries temporais a partir do seu espectro. Aranha & Fernandes (1995) mostraram que estes espectros correspondem a ruído branco para baixas freqüências, podendo ser obtidos por:

$$S_{sd_i}(\psi_{rs}, \mu) = 8\int_0^{\infty} S^2(\omega) d_i^0(\omega, \psi_{rs}) d\omega \quad i = 1,2,3$$

onde μ é a diferença entre duas freqüências de onda.

Movimentos de alta freqüência são calculados por meio de funções de transferência relacionando altura de onda chamadas Operadores de Resposta em Amplitude (RAOs). Estas funções são obtidas por métodos numéricos considerando o fluxo potencial em torno do casco. Esta abordagem baseia-se na resposta linear de movimentos de alta freqüência e no desacoplamento entre movimentos de alta e baixa freqüência.

Ondas em mar real são descritas por um espectro de potência S(ω) de altura de superfície, e o espectro de potência do movimento de navio i (P_{ii}) são então calculados por:

$$P_{ii}(\omega) = RAO_i(\psi_{rs}, \beta)^2 . S(\omega)$$

Sendo β o ângulo de incidência com relação à embarcação. Os movimentos de alta freqüência da embarcação são então obtidos a partir da realização temporal do espectro de potência da função P*ii*.

Apêndice B

Este apêndice contém os principais parâmetros que definem o navio empregado no estudo.

Tabela 1. Principais propriedades do petroleiro

Parâmetros	Navio completamente carregado
Comprimento (m)	260
Través (m)	44.5
Calado (m)	16.1
Coeficiente de bloco	0.83
Superfície molhada (m2)	17646
Massa (ton)	156,310
Momento de Inércia (ton.m2)	6.6 x 108
Área transversal (m2)	1038
Área lateral (m2)	2858

Os coeficientes d_i foram calculados por meio de análise de software de fluxo potencial e foram fornecidos pela Petrobras (Wamit, 2000).

Controle principal e parâmetro de filtro são dados por:

$$\mathbf{R} = diag(1 \quad 1 \quad 3\times10^{-4});$$
$$\mathbf{Q}_{EKF\text{-}RPEM} = diag(\mathbf{Q}_1);$$
$$\mathbf{Q}_{EKF\text{-}1} = diag(\mathbf{Q}_1 \quad 1.5\times10^{-4});$$

com

$$\mathbf{Q}_1 = (4\times10^{10} \quad 4\times10^{10} \quad 4\times10^{14} \quad 0.34 \quad 0.34 \quad 0.002 \quad 2\times10^{8} \quad 8\times10^{9} \quad 1.2\times10^{12})$$

.

Para o termo Proporcional-Derivativo:

Ganhos proporcionais=[6.51x104 8.95x104 3.64x108]
Ganhos derivativos=[5.06x106 6.96 x106 2.83 x1010]

Referências

Aranha, J.A.P., *A Formula for Wave Damping in the Drift of a Floating Body*, Journal of Fluid Mechanics, vol. 272, pp.147-155, 1994.

Aranha, J. A. P. and Fernandes, A. C., *On the Second Order Low Frequency Force Spectrum*", Applied Ocean Research, Vol.17, pp.311-313, 1995..

Balchen, J.G., Jenssen, N.A. and Saelid, S., *Dynamic Positioning using Kalman Filtering and Optimal Control Theory*, Proceedings of IFAC/IFIP Symposium on Automation in Offshore Oil Field Operation, Bergen, 1976.

Glenan, A.L. *Desenvolvimento de Laboratório Experimental de Sistemas de Posicionamento Dinâmico*, XIX Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária XIX COPINAVAL, Guayaquil, Equador, 2005.

Leite, AJP, Aranha, JAP, Umeda, C, e de Conti, MB, *Current Forces in Tankers and Birfurcation of Equilibrium of Turret System: Hydrodynamic Model and Experiments*, Applied Ocean Research, Vol. 20(3), pp.145-156, 1998.

OCIMF, *Predictions of wind and current loads on VLCCs,* Oil Companies International Marine Forum, 1994

Saelid, S., Jenssen, N.A. e Balchen, J.G., *Design and Analysis of a Dynamic Positioning System Based on Kalman Filtering and Optimal Control*, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.AC-28, No.3, pp. 331-339, 1983.

WAMIT, *Wave Analysis Program : Reference Manual*, WAMIT, Inc., 2000.

XIX COPINAVAL 2005

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CÁLCULO E IMPRESIÓN DEL ALMANAQUE NÁUTICO EN CUBA.

Autor(s): MSc. Ing. Jorge Alberto Martín Ferrer

Academia Naval "Granma",
Micro X, Alamar, Habana del Este, Ciudad de La Habana, Cuba
Teléfono: 93 9671 y Fax: 93 9676

Resumen

El Almanaque Náutico (AN), es una publicación anual dedicada a la predicción del movimiento de los astros que navegan en la bóveda celeste. Es utilizada fundamentalmente para la determinación de la posición de un buque en la mar durante la navegación al observar a los cuerpos celestes con mayor brillantez. Esta publicación es un medio auxiliar para garantizar la seguridad del buque en la mar, por lo cual la Organización Marítima Internacional (OMI), exige tener a bordo el ejemplar del año en curso. Internacionalmente es producida por muy pocos países, entre los cuales tenemos los EEUU junto a Gran Bretaña (al cual llamamos AN Inglés), España, y Rusia, como los más reconocidos. En el país, se ha utilizado tradicionalmente el AN Inglés por nuestro personal de la flota, y es un medio de enseñanza utilizado en la Academia Naval, en el cual se ha entrenado por más de tres décadas los marinos que cursan estudios tanto de la marina de pesca, mercante y guerra. Nuestro Almanaque Náutico se comenzó a producir desde el año 2003, comenzando a ser utilizado en las navieras a partir del año 2004 hasta nuestra fecha, ya siendo instituida oficialmente. Los algoritmos programados poseen una excelente exactitud, los cuales se han comprobado en la práctica y verificado los resultados del posicionamiento terrestre por comparación con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) a bordo del buque escuela durante las prácticas de estudio. Su elaboración se realiza por la propia institución con un año de antelación, suministrando un ejemplar a la empresa GEOCUBA, quien corre a cargo de su producción.

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CÁLCULO E IMPRESIÓN DEL ALMANAQUE NÁUTICO EN CUBA.

1. Introducción

El Almanaque Náutico es producida Internacionalmente por muy pocos países, entre los cuales tenemos la coproducción realizada por el Observatorio Naval de los EE. UU. y el Almirantazgo Inglés, el AN de España; así como, las efemérides astronómicas de Rusia. Otros países como México, Nueva Zelanda, Brasil, Suecia y otros, reproducen el AN Inglés, tal como se recoge en Royal [22], al igual que hicimos nosotros hasta hace ya dos años. La Academia Naval con el fin de mejorar la preparación y con ello los resultados en el proceso de enseñanza aprendizaje, ha llevado a cabo una colosal remodelación de la tecnología existente, capaz de soportar las exigencias planteados por la Organización Marítima Internacional (**OMI**) y de esta forma garantizar el certificado por el Sistema de Gestión de la Calidad alcanzado en el año 2000 y revalidado en el 2003.

Dado el bloqueo existente por más de cuatro décadas, nuestro país no ha podido adquirir con tiempo suficiente los ejemplares necesarios para ser suministrados a los buques de las navieras de la pesca, mercante y la marina de guerra, así como a otras instituciones del país. A esta problemática se le sumaba el precio de costo por la adquisición de un ejemplar con un valor de 75 libras esterlinas (£), multiplicado por la cantidad para satisfacer las necesidades nacionales. Por esta razón se comenzó un trabajo de investigación para obtener los algoritmos del movimiento de los astros con el menor error posible en el año 1988, el cual se ha potenciado con la adquisición de los nuevos medios de cómputo y los avances alcanzados por las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (NTIC).

Uno de los aportes con las NTIC, es haber logrado el desarrollo de los procedimientos y algoritmos para el cálculo e impresión del Almanaque Náutico en nuestro país con una elevada precisión, tras haber desarrollado inicialmente cuatro sistemas de cómputo en un período de 11 años. Estos sistemas permitieron validar los algoritmos para resolver la posición espacial de los diferentes astros, los cuales son los datos de partida para obtener otros cálculos de interés, y que se suministran para elaborar esta publicación especializada, según se expresa en Harman [13,14].

2. Materiales y Métodos

2.1 Acerca del Almanaque Náutico

En las regulaciones del Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia de la Gente de Mar, se establece la determinación de la posición durante la navegación por observaciones astronómicas. Una de las publicaciones náuticas de mayor importancia para este fin, lo constituye el Almanaque Náutico, editado fundamentalmente por autoridades navales o hidrográficas de diferentes países o a solicitud de las mismas, tal como se expresa por el Colectivo [6,7,8,9].

El Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba y la Academia Naval ¨Granma¨, presentan hasta la fecha la segunda edición, correspondiente al año 2005, la cual cumple con los parámetros que aseguran la exactitud requerida en la determinación de la posición astronómica y en las tareas auxiliares, empleando para ello la aplicación.

ALMANAT.

El sistema computarizado **ALMANAT** (Versión 2.01), ha sido mejorado con respecto a su versión anterior, y ha permitido vincular sus resultados con otros sistemas para viabilizar su presentación.

Contiene todo el sistema formular y algoritmos matemáticos necesarios para realizar las predicciones de la posición espacial de los astros para cualquier año. Esto permite la edición anual de esta Publicación. Náutica; así como, elaborar las páginas diarias y tablas de alturas que se muestran en la publicación, las que han sido concebidas en la Academia Naval ¨Granma¨. Ello está en correspondencia con el plan de estudio de la asignatura Astronomía Náutica, lo que permite su uso para dar solución a problemas de posicionamiento espacial de los astros en tiempo real, y otros datos que se muestran según el índice como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Índice de la publicación.

Autor Colaboradores
Acerca del Almanaque Náutico
Índice General
Artículo Cultural
Explicación 1 Objetivos 2 Descripción del Almanaque Náutico 2.1 Datos generales 2.2 Contenido de las páginas diarias 2.3 Tablas correcciones 2.3.1 Tablas de a las alturas observadas (T_2,T_3,T_4,T_5) 2.3.2 Tablas de interpolación I y II 2.3.3 Tabla de la estrella Polar 2.3.4 Gráficos
3 Empleo del Almanaque Náutico 3.1 Convenio de los signos 3.2 Cálculo del ángulo horario local y declinación de Sol, Luna y Planetas 3.3 Cálculo del ángulo horario local y declinación de estrellas 3.4 Orto, Ocaso y Crepúsculos 3.5 Hora de a bordo del paso por el meridiano 3.6 Correcciones aplicables a las alturas 3.7 Determinación de la latitud por la estrella Polar 3.8 Fases de la Luna

Continuación. Tabla 1. Índice de la publicación.

Tablas de correcciones a las Alturas. T_2 Corrección por Depresión: Sol, Planetas y Estrellas. T_3 Corrección por Refracción para el Sol. T_4 Corrección Adicional por Refracción para Condiciones Anormales.
Fases de la Luna y Eclipses.
Eventos Astronómicos (Meses: Enero – Diciembre): Explicación Meses: Enero – Diciembre
Visibilidad de los Planetas
Tabla para las Páginas Diarias: Meses: Enero - Diciembre
Cartas de Estrellas: Hemisferio Norte Hemisferio Sur
Planisferio
Estrellas Seleccionadas Meses: Enero – Julio Julio – Diciembre
Tabla de la Estrella Polar.
Tabla de Conversión de Arco en tiempo.
Incrementos y Correcciones (00m – 59m)
Tabla de Interpolación por Latitud y Longitud
Tabla de Valores Promedios de las Estrellas Fundamentales
T5 Tabla de la corrección principal de la Luna
Tablas auxiliares Tiempo – Velocidad - Distancia
Glosario de términos normalizados a emplear en el Almanaque Náutico

La tabla mostrada anteriormente refleja todos los aspectos que recoge la publicación. Se destacó en especial con letra cursiva lo referente a las explicaciones por la importancia que reviste para el uso correcto de las tablas, ya que es el material idóneo para el estudio por parte de los guardiamarinas y egresados que cursan estudios de superación en la institución.

Las explicaciones poseen, además, los ejemplos con datos reales y en los que se basa el plan temático para la impartición de la asignatura por parte de los profesores en los cuales se *calculan las coordenadas de los astros* y son mostradas en las páginas diarias.

Por consenso en reunión metodológica de la cátedra y considerando varias encuestas realizadas a los oficiales de puente de nuestra marina, se modificaron algunos elementos en las páginas diarias. En las páginas de la izquierda se muestra la posición de los planetas, aries y las estrellas; mientras que en las páginas de la derecha se muestra la posición del Sol y la Luna, con sus momentos de orto (salida), ocaso (puesta) y los crepúsculos (con determinada altura por debajo del horizonte). De esta forma se mejora la entrada a la misma y se logra una identidad nacional adicional, que difiere del AN Inglés.

2.2 Cálculo de las coordenadas de los astros

Para situar un punto en la esfera celeste al igual que en un plano o en el espacio se utilizan los sistemas de coordenadas. Tal como se recoge en Alexandrovsky [2], Boudtich[4,5], Dutton's [10], Moreu [21], Iglesias [16] y TUN [25], los sistemas de coordenadas en la esfera celeste se construyen con relación a dos círculos mutuamente perpendiculares de la esfera, similares a la latitud y la longitud en la tierra.

De los cinco sistemas coordenados celestes conocidos en Astronomía esférica, en Astronomía Náutica se utilizan:

1)- Eclíptica (Lat, Long).

2)- Ecuatorial (AR, Dec): Con sus dos sistemas.

3)- Horizontal (Az, h).

Se utilizan las coordenadas:

1)- Eclípticas: Para situar un astro en este sistema se toman como círculos principales el primer máximo de longitud y la eclíptica, y como coordenadas la Latitud (Lat) y Longitud (Long) celeste. Este sistema de coordenadas lo emplean los astrónomos para estudiar el movimiento propio de los astros y por esto lo refieren muchas veces al centro del Sol, considerado como centro de la esfera celeste.

2)- Ecuatoriales: Existen dos sistemas de coordenadas ecuatoriales, ellos están orientados en el espacio con respecto al eje del mundo.

2.1- Primer sistema: Para situar un astro por el primer sistema de coordenadas, se toman como círculos principales el meridiano del lugar y el ecuador celeste, como punto principal el polo elevado (nodo ascendente), y como coordenadas del sistema el Ángulo Horario (AH) y la Declinación (Dec).

2.2- Segundo sistema: También se conoce como coordenadas Urano gráficas. Para situar un astro se toman como círculos principales el ecuador celeste y el meridiano que pasa por el punto Aries, y como coordenadas la Ascensión Recta (AR) y la Declinación (Dec).

3)- Horizontales: Está orientado en el espacio con respecto a la línea vertical del lugar. Para situar un astro mediante este sistema se toman como círculos principales el Meridiano del lugar o del observador y el horizonte, y como coordenadas el Azimut (Az) y la Altura (h).

El cálculo de estas coordenadas permite situar al observador en coordenadas geográficas a partir de calcular las posiciones medias de los astros en el espacio, lo que se demuestra durante las clases y las prácticas de estudio empleando el Almanaque y los sistemas computarizados elaborados que con posterioridad se hace referencia. Para ello es necesario realizar el *cálculo de las correcciones y lograr precisiones en el tiempo* lo más exactas posibles.

2.3 Correcciones a los astros. Precisión – Tiempo

La precisión que daremos a conocer está reflejada al realizar dos transformaciones de coordenadas; es decir, al llevar desde las coordenadas eclípticas a coordenadas ecuatoriales, tal como se recoge en Iglesias [16], Martín [20] Tamaya [23], Royal [22]. Para ello se consideró que en:

- LUNA: Para determinar la posición espacial de nuestro satélite natural se consideraron más de 50 correcciones al movimiento medio de las coordenadas eclípticas celestes. Esto nos permitió lograr una precisión de ±0.3’.
- SOL: Para determinar la posición espacial del astro rey de nuestro sistema solar se consideraron las correcciones al movimiento medio de las coordenadas eclípticas celestes para obtener su movimiento verdadero, y se llevaron dichas coordenadas al movimiento aparente. Esto nos permitió lograr una precisión de ±0.1’.

- PLANETAS: Se calcularon los elementos de los nueve planetas del sistema solar (las coordenadas del planeta Tierra son las mismas que las del Sol visto para un sistema heliocéntrico), de los cuales se utilizan en la navegación como puntos de referencia 4 (Marte, Venus, Júpiter y Saturno); así como Mercurio, el cual es visible en el momento de ocurrencia entre los crepúsculos Náutico y Civil teniendo en cuenta su magnitud de brillo. Para determinar la posición espacial de los planetas de nuestro sistema solar se consideraron las correcciones al movimiento medio de las coordenadas eclípticas celestes para obtener su movimiento verdadero, y se llevaron dichas coordenadas al movimiento aparente. Esto nos permitió lograr una precisión de ±0.5'.
- ESTRELLAS: Se calcularon los elementos de 1398 estrellas, en las que se encuentran incluidas las 58 estrellas navegables. Para determinar la posición espacial de las estrellas se consideraron las correcciones a las coordenadas ecuatoriales referidas para J2000 como punto de partida, las correcciones aplicadas fueron por precesión, nutación y aberración. Esto nos permitió lograr una precisión de ±0.1'.

La tercera transformación de coordenadas se realiza para determinar la posición del observador en el globo terrestre. Para ello se necesita por lo menos la observación a dos astros cualesquiera para lograr la intersección de dos rectas (Rectas de Alturas), luego se procede a calcular las coordenadas ya sea grafo – analítica ó de forma automatizada empleando el algoritmo basado en el método de las tangentes, tal como recoge Alvarez [1], Alexandrovsky [2], Boudtich [4,5], Dutton's [10], Moreu [21], Iglesias [16], Inmarsat [17] y Transas [24].

Con las transformaciones logradas, se ha podido calcular otros elementos que se utilizan empleando para ello los siguientes softwares: Sol, Luna, Planetas y Estrellas, como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Elementos calculados empleando las aplicaciones Sol, Luna, Estrellas y Planetas.

Cálculo de los Momentos	**Programas de cómputo (Versión 3.0)**			
	SOL	**LUNA**	**ESTRELLAS**	**PLANETAS**
Fases de la Luna.		**x**		
Eclipses de Sol.	**x**			
Eclipses de Luna.		**x**		
Eventos astronómicos.	**x**	**x**	**x**	**x**

Estos sistemas computarizados junto al sistema ALMANAT, han facilitado lo siguiente:

1. Realizar cálculos astronómicos puros para la docencia – investigación, lo que permite su utilización en clases para demostrar procesos acerca del astro de referencia.
2. Permite situar la posición del buque en la mar por diversos métodos, lo que posibilita corregir nuestra derrota.
3. Su ayuda brinda la información necesaria que nos permite ampliar nuestra cultura general e integral.
4. Brindan un significativo aporte económico dado por su ahorro en tiempo y divisa para adquirir sistemas con este perfil (no los hay comercialmente), ya que lo que se comercializa es la publicación y no el software.
5. En cualquier caso, se sustituyen viejos sistemas de cálculo.
6. Posibilitan mejores resultados.

Conclusión

Podemos concluir que este sistema tiene un impacto militar, económico y social, al analizar lo planteado en Gárciga [12] y Ley [19]:

- ✓ Militar, La publicación en tiempo de:

- ♦ Paz: Método **efectivo,** ya que nuestros antiguos pudieron llegar a diversas partes del mundo durante sus travesías empleando métodos de astronomía, y por lo cual la Organización Marítima Internacional (OMI) mantiene vigentes.
- ♦ Guerra: Además del visto ya en tiempo de paz; tenemos la **no-dependencia** de sistemas radioelectrónicos (Radares y Sistemas de Posicionamiento Global: GPS) que puedan ser interferidos por el enemigo para situar la posición del buque.

✓ Económico: Bajo el principio de su empleo militar en tiempo de paz, la aplicación ha contribuido a la elaboración de los planes gráficos de salida al mar de los buques con **precisión** (minimiza los errores cuadráticos medios de la posición fija al emplear sistemas de cómputo) y **prontitud**, los cuales son indispensables para la realización de una travesía; y permiten a su vez garantizar el control de las posiciones **evitando** con ello **varaduras ó accidentes** que puedan ocasionar pérdidas de vidas humanas, así como miles de millones de dólares en pérdidas a la economía nacional por concepto del buque y la carga que se lleva a bordo. El **ahorro en divisa** por concepto de adquisición de los almanaques necesarios para satisfacer la demanda nacional o de un sistema que brinde estas posibilidades, lo cual **no se comercializa**.

✓ Social: Contar con una publicación en tiempo que posibilite la preparación de todo el personal marino o vinculado a la astronomía, con sus respectivos ejemplos mostrado de forma ilustrativa. Permite a su vez enriquecer el acervo cultural de la población a partir de los datos que se muestran.

Bibliográfica

3 Alvarez Rodriguez, Amancio. Sistema de Posicionamiento. 97. Conf. ICH. Cuba.

4 Alexandrovsky V.V., 1995: "Navegación". MIR, URSS.

5 Bermejo Ortega, J. C., 2000. "Glonass Acierto o desacierto para el usuario". Artículo.

6 Bowditch Nathaniel, Edición 1973: "American Practical Navigator an Epitome of Navigation, Volume I, Defense Mapping Agency Center.

7 Bowditch Nathaniel, 1995: "American Practical Navigator an Epitome of Navigation, Volume I, Defense Mapping Agency Center. Pub. 9.

8 Colectivo de autores de la Cátedra de Navegación, 1985: "Fundamentos de la teoría de errores y su utilización en la navegación". Academia Naval "Granma", Cuba. Colectivo de autores de la Cátedra de Navegación, 1980: "Indicaciones Metodológicas para la realización de los Proyectos de Curso de Navegación". Academia Naval "Granma", Cuba.

9 Colectivo de autores de la Cátedra de Navegación, 1993: "Navegación de estima, costera y electrónica". Tomo I. Academia Naval "Granma".

10 Colectivo de autores de la Cátedra de Navegación, 1993: "Navegación de estima, costera y electrónica". Tomo II. Academia Naval "Granma".

11 Dutton's, 1978: "Navigation".

12 Fondevila Ayala, J. 2003: "Sistemas satelitales de Navegación", Academia Naval "Granma", Imprenta Academia de las FAR General "Máximo Gómez Báez".

13 Gárciga, Rogelio Marrero, 1989: "Elementos de contabilidad y costo para ingenieros". Editorial Pueblo y Educación año.

14 Harmon, S. Y., 1998: "Bibliography of Verification, Validation, Evaluation and Testing of Knowledge-Based Systems", Defense Modeling and Simulation Office, Alexandria, VA, 1998.

15 Hofmann-Wenllenhof, B., 1994: "GPS Theory and Practice", Springer-Verlag, New York, EEUU.

16 Iglesias Campillo, Mario; J.A. Martín Ferrer; E. González Rebellés, 2004: "Navegación", Edimar, GEOCUBA, Cuba.

17 Inmarsat, 1994: "Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima". ICH. Cuba.

18 Ley 38: "Ley de Innovación y Racionalización". Asamblea Nacional del Poder Popular. Cuba.

19 Martín Ferrer, Jorge A, nov. 2001: "Procesamiento de la señal de satélite con el software TabComp.exe V – 3.01". I Taller de procesamiento de señales e imágenes en la rama naval, Cuba.

20 Moreu Curbera (Capitán de Navío); Martínez Jiménez (Capitán de Fragata), 1973: "Manual de Navegación", Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba.

21 Royal Admiralty && Naval Observatory. Almanaque Náutico. 1975 - 2003.

22 Tamaya Calculator NC – 88, 1988: "Astro Navigation Piloting & Reckoning, Manual de usuario". Tamaya & Company Limited, Tokyo, Japón.

23 Transas Marine Ltd., May 2001: “Navy-Sailor V - 3.2”, Technical Reference Edition.

24 TUN, 2002: “Tabla Util al Navegante”. GEOCUBA. Cuba.

UNA APROXIMACION AL ANALISIS ROTACIONAL DE EJES

Por Franklin J. Domínguez (*).

En la etapa preliminar del análisis vibracional de ejes propulsores, se debe aproximar una solución por un método que nos conduzca a un dimensionamiento confiable de la línea de ejes.
Se ha tomado como ejemplo líneas propulsoras de múltiples ejes y múltiples descansos, muy común en yates y pesqueros.
Buscando generalizar una aproximación a líneas propulsoras de *n* tramos de ejes y *m* descansos, se ha aplicado la metodología disponible propuesta por los investigadores Dunkerley, Woytowich [5] y Raleigh. Se ha comparado los resultados obtenidos con el método de Elementos Finitos, encontrándose variaciones sustanciales sobre todo cuando se incrementa el número de descansos y tramos de ejes.
Vista esta discrepancia, se ha procedido a estudiar la divergencia de los resultados, encontrándose que al aplicar el método energético propuesto por Raleigh a un eje, en condición de rotación quasi estática y generalizando esta aplicación a los *n* tramos de ejes, se obtiene un comportamiento simplificado que aproxima en buen grado los resultados encontrados mediante el método de Elementos Finitos.
La implementación de esta formulación en una hoja electrónica permite:

- Dimensionar el diámetro de ejes propulsores, optimizando sus respectivas secciones
- optimizar la carga en los descansos
- Estimar la frecuencia fundamental rotacional
- Analizar el acoplamiento línea propulsora con el eje de salida del reductor.
- Optimizar la posición de bridas de acople y posición de hélice.

Introducción

En la etapa preliminar de diseño de una línea de ejes propulsores, es necesario estimar la posición de los descansos, dimensionamiento de ejes y definir el rango de trabajo permisible, basado en la frecuencia natural del sistema.
Se ha revisado la metodología desarrollada cuando el sistema de propulsión tiene n tramos de ejes y m descansos.
La metodología más confiable para calcular los parámetros mencionados hasta ahora ha sido a través del método de Elementos Finitos -MEF. El método MEF, no permite niveles de optimización y análisis de sensibilidad necesarios en la etapa preliminar de diseño, razón por la cual se ha investigado otras metodologías que permitan implementar el cálculo analítico y llevar confiablemente a estimar los parámetros cercanos a los valores óptimos.
Dentro de las metodologías actualmente en uso, se destaca entre otras el cálculo de la frecuencia natural propuesto por Raleigh. Este método es una aplicación de la Ley de conservación de la energía. Mediante esta formulación, la deformación estática de un tramo de eje puede ser aproximada por un conjunto de segmentos de masas, soportadas por resortes lineales. En el abordaje propuesto por Raleigh, los descansos son considerados rígidos. En este método, se define el comportamiento de cada tramo segmento de eje, como también la formulación para el caso de masas concentradas, tal como puede ser el caso de una hélice o una brida de acople.

(*) Gerente de TECNAVIN S.A., *proyectos navales*.
www.tecnavin.com
Presidente del Colegio de Ingenieros Navales del Ecuador – CINAVE 2004-2006

Adicionalmente se ha revisado la metodología propuesta para dos tramos de ejes. Esta metodología ha sido propuesta por Woytowich, Dunkerley y Panagopulos.
Vista las limitaciones analíticas actuales se propone en consideración la siguiente, metodología que busca generalizar la aproximación de CÁLCULO DE FRECUENCIA NATURAL ROTACIONAL – CFNR, para sistemas propulsores de *n* tramos de ejes y *m* descansos

Aproximación a una línea de ejes

El comportamiento de una línea de ejes soportada por descansos rígidos, rotando a una velocidad *w* [rad/seg.], tiene una forma sinusoidal, esto es, una flexión alternada entre descansos, siendo positiva la deformación para un tramo y negativa la deformación para el siguiente tramo.
Este comportamiento sinusoidal manifestado al rotar el eje es causado por la fuerza centrifuga.
Siendo Fc. la fuerza centrifuga de un segmento de eje, la formulación se define por:

$$Fc. = Ac\ m = V^2\ m / r = w^2\ r\ (W/g) \qquad (1)$$

$$r = r_0 + (\Delta\ r) = p\ r_0 \qquad (2)$$

Siendo

$m = W/g$ = masa del segmento de eje
r = radio de rotación del segmento de eje
r_0 = deformación estática del segmento de eje, por efecto de la carga alternada por tramo
$(\Delta\ r)$ = la deformación dinámica por efecto de la fuerza centrifuga

Considerando que cada segmento de eje es soportado por un resorte lineal *K*, el efecto de la fuerza centrífuga en el segmento de eje será:

$Fc. = K (\Delta r)$ (3)
$(\Delta r) = Fc. / K$ (4)
$(\Delta r) = w^2 r (W/g) /K$ (5)
$(\Delta r) = w^2 p r_0 (W/g) /K$ (6)

si $W = K r_0$, reemplazando en (6)

$(\Delta r) = w^2 p r_0^2 /g$ (7)
haciendo que
$p' = w^2 p /g$ (8)
$(\Delta r) = p' r_0^2$ (9)

esto nos indica que la deformación dinámica por efecto de la fuerza centrifuga es proporcional al cuadrado de la deformación estática.

La energía potencial desarrollada por el segmento de eje será:

$EP = Fc. p r_0 = K (\Delta r) p r_0$ (10)
$\boldsymbol{EP = K (p' r_0^2) p r_0 = K (p' r_0^3) p}$ **(11)**

La energía cinética desarrollada por el segmento de eje será:

$EC = w^2 r (W/g) (\Delta r)$ (12)
$EC = w^2 p r_0 (W/g) (\Delta r)$ (13)
$EC = w^2 p r_0 (W/g) (p' r_0^2)$ (14)
$EC = w^2 p (W/g) (p' r_0^3)$ (15)
$\boldsymbol{EC = w^2 p (K/g) (p' r_0^4)}$ **(16)**

Desarrollo del procedimiento de CFNR

El procedimiento CFNR se basa en los siguientes términos referenciales:

1. línea de ejes de n tramos, de material homogéneo y elástico linealmente
2. línea de ejes soportados por m descansos, rígidos a la estructura
3. por la condición del eje: homogéneo y elástico linealmente, se aproxima que cada segmento de eje tendrá un mismo valor de p' y de p.
4. una vez configurada la línea de ejes en sus n tramos, se definirá la carga alternada por tramos. Esto es: un tramo será cargado en dirección hacia abajo y el siguiente tramo será cargado hacia arriba.
5. de este resultado se obtendrá por tramo:
    a. deformación de cada segmento de eje (r_0)
    b. deformación promedio por cada tramo de eje, promedio (r_0)
    c. la constante elástica por cada tramo de eje (K)
6. la línea de ejes en su conjunto una vez deformada, adquiere una energía potencial, tal que su máxima deformación se obtendrá por la igualación con su energía cinética.
7. la línea de eje de n tramos esta rotando a la misma velocidad w (rad / seg.)

Basado en este principio (6.-) y de acuerdo con las fórmulas indicadas en (11) y (16), se tiene:

$EP = EC$ (17)
$\Sigma K (p' r_0^3) p = \Sigma w^2 p (K/g) (p' r_0^4)$ (18)

o lo que es lo mismo

$\boldsymbol{\Sigma K r_0^3 = \Sigma w^2 (K/g) r_0^4}$ **(19)**
de donde la frecuencia fundamental rotacional será:

$\boldsymbol{w^2 = g [\Sigma K r_0^3 / (\Sigma K r_0^4)]}$ **(20)**

Las unidades de K, g y $|r_0|$, deben ser consistentes.

Metodología para la aplicación del CFNR

El objetivo del análisis rotacional es básicamente estimar las cargas en los descansos y la frecuencia fundamental , tal que en la etapa de diseño definitivo, los descansos no estén sobrecargados y la línea de propulsión tenga su frecuencia fundamental fuera del rango de trabajo al menos con una tolerancia del 25%.

Siendo así, para realizar este análisis se debe:

1. reunir las formulaciones básicas de cálculo para:
    a. dimensionamiento del diámetro de los ejes
    b. tolerancia preliminar de colgamiento de hélice
    c. ubicación preliminar de bancadas o apoyos
    d. ubicación preliminar de bridas de acoplamiento de ejes
    e. dimensionamiento preliminar de eje de salida del reductor y piñón

f. cálculo de la deformación estática de la línea de ejes
g. cálculo de la deformación quasi estática de la línea de ejes (esto es: límite cuando el eje se acerca a la velocidad de rotación $w = 0$)
h. cálculo de la frecuencia fundamental
i. cálculo de las reacciones en los descansos
j. cálculo de la sobre carga o presión en los descansos

2. todas las formulaciones antes indicadas, se han organizado en una hoja electrónica manteniendo la vinculación entre celdas, tal que al final, confiablemente se aplique la herramienta SOLVER. Esto permite encontrar los parámetros óptimos requeridos en el análisis rotacional.

En los apéndices se resume las principales formulaciones indicadas en Anexo 1.

Ejemplo de aplicación de CFNR.

Estimar la frecuencia rotacional para una línea de propulsión de las siguientes características:

Diámetro de hélice	45.0 pl
Peso de hélice en seco	264.0 lb.
Peso de hélice en agua (+25%)	330.0 lb.
Número de aspas	4
Diámetro de eje cola	3.5 pl
Diámetro de eje de salida en reductor	2.697 pl

Distribución de bancadas en el eje:

- hélice en voladizo 9.803 pl
- distancia entre bancadas
  - Nº 1 y Nº 2 60.63 pl
  - Nº 2 y Nº 3 77.87 pl
  - Nº 3 y Nº 4 96.90 pl
  - Nº 4 y Nº 5 59.64 pl
  - Nº 5 y Nº 6 12.86 pl

Nota:

Bancadas Nº 1: arbotante cercano a la hélice
Bancadas Nº 2: arbotante intermedio
Bancadas Nº 3: bocín de popa, salida del casco
Bancadas Nº 4: bocín del empacador
Bancadas Nº 5: cojinete de empuje del reductor, sector de popa, eje de salida
Bancadas N.º 6: cojinete del reductor, sector de proa, eje de salida

Listado de pesos de brida y piñones:

Distancia en pl. desde la bancada	Peso Lb.	elemento
Nº 5, 11.91 pl	312.64	brida de eje
N.º 6, 3.86 pl.	42.83	piñón de salida

Material del eje	AQUAMET 19
Módulo de Elasticidad	2.8 E +07 Lb. /pl^2
Densidad de eje	0.286 Lb. /pl^3

Potencia propulsora	385 HP
RPM motor	1800
Ratio	3:1
RPM hélice	600

Resultados

PRIMERA PARTE

Para este ejemplo se ha calculado la frecuencia rotacional crítica en [cpm], por los siguientes métodos:

1. Woytowich (promedio) 1068.3
2. Panagopoulos 1374.8
3. Raleigh 1890.3
4. CFNR 1787.3
5. MEF 1790.4

Nota:
la frecuencia rotacional crítica es calculada multiplicando la frecuencia fundamental de la línea, por la ratio del reductor y dividido para el número de aspas.

SEGUNDA PARTE

Como segunda parte del cálculo, se ha estimado tanto, las reacciones en las bancadas, momentos de empotramientos como la deformación cada 10% del segmento del eje.

Resumen de estos cálculos pueden verse en el Anexo 2.

En base a estos resultados se obtiene que las presiones por longitud unitaria en las bancadas serán:

Banca-da Nº	Reacci-ón Lb.	Longi-tud unita-ria pl.	Diá-me-tro pl.	Presi-ón máx. Lb/pl^2
1a	4.89E+02	1.	3.5	139.7
2a	1.21E+02	1.	3.5	34.6
3a	2.59E+02	1.	3.5	74.0
4a	2.86E+02	1.	3.5	81.7

Si se usa bancada de bocín sintético , dureza entre 60 a 70 Shore D, la máxima presión recomendada por el ABS es 800 Lb./pl^2.

El porcentaje de deformación estática por tramos es como sigue:

Banca-da Nº	deforma-ción Est. pl.	Longi-tud pl.	% defor-mación
1-2	1.875E-03	60.63	3.09E-03
2-3	1.900E-03	77.87	2.44E-03
3-4	3.361E-03	96.90	3.47E-03
4-5	1.711E-03	59.64	2.86E-03
5-6	2.248E-04	12.86	1.74E-03

El porcentaje de deformación Quasi-estática por tramos, es como sigue:

Banca-da Nº	deforma-ción Q. Est. pl.	Longi-tud pl.	% defor-mación
1-2	6.136E-03	60.63	**1.01E-02**
2-3	7.306-03	77.87	9.38E-03
3-4	1.034E-03	96.90	1.06E0-03
4-5	4.315E-03	59.64	7.23E-03
5-6	4.198E-04	12.86	3.26E-03

Siendo la deformación máxima de 1.01E-02% en el tramo Nº 1-2.

Conclusiones

1. La aplicación del método de Tres Momentos para vigas continua ha permitido estimar
    a. las deformaciones de la viga en condición quasi estática (límite cuando w =0)
    b. los momentos en las bancadas
    c. las reacciones en cada bancada
2. con estos parámetros, se ha evaluado la frecuencia crítica rotacional, tanto por el método propuesto por Raleigh como por el método indicado CFNR, encontrándose que con relación a los resultados calculados por el MEF, los porcentajes de variación son:
    a. M. Raleigh +5.58%
    b. M. CFNR -0.17%
3. El manejo de la información en hoja electrónica, ha permitido ajustar la carga sobre las bancadas, como también verificar el porcentaje de deformación / longitud de tramo con el que estaría operando la línea propulsora.
4. Aun cuando hay varios textos que recomiendan % de deformación límites por tramo de eje, se recomienda analizar cada caso en dependencia de la frecuencia rotacional crítica para la línea propulsora en consideración.

Apéndices

ANEXO 1
VIGAS CONTINUAS: Método TRES MOMENTOS

Para la aplicación del método de TRES MOMENTOS, se ha realizado las siguientes consideraciones:

1. el eje propulsor es continuo o unido mediante bridas de acople.
2. el eje o el conjunto de ejes puede rotar libremente.
3. el eje o el conjunto de ejes tienen el mismo módulo de elasticidad
4. el eje o el conjunto de ejes, esta apoyado en bancadas, rígidas a la estructura de la nave.
5. la hélice se la considera en voladizo, en el extremo del eje propulsor.
6. La tuerca o protuberancia de eje fuera de la hélice, será considerada en su peso equivalente y adicionada al peso del propulsor, a la misma distancia de la hélice y la bancada.
7. el eje o el conjunto de ejes pueden tener diferentes diámetros, no obstante no está permitido variación de diámetro de ejes entre bancadas.
8. La brida de acople de los ejes o los piñones instalados en el eje de salida del reductor, son considerados como cargas puntuales

El método de TRES MOMENTOS, en este caso de aplica entre dos tramos de ejes, tal que cada par de tramos este constituido por tres bancadas consecutivas.

Un resumen de las formulaciones de vigas continuas se da a continuación

1.-Formula general del Método Tres Momentos

$$\left(\frac{M_1 L_1}{I_1}\right)+2M_2\left(\frac{L_1}{I_1}+\frac{L_2}{I_2}\right)+\left(M_3\frac{L_2}{I_2}\right)+\frac{6A_1\bar{a}_1}{I_1L_1}+\frac{6A_2\bar{b}_2}{I_2L_2}=6E\left(\frac{h_1}{L_1}+\frac{h_2}{L_2}\right)$$

donde

1. h_i = diferencia de altura con relación a la bancada intermedia.
2. L_i = longitud de tramo de eje entre bancadas consecutivas
3. I_i = Inercia radial de cada tramo de eje consecutivo
4. M_i = momento flectante en la bancada
5. E = módulo de elasticidad del eje
6. el término relativo a la carga distribuida o puntual, en el tramo de eje en consideración es como sigue:

CARGA DISTRIBUIDA *q* EN TRAMO 1

$$\frac{6A_1\bar{a}_1}{I_1L_1}=\frac{qL_1^{\,3}}{I_1 4}$$

CARGA DISTRIBUIDA *q* EN TRAMO 2

$$\frac{6A_2\bar{b}_2}{I_2L_2}=\frac{qL_2^{\,3}}{I_2 4}$$

CARGA PUNTUAL P_1 EN TRAMO 1

$$\frac{6A_1\bar{a}_1}{I_1L_1}=\frac{P_1a_1(L_1^{\,2}-a_1^{\,2})}{I_1L_1}$$

siendo
a_1 = distancia desde la bancada izquierda, tramo 1 a la carga puntual P_1

CARGA PUNTUAL P_2 EN TRAMO 2

$$\frac{6A_2\bar{b}_2}{I_2L_2}=\frac{P_2b_2(L_2^{\,2}-b_2^{\,2})}{I_2L_2}$$

siendo
b_2 = distancia desde la bancada derecha, tramo 2 a la carga puntual P_2

2.-Formula para calcular las reacciones en las bancadas

La fórmula para las reacciones es como sigue:

$R_i = RI + RM$

Donde

R_i = reacción en la bancada i
RI = reacción isostática por efecto de la carga
RM = reacción debida a los momentos en las bancadas
M_M = momento en la bancada mayor
M_m = momento en la bancada menor
L = longitud del tramo de eje en consideración.

$$RM = \frac{M_M - M_m}{L}$$

3.-Formula para calcular las flechas o deformaciones entre bancadas.

La metodología para calcular las deformaciones entre dos bancadas consecutivas, se basa en la misma fórmula general indicada en Anexo 1, 1.-

En este caso, los momentos M_1 y M_3, son conocidos. El momento M_2 debe ser estimado en base a la carga en el subtramo de eje en consideración, quedando como incógnita h_i, diferencia de nivel de la bancada 3, con relación a las bancadas 1 y 2.

Bibliografía

1. Harrington Roy L., MARINE ENGINEERING, CAP XI, SNAME
2. Rules for Building and Classing Steel Vessels, AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004
3. Singer Ferdinand L., RESISTENCIA DE MATERIALES, CAP VII.
4. Thompson William T., THEORY OF VIBRATION, CAP VII, PRENTICE-HALL, INC.
5. Woytowich Richard, CALCULATION OF PROPELLER-EXCITED WHIRLING CRITICAL SPEEDS, SNAME , MT, DEC 1979

ANEXO 2

RESUMEN DE MOMENTOS, REACCION Y DEFORMACIONES

	eje tramo 0	eje tramo 1a	eje tramo 2a	eje tramo 3a	eje tramo 4a	eje tramo 5a	eje tramo 5b
MOMENTO	0.000E+00	-3.371E+03	-4.197E+02	-2.022E+03	-2.178E+03	-1.785E+03	0.000E+00
REACCION	**0.000E+00**	**4.895E+02**	**1.213E+02**	**2.594E+02**	**2.860E+02**	**4.876E+02**	**-9.830E+01**
FLECHA 100%	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	
FLECHA 90%	-2.251E-04	4.677E-04	-1.069E-04	-4.618E-04	-6.861E-04	5.710E-05	
FLECHA 80%	-4.572E-04	8.875E-04	-5.447E-04	-1.389E-03	-1.356E-03	1.113E-04	
FLECHA 70%	-6.977E-04	1.270E-03	-1.094E-03	-2.362E-03	-1.754E-03	1.596E-04	
FLECHA 60%	-9.482E-04	1.608E-03	-1.586E-03	-3.081E-03	-1.858E-03	1.988E-04	
FLECHA 50%	-1.210E-03	1.875E-03	-1.900E-03	-3.361E-03	-1.711E-03	2.248E-04	
FLECHA 40%	-1.485E-03	2.029E-03	-1.963E-03	-3.138E-03	-1.377E-03	2.331E-04	
FLECHA 30%	-1.775E-03	2.007E-03	-1.754E-03	-2.462E-03	-9.347E-04	2.194E-04	
FLECHA 20%	-2.080E-03	1.729E-03	-1.298E-03	-1.502E-03	-4.798E-04	1.790E-04	
FLECHA 10%	-2.403E-03	1.099E-03	-6.723E-04	-5.471E-04	-1.251E-04	1.074E-04	
FLECHA 0%	-2.745E-03	1.376E-08	-6.416E-09	-1.787E-09	3.704E-10	1.269E-09	

UNIDADES:

MOMENTO =Libra - pulgada
REACCION =Libra
FLECHA =pulgada

Nota:

El porcentaje indicado en la flecha es la deformación en pulgada correspondiente a cada 10 % de la longitud del segmento de eje en consideración.

Una oportunidad para la Ingeniería Naval

EL TURISMO NAUTICO

Alfonso García Ascaso
Doctor Ingeniero Naval
Catedrático de Universidad
XIX Copinaval
Guayaquil 24-28/X/2005
Ecuador

Nombre: Alfonso García Ascaso
Posición: Doctor Ingeniero Naval, Catedrático de Universidad.
Dirección Postal: Avenida de Esteiro, 14-16, Porta B – 2º Derecha
15403- FERROL (A Coruña)
Galicia – ESPAÑA.
E-mail: coingalicia@telefonica.net
Teléfono: 0034 981 372200

RESUMEN

En los años 60, tras la II Guerra Mundial, empieza a aumentar la demanda de productos para disfrutar y ocupar el tiempo libre y de ocio como consecuencia, por un lado, del mayor tiempo disponible por la reducción de la jornada laboral en los países industrializados y por otro, por el incremento del poder adquisitivo de los ciudadanos.
Parte de esta demanda, se orientó hacia las actividades de la Náutica, ya fuese de tipo turístico, bien de recreo o por otra parte de competición.

- *La Náutica turística* requería capacidad de manejar cada vez colectivos más numerosos. Aparecieron los buques crucero de gran capacidad en un segmento y paralelamente embarcaciones turísticas de mucho menor porte y estaciones de actividades náuticas para recorridos cortos por litorales, riberas, pequeños desplazamientos entre islas, etc. Conforman en su conjunto, *el turismo náutico*, gestionado generalmente por personas jurídicas.
- *La Náutica de recreo* surge como consecuencia de la aspiración de los individuos al disfrute particular del entorno marino, en todas sus formas. Surge una importante flota de embarcaciones menores (<10 m), yates (entre 15 y 30 m) y megayates (> 30 m.), cuyos propietarios son mayoritariamente personas físicas.
- Por último, nos encontramos con la *Náutica de competición*, fundamentalmente de embarcaciones de vela, de múltiples tipos. *Es el deporte náutico*.

El presente trabajo se refiere a las embarcaciones turísticas de pequeño porte, es decir, con eslora igual o menor de 40 m.

Tras seleccionar las características más relevantes de este tipo de embarcaciones se entra a explicar detalladamente dos casos relevantes, en los que el autor ha intervenido como investigador principal y catedrático de la Universidad de A Coruña, situada en Galicia y que cuenta con una Escuela Superior de Ingeniería Naval y Oceánica.

- El primero, cuyo proyecto se denominó CASUM, catamaranes sumergibles, se deriva de un proyecto de investigación financiado por Fondos de la UE y nacionales, se refiere a una embarcación única en el mundo, que puede navegar con 30 personas a bordo, tanto en superficie como en inmersión, en viajes de un día de duración. Hay tres unidades operando en este momento y una cuarta en construcción. Ha representado una inversión de 5 millones de € para la 1ª unidad. Dimensiones principales: Eslora de 19,5 m., manga de 6 m. y calado de 0,7 m.
- El segundo, denominado SPA BOAT, ha sido aprobado por las Autoridades regionales y se está desarrollando y en búsqueda de cliente. Combina el ocio turístico con la aplicación lúdica bajo control médico de la talasoterapia, baños de algas, fangos, saunas, masajes con fuentes de burbujas marinas, etc. Tiene capacidad para 50 pasajeros y requiere otras 15 de tripulación y equipo médico. Supondrá una inversión de 3 millones de € más el proyecto cuyo coste se calcula en un millón de €, incluyendo la investigación en curso. Su eslora es de 30 m. y su manga de 9 m.

Por último, en el resumen y conclusiones, se establece la importancia de este tipo de embarcaciones en el turismo mundial, ya que el segmento en que se encuentran está creciendo a un 10% anual acumulativo. La gente quiere “recargar baterías” ante nuestro estresante tipo de vida actual y disfrutar del entorno marino cada vez más “en la cresta de la ola”.

Ferrol, a 27 de mayo de 2005.

INDICE

1. **Antecedentes**
2. **El Cambio**
3. **Tendencias principales**
4. **El Turismo Náutico**
5. **Las Embarcaciones Turísticas. Características**
6. **El Proyecto CASUM**
7. **El Proyecto SPA BOAT**
8. **Bibliografía.**

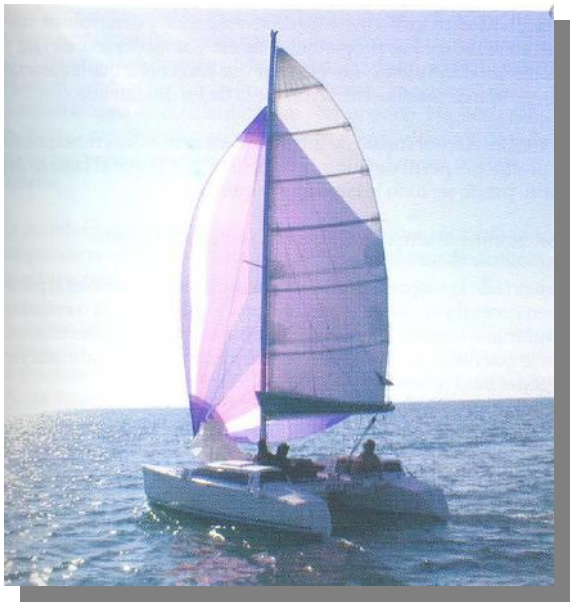
1.- Antecedentes

Tras la II Guerra Mundial, en los años 60, aumenta la demanda de ocupar el tiempo libre dedicado al ocio como consecuencia del incremento del poder adquisitivo y de la reducción de la jornada laboral de los países industrializados. Se abren nuevas posibilidades y perspectivas.

2.- El Cambio

Parte de esta demanda se está orientando hacia actividades náuticas, como el turismo náutico, el de recreo y el del ocio relacionados con la mar.

El concepto de Mar, proporcionador de momentos lúdicos, de relax, de disfrute, se abre paso entre el tradicionalismo de considerar al medio como vía en la que se transportan mercancías. No se habla ya sólo de las “autopistas del mar”, en donde hay que tardar lo menos posible del lugar origen al lugar destino, guiados por el concepto de **eficiencia**. Por el contrario, se trata de pasarlo bien el mayor tiempo posible. La concepción, por consiguiente, varía radicalmente. Este cambio abre un nuevo escenario en el mercado marítimo. Hay que ofrecer algo distinto, novedoso, agradable y que proporcione relax y bienestar. Este entorno es, pues, hoy en día, un ejemplo relevante del llamado “estado del bienestar “.



3.- Tendencias principales

En este nuevo escenario, que irrumpe con fuerza cada vez mayor en numerosos países, las formas de disfrute del ocio relacionadas con la mar se van articulando en tres tendencias principales:

- *El Ocio colectivo*, que es gestionado por las nuevas tecnologías de gestión turística. Para ello se necesitan grandes buques (cruceros) y también embarcaciones turísticas de porte más pequeño y estaciones marítimas donde puedan tener lugar todo tipo de actividades náuticas. *Es el Turismo Náutico.*
- *El Ocio individual*, que fomenta la aparición de embarcaciones de recreo (embarcaciones menores y lanchas, yates y megayates), para disfrute personal de sus propietarios e invitados. Estas embarcaciones proporcionan las llamadas *Vacaciones Náuticas*.
- *El Ocio de competición,* que impulsa la existencia de embarcaciones deportivas y de competición, fundamentalmente de vela *Es el deporte náutico.*

4.- El Turismo Náutico

El Turismo Náutico se ha desarrollado en tres direcciones:

- *La realización de excursiones turísticas*, normalmente de una o dos semanas de duración. La palabra crucero se aplica tanto a la excursión como al buque que lo realiza. (buque de cruceros o crucero simplemente). El porte de estos buques es considerable y pueden acoger hasta 3.500 pasajeros con tripulaciones de hasta 1.500 personas. Son verdaderas ciudades flotantes de gran tamaño. Se incluye una fotografía del Queen Mary II.

- *El disfrute en estaciones marinas de turismo náutico* e instalaciones y complejos turísticos flotantes. Son de tamaño mediano y grande. Se incluye una propuesta de complejo turístico flotante con destino a la costa del Golfo Arábigo.

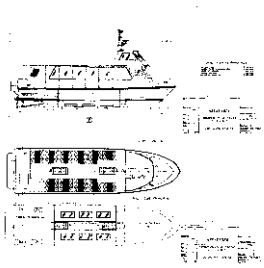
- *Excursiones de un solo día y/o noche de duración*, generalmente bordeando costas o en trayectos próximos (desplazamientos por rías, cauces fluviales, entre islas próximas, etc.). Se hacen en las denominadas embarcaciones turísticas de tamaño mediano o pequeño. Se incluye una foto de un ferry de pasaje tipo catamarán y coches de tamaño mediano.

Como resumen de lo anterior, los subsectores a considerar son:

- Embarcaciones de recreo.

- Embarcaciones deportivas.

- Embarcaciones turísticas.



- Estaciones de turismo náutico.

- Cruceros de gran porte.

Nos referimos a continuación a las embarcaciones turísticas, centrando nuestro comentario en este tipo.

5.- Las Embarcaciones Turísticas. Características

Las embarcaciones turísticas se orientan al ocio colectivo, no al individual, y se conciben para realizar las llamadas actividades lúdicas, tales como:

- Paseo, pesca deportiva, buceo, excursiones, inmersiones.
- Relax con control médico, talasoterapia, marinoterapia, reuniones.

Entre las características de este tipo de embarcaciones, podemos citar:

- Son de pequeño o mediano tamaño.
- Tienen muy poca tripulación, aunque pueden llevar personal médico y sanitario a bordo para control médico.
- Sus prestaciones son programadas.
- Se rigen por principios de gestión empresarial
- Suelen tener gran influencia en las economías locales de su entorno operativo.
- Su diseño constituye una innovación producto/proceso, muy clara y determinante.

Ejemplos relevantes de este subsector de embarcaciones lo constituyen los proyectos CASUM y SPA BOAT.

6.- El Proyecto CASUM

El vocablo CASUM es la suma de dos palabras: catamarán y sumergible. Efectivamente se trata de un producto que puede desenvolverse tanto en superficie, como en inmersión. El Proyecto de la embarcación que, actualmente ha dado lugar a tres unidades que están operando en Lanzarote, Fuerteventura y en un archipiélago griego de las islas Cicladas tiene las siguientes características principales:

Eslora total	19,5 m
Manga	6 m.
Calado	0.6 m.
Volumen cabina	39 m^3
Velocidad (sup.)	10 nudos
Velocidad (inmersión)	2 nudos
Profundidad operativa	30 m
Capacidad de pasaje	28 personas
Tripulación	2 tripulantes
Propulsión diesel	2×85Kw
Propulsión eléctrica	2×10Kw
Potencia maniobra	3×10Kw
Autonomía en superficie	8 horas
Autonomía en inmersión	6 horas
Sociedad de clasificación	American Bureau of Shipping. ABS
Cota clasificación	+A1 Passenger Craft Submergible.Restrited Service. AMS.

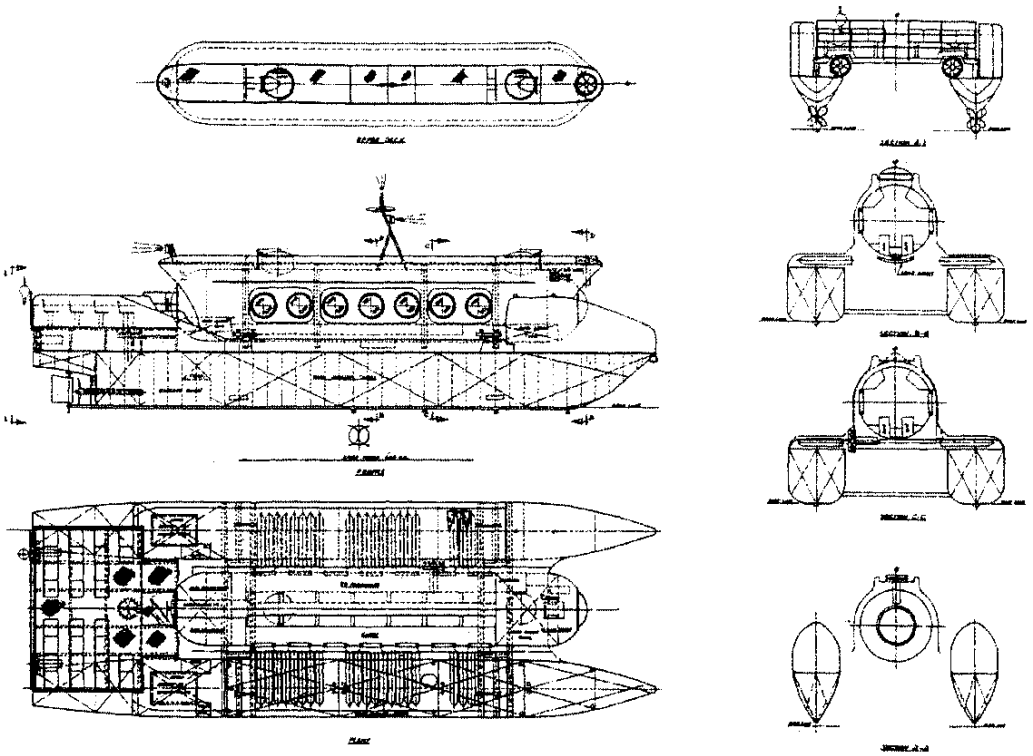
El proyecto tuvo su origen en el año 1999 y se desarrolló durante los años 2000, 2001 y 2002. El inicio de los trabajos de investigación fue iniciado como consecuencia de la

subvención obtenida del programa europeo FEDER para regiones europeas Objetivo I, al cual pertenece Galicia, como consecuencia de una solicitud cursada por la empresa Subibor y la Universidad de A Coruña a través de su Aula de Investigación Naval, para desarrollar el PROTECAS, el precedente al CASUM. Se consiguió una subvención de 450.000 euros para investigación directa y otros 600.000 euros para ayuda a la construcción del 1er prototipo.

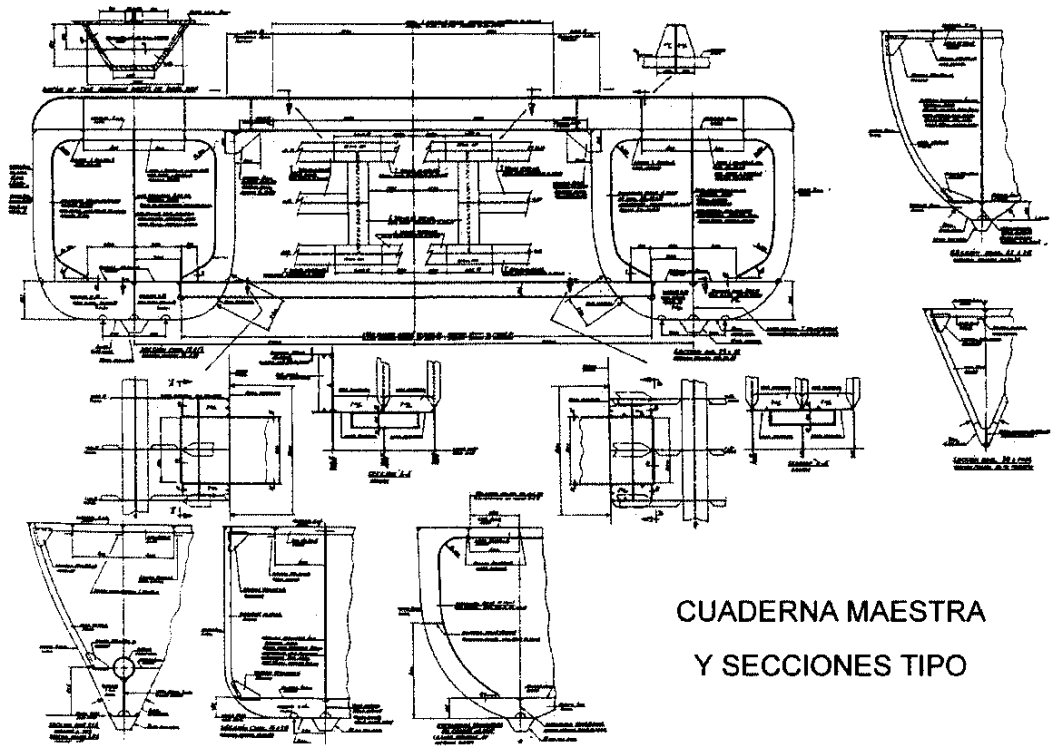
La inversión total desde el inicio de la idea hasta la operatividad del primer prototipo que después se comercializó con modificaciones, se estima en unos 5 millones de Euros, incluyendo la construcción de la primera unidad; es un ejemplo brillante de lo que puede representar un contrato Universidad-Empresa para el logro de los objetivos contemplados en un Proyecto.

Sus características son únicas en el mundo, ya que no se conoce ninguna otra unidad similar operando. Unas son submarinos (no sumergibles), porque se accede por una escotilla al interior semisumergido ya en el puerto e inmediatamente de su salida, se procede a su inmersión a 25 ó 30 metros, y cuya forma es un cilindro y otras operan, sólo en superficie, no pudiendo efectuar ninguna maniobra de inmersión.

Planos de la disposición general, cuaderna maestra y secciones tipo se incluyen a continuación.



DISPOSICIÓN GENERAL



CUADERNA MAESTRA

Y SECCIONES TIPO

CATAMARÁN SUMERGIBLE "CONQUISTADOR", DE 30 PLAZAS

El CASUM, por su especial configuración, puede navegar establemente tanto en superficie como en inmersión, de forma que su polivalencia es total con una estabilidad a toda prueba.

Todo ello se puede apreciar en el video asociado a este trabajo y que se incluye en la presentación.

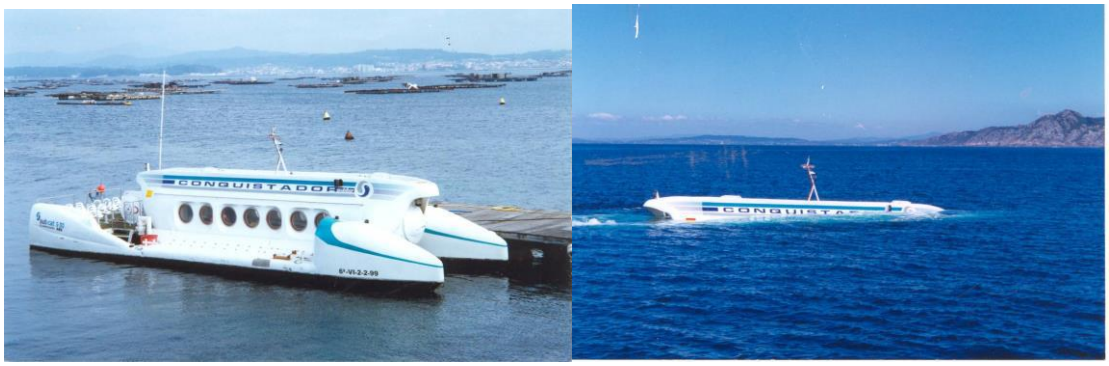
Por último, debemos citar los resultados que se han alcanzado con la puesta en operación de las unidades descritas.

Resultados:

- Disponer de una amplia gama de novedosos productos de alta tecnología y calidad científica en el área de ocio, turismo y tiempo libre. Abanico de 10 a 50 plazas.
- Implantar procesos productivos eficientes y de calidad en astilleros interesados para este tipo de embarcaciones que contribuyan a una sólida posición competitiva de los mismos.
- Identificar e impulsar la creación de una red empresarial astilleros-industria complementaria apta para el suministro, fabricación y montaje de elementos, componentes y equipos con destino a este tipo de embarcaciones.
- Adquisición de Know-How aplicable por parte de las empresas interesadas, tanto en diseño, como en materiales, I+DT, innovación, etc.
- Disponer de un cuerpo de doctrina homologado, de normas técnicas y legales para el diseño, ingeniería, construcción y operación de estas embarcaciones y de aplicación para los organismos, sociedades, entidades y empresas involucradas tanto a los efectos administrativos y legales como técnicos y de ingeniería.
- Disponer de normativa específica de seguridad y prevención de riesgos para tripulaciones y pasajeros de estas embarcaciones.

- Ofrecer a sectores culturales, científicos y educacionales, un producto que permita observar, analizar y comprender la naturaleza marina sin perjudicarla ni perturbarla.
- Conseguir patentes industriales en un abanico de productos de gran interés comercial dada su alta tecnología en el campo naval y oceánico, lo que beneficia a su industria tanto principal como complementaria.
- Contribuir a consolidar la relación científico-tecnológica entre pequeños astilleros y empresas del sector naval y la Universidad y sus centros tecnológicos, poniendo en marcha iniciativas y actividades en la doble y mutua dirección científico-tecnológica-empresarial entre dichos estamentos, como medio eficaz de cooperación presente y futura.

A este respecto, ha aparecido recientemente en la prensa que el 70% de los pequeños astilleros en España nunca ha participado en un proyecto de innovación/investigación tecnológica y por otra parte para acentuar el nada favorable panorama a este respecto, carecen de medios y organización para el desarrollo propio de iniciativas de este tipo. Por eso, lo dicho anteriormente es imprescindible para avanzar tecnológicamente en la actual Sociedad del conocimiento.

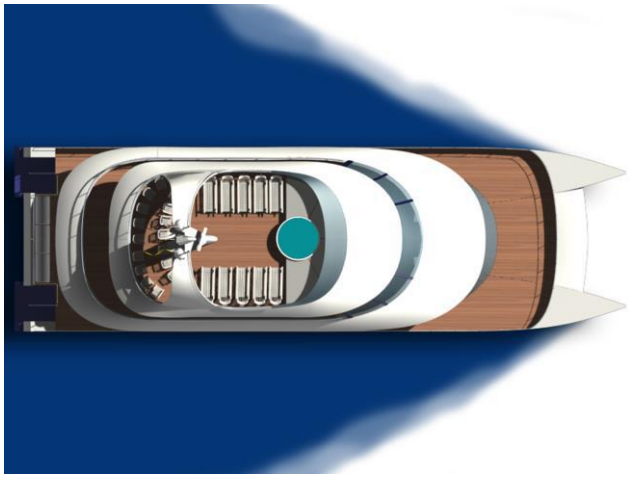


7.- El Proyecto SPA BOAT

Este proyecto, en curso, es fruto de la colaboración inicial de un astillero, de un operador de embarcaciones turísticas, de un equipo de expertos en termalismo y autor de la idea, del Colegio Profesional de Ingenieros Navales y Oceánicos de Galicia (COINGA) y de la Universidad de A Coruña, a través de sus departamentos de Ingeniería Naval y Oceánica (Aula de Investigación Naval) y de medicina.

El proyecto fue aprobado por la Dirección General de Innovación y Tecnología de la Xunta de Galicia, órgano de gobierno de la Comunidad Autónoma y obtuvo la subvención de 425.000 euros. Se está trabajando en primer lugar sobre el diseño y la ingeniería necesaria, para después encontrar un cliente que le interese el producto y contribuya a la fabricación de un primer prototipo como base para la subsiguiente producción de la primera unidad operativa.

Obtuvo la mención "Eureka" de la CE, como reconocimiento a la idea y a su aplicación práctica.



En la fase actual, partiendo de un anteproyecto muy básico, se está trabajando en el proyecto constructivo, para disponer de todos los planos y especificaciones necesarias para realizar el prototipo anteriormente mencionado.

La inversión en la primera fase ascenderá a 1 millón de euros y la construcción, pruebas y validación del prototipo, representará otros 3 millones de € más, por lo que se deberá encontrar un cliente, como antes hemos mencionado.

El nombre del Proyecto está formado por el concepto SPA (actividad relajante y lúdica) y BOAT, embarcación. Es una combinación de embarcación turística para excursiones de día y de tratamientos de salud y terapéuticos (algas, barros, sol, agua de mar, arena, etc.) basados en aplicaciones de la talasoterapia con control médico.

Es también una embarcación de características únicas en el mundo pues no se conoce una unidad de este contenido tamaño (30 m. de eslora) que aúne las prestaciones de una embarcación turística estándar con la aplicación de los tratamientos marinos. Su tamaño está obligando a diseñar equipos mucho más compactos que los utilizados hasta el presente en cruceros, balnearios, hoteles y otras instalaciones terrestres, y la necesaria combinación

de espacios es un reto importante tanto para la ingeniería naval como para la medicina, en este mercado de tratamientos de la salud, que creemos tiene un gran porvenir.

Las principales características de la embarcación son las siguientes:

Eslora total	30m
Manga	9 m.
Puntal a C. Principal	3,7 m
Calado	1,6 m
Tripulación	15 personas
Potencia de propulsión	2×1.000 CV
Velocidad	15 nudos.
Autonomía	400 millas
Desplazamiento	105 Tm
Pasaje	50 personas

Los resultados a conseguir pueden enumerarse como sigue:

- Disponer de un producto, hoy por hoy no disponible en el mundo, que pueda contribuir por si mismo o como complemento a una atractiva oferta en el mercado turístico mundial.
- Diseñar la utilización y aprovechamiento con fines terapéuticos y lúdicos, las propiedades del agua de mar, recursos y componentes marinos, en un espacio compacto móvil, incluyendo tratamientos complementarios para mejorar o corregir defectos de la piel, celulitis, obesidad, etc.
- Superar el reto de combinar las necesidades de una explotación turística de alto nivel, con la terapéutica médica, el termalismo, la navegabilidad marina, la gestión de fluidos y energética y el respeto medioambiental al medio.
- Adquisición del Know-How aplicable a este tipo de productos por parte de las empresas e instituciones interesadas.
- Implantar procesos productivos eficientes para el diseño y fabricación de estas embarcaciones.
- Conseguir las patentes industriales correspondientes al producto/proceso.
- Contribuir a la necesaria relación del Sistema Universidad, Centros Tecnológicos y Empresas en el campo de la Ciencia y la Tecnología con el desarrollo de este proyecto y su posterior difusión de resultados y comercialización.

8.- Resumen y conclusiones

Como resumen y conclusiones, podemos enumerar los siguientes aspectos:

- Las embarcaciones turísticas constituyen un claro ejemplo de la utilización del ocio y tiempo libre en los países industrializados.
- Su construcción y operación subsiguiente tienen una gran repercusión local y territorial.
- Son un eslabón importante en la cadena turística y en la gestión de paquetes turísticos.
- Desde hace algunos años, su volumen de negocio aumenta como media un 10% anual.
- Acontecimientos extraordinarios a nivel mundial tienen poca influencia en sus entornos, así como en las vacaciones náuticas y de recreo, a diferencia de los grandes cruceros o estaciones náuticas de nivel complejo y gran volumen de negocio, a los que sí afectan.
- El Subsector es una apuesta cada vez más de presente y menos de futuro.
- La gente saca tiempo en fines de semana o en minivacaciones para intentar eliminar el estrés y la presión de nuestra actual forma de vida laboral, recurriendo a un tipo de soluciones de relajación tal como el turismo náutico.

Bibliografía

- Varios autores. ***Windtunnel Design and Testing Techniques***. AGARD CP 174. 1983.
- C. Hirsch. ***Numerical Computation of External and Internal Flows***. John Wiley&Sons. 1992.
- Pritzlaff, John A. ***International safety standard guidelines for the operation of tourist submersibles.*** Editorial Consultat. 1993.
- ABS. ***Rules for Building and Classing Underwater Vhicles, Systems and Hyperbaric Facilities***. 1990.
- Goldenthal W. FarrellJ. ***Application of a neural network to automatic control in navigation conditions***. Proc AIAA Conference on Guidance Navigation and Control 1990: 1108-1112.

- Venugopal KP. Sudhakar R. Pandya As. ***On-line Learning control of autonomous underwater vehicles using feedforward neural networks.*** IEEE J Oceanic Eng 1992; 10(4): 308-319.
- Ort N. Derradji DA Tiano A. Ranzi A. ***Application of neural networks to marine vehicle control. Tenth Ship Control Systems Symposium.*** Ottawa, October 1993.
- Sociedades de clasificación. Lloyd´s Register, American Bureau, Bureau Veritas. Reglamentos y normativas. 1998-2002.
- R. Artiaga, J.L. Mier, A. Varela, ***Transformación de materiales polímeros en Elementos estructurales con materiales polímeros***, pp 97-144, Universidade da Coruña, A Coruña, 1997.
- Matthews F.L., Rawlings R.D., "***Composite Materials: Engineering and Science***", Chapman and hall, London 1994.
- Riber H.J., Thesis, ***Response Analysis of Dinamically Loaded Composite Panels***, Departament of Naval Architecture and Offshore Engineering, Technical University of Denmark, 1997.
- K.B. Spaulding Jr. And Della Rocca R.J., ***Fiberglass Reinforced Plastic Minsweepers***, Society of Naval Architects and Marine Engineers Transactions.
- G. Ascaso, A. ***Dirección y control de gestión de unidades e instalaciones marinas: Tecnología de Unidades e instalaciones Marinas***. Tercer Ciclo. U.D.C. Sección de Publicaciones. 1993-95
- G. Ascaso, A. ***Clave Caseman, Aplicaciones a pequeños astilleros***. 2ª Jornadas Ibéricas de Ingeniería Naval. Lisboa. Noviembre 1997.
- Paul James. ***Gestión de la Calidad Total***. Prentice Hall. 1997.
- Rimblaldt, W.J. ***Diseño de catamaranes con fines turísticos***. Chapman and Hall. London 2000.

Uso Prático de Modelos Matemáticos em Operações com Sistemas Flutuantes de Armazenamento de Óleo

SH Sphaier, COPPE/UFRJ
Goulart, MP, E&P Petrobras
JS Sales Jr, COPPE/UFRJ
SHS Correa da Silva, E&P Petrobras

IPEN - Julho de 2005

Resumo

No Brasil, grande parte do escoamento de petróleo é feita através de navios Aliviadores. A transferência do óleo de Navios Cisternas para o Aliviador é uma operação que envolve risco, necessitando de cuidados especiais, não só na operação em si, mas também em todo seu planejamento, estabelecendo-se procedimentos mais seguros para esta operação.

Com o intuito de definir esses procedimentos, a Petrobras, através do E&P (Departamento de exploração e produção) e do Cenpes (Centro de Pesquisas da Petrobras), desenvolveu um extenso trabalho em parceria com centros de pesquisa e universidades brasileiras.

Neste contexto foi desenvolvido um conjunto de ferramentas para análise de sistemas flutuantes, cuja modelação matemática se deu associada a um vasto trabalho experimental.

No presente trabalho apresentamos um histórico do desenvolvimento das ferramentas para análise do comportamento de sistemas flutuantes, bem como seus algoritmos e as investigações experimentais envolvidas.

Mostramos também a aplicação prática da simulação de operações em condições ambientais críticas. E por último, apresentamos exemplos deste ferramental no estabelecimento de procedimentos de operações especiais.

1 Introdução

A atividade de exploração de óleo no mar iniciou-se no Brasil, nos anos 70. Os sistemas de produção que, inicialmente, para pequenas lâminas d'água, eram baseados em estruturas do tipo jaquetas, evoluíram para semi-submersíveis à medida que se caminhou para águas mais profundas. Na última década a produção de óleo sofreu fortes mudanças. Estudos de viabilidade econômica mostraram que a conversão de VLCC's era a melhor alternativa para alguns cenários da exploração de petróleo. Assim, entre 1997 e 2003, três VLCC's foram instalados como FSO (Floating, Storage and Offloading) e seis outros VLCC's foram instalados como unidades FPSO (Floating, Production, Storage and Offloading) ancorados através de sistemas CALM (Cathenary's Anchor Leg Mooring) - Turret e mais tarde através de sistemas SMS (Spread Mooring System). A operação de transferência, na qual o óleo desses terminais flutuantes é transferido para navios petroleiros que transportam a carga para o continente, apresenta alguns riscos para as tripulações bem como para o meio ambiente. Procura-se capacitar os navios, equipamentos e estabelecer procedimentos para que seja possível operar a maior parte do ano com segurança, mas sem dúvidas, há condições ambientais severas que criam limites para a operação. Assim, foi constituído um Comitê Técnico para estabelecer requisitos básicos a serem preenchidos pelos navios Aliviadores. Estes requisitos visam o uso de modernas tecnologias para armazenamento e trans-

ferência do óleo, procedimentos operacionais adequados e tripulação qualificada. Em 1999, entre os requisitos técnicos adotados, deu-se destaque à capacidade de manobra dos navios Aliviadores. A fim de se garantir eficiência e segurança concentrou-se no estabelecimento de especificações para impelidores, mecanismo de fornecimento de potência, cenário ambientais limites, entre outros aspectos. Com base nas diretrizes do Comitê Técnico, a partir de 2002 evoluiu-se para os uso de navios com Sistemas de Posicionamento Dinâmico (DP). Três navios Aliviadores com sistemas de posicionamento dinâmico foram afretados, e quatro outros navios, também DP, foram convertidos para trabalharem nesta finalidade. Este processo de análise e decisão de novas soluções foi amparado por um grande trabalho técnico envolvendo laboratórios no Brasil, no exterior e universidades. Inicialmente foram desenvolvidas, em um trabalho de cooperação envolvendo o departamento de E&P da Petrobras, o CIAGA da Marinha do Brasil e a COPPE/UFRJ, bases de dados para o Simulador de Manobra do CIAGA. Estas bases foram criadas para os VLCC's (280 KDWT), convertidos para FPSO e petroleiros, adaptados para Aliviadores (135 KDWT). Isto permitiu o treinamento e a análise da operação de Alívio em diferentes cenários da Bacia de Campos. Posteriormente foram desenvolvidos testes para determinação de coeficientes de manobra no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológico, São Paulo) e a partir desses testes foram desenvolvidos modelos numéricos para introduzir em um Simulador de Manobras em Fortran (SDIN). Com base neste simulador foi então desenvolvido um outro totalmente dedicado à operação de alívio sem o uso de navios DP (VEDITA). Além do trabalho acima mencionado, foi desenvolvido, em um contrato entre o E&P e a Projemar, o projeto de conversão de petroleiros em Aliviadores providos de sistema de posicionamento dinâmico. Para avaliação dos resultados foram feitos testes no Marintek, na Noruega, de operações de Alívio com sistemas Passivos (desprovidos de Posicionamento Dinâmico) e sistemas Ativos (providos de Posicionamento Dinâmico).

Um programa de aquisição de dados ambientais, com objetivos similares aos acima mencionados, foi também desenvolvido nos últimos anos pela Petrobras e resultou na determinação das condições críticas reais das áreas de exploração de petróleo, principalmente na Bacia de Campos, localizada na Plataforma Continental do Estado do Rio de Janeiro.

O presente trabalho descreve os Simuladores desenvolvidos neste trabalho de Cooperação, apresenta os seus usos em operações de alívio e de pull-back, e mostra algumas comparações com os dados experimentais obtidos no Marintek nos testes com sistemas Passivos.

2 Simuladores

Apresentamos aqui três distintos conceitos de Simuladores de acordo com as necessidades que surgiram no decorrer do processo. O primeiro é o clássico "Full Mission Simulator". O segundo é um "Simulador Dedicado". O terceiro é o "Simulador Adaptável".

2.1 Full Mission Simulator

Trata-se de um Simulador completo que contém todas as informações dos navios envolvidos, como maquinaria, sistema de propulsão, propulsor, máquina do leme, leme, casco, etc. Simula os movimentos do navio com seis graus de liberdade. Possui uma cabine de comando completa, com todos os equipamentos, de onde se pode visualizar a imagem virtual do que seria visto no caso real. É adequado ao treinamento, a projetos de portos, definição de manobras em porto, definição de procedimentos de operações diversas, etc. No que tange aos aspectos hidrodinâmicos, contém modelos para considerar efeitos de manobras, em face ao movimento relativo navio-correnteza, efeitos de ondas, efeitos de ventos, ação do propulsor e ação do leme.

2.2 Simulador Dedicado

Trata-se de um Simulador compacto totalmente dedicado à operação de alívio. Contém mode-

los numéricos que consideram efeitos de manobras, em face ao movimento relativo navio-correnteza, efeitos de ondas e ventos, ação do propulsor, de rebocadores, da ancoragem e de cabo de conexão. Contém dados relativos unicamente aos sistemas flutuantes utilizados pela Petrobras. Simula os movimentos no plano horizontal.

2.3 Simulador Adaptável

Trata-se de um código em linguagem Fortran-90 orientado ao objeto. Contém basicamente modelos para considerar efeitos de manobras, em face ao movimento relativo navio-correnteza, efeitos de ondas de primeira e segunda ordem, efeitos de ventos, ação do propulsor, ação de rebocadores, ação de ancoragem e de cabos de conexão. Podem ser incluídos diversos corpos, diferentes sistemas de ancoragem, etc. É importante observar uma diferença entre um Full Mission Simulator e um Simulador Adaptável. Se quisermos representar as reações humanas de um comandante operando um navio temos que ir a um Full Mission Simulator. Isto, entretanto, significa alto custo e dispêndio de tempo. Não é razoável pensarmos em desenvolver um código capaz de representar as atitudes humanas. Essas são uma seqüência de reações baseadas em uma constante análise do estado presente. Por outro lado, um procedimento não precisa ser verificado através de uma repetição fidedigna do mundo real. Assim, podemos determinar uma série de estudos que uma vez realizados possam nos indicar que a operação a ser realizada é factível. O Simulador Adaptável nos permite tal tipo de estudos, porém é necessário que seja administrado por um especialista na área, que conheça o código do Simulador, desenvolva modelos e possa implementá-los no código.

2.4 Estrutura Básica do Simulador

Através do trabalho de cooperação Petrobras/COPPE foi desenvolvido o SDIN. O código foi inicialmente desenvolvido por Pontes (1998) e Pontes e Sphaier (1996) a partir de um programa de simulação de semi-submersíveis no mar. Trata-se da integração das equações de movimento que descrevem a segunda lei de Newton, para forças e momentos atuantes em cada corpo do conjunto. As equações de movimento são descritas em sistemas solidários a cada corpo. Um esquema de Runge-Kutta de quarta ordem é utilizado para integrar as equações de movimento.

O código SDIN é capaz de simular os movimentos com 6 graus de liberdade de vários sistemas flutuantes expostos a vento, onda e corrente. Nele podem também ser consideradas linhas de ancoragem e os cabos de conexão entre os navios.

Dois tipos de estratégias podem ser utilizados na simulação. A primeira é baseada no problema desacoplado em pequenos movimentos de oscilação (pequena amplitude e período de oscilação no intervalo do mar real - movimentos de primeira ordem) e grandes movimentos (grandes períodos e grandes amplitudes). O pequeno movimento de oscilação é resolvido no domínio da freqüência e os movimentos irregulares no domínio do tempo são gerados por espectro de onda. A solução dos movimentos de primeira ordem do navio é somada ao movimento de grande amplitude. Este último relativo a resposta para a manobra e forças de segunda ordem (deriva média, movimento de deriva lenta, efeitos de amortecimento devido a onda) agindo nos corpos considerando linhas de ancoragem, cabos de conexão, etc.

Qualquer outra ação como propulsores, impelidores, forças do leme ou novas forças são consideradas no problema de grande amplitude.

A Segunda estratégia é baseada no uso do efeito de memória fluida para forças de radiação de onda.

2.5 Modelos para Forças do Fluido no Casco

A teoria potencial é usada para determinar o carregamento de onda de primeira e segunda ordem. O código é adaptado para ler os arquivos de saída do Wamit (1995). Existe uma biblioteca com resultados de problemas de primeira e segunda ordem, para diferentes cascos de navios usados na Bacia de

Campos, que alimenta o sistema com todos os dados necessários. A corrente e o movimento relativo fluido-casco são considerados através de modelos de manobra de experimentos com modelos reduzidos (Sphaier e outros (2000, 2002)). Como mencionado na Introdução, a Petrobras tem feito muitos outros diferentes experimentos no IPT (Brasil), Marintek (Noruega) e DMI (Dinamarca), e usado seus resultados para desenvolver modelos de manobra. Os modelos reduzidos, usados nestes experimentos, correspondem aos cascos de um petroleiro VLCC (FPSO), um classe M (Shuttle) e um Suezmax (Shutte). Modelos de manobra desenvolvidos para o Simulador "Full Mission"também podem ser usados para alguns cascos de rebocadores. Dados publicados pela OCIMF são usados para determinar forças de vento. Além disto, considera-se também alguns testes experimentais. Para novos cascos, o sistema permite a introdução de outros dados hidrodinâmicos e aerodinâmicos.

2.6 Ancoragem e Cabos de Conexão

Para cada uma das linhas do sistema de ancoragem é necessário conhecer a força de reação como função do deslocamento do topo da linha. Os cabos são usados para representar a conexão entre alguns dos cascos. Ambas as forças, isto é, dos cabos de conexão e das linhas de ancoragem, são modeladas de acordo com a curva tração-deslocamento.

2.7 Força dos Propulsores, Lemes e Impelidores

O código tem um modelo interno para propulsor, leme e impelidor. O modelo para força de propulsor é baseado nos diagramas Kt, Kq - J nos quatro quadrantes (Velocidade do navio - rotação). As forças do propulsor são determinadas como uma função da velocidade instantânea do navio e a rotação do propulsor.

Para determinar as forças do leme o sistema é provido com um modelo baseado em dados experimentais, teoria de asa curta e interferência do propulsor. As forças do leme são determinadas como função do ângulo do leme, velocidade do navio e rotação do propulsor. De um jeito similar o sistema tem seu próprio modelo interno para considerar as forças do impelidor, como uma função da razão passo/diâmetro ou número de revoluções e velocidade no navio.

Uma segunda forma de calcular a força do propulsor, leme e impelidor é o uso do resultado global. Ao invés de informar a rotação do propulsor, a razão passo/diâmetro, o ângulo do leme ao longo do tempo, são informadas a força total e a direção.

3 Comparação de Resultados Numéricos com Experimentais

Para desenvolver e validar o modelo um vasto programa de testes tem sido feito no Brasil, Noruega e Dinamarca. São apresentados aqui alguns dos resultados obtidos de experimentos do Marintek. Os testes foram feitos para vários cenários de operações de alívio, incluindo diferentes combinações de onda, vento e corrente. Estes resultados foram obtidos para o sistema de ancoragem Spread Mooring, mais especificamente o DICAS. Neste teste utilizou-se modelo reduzido na escala de 1:75, sistema DICAS representado por 4 linhas, o navio Aliviador foi conectado ao FPSO por um cabo modelado e foi incluída uma linha para representar a força do rebocador. As características principais dos navios são:

- FPSO: Loa = 317,70 m, Boca = 57,30 m, Calado = 9,25 m, Deslocamento = 321722 tons.
- ALIVIADOR: Loa = 282 m, Boca = 46,88, Calado = 9,25 m, Deslocamento = 97900 tons.

O programa experimental completo envolve testes com navios aliviadores convencionais e DP para ancoragem em Turret e DICAS. A figura 1 mostra uma foto tomada durante um ensaio de offloading realizado no Marintek.

A comparação apresentada aqui corresponde ao conjunto:

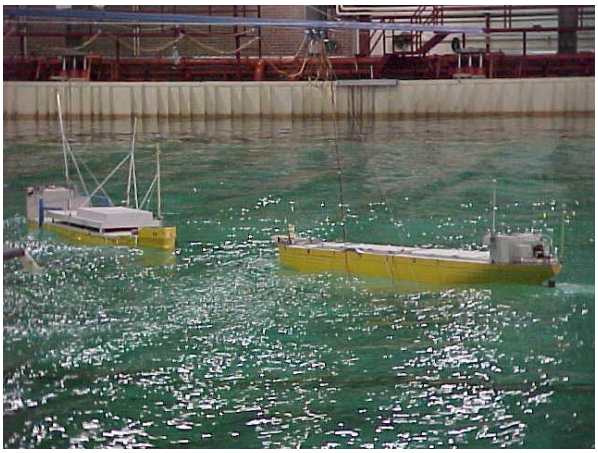


Figura 1: Foto tomada durante um ensaio de Offloading

Aproamento inicial do FPSO = 148 graus, Direção das ondas = 120 graus, Altura significativa = 5,0 m , Período de pico = 13 s, Direção do vento = 120 graus, Velocidade do vento = 19,6 m/s, Direção da corrente = 180 graus Velocidade da corrente = 1,5 m/s, Força do rebocador = 100 kN, Ângulo do rebocador = 175 graus

Os resultados incluem movimentos laterais e longitudinais para os dois navios, ângulo de aproamento e tração do cabo de conexão (hawser). Eles são mostrados em gráficos nas figuras 2 e 3. Em cada uma destas figuras os resultados da simulação numérica são comparados com os resultados obtidos dos testes em tanques.

4 Aplicação prática

Geralmente as forças são classificadas pela sua origem e pelo processo ou equipamento no qual estão trabalhando. Desta forma, são classificadas como forças de manobra no casco, forças do propulsor, do leme, etc. Nós podemos também olhar para as forças como passivas e ativas. Neste caso, as forças devidas às ondas são passivas, uma vez que elas ocorrem independente da ação do homem. Ativas são aquelas devidas à ação do homem, como a força do propulsor para uma dada rotação, força do

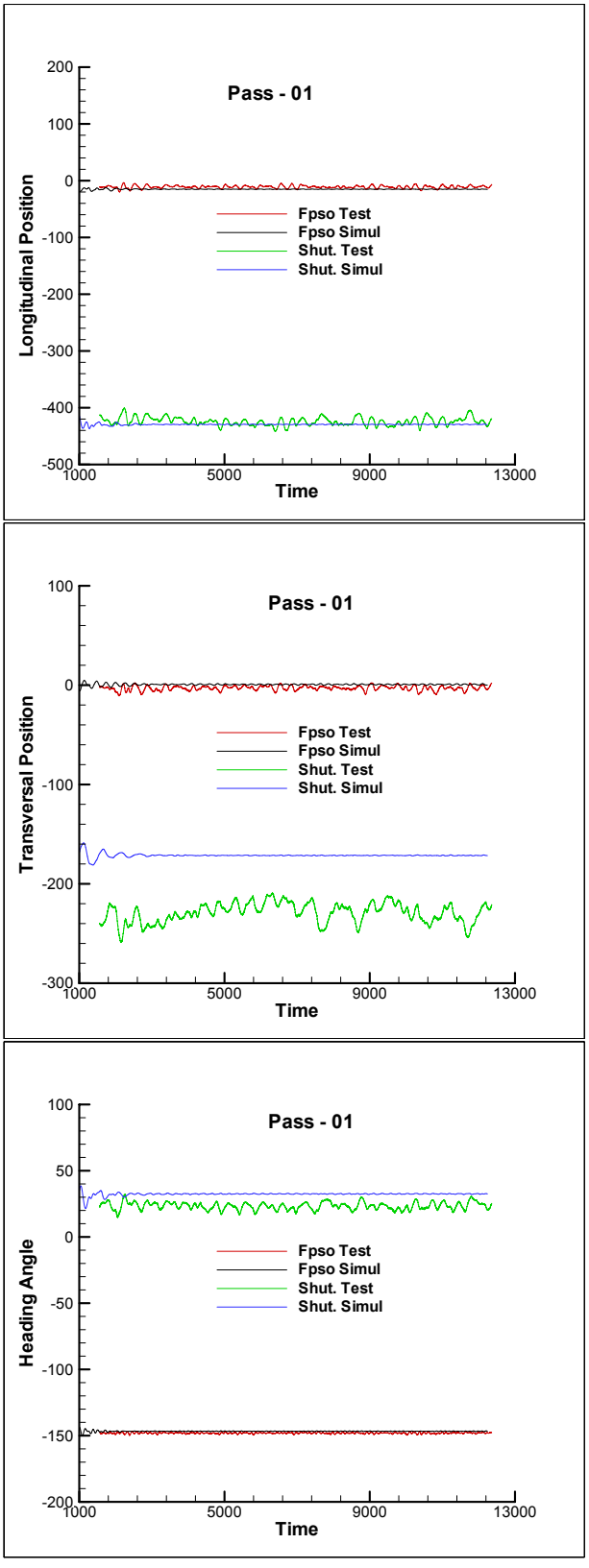


Figura 2: Aproamento dos Navios

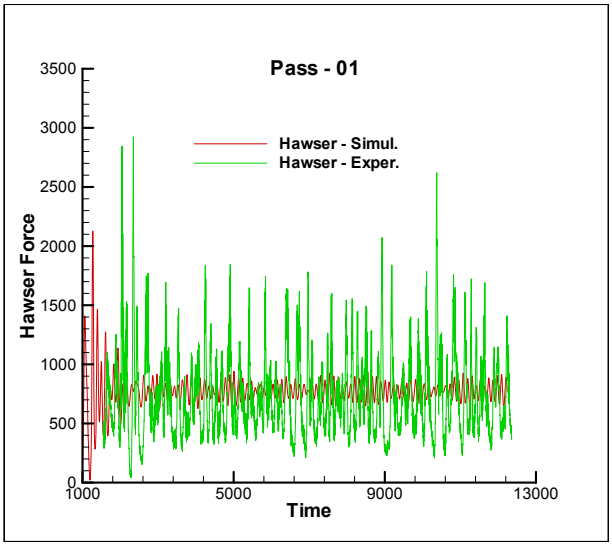


Figura 3: Tração no hawser

Figura 4: Foto tomada durante uma operação de offloading

leme para um dado ângulo e forças dos impelidores.

Como foi explicado acima, o sistema tem alguns modelos matemáticos para gerar as forças do propulsor, leme e impelidores através da definição da rotação, relação passo/diâmetro, ângulo do leme. As principais questões são: como representar o comando do capitão e quantas diferentes situações de operação poderiam ser possíveis simular. Para ter um modelo completo poderíamos ir para um simulador "full mission", o que não é razoável para algumas aplicações práticas ou para especificar algumas características em um estágio inicial de projeto.

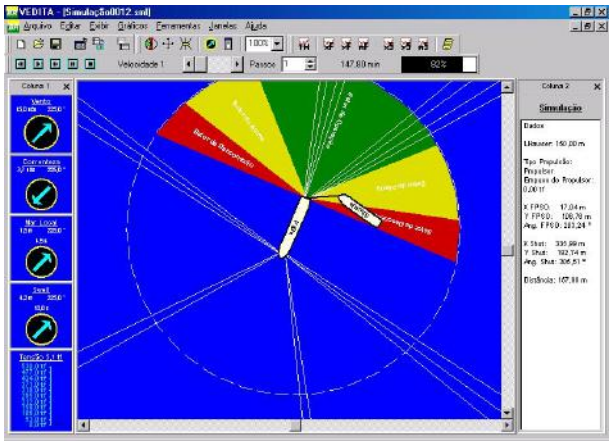
Também se deve observar que para o cálculo das forças passivas, como onda, vento e corrente pode-se confiar em alguns modelos teóricos e experimentais, enquanto no caso das forças ativas elas dependem muito dos efeitos de interação entre o propulsor e o casco, o propulsor e o leme, o leme e o casco. Associado com estas dificuldades apontadas acima, para algumas operações é mais razoável trabalhar com as forças totais exercidas pelo leme e pelo propulsor para análise da operação, como no caso das operações de pull-back.

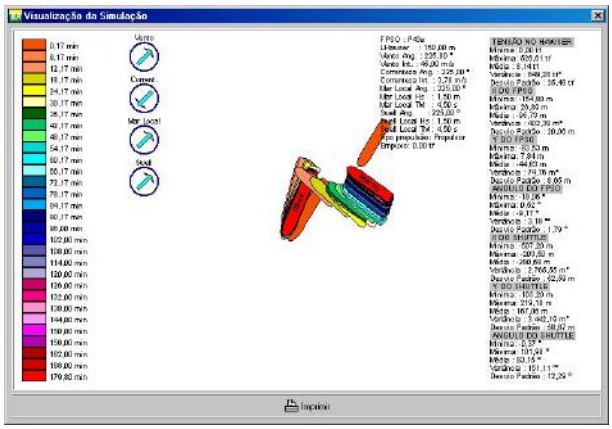
Para manobras clássicas é possível programar uma seqüência de comandos para controle da rotação do propulsor, ângulo do leme e assim por diante, como no caso do teste de zig-zag, manobra de giro, teste espiral e outros.

4.1 Vedita - Simulador dedicado à operação de offloading

O objetivo do VEDITA (Sales e outros, 2002) é ser uma ferramenta auxiliar à tomada de decisão por parte de capitães de manobras, para a operação de offloading. Apresentamos aqui uma aplicação do VEDITA na análise do comportamento de uma plataforma da Petrobras exposta a um cenário típico da Bacia de Campos. A definição dos cenários típicos foi realizada em trabalho conjunto desenvolvido entre a COPPE e a Petrobras (Parente e outros, 2002). O cenário escolhido entre aqueles observados no referido trabalho, talvez seja o mais crítico, em que com um ciclone vindo do sul, incide sobre a região um forte vento de Sudoeste, acompanhado de uma ondulação e de vagas também de sudoeste. Mostramos aqui o comportamento do sistema flutuante durante a operação de offloading com conexão pela popa, utilizando o código VEDITA para este cenário, com as seguintes características:

1. Intensidade da Correnteza: 3,7 nós; Incidência





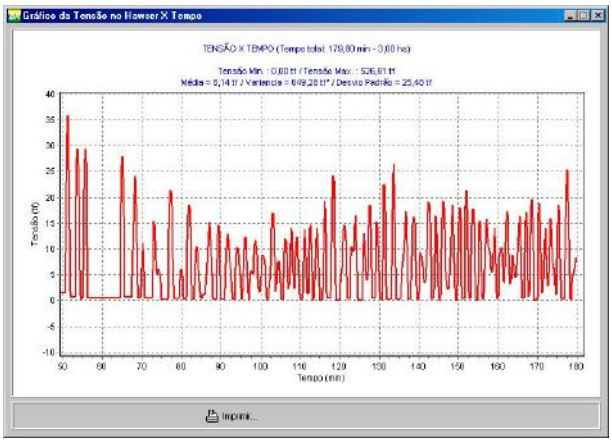


Figura 5: Posicionamento do Sistema FPSO-Aliviador e Tração no hawser

da Correnteza: 225 graus (NE).

2. Intensidade do Vento: 45 nós; Incidência do Vento: 225 graus (SW).

3. Mar de Vagas (sea) Incidência: 225 graus (SW); Período Médio: 4,5 segundos; Altura Significativa: 1,5 m.

4. Mar de Ondulação (Swell) - Incidência: 225 graus (SW); Período Médio: 10.0 segundos; Altura Significativa: 4,2 m.

Os resultados são apresentados através das telas do VEDITA nas seguintes figuras:

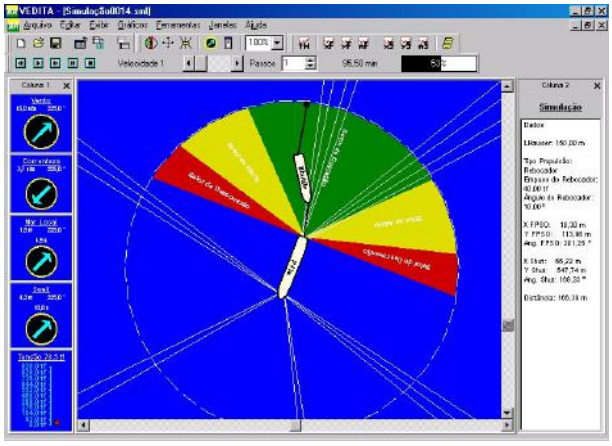
1. Figura 5: Comportamento do Sistema exposto ao Cenário acima em um determinado instante; Posições do sistema no tempo; Tração no Hawser.

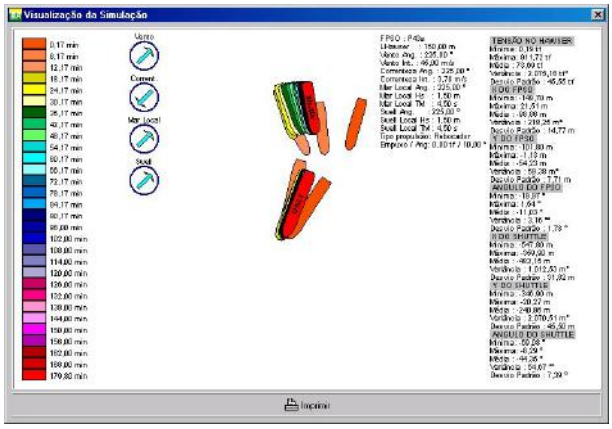
2. Figura 6: Comportamento do Sistema exposto ao Cenário acima em um determinado instante; Posições do sistema no tempo; Tração no Hawser, com uma força de 40 tons aplicada ao Aliviador e com 10 graus de inclinação em relação ao norte, representando a ação de um rebocador.

A figura 5 mostra o comportamento do sistema exposto ao Cenário pré-estabelecido. Sem o uso de um empuxo do propulsor ou de um rebocador, o Aliviador mantém-se lateralizado fora do Setor de Operação. Após a fase transiente a tração no hawser chega a 35 tf, sendo que por curtos períodos o hawser fica destendido. O uso de uma força de 40 tf aplicada com 10 graus em relação ao norte, fornecida por um rebocador, mantém o Aliviador no Setor de Operação um pouco mais alinhado com o FPSO como mostrado na figura 6. A tração no hawser, entretanto, oscila entre 60 e 90 tons com picos em torno de 110 tf.

4.2 Uso do Simulador na Análise da Operação de Pull-Back

Esta é a operação requerida para manter o F(P)SO com um aproamento pré-definido, ancorado com





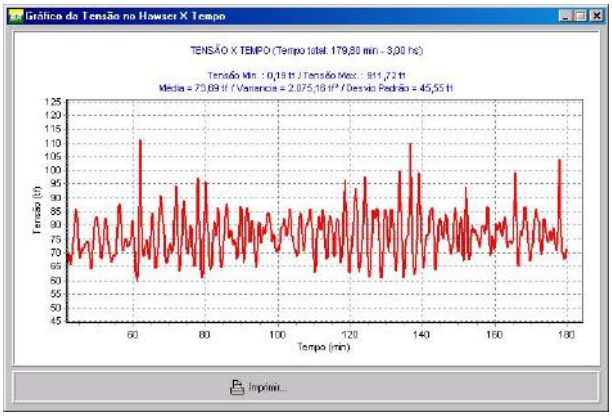
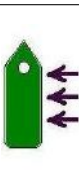


Figura 6: Posicionamento do Sistema FPSO-Aliviador e Tração no hawser, com ação do propulsor

Figura 7: Mar de Popa; $H_s = 3.5$ m, $V_w = 40$ nós, $V_c = 2.0$ nós

T e L (metros)	Bollard Pull (ton)	Tração (ton)
$T = 21$ $L = 600$	150	324
$T = 21$ $L = 1000$	150	291
$T = 15$ $L = 600$	110	314
$T = 15$ $L = 1000$	110	291

Figura 8: Mar de Través; $H_s = 3.5$ m, $V_w = 40$ nós, $V_c = 2.0$ nós



T e L (metros)	Bollard Pull (ton)	Tração (ton)
$T = 21$ $L = 600$	135	326
$T = 21$ $L = 1000$	135	262
$T = 15$ $L = 600$	115	2952
$T = 15$ $L = 1000$	155	216

sistema Turret, durante as operações de pull-in e pull-out. Esta operação geralmente é feita com dois rebocadores amarrados na popa da Unidade. A figura 11 mostra uma foto tomada durante uma operação de pull back.

A partir de uma demanda do departamento operacional da Petrobras, foi feito um estudo desta operação para determinar o cabo apropriado (comprimento, diâmetro e material) e as características de um rebocador para pull-back necessárias para uma operação segura. Simulações numéricas foram feitas estabelecendo a tração suportada pelo cabo e o bollard pull necessário.

Dois casos críticos foram definidos pelos Capitães de Manobra:

1. vento, onda e corrente incidindo na popa do F(P)SO (following sea)

2. vento, onda e corrente incidindo na lateral da Unidade (beam sea).

O estudo compreende duas diferentes condições

Figura 9: Mar de Popa; $H_s = 2.5$ m, $V_w = 26$ nós, $V_c = 2.0$ nós

	T e L (metros)	Bollard Pull (ton)	Tração (ton)
	$T = 21$ $L = 600$	110	292
	$T = 15$ $L = 600$	95	234

Figura 10: Mar de Través; $H_s = 2.5$ m, $V_w = 26$ nós, $V_c = 2.0$ nós

	T e L (metros)	Bollard Pull (ton)	Tração (ton)
	$T = 21$ $L = 600$	105	295
	$T = 15$ $L = 600$	98	288

ambientais, dois comprimentos de cabos e dois diferentes calados do FPSO. A posição de equilíbrio do sistema foi determinada e comparada com a experiência dos capitães, que analisaram a configuração obtida em termos de segurança. Aspectos como distância entre os rebocadores, posição de equipamentos na popa do F(P)SO entre outros foram também considerados.

Uma força aplicada, com intensidade e direção constante, foi introduzida, representando a força ativa (propulsor, leme e rebocador) fornecida pelo rebocador. Diferentes simulações com diferentes forças foram usadas para representar a evolução do tempo da operação. Uma vez atingido o aproamento determinado e uma configuração em que o sistema pode ser mantido oscilando ao redor de uma posição de equilíbrio, é computada a tração no cabo, a posição e o aproamento de cada navio envolvido são analisados.

Comparados com operações realizadas anteriormente, os resultados obtidos pela simulação foram muito próximos dos observados na prática. Estes

Figura 11: Foto de um Instante da Operação de Pull back

resultados permitiram definir recomendações sobre o diâmetro e o material do cabo e o bollard pull mínimo requerido para os rebocadores.

Um resumo do mínimo bollard pull recomendado e a máxima tração nos cabos para cada caso são apresentados nas figuras 7 a 10.

5 Conclusões

Testes experimentais e simulações numéricas podem ser usadas como técnicas complementares para o projeto de sistemas flutuantes, sendo os testes usados para calibração e validação das simulações.

Modelos matemáticos podem predizer com boa acurácia o comportamento do sistema FPSO-Aliviador em condições ambientais reais. Conseqüentemente é possível desenvolver ferramentas computacionais para auxiliar nas decisões em um estágio inicial do projeto. E também para estabelecer procedimentos e estimar a condição limite para se manter operando, como, no caso deste trabalho, durante uma operação de offloading e pull-back.

Novas rotinas podem ser adotadas para um código sofisticado para estudo de uma específica operação. Do mesmo jeito que é possível desenvolver códigos de simulação dedicados para ser operado por capitães de manobra com o objetivo

de determianar o comportamento do sistema em condições ambientais estabelecidas.

O projeto e especificação de sistemas DP podem também ser feitos com a ajuda de um código de simulação adaptável.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Petrobras, ANP (Agência Nacional de Petróleo) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo suporte dado ao presente trabalho.

Referências

Costa, APS, Rolo, LFA, Goulart, MP and Correa da Silva, SHS (2003), Offloading Trends in Brazil WMTC, 2003, San Francisco, USA.

Parente, CA, Violante-Carvalho, N, Lima, JAM e Assunção, CB (2001), Wave and Wind Extreme Values in good Wheather Situations in the Campos Basin, Off Rio de Janeiro 20th International Conference on Offshore Mechanics and Artic Engineering, OMAE2001

Pontes, LGS and Sphaier, SH (1996), SDIN - Sistema de Análise Dinâmica de Estruturas Flutuantes XVI Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore, SOBENA 1996, setembro de 1996

Pontes, LGS (1998), Comportamento de Navios Cisterna sob a Ação Simultânea de Ondas, Correnteza e Vento Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ

Sales Jr., JS, Matter, GB, Sphaier, SH, Machado, RR and Correa da Silva, SHS (2002), A simulation program to support decisions in offloading operations The Twelfth International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE, KitaKyushu, Japan

Sphaier, SH, Fernandes, AC, Correa da Silva, SHS, Castro, GAV (2002), Maneuvering Model for FPSO's and Stability Analysis of the Offloading Operation, *Journal of OMAE vol 124, no. 4, 196-202*

Sphaier, SH, Fernandes, AC and Correa da Silva, SHS,(2000), Maneuvering Model for the FPSO Horizontal Plane Behavior The Tenth International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE, Seattle, USA

WAMIT (1995), A Radiation-Diffraction Panel Program for Wave-Body Interaction Dept. of Ocean Engineering, Massachusetts Institute of Technology, USA

PROPOSIÇÃO DE MODELO SISTÊMICO DE ENGENHARIA FINANCEIRA PARA O ARRENDAMENTO DE TERMINAIS PORTUÁRIOS, SOB O ENFOQUE PRIVADO.

Mac Dowell, Fernando [a], Cury, Marcus Vinícius Quintella [b].

RESUMO

O desenvolvimento do modelo sistêmico de engenharia financeira para avaliação de arrendamento portuário proposto no presente trabalho será aplicado num terminal de granel agrícola. Este modelo atende a ótica do poder privado e visa subsidiar o Governo na atração da iniciativa privada, porém gerando diretrizes para o poder público. O modelo atende simultaneamente a três grupos de equilíbrio: Equilíbrios Econômicos, Sociais e Ambientais (EESA), Equilíbrio Técnico (ET) e o Equilíbrio Financeiro (EF). O Equilíbrio Econômico promove a utilização da capacidade econômica da cadeia de transporte, ressaltando o custo do complexo porto - navio reduzindo as ocorrências de terminais superdimensionados, que resultam em tarifas mais elevadas, ou subdimensionados que aumentam o "Custo Brasil"**.** Quanto ao Equilíbrio Social, uma vez que o cais é público, os benefícios resultantes devem ser repassados à sociedade durante todo o período do arrendamento, ou seja, o preço de movimentação para as diferentes categorias de produtos envolvidas deve ser compatível com as condições dos usuários. No Equilíbrio Ambiental propõem-se medidas mitigadoras para a vizinhança do porto: redução de índices de acidente, de ruído e de emissão poluentes, tratamento adequado dos esgotos e proteção ambiental do ecossistema do fundeador. O Equilíbrio Técnico – consta de um cronograma de investimento vinculado tecnicamente e otimizado no tempo a valor presente, incluindo expansões futuras e deverá estar compatibilizado aos índices de qualidade pré-estabelecidos pelo poder concedente (Governo). O Equilíbrio Financeiro se dá pela manutenção do Valor Presente Líquido-VPL e da Taxa Interna de Retorno - TIR que satisfazem as ações constantes do EESA e ET.

ABSTRACT.

The development of the systemic model of financial engineering for evaluation of port lease proposed by this work will be applied for an agricultural grain terminal. This model aims to subsidize the Brazilian Government once it attends the necessities of private companies however generating lines of directions to the Government. The model must simultaneously attend three groups of balance: Economical, Social and Environmental Balances (ESEB), Technical Balance (TB) and Financial Balance (FB). Economical Balance will promote the use of the economic capacity of the transport chain, standing out the cost of the port-ship complex, reducing the occurrences of over dimensioned terminals that result in higher tariffs, or under dimensioned that end up increasing the "Brazil Cost". According to the Social Balance, since the wharf is public, the resultant benefits should be

[a] Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia - Praça General Tibúrcio 80, Praia Vermelha - Rio de Janeiro - RJ - CEP 22290-270 -- e-mail: mcdowell@ime.eb.br, Tel (021) 2546-7287.

[b] Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ, Profº Fundação Getúlio Vargas - FGV e Professor do Instituto Militar de Engenharia –IME e-mail: mvqc@uol.com.br, Tel: (021) 2546-7287.

re-passed to society during all this period of the lease, therefore, the price of the movement for the different categories involved ought to be compatible to the users' financial condition. The Environmental Balance proposes to the port neighborhood, mitigating measures like: reduction of the indexes of accidents, noise and gases, adequate treatment of the sewage and environment protection of the ecosystem of the anchor. The Technical Balance - it consists of an investment schedule entailed technically and optimized in time of the current value, including future expansion and it should be compatible to the index of quality pre established by the Government. The Financial Balance consists of the maintenance of the Net Present Value -NVP and the Internal Rate of Return – IRR that satisfy the constant actions of ESEB and TB.

Palavra chave: Arrendamento, Modelo Engenharia Financeira, Terminais portuários, Granéis agrícolas e Pesquisa Operacional.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.

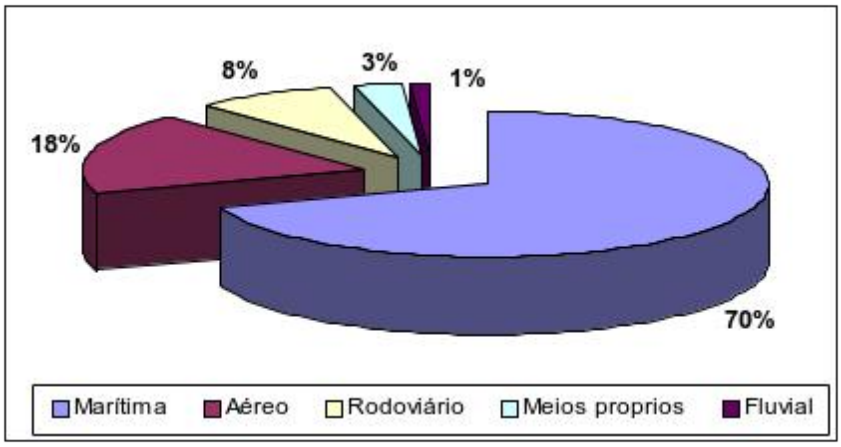
A implantação da Lei de Modernização dos Portos, Lei nº 8.630, de 1993, vem ocorrendo lentamente. Na prática, passados mais de sete anos, o cotidiano dos portos brasileiros pouco se alterou, acarretando custos econômicos para o país e prejuízos, talvez irrecuperáveis, ao nosso comércio exterior (Conti, 2000).

Aos 505 anos, o Brasil encontra-se entre as grandes nações com um comércio exterior superior a US$100 bilhões. A meta para este início de novo milênio é alcançar US$100 bilhões apenas em exportações e, para isso, o desempenho portuário nacional é uma peça fundamental. (Padilha, 2000).

Dentre os pequenos entraves que impediam o crescimento no país, despontavam os custos de movimentação, pressionados por diversas questões relativas ao fornecimento do serviço, tais como: a obsolescência dos equipamentos, a baixa produtividade, o déficit de investimentos em infra e superestrutura, o longo tempo de espera para atracação e permanência das embarcações no porto, monopólios de exploração e de escalação da mão-de-obra e os elevados custos logísticos, que, em conjunto, afetavam a competitividade brasileira no comércio exterior, e suas externalidades.(BNDES, 2000)

Neste sentido, em 1995, o Ministério dos Transportes lançou o Programa de Desestatização nos Portos, em complemento à Lei nº 8.630, com o intuito de acabar com o gargalo representado pela ineficiência dos portos (setor público), permitindo assim a entrada do setor privado, tornando os portos mais competitivos interna e externamente, fazendo com que haja um crescimento do comércio exterior e interior brasileiro.

A Lei nº 8.630 propõe um modelo de sistema portuário, no qual a titularidade do porto continua com a União, a autoridade portuária é pública e a operação é privada. Este modelo é o mais utilizado nos principais portos do mundo. A União fica com a responsabilidade das inversões em obras de infra-estrutura, deixando sob a responsabilidade dos operadores portuários os investimentos relativos à superestrutura, aparelhamento portuário, recuperação e conservação das instalações. (BNDES, 2000).



Graf. 1. Importâncias das Principais Vias de Transportes nas relações internacionais brasileiras
Fonte: BNDES, 2000.

Com a necessidade de fiscalizar e normatizar os arrendamentos portuários, o governo criou a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), em 2001.

A ANTAQ vem tentando, por meio de opiniões de especialistas, empresas de navegação, sindicatos, técnicos etc, colher opiniões e informações dos serviços portuários para adequar a Lei de Modernização dos Portos às exigências internacionais e o interesse do país por meio de resoluções.

A Resolução nº 55/2002, no seu Artº 7º, regulamentada pela ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários), que versa sobre a avaliação do empreendimento, compreende os seguintes serviços: análise econômica-financeira, análise de rentabilidade do empreendimento, estabelecimento do valor mínimo do arrendamento, análise das condições de competição no mercado relevante, avaliação da viabilidade de competição no mercado relevante, identificação do risco de ocorrência de concentração, análise do passivo e dos riscos ambientais.

Com poucos recursos para aplicar no subsetor portuário, que exige substanciais investimentos para capacitá-lo tecnologicamente ao novo perfil de manuseio da carga, o Governo optou pela parceria com o setor privado na exploração da atividade.(GEIPOT, 2000).

Os processo de arrendamento de áreas e instalações à iniciativa privada, vinculada ao Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto (PDZ) pressupõe investimentos dos arrendatários em modernização, em melhoramento e na ampliação das instalações, induzindo um aumento do desempenho e melhoria na qualidade dos serviços. (GEIPOT, 2000).

Com o sistema de parcerias, os benefícios aumentaram de tal forma, principalmente para os exportadores e importadores brasileiros que utilizam o porto. A modernização das instalações e equipamentos, graças aos investimentos privados, e a concorrência entre os operadores são fatores que permitiram ganhos de eficiência, melhoria da produtividade e queda das tarifas portuárias, contribuindo para a redução do custo logístico.

Hoje, o porto se apresenta como um sofisticado complexo que agrega elevada tecnologia e que é de capital importância na ligação entre sistemas de transportes aquaviários e terrestres, fazendo prevalecer seu papel como terminal de integração e não apenas origem e destino de mercadorias.

Alguns dos benefícios que podem ser atingidos com a privatização de terminais portuários podem ser analisados, conforme Tabela 1, a partir do exemplo da Colômbia (Gaviria, 1999):

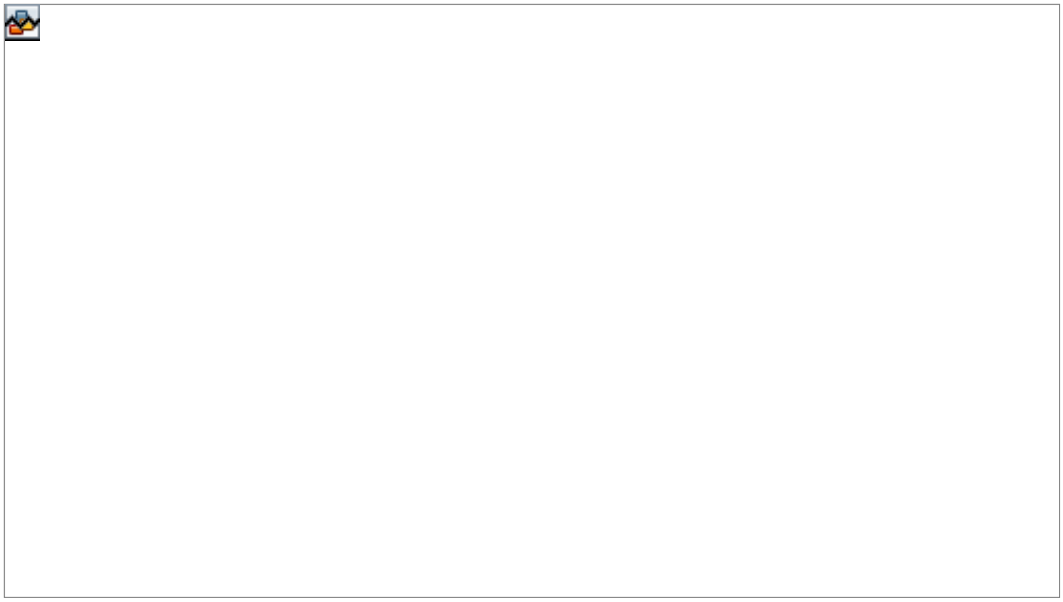
Tabela 1: Indicadores operacionais atingidos pós privatização.

Indicador	**Antes de 1993**	**1996**
Tempo de Espera Médio (dias)	10	Horas
Dias de Trabalho por Ano	280	365
Horas de Trabalho por Dia	16	24
Toneladas por navio por Dia (graneis)	500	>2.500
Toneladas por navio por Dia (c. geral)	750	1.700
Contentores por Navio por hora	16	25

Fonte: Gaviria, 1999.

Como exemplo, o modelo de privatização adotado no Porto de Santos, segundo a Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp), criou oportunidades de negócio na área de operação portuária, assim como na execução de obras, arrendamento de áreas e fornecimento de equipamentos, entre outras. Por meio do Programa de Arrendamentos e Parcerias (Proaps), 24 áreas foram arrendadas e 27 outras estão sob exame. Atualmente, mais de duas centenas de empresas privadas atuam no complexo portuário, entre as quais 150 dedicam-se às atividades de embarque e descarga de mercadorias.

A movimentação de cargas no porto de Santos foi de 67,6 milhões de toneladas em 2004, ante as 60 milhões de toneladas registradas em 2003, acarretando um crescimento de 12,54%, conforme gráfico GRAF. 1. Ouve também um aumento de navios atracados entre o ano de 2003 para 2004 na ordem de 6,2%. Pelo maior porto da América Latina passa cerca de 27% dos produtos que compõem a balança comercial brasileira e a perspectiva de expansão do comércio exterior coloca novos desafios aos gestores, operadores e usuários desse terminal marítimo. (Mensário Estatístico - DC/DCP/CPT - Gerência de Estudos Tarifários e Informação, 2005).



GRAF. 1. Movimento no Porto de Santos
Fonte: Porto de Santos

O sistema de arrendamento deve atender simultaneamente a três grandes grupos de equilíbrio: Grupos 1 - Equilíbrio Econômicos, Sociais e Ambientais, Grupo 2 - Equilíbrio Técnico e o Grupo 3 - Equilíbrio Financeiro. (Mac Dowell, 2004)

- Equilíbrio Econômico (procura-se com este critério promover a utilização da capacidade econômica da cadeia de transporte ressaltando o custo do complexo Porto - Navio pelos meios disponíveis, reduzindo as ocorrências de terminais superdimensionados, que resultam em tarifas mais elevadas, ou subdimensionados, que acarretam parcelas adicionais ao chamado "Custo Brasil");

- Equilíbrio Social (como o cais é público, manter os benefícios resultantes à sociedade durante todo o período do arrendamento, ou seja, que haja compatibilidade do valor do preço de movimentação para as diferentes categorias de produtos envolvidas visando maximização do benefício social);

- Equilíbrio Ambiental (redução de índices de acidente, de ruído na vizinhança e de emissão poluentes, tratamento adequado dos esgotos e proteção ambiental do ecossistema do fundeador);

- Equilíbrio Técnico (cronograma de investimento vinculado tecnicamente e otimizado no tempo a valor presente incluso a própria expansão, compatibilizado a observância dos índices de qualidade pré-estabelecidos pelo Poder Concedente, com o objetivo de garantir o grupo de equilíbrio descrito no GRUPO 1, e é verificado a cada ano durante o período do arrendamento);

- Equilíbrio Financeiro (via manutenção da viabilidade financeira pelo Valor Presente Líquido-VPL e Taxa Interna de Retorno-TIR, cujas ações constantes dos Grupos 1 e 2 satisfaçam simultaneamente ao índice de cobertura anual no período do serviço da dívida relativa aos empréstimos financeiros visando a exeqüibilidade

financeira do empreendimento e a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro do contrato).

Segundo Mac Dowell (2004), o modelo de engenharia financeira abrange sistemicamente todas as áreas da engenharia, sobre o enfoque dos três grandes Grupos de Equilíbrio, no que se refere ao sistema a ser avaliado, após esta análise técnica do sistema, aplicam-se à parte de finanças.

A Lei nº 8.630 representa apenas uma indispensável etapa da reengenharia do modelo portuário nacional, na medida em que promove as mudanças possíveis, de acordo com a vontade política na época de sua aprovação.

Para que o objetivo da nova legislação seja atingido, os portos públicos de nosso país precisam se tornar, pelo menos, suficientemente competitivos para atrair a participação dos empresários.

Segundo Boubakari & Cosset (1998), resultados da privatização de 79 serviços portuários, em 21 países em desenvolvimento, durante o período 1980-1992, Tabela 1.2:

Tabela 1.2: Indicadores atingidos pós-privatização.

Indicador	Ganho em %
Lucro	+124
Eficiência	+25
Investimento	+126
Actividade	+25
Emprego	+1,3
"Leverage"	-5
Dividendos Pagos	+44

Fonte: Boubakari & Cosset, 1998.

O crescimento vertiginoso dos arrendamentos portuários no Brasil, vide Tabela 1.3, deve-se a necessidade da ineficiência do setor público.

Tabela 1.3: Evolução dos Arrendamentos Realizados.

Discriminação	março/1998	dezembro/2000	Evolução %
Número de Lotes	85	196	+ 130,6
Áreas Totais	6.128.760 m^2	8.062.539 m^2	+ 31,6
Movimentação Anual de Cargas	44.270.189 t	72.232.210 t	+ 63,2
Movimentação Anual de Contêineres	1.062.200 TEUs	2.388.437 TEUs	+ 124,9
Movimentação Anual de Veículos e Caminhões	129.000 unidades	291.858 unidades	+ 126,2
Arrecadação Anual pelo Arrendamento	R$ 79.101, 6 mil	R$ 109.849,2 mil	+ 38,9
Investimentos Previstos no Período Contratual	R$ 1.365.911 mil	R$ 2.859.892 mil	+ 109,4
Investimentos Realizados até o mês de Referência	R$ 221.789 mil	R$ 1.192.986 mil	+ 437,9
Realização dos Investimentos Previstos	16%	42%	162,5

Fonte: Ministério dos Transportes-MT, 2000.

O sistema de arrendamento portuário, por região, no ano de 2000 tem o panorama apresentado na Tabela 1.4:

Tabela 1.4. Distribuição dos Arrendamentos por Região.

Fonte: Ministério dos Transportes-MT, 2000.

O Sistema de arrendamentos a serem realizados (médio prazo), Tabela 1.5:

Tabela 1.5. Distribuição dos Arrendamentos a serem realizados por Região.

Fonte: Ministério dos Transportes, 2000

A elaboração deste modelo poderá ser uma opção para subsidiar a administração portuária na sua tomada de decisão e assim cumprir uma das exigências das Resoluções nº 055/02, nº 126/03 e a Resolução nº 154/04 da Agência Nacional de Transporte Aquaviários – ANTAQ.

2. PROPOSIÇÃO DO MODELO.

O modelo proposto para arrendamento portuário deverá ter como base o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário – PDZ, aprovado pelo Conselho de Autoridade Portuária – CAP, para a delimitação destas áreas do PDZ, com isso atender aos requisitos estabelecidos nos Artigos 7º e 10º da norma sobre arrendamento de áreas e instalações portuárias destinadas à movimentação e armazenagem de cargas e ao embarque e desembarque de passageiros, aprovada pela Resolução nº 055/02 e alterada pelas Resoluções nos 126/03 e 154/04, todas da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ.

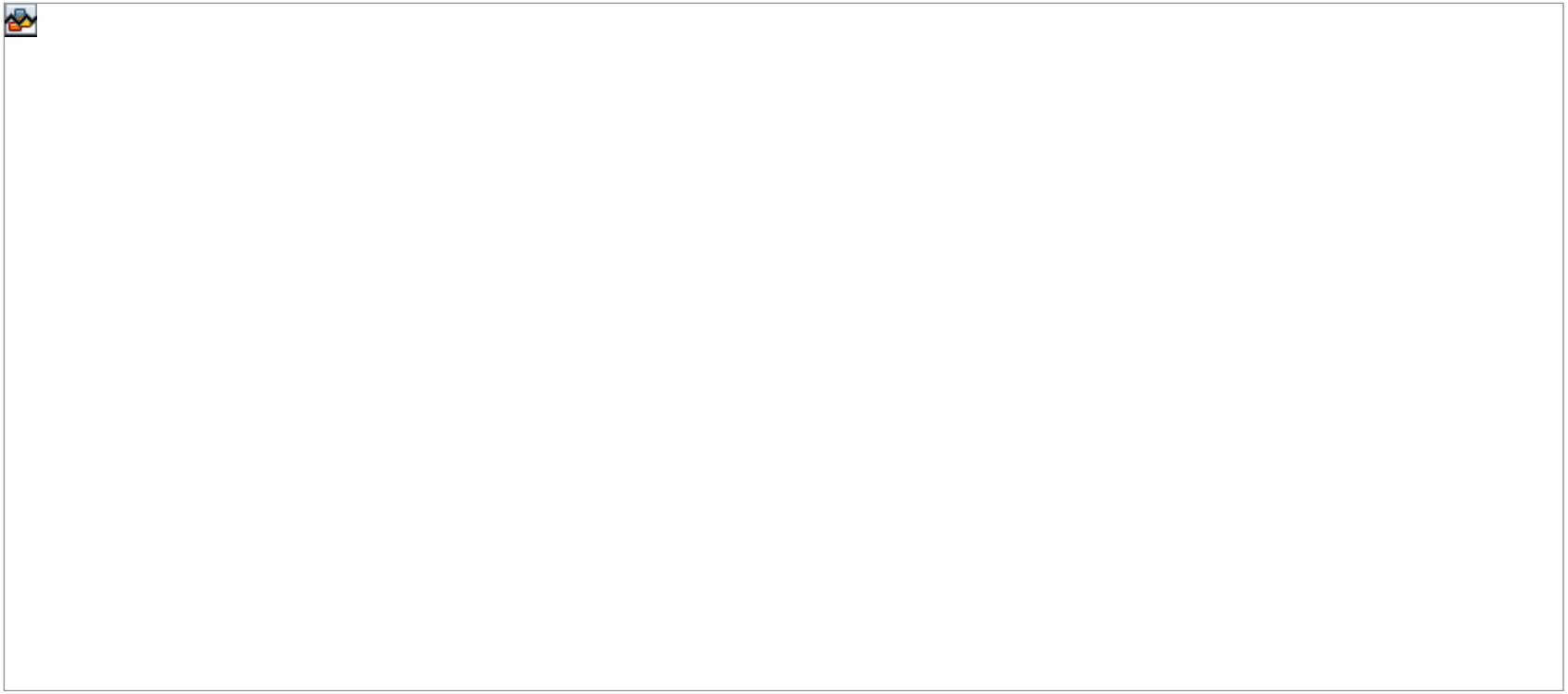
Para dar continuidade à implementação do modelo brasileiro de exploração portuária definido pela Lei nº 8.630/93, que prevê a participação da iniciativa privada nos investimentos, tendo em vista a escassez de recursos do erário para atender às necessidades determinadas pelo crescimento da demanda de serviços portuários em todo o País que denotasse da modalidade de arrendamento.(Mac Dowell, 2004).

Podemos citar como exemplo o ARRANJO GERAL constante do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento – PDZ, do Porto de São Francisco do Sul.

Figura 2: Arranjo Geral do Porto de São Francisco do Sul.

Segundo Mac Dowell (2004), no período entre 1991 e 2003, a taxa média de crescimento geométrica clássica da movimentação total no Porto de São Francisco do Sul foi de 14,75% ao ano, contra 8,94% registrada no Porto de Paranaguá no mesmo período. Verificando-se, portanto, que a infra-estrutura portuária de São Francisco do Sul não recebeu a correspondente ampliação, notadamente no tocante a berços de atracação, enquanto o antigo aparelhamento do porto, malgrado, não permite a obtenção de índices de produtividade compatível com as modernas exigências do transporte marítimo internacional, apresentando altas taxas de utilização de seus berços, conforme Tabela 2, tudo convergindo para uma nítida repressão da demanda.

Tabela 2: Taxa de ocupação por berço no Porto de São Francisco.



Fonte: APSFS – Administração do Porto de São Francisco do Sul.

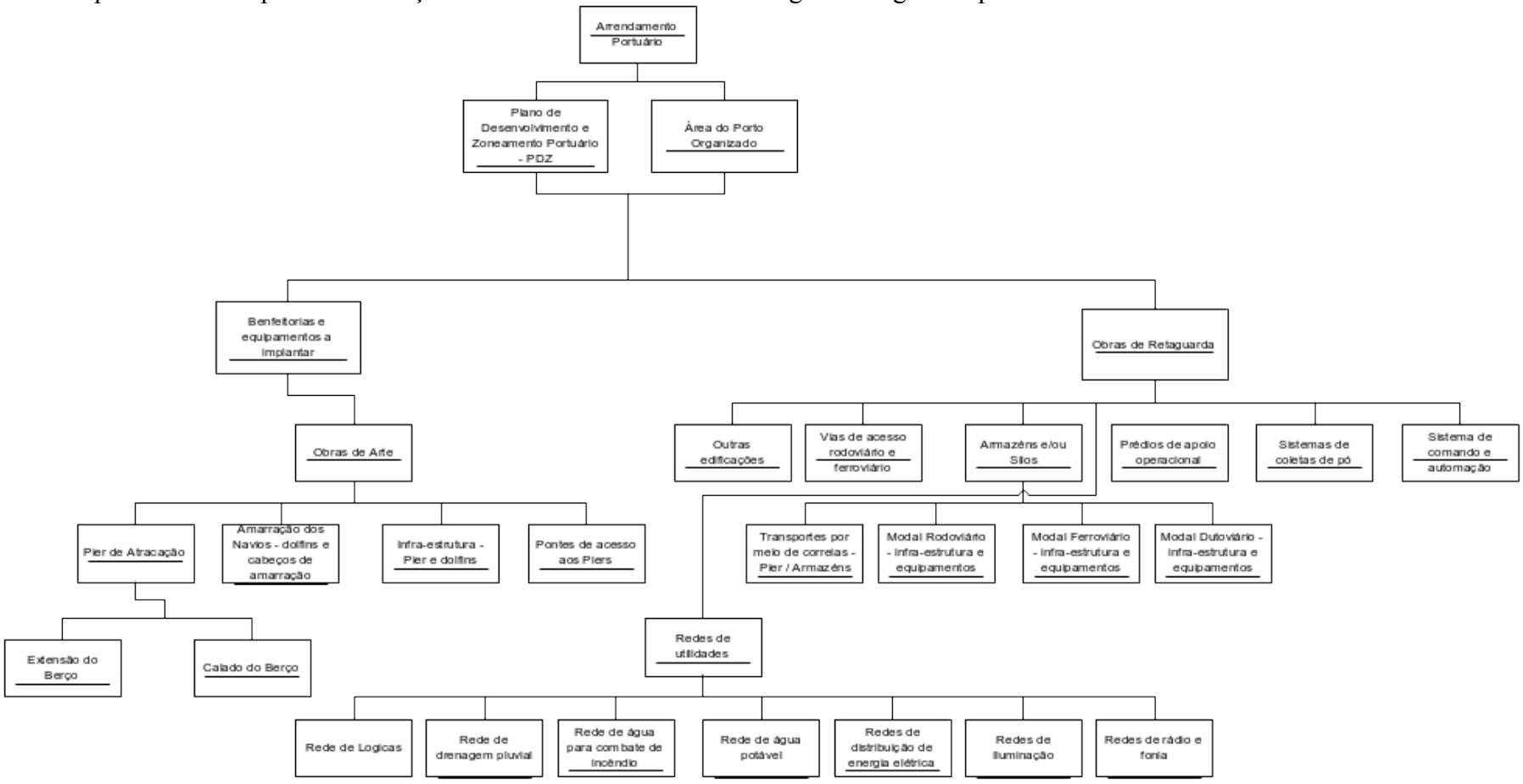
"O resultado dessa situação – que imprime freqüentes nódoas na imagem do porto e impede o seu desenvolvimento disciplinado e harmônico – está patenteado em decorrência das altas taxas de ocupação de seus berços mostradas no quadro anterior, a ocorrência de filas de espera dos navios para atracar, de modo particular o graneleiro, indicando claramente a urgente necessidade de ampliação da capacidade operacional do porto, inclusive para abranger novos fluxos de mercadorias que estão convergindo para São Francisco do Sul ...".(Mac Dowell, 2004).

O conceito de área do porto organizado foi introduzido pela lei n° 8.630, de 26 de fevereiro de 1993, a qual estabelece na alínea IV do parágrafo 1° de se art. 1°, a seguinte definição:

"Área do porto organizado é compreendida pelas instalações portuárias, quais sejam, ancoradouros, docas, cais, pontes e píeres de atracação e acostagem, terrenos, armazéns, edificações e vias de circulação interna, bem como pela infra-estrutura de proteção e acesso aquaviário ao porto, tais como guias correntes, quebra mares, eclusas, canais, bacias de evolução e áreas de fundeio, que devam ser mantidas pela administração do porto, referida na Seção II do Capítulo VI desta Lei".

Assim, a área do porto organizado abrange, além das instalações portuárias, a infra-estrutura de proteção e acesso aquaviário ao porto.

Os procedimentos para a elaboração de um arrendamento devem seguir os seguintes passos:



Obs: todas as obras têm que seguir os requisitos mínimos de construção definidos pela CAP.

3. OS PRINCÍPIOS DE ANÁLISE PARA A VIABILIZAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA

Segundo Mac Dowell (1999), os estudos envolvidos foram realizados sob o enfoque sistêmico envolvendo a logística de transporte alicerçada em modelo probabilístico operacional vinculado por sua vez ao modelo sistêmico de engenharia financeira, com o objetivo de encontrar a solução que atenda simultaneamente a três grandes grupos de equilíbrio, a saber:

Grupo 1: Equilíbrio Econômico, Social, Ambiental e Urbanístico.
Grupo 2: Equilíbrio Técnico e Operacional.
Grupo 3: Equilíbrio Financeiro.

Essa abordagem de atendimento sistêmico aos mencionados equilíbrios foi desenvolvida por Mac Dowell (2004) e testada na prática, em 1999, na solução dos PROGRAMAS DE CONCESSÃO DOS ESTADOS DO PARANÁ e RIO GRANDE DO SUL[1,] envolvendo mais de 4.000 km de rodovias concedidas e 15 concessionárias privadas. Inclusive com aprovação do BIRD, BID e BNDES (já com os recursos liberados em 06/2001 pelos Agentes Financeiros BNDES, SANTANDER e BANRISUL).

Além dessa experiência inédita, foi ainda aplicado e levou a solução final das implantações de duplicação das rodovias BR-116 (Rio/São Paulo), BR-376/BR-101 (Curitiba/Florianópolis) financiadas pelo BID e JBIC coma liberação de US$ 960 milhões e recentemente a BR-101 no trecho Florianópolis – Osório/RS[2,3], em fase final de negociação para sua implantação pelo Governo Federal.

E mais, para a ANP – Agência Nacional do Petróleo os respectivos desenvolvimentos dos sistemas tarifários aplicados aos terminais marítimos[4], dutos, sistema de tancagem, canal de acesso, bacia de evolução, manobras e assim por diante, visando o procedimento técnico para arbitragem em face ao livre acesso.

O Livre Acesso, segundo o artigo 58 da Lei 9.478/97 estabelece o livre acesso a dutos de transporte e terminais marítimos a qualquer interessado mediante remuneração adequada do titular das instalações.

---

[1] MAC DOWELL, FERNANDO, ***ANÁLISE E REAVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE CONCESSÕES DO RIO GRANDE DO SUL - PARECER TÉCNICO CONCLUSIVO***, VOLUMES I, II, III, SINTESE e o CD CONTENDO OS MODELOS COMPUTACIONAIS DE ENGENHARIA FINANCEIRA DE CADA PÓLO, GERS/DAER/BIRD/BID, DEZ/1999.

[2] MAC DOWELL, FERNANDO, MODELO SISTÊMICO DE ENGENHARIA FINANCEIRA, DUPLICAÇÃO DA BR-101, FLORIANÓPOLIS (SC) – OSÓRIO (RS): CONCESSÃO, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES/DNER/MINISTÉRIO DA DEFESA/IME/BID e MISSÃO TÉCNICA DO BID, DEZ/2001.

[3] MAC DOWELL, FERNANDO, MODELO SISTÊMICO DE ENGENHARIA FINANCEIRA, DUPLICAÇÃO DA BR-101, FLORIANÓPOLIS (SC) – OSÓRIO (RS): CRITÉRIOS PARA AS ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO, VOLUME II, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, DNIT, MINISTÉRIO DA DEFESA, INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA – IME, BID-BANCO INTERMAERICANO DE DESENVOLVIMENTO, SET/01.

[4] MAC DOWELL, FERNANDO, PROCEDIMENTO TÉCNICO PARA ARBITRAGEM DE TARIFA EM TERMINAIS MARÍTIMOS- MANUAL TÉCNICO, ANP-AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, NOV/2001.

Neste contexto de livre acesso, cabe a ANP intervir em conflitos, seja fixando o valor máximo da remuneração ou avaliando se os valores já acordados são compatíveis com o mercado.

4. EQUILÍBRIO ECONÔMICO E SOCIAL.

O Equilíbrio Econômico e Social, no qual envolve a logística de transporte sob o enfoque sistêmico visando às coerências técnico-operacionais principalmente no que tange as diferentes modalidades de transportes, como os sistemas rodoviário e ferroviário no sentido de garantir a eficácia e a eficiência do sistema como um todo. O mesmo mostra a falta de investimento sistêmico nos corredores de transporte de um modo geral e em particular nos corredores de transporte aos portos, acarretando custos maiores em nossas exportações e importações.

Esses custos adicionais provem dos excessivos tempos de espera dos navios na fila para atracarem, nas longas filas de caminhões "virtualmente estacionados" no acostamento da rodovia de acesso, reduzindo por conseqüência a capacidade de escoamento provocado pelo efeito parede ocasionado, que por sua vez acarreta redução do módulo de resiliência do pavimento de concreto asfáltico, por conseguinte, reduz seu número estrutural acelerando dessa forma a taxa de deterioração desse pavimento e assim por diante, por isso trata-se de uma visão sistêmica de gerenciamento.

A dicotomia entre a política agrícola (inclusa a de armazenamento) e de transporte torna o país bem menos competitivo e, por conseguinte extremamente sensível a qualquer sintoma de queda de preço no mercado internacional devido à curta margem em face da precariedade da infra-estrutura operacional de transporte.

O primeiro passo para a determinação do Equilíbrio Econômico do arrendamento é examinar a questão sob o ponto de vista do Governo, ou seja, o mesmo procurará operar com a configuração mais econômica do complexo porto x navio x armazenagem, visando à minimização dos custos totais para tornar o país mais competitivo e de ampliar os benefícios sociais com seu resultado.

Para tal teria que investir, mas como não possui recursos para esse fim, lançará mão da participação da iniciativa privada, concedendo a implantação, operação e ampliação no período do arrendamento

Por outro lado, o modelo de engenharia financeira estabelecerá o valor do preço relativo à movimentação da carga e o valor da outorga pelo uso dessa área pública do porto por um período de 25 anos, de tal forma que garanta o equilíbrio financeiro do arrendamento.

Entretanto, cabe ao Governo a responsabilidade de fixar o valor limite dessa tarifa de movimentação para que não se crie no LIVRE ACESSO o desbalanceamento do custo relativo ao complexo porto x navio desse novo berço, até porque o País despende mais de U$350 milhões por ano em multas (demurrage) nos portos brasileiros devido aos excessivos tempos de espera dos navios.

5. OS PRINCÍPAIS AGENTES

Os principais agentes envolvidos no Equilíbrio Financeiro (via manutenção do VPL e TIR, cujas ações constantes dos itens anteriores satisfaçam simultaneamente ao índice de cobertura anual no período do serviço da dívida relativa aos empréstimos financeiros visando à exeqüibilidade financeira do empreendimento e a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro do contrato).

Para equilibrar financeiramente o contrato, o valor do preço sobre a movimentação e armazenamento dos produtos encontra-se limitado pelo primeiro grupo de equilíbrio destacando o econômico e o social, que jamais poderá ser ultrapassado, no sentido de não criar o efeito que resulte em má distribuição da demanda nos corredores alternativos evitando os custos adicionais decorrentes de desvio de carga por valor de preço inadequado.

A simultaneidade de atendimento ao VPL e à TIR para a manutenção do chamado equilíbrio financeiro do contrato, na prática só ocorrerá se este equilíbrio atender também ao Índice de Cobertura, cuja finalidade exigida pelos agentes financeiros é o de evitar acumulo de investimento resultante de sua inadequada distribuição no tempo (no fluxo de caixa), sempre que se procura classicamente atender as duas primeiras condições supramencionadas (VPL e TIR).

Evidentemente a variável correspondente ao valor do preço da movimentação é fundamental, à análise sistêmica que garanta esses grupos de equilíbrio.

Cabe observar, que a demanda varia conforme os resultados práticos já observados, em decorrência de crises econômicas externas, portanto aleatórias, como as ocorridas na Ásia, Rússia, e Argentina, desvalorização do real frente ao valor da moeda americana, variação nas taxas reais de crescimento do PIB, do poder aquisitivo, do preço dos combustíveis e assim por diante.

Essas variáveis são responsáveis pelo nível de irregularidade da demanda, cujo controle e a aleatoriedade das ocorrências é uma incógnita no futuro, mas cujos efeitos são explicitadas nos volumes de carga, cuja responsabilidade sem direito ao reequilíbrio financeiro é de responsabilidade exclusiva do Arrendatário.

É importante entender a complexidade de todo este procedimento na adequabilidade do projeto à modalidade de arrendamento, em face aos agentes envolvidos, conforme Tabela 5.1,citada sinteticamente a seguir.

Tabela 5.1: Principais agentes envolvidos na modalidade de arrendamento.

Usuário	Gerador da necessidade.	Consumidor do Projeto.	Demandas: Preços das movimentações compatíveis ao Livre Acesso.	Desvio de Cargas para corredores alternativos já congestionados
Poder Concedente	Ferramentas eficazes.	Monitoramento permanente dos resultados do arrendamento.	Modelo Sistêmico de Engenharia Financeira e dados estatísticos	• Antecipar problemas; • Reavaliar as condições inicialmente consideradas e, • Demandas super ou sub-avaliadas.
Agente Financeiro	• Confiar nas cláusulas contratuais; • Confiabilidade do instrumento jurídico; • Participação agente é de 10 anos (3 gestões de governo).	O projeto tem que ser viável por meio de avaliação determinística e da avaliação probabilística.	A equação matemática tem que conduzir a uma solução financiável.	Independentemente da perda ou ganho de rentabilidade do acionista associada aos riscos assumidos.
Acionistas	• A solução não pode conduzir a excessiva participação de capital próprio (acima da capacidade dos acionistas); • Os patrocinadores têm capacidade limitada em função do seu patrimônio e capital social.	• Editais de um modo geral no Brasil prevêem uma situação de habilitação a partir da expectativa do volume de capital necessário; • Acionistas enquadraram o projeto em uma situação de risco e sua remuneração está vinculada a esta situação;	• Função das condições macroeconômicas as perdas para os acionistas são inevitáveis	• Não pode ser imputado a eles são as condições de desrespeito ao contrato fundamentalmente a clausula de reajustamento, a redução unilateral com decisão política e o aumento nos encargos da operação. • É fundamental equalizar os conhecimentos e ferramentas técnicas entre as partes, ou seja, nada pode ser aceito por parte do Poder Concedente sem os fundamentos técnicos indispensáveis.
Arrendatário	Entidade gestora de todos estes interesses	Necessidade à segurança institucional de forma a dar a todos os seus agentes a confiança que suas necessidades mínimas serão atendidas	A condução do projeto deve possibilitar aos agentes intervenientes a continuidade de sua participação	Os agentes devem atuar acima de seu ponto de equilíbrio qualquer solução que não respeite este mandamento levará o projeto ao fracasso

Fonte: adaptado Mac Dowell, 2004.

6. EQUILÍBRIO FINANCEIRO

A implantação de um projeto pressupõe a existência de demanda ou de necessidade por parte da sociedade, esta demanda ou necessidade deverá ser suprida por investimentos em determinada área.

Estes investimentos podem ser gerenciados pela Sociedade como um todo por meio do poder público, ou, este pode transferir o encargo para a iniciativa privada ficando com a responsabilidade da regulação, em outras palavras, colocando a iniciativa privada a serviço da sociedade.

Um projeto para ser implantado necessita de recursos técnicos e financeiros.

Os recursos técnicos podem ser supridos pelos acionistas ou por empresas contratadas, para tanto, os recursos financeiros advém de três fontes básicas, a saber:

- Acionistas: capital próprio dos "proprietários" do projeto, capital de risco, sua remuneração ocorre após o período de recuperação do capital investido (VPL = 0) e está vinculada ao sucesso do projeto.

- Investidores: capital emprestado de terceiros, capital remunerado independentemente do resultado do projeto, os acionistas prestam garantias de tal forma que o risco envolvido é apenas o de crédito.

- Re-inversão: são os recursos gerados dentro do próprio projeto durante o período da concessão.

A premissa básica para implantação de um projeto é a efetiva possibilidade deste contar com interessados em participarem como acionistas e investidores.

A implantação do projeto deve ter uma visão empresarial, visando a viabilidade para os fornecedores do capital necessário a sua implantação, sem contanto abrir mão do preceito deste estar a serviço da sociedade.

7. ASPECTOS CONCEITUAIS DO MODELO SISTÊMICO DE ENGENHARIA FINANCEIRA

As variáveis financeiras algumas podem ser definidas previamente, para efeito do cálculo do valor do preço da movimentação dos produtos em pauta segundo o enfoque de permitir a participação efetiva do setor privado que é a remuneração do capital privado[5].

É preciso conceituar e clarificar as diferenças fundamentais entre as chamadas taxas internas de retorno do projeto e do acionista, para o estabelecimento da justa remuneração do capital.

---

[5] MAC DOWELL, FERNANDO, K, RICARDO & VIEIRA, GERALDO, ***REAVALIAÇÃO E SOLUÇÃO DA CONCESSÃO DO ANEL DE INTEGRAÇÃO DO PARANÁ – COMISSÃO DE PERITOS***, GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, SECTRAN & DER-PR, MAIO/1999.

Sob a ótica do projeto, a TIR do projeto pode ser definida como a rentabilidade estimada do empreendimento, em relação ao investimento realizado. Matematicamente, é a taxa de desconto que anula o VPL do fluxo de caixa do projeto. A TIR do projeto representa a rentabilidade intrínseca ao mesmo, na medida que é calculada no fluxo de caixa no conceito "All Equity Cost of Capital", ou seja, considerando que o projeto seja financiado 100% por recursos dos acionistas.

O VPL do projeto é o valor atual do fluxo de caixa do projeto, a uma determinada taxa de desconto, denominada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA) – que deve ser igual ao custo de oportunidade, normalmente calculado a taxa de 12% ao ano, no Brasil. Fisicamente, o VPL significa que, a uma determinada TMA, o acionista terá recuperado todo o capital investido (corrigido a este custo de oportunidade) e terá, ainda, como resultado adicional, o valor do próprio VPL.

O *Discounted Payback Period* é o período de tempo estimado para a recuperação de um investimento, quando o VPL torna-se nulo, e significa o ponto a partir do qual o fluxo de caixa acumulado do projeto se torna positivo.

Sob a ótica do acionista, a TIR leva em conta a alavancagem financeira do empreendimento, ou seja, a influência do endividamento na elaboração do fluxo de caixa. Para se ter o fluxo de caixa resultante do acionista, tem que se considerar a parcela de capital de terceiros no financiamento do empreendimento. A TIR do acionista, também conhecida como TIR alavancada, representa a taxa de juros que anula o VPL do fluxo.

Assim, a TMA e as condicionantes relativas aos empréstimos, como a razão do montante, prazo de carência, período para amortização, visando a implantação de qualquer empreendimento portuário, por exemplo, variam segundo o tomador, cujo critério de análise que induz a decisão dessas condicionantes é de responsabilidade do agente financeiro.

Dessa forma, uma TMA, por exemplo, de 16% ao ano, fornecerá o valor do preço da movimentação das cargas de fertilizantes, trigo em grão e óleos vegetais em um determinado berço, bem como aqueles referentes ao sistema de armazenamento e para este mesmo limite de preço corresponderá a TIR do acionista, que naturalmente será acima deste valor em face dos financiamentos alavancados pelos acionistas.

O valor decorrente do preço da movimentação de carga com a aplicação do modelo sistêmico de engenharia financeira, necessariamente corresponderão a TIR do Acionista, tanto maior, quanto melhor for as condicionantes financeiras que envolvem os empréstimos que variam de empresa para empresa.

Entretanto, quando agentes externos ao contrato de concessão influenciam no equilíbrio financeiro, como a redução tarifária estabelecida unilateralmente pelo poder concedente, por exemplo, o reequilíbrio terá que ser feito por meio da TIR do acionista.

Segundo Mac Dowell (2004), para análise do VPL do projeto e da TIR do acionista, alem de envolver as mesmas variáveis da TIR de projeto, são necessários acrescentar os seguintes conceitos.

- **capital próprio -** Investimento de acionistas na propriedade de uma empresa é também igual ao patrimônio líquido da empresa, sendo a diferença entre o ativo total e os passivos circulante e de longo prazo. O capital próprio tem um custo maior do que o de terceiros, pois ele assume o risco de ser o último a receber em caso de liquidação do negócio. Apesar disso, a participação de capital próprio é exigida pelos financiadores (terceiros) para garantir o alinhamento de objetivos dos gestores do negócio.
- **capital de terceiros -** Recursos de terceiros utilizados em uma empresa, criando uma obrigação contratual de devolução de um montante predeterminado, além de juros (remuneração), dentro de um período definido. O capital de terceiros tem um custo menor do que o capital próprio, pois tem maiores garantias em caso de liquidação do negócio. Além desse custo menor, o capital de terceiros traz consigo ainda efeito fiscal benéfico para a empresa que o utiliza, pois contribui para a redução da base de cálculo dos impostos sobre a renda. No caso de projetos rodoviários, o capital de terceiros é representado pelos financiamentos captados pela empresa concessionária para suporte financeiro ao contrato de concessão. Esses financiamentos são constituídos, na fase inicial dos contratos de concessão, por empréstimos-ponte que, no decorrer de algum tempo (normalmente, entre 12 e 18 meses) são substituídos por operações de longo prazo. O custo de capital de terceiros, de fácil entendimento, é o custo ponderado dos financiamentos a serem alocados ao projeto, em termos reais.
- **prazo de carência -** Período em que não há desembolso de parcelas para amortização do principal de uma dívida. Em geral, durante esse período só há o pagamento dos juros, a não ser que seja prevista em contrato a incorporação ao principal dos juros do período. O prazo de carência deve ser condizente com o tempo de maturação do projeto (ou seja, a conclusão dos investimentos principais), de modo que a geração de caixa seja suficiente para a amortização do principal da dívida.
- **indicadores econômicos –** VPL, TIR e *discounted payback period*.
- **prazo de amortização -** Prazo ao longo do qual é feito pagamento do principal de um empréstimo, dividido em parcelas. Ao longo desse período, continua-se pagando os juros, apesar de que o montante sobre o qual eles são calculados (o saldo devedor do empréstimo) vai sendo reduzido ao longo do tempo, à medida que as parcelas do principal da dívida são pagas.
- **taxa de juros –** A taxa de juros reflete o preço pago por tomar dinheiro como empréstimo. Ela remunera o capital de terceiros empregado, e embute o risco percebido pelo financiador, bem como a expectativa de variações macroeconômicas.
- **taxa real de juros -** A taxa de juros expressa em termos reais, ou seja, desconsiderando os efeitos da inflação a mesma tem base na taxa nominal, reflete os efeitos de câmbio e desconta os efeitos de inflação.
- **empréstimo-ponte -** Empréstimo de curto prazo, tomado para cobertura da necessidade de caixa no período inicial, em que os projetos estão sendo analisados para eventual liberação de financiamentos de longo prazo (o que, em projetos de concessão rodoviária, por exemplo, normalmente demanda não menos do que um ano). Este empréstimo requer garantia real dada pelos acionistas, que por sua vez comprometem seus limites de crédito em outros negócios e impacta seus demonstrativos contábeis.

- ***project finance* -** Financiamento a projetos onde a garantia da capacidade de pagamento do devedor advém da geração dos fluxos de caixa do projeto (as garantias advêm do fluxo de recebíveis do projeto, e não há garantias reais dadas pelos acionistas). Este tipo de financiamento, segundo Mac Dowell (1999), aplica-se especialmente em projetos independentes, notadamente na área de infra-estrutura, que necessitam de grandes aportes de capital. Normalmente, exigem para serem viabilizados um considerável esforço técnico e gerencial por parte dos financiadores, para que as premissas consideradas pelos acionistas possam ser analisadas e, posteriormente, confirmadas ou ajustadas. Por conta disso, normalmente esse tipo de financiamento exige a participação de entidades que detêm experiência nesse tipo de análise (agências multilaterais, bancos de fomento) para ser desenvolvido.
- ***flat fees*** - São as taxas que são pagas aos agentes financeiros que intermediam a ligação entre o tomador do empréstimo e a instituição provedora dos recursos. São normalmente calculadas sobre o montante a ser financiado, e pagas de uma só vez, no ato da assinatura do contrato de financiamento ou da liberação da primeira parcela a ele relacionada.
- ***commitment fee* -** É a taxa de comprometimento de um empréstimo, paga a partir do momento em que o tomador contrai um empréstimo junto a um financiador, apesar das várias parcelas de liberação ao longo do tempo. Esta taxa recai sobre o saldo não desembolsado contratado.
- **conta reserva (*escrow account*) -** Conta mantida por empresas que tomam empréstimos, com caução de recursos garantindo percentual dos empréstimos concedidos, normalmente exigida por instituições financeiras em empréstimos na modalidade ***"Project Finance".*** Estes recursos segundo devem ser mantidos em uma instituição previamente determinada, com volume suficiente para cobrir pagamentos de juros e principal por um período pré-determinado (6 meses, por exemplo) e são remunerados por uma taxa acordada previamente entre tomador e financiador, durante o período de permanência na conta. Estes recursos não podem ser movimentados pelo devedor, e serão sacados pelo credor em caso de inadimplência.
- **índice de cobertura do serviço da dívida (*debt service coverage ratio*) -** Índice que mede a capacidade de pagamento do serviço da dívida pela empresa - normalmente utilizado por instituições financeiras para avaliação do nível de comprometimento da geração de caixa da empresa com o pagamento do serviço da dívida (principal + juros). Considerando que todo o fluxo de caixa líquido gerado pela empresa será aplicado em diferentes usos, como re-investimentos, pagamento de impostos, distribuição de resultados aos acionistas e pagamento do serviço da dívida. Torna-se importante para o Agente Financeiro, conhecer o percentual que será utilizado para pagamento do serviço da dívida, a fim de conhecer o nível de risco desse pagamento. Por exemplo, se a empresa tem um Índice de Cobertura do Serviço da Dívida (ICSD) de 1,5, isto significa que, se a geração de caixa da empresa cair em mais de 33% (0,5 dividido por 1,5), ela poderá deixar de ter capacidade para pagamento da totalidade do serviço da dívida com recursos gerados internamente. Quando a projeção futura de fluxo de caixa da empresa gera índices menores do que um determinado limite desejado pelo financiador, o empréstimo à empresa dificilmente é aprovado. Além disso, quanto mais elevado for o risco da empresa ou do projeto em que ela está envolvida, de acordo com a percepção do financiador, maior será o índice por ele exigido. Em projetos de concessão rodoviária, por exemplo, desenvolvidos no Brasil em condições normais de risco, o ICSD mínimo tende a

situar-se no entorno de 1,4. Para projetos cuja percepção de risco seja maior por parte dos financiadores, é possível que seja exigido pelos mesmos, ICSD mínimo de 1,5, ou até maior, dependendo da avaliação específica que possa ser feita em relação ao projeto e às características dos acionistas da concessionária.

- **índice de liquidez corrente -** Índice que mede a capacidade de pagamento das obrigações de curto prazo de uma empresa, normalmente utilizado por instituições financeiras e fornecedores para avaliação do nível de comprometimento dos ativos realizáveis no curto prazo com o pagamento de dívidas de curto prazo contraídas junto a bancos e fornecedores. Quando este índice é maior do que 1 isto significa que a empresa tem ativos de curto prazo em excesso ao que seria necessário para quitar suas dívidas de curto prazo.
- **exigível em longo prazo -** Todo o exigível representa uma obrigação da empresa ou, simplesmente, uma dívida. Esta dívida pode ter sido contraída junto a fornecedores, instituições financeiras, governo ou outros. Por longo prazo, entende-se o exigível em prazo superior a um ano, portanto, o Exigível em Longo Prazo constitui-se de dívidas com prazo superior a um ano. Usualmente, estas dívidas estão concentradas em empréstimos e financiamentos, debêntures e outros títulos emitidos junto ao mercado de capitais e, eventualmente, até por obrigações tributárias cujo recolhimento só será realizado em prazo superior a um ano.
- **alavancagem financeira -** A alavancagem é uma função direta do nível de endividamento de uma empresa – que, por sua vez, pode ser definido como sendo o percentual dos recursos da empresa que é fornecido por terceiros. Assim sendo, uma empresa que utiliza um maior percentual de capital de terceiros nas suas atividades é dita como sendo mais alavancada do que uma outra empresa que utilize um percentual menor de recursos de terceiros. Por outro lado, uma empresa pouca alavancada utiliza menos do benefício fiscal advindo da dedução das despesas de juros para fins fiscais. Quando se diz que uma empresa é pouco alavancada, está-se dizendo que ela possui um baixo percentual de utilização de recursos de terceiros. Como estes recursos são usualmente decorrentes de dívidas sobre as quais são incorridos juros, uma empresa com poucas dívidas terá pouca despesa de juros e, portanto, um resultado tributável maior. Como todas essas condicionantes são próprias de cada empresa perante os seus agentes financeiros, reforça a tese que a remuneração a ser levada a efeito para o estabelecimento do valor do preço da movimentação de carga se utiliza a TIR de Projeto. Entretanto, quando ações externas ao contrato ocorrem, como a redução unilateral no valor da tarifa de pedágio, por exemplo, como ocorreu em alguns estados nas concessões rodoviárias, e ou o não cumprimento da cláusula de reajuste como em outros setores (energia) por parte do Poder Concedente, vale o VPL e a TIR do Acionista para o estabelecimento do Equilíbrio Econômico – Financeiro do Contrato.

8. O MODELO SISTÊMICO DE ENGENHARIA FINANCEIRA E O EQUILÍBRIO FINANCEIRO DO NOVO TERMINAL DE GRANÉIS

Financiamento somente acontece quando se há o atendimento simultâneo do VPL e da TMA (nível dos juros e riscos do acionista inerentes ao arrendamento: político, demanda a ser movimentado de operação da descarga e assim por diante.), o *discounted payback period* (ano em que tem início a recuperação do capital investido.) e a financiabilidade (índice de cobertura) (saldo de caixa suficiente para o pagamento dos juros e amortização

dos financiamentos no sentido apenas de verificar a exeqüibilidade desse empreendimento; elemento restritivo para evitar a má distribuição de investimentos no tempo (evitar acúmulo)).

Satisfazer essas três condicionantes simultaneamente, não é uma tarefa das mais fáceis, razão pela qual não é comum, nem nos estudos que antecedem ao arrendamento, nem tão pouco pelos próprios arrendatários em suas propostas comerciais.

9. CONCLUSÃO

O modelo de engenharia financeira desenvolvido permite ANALISAR O EQUILÍBRIO FINANCEIRO DO ARRENDAMENTO DE FORMA SISTÊMICA e ajudar a compreender quando sofre revés de ter que antecipar investimento em ampliação até mesmo de novo berço ou despender mais recursos prospectivos que os previstos para ampliação de capacidade de escoamento, ou ainda quando precisam escolher esta ou aquela solução para os seus problemas técnicos, que necessariamente devem apresentar prováveis investimentos para que os benefícios líquidos sejam garantidos durante todo o período do arrendamento e devidamente enquadrados nos índices de qualidade fixados ou a ser fixado pelo poder concedente.

Dessa forma, passa-se de fato alicerçar a decisão correta, quanto às soluções adotadas ou a serem adotadas ao longo do período do arrendamento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Transportes Aquaviários,(2003) **Norma sobre Arrendamento de áreas e Instalações Portuárias Destinadas à movimentação e Armazenagem de Cargas e ao Embarque de desembarque de Passageiros**. – Resolução nº 55/2002, ANTAQ.

A1/GESET-2(Transporte & Logística), (2000). **Arrendamento Portuário**, BNDES.

Boubakari & Cosset, (1998). **Privatization and Developing Countries**.

BRASIL**. Decreto-lei n.º 8630**, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, 26 fev. 1993. v. 112, n. 38, p. 2351-2356, seção 1, pt. 1.

CONTI, J. M. O, (2000) **A MODERNIZAÇÃO DOS PORTOS NO BRASIL**, ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA - ESG, Rio de Janeiro.

Eliseu, P. (2000) Programa de desestatização dos portos 5º ano, **"Portos para um novo Milênio"** – relatório nº3, GEIPOT.

Gaviria, (1999). **Port Privatisation and Competition in Colombia**.

GEIPOT, (2000) Programa de desestatização dos portos 5º ano, **"Portos para um novo Milênio"** – relatório nº3.

Mac Dowell, F. (2004) **Estudo Sistêmico para Avaliação de Implantação de Terminal de Granéis no Porto de São Francisco do Sul**, Gov. de Santa Catarina.

Mac Dowell, F. (2004) **Impactos da Restrição de Caminhões no Volume de Tráfego e na Projeção Original da Ponte Rio Niterói**, Ponte S/A e ANTT(Agência Nacional de Transportes Terrestres).

"**Some Privatisation Considerations**", de Patrick Simmons,(1999) Hyder Consulting, Londres, UK, da revista "Port Technology International", 10ª edição.

Sites:

http://www.antaq.gov.br

http://www.portodesetubal.pt/artigo_de_abril.htm

PROPOSTA DE SUPERVISÃO DE OPERAÇÃO DE TERMINAL CONTAINER UTILIZANDO A INTERNET

TACHIBANA. Toshi-ichi, ARAUJO. Antonio Gomes de,
Depto. de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade São Paulo.
Av. Prof. Mello Moraes, 2231-CEP: 05508-900 –Cid. Universitária - São Paulo – SP-Brasil
E-mails: tatibana@usp.br, serviman@terra.com.br
SHINODA,Takeshi
Kyushu University 36-Hakozaki 6-10-1 Higashi-ku, Fukuoka 812-8581 Japan

Sumário. A principal movimentação de material no mundo, exceto material ferroviário, são realizados atualmente em forma de container, porque a segurança do material é mais importante. Em sistemas "Terminais de Container de Alta Densidade" precisam de facilidades e controle através de um simples sistema de conexão como a *Internet.*
Este artigo refere-se a um modelo numérico de análise de operação de container e propõe a supervisão de terminal de container seja realizada usando a *Internet.*

Introdução

Em recentes desenvolvimentos ocorridos no modo de "contaneirização" no mundo dos negócios, as sessões de transporte têm sofrido rápidas e múltiplas mudanças, devido a alianças entre as companhias de navios, introduzindo grandes navios visando a redução de custos e aplicação de logística integrada para satisfazer as necessidades dos clientes.
Eles necessitam da integração de diversos sistemas, velocidade e confiabilidade da informação, a Rede de Computadores Mundial, a *Internet*, e os recursos "WWW – World Wide Web" torna-se um grande elemento, porque este permite a disseminação da informação em níveis jamais vistos.
As companhias fabricantes de navios administradoras de terminais portuários podem realizar este controle, independente da localização do escritório central. Podendo atender em tempo real as operações no terminal, tomando decisões rápidas, interferindo e alterando as operações, porque o administrador pode dar instruções à equipe local, evitando aumento no custo das operações, podendo assim alterar o planejamento original. Esta dinâmica só é possível devido os recursos oferecidos pela *Internet*, pois não existe barreira geográfica.
Neste artigo, é proposto um sistema de informação, usando a rede mundial de computadores, a *Internet*, é proposto para garantir que operadores de transportes possam atender suas necessidades. É apresentado ainda o conceito da nova geração de terminais de container. Seguido pela operação do sistema *Internet* destacando suas características, necessidades, vantagens, arquitetura básica e limitações tecnológicas.

1. Conceito da próxima geração de Terminais Container.

As necessidades dos clientes dos serviços dos terminais de container são principalmente velocidade e redução de custos do navio, tais como, carga/descarga, e a eliminação ou redução de trabalho são requisitados como um problema imediato.

O sistema integrado de Container de alta densidade e do transportador automático de container como a próxima geração de terminal é proposta parra solucionar estes pontos problemáticos e é esquematizado na figura. 1 [1] [2].

O conceito deste sistema integrado é mostrado na fig.1(a), na área de manobra do terminal, é instalado o guindaste içador ("gantry crane (G/C)") para carregar e descarregar os containeres entre o navio e a área de manobra do terminal. A operação de carga ou descarga do container é feita do pátio das instalações integradas de container de alta densidade "High Density Integrated Container Stock Facilities (HDS)", por um transportador automático de container "Automatic Container Carrier (ACC)". Na área de transferência, o container é movido entre o HDS e os chassis do lado de fora do terminal através do portão de transferência.

2. O processo de controle de um sistema através da Internet

Necessidades /vantagens do sistema de controle através da internet.

Os altos custos envolvidos, na garantia de terem-se recursos humanos especializados a disposição nesta área da engenharia, as altas despesas decorrentes do deslocamento destes especialistas, e o tempo de processo parado aguardando a chegada do mesmo para atender uma ocorrência de manutenção, tem encorajado administradores a pensar na aplicabilidade do acesso a processos automáticos através da *Internet*.

Com o uso da rede mundial de computadores, o especialista pode acessar o processo através de um computador pessoal que possua uma interface para a *Internet*, e um "Browser" (método de procura/consulta de informação na rede mundial de computadores).

Através da consulta a um arquivo de dado denominado "dates template" (forma de dados ou de notas) que é constantemente atualizado pelo sistema, sendo visualizadas as variáveis do processo, seus "status" (condição em um certo instante), assim como os parâmetros e valores das variáveis controladas. Eles podem ainda colocar em ação um certo atuador ou parâmetros instrumentados remotamente, podendo também cancelar a ocorrência de um alarme ou seus eventos.

Estes recursos são protegidos por sistemas de segurança, tais como, senhas, "smart cards" através de "hardware" ou "software token" (método de controle de acesso ao canal da rede de computadores) ou ainda biométrico. O sistema de autenticação por senhas é o mais comum, podendo ter regras específicas para sua construção. As senhas permitem diferentes níveis de acesso e privilégios, permitindo uma simples visualização ou edição de variáveis ou ainda alteração de "presets" no sistema lógico de controle do processo [3], assim como a ocorrência de alarmes.

No nível de gerenciamento através do uso do sistema semelhante ao "MES - Manufacturing Execution System" ou "MIS - Manufacturing Information System" [4], pode-se acessar as ocorrências do processo, e geralmente os dados de produção.

2.1. Arquitetura básica do sistema *Internet* aplicado a um processo sob controle [5]

O sistema que aceita o controle através da *Internet* é usualmente composto por um dispositivo de controle que pode ser um computador dedicado ao controle de um certo sistema ou ainda o mais comum, o Controlador Lógico Programável – CLP [6], que possuem em seu "hardware" um elemento que é responsável pela conexão do mesmo a *Internet*, chamado Servidor "Web" Embarcado. Este servidor "Web" recebe uma requisição do cliente (aquele que solicita um serviço na *Internet*) no protocolo "HTTP - Hyper Text Transfer Protocol", e formula a resposta no formato "HTML - Hyper Text Markup Language", que inclui dados estatísticos e conteúdos dinâmicos, permitindo uma apresentação em tempo real no "Browser" do computador cliente. A linguagem "script", os conjuntos de instruções para uma aplicação, fornecem a capacidade dinâmica da página "HTML" para acessar os dados no terminal, porque o "script" no servidor (aquele que fornece um serviço na *Internet*) tem a capacidade de processar dados entre arquivos de dispositivos de "I/O – Entrada/Saída" banco de dados e consumidores [7].

Para melhorar a performance das páginas no formato "*HTML*" foram desenvolvidos programas em "*Java*" que é uma linguagem orientada a objeto e também portável, sendo o primeiro passo na criação de *"Web Object*", objetos usados para programação em ambiente da "*Internet*", dando grande flexibilidade para as páginas "Web", normalmente disponíveis na "*Internet*", pois podem acessar dados do processo controlado diretamente através da criação de "Applets Java".

A compilação de um "*Applet*" produz um código intermediário, "*Byte code*", código de "*byte*" – grupo de 8 "*bits"*, que é interpretado no computador cliente, caracterizando assim a portabilidade do sistema por meios de melhor posição de representação, [8].

O "*Applet Java*" é colocado de maneira conveniente na página em formato "*HTML*". O "*Java*" essencialmente fornece ao padrão "Browser", a livre programação tipo "*plug-in*", operação automática quando conectado, sua forma é base para o completo desenvolvimento de páginas em formato "*HTML*".

Aliada a independência de plataforma, "*Java*" tem uma extensiva capacidade de rede "*TCP/IP-Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*" e "*UDP/IP - User Datagram Protocol/ Internet Protocol"*. Estes recursos habilitam programas de aplicativos a acessarem informações através de redes heterogêneas, comuns em ambientes industriais, com fácil acesso a arquivos e aplicações [9].

A interoperabilidade entre Cliente/Servidor é baseada nos modelos aceitos universalmente que são:

- Protocolo "TCP/IP": que permite a transmissão de dados;
- Protocolo "HTTP": que permite a troca de informação;
- Formato "HTML": que permite a estruturação da apresentação da informação;
- Programação em linguagem "*Java-Applets Java*".

A aplicação distribuída na "*Internet*" é baseada no princípio de "*three-tier*", sistema composto em três seções, que foi implementada para introduzir a tecnologia Cliente/Servidor na base Aberdeen Group em 1996 [4], que é relacionada as três seguintes camadas:

1º "*Tier*" é a camada de apresentação: O cliente, "*Windows*" baseada em interface humana, habilita o acesso, através da camada de serviço, para um formato de dado conveniente com boa ergonomia.
2º "*Tier*", esta é a camada de função: acessa a tela e a organização da camada de dados, funções que dão base a usuários administrativos de aplicações "SQL Server - Structured Query Language Server", programa servidores para administração de banco de dados relacional.
3o "Tier" esta é a camada de dados: que permite ao sistema de computadores da companhia tenham a função de armazenar e disponibilizar os dados no sistema.
A arquitetura do cliente final pressupõe que a estação cliente é configurada com o padrão "Browser" podendo ter acesso a qualquer aplicação no lado servidor, na realidade, toda aplicação cliente reside no servidor, que em aplicações de controle está no módulo servidor "Web" embarcado e sob demanda do cliente e o usuário não se preocupa com a atualização do sistema.
Componente básico do sistema "three-tier" pode ser visto na fig.2
Este sistema faz uso do "*framework*", estrutura de organização de dados em pacotes, cliente/servidor é universal e independente da natureza de dados, uma vez que o dado é transportado na rede através do protocolo "HTTP" e é estruturado de acordo com o formato "HTML".
A arquitetura "*three-tier*" é padrão básico para serviços de aplicação cliente/servidor como parte de uma aplicação. A maior vantagem desta arquitetura é a independência na tecnologia usada para implementar estes componentes.
A personalização da aplicação é colocada no lado servidor o qual se comunica diretamente com o "*software*" embarcado na aplicação desenvolvida pelo terminal. Uma grande parte destes servidores é também baseada em padrões de módulos genéricos.
A parte dependente da aplicação servidor deve ser desenvolvida para aplicação em concordância com as características individuais.
A informação de um servidor embarcado em CLP tem vários níveis, tais como [10]:

- Sistema de Diagnóstico: "Status" do controle, identificação de I/O (entrada/saída) e configuração.
- Diagnóstico do processo: Uso da máquina, alarmes e sistema de qualidade.
- Processamento de mensagens: "*E-mail*" - correio eletrônico.
- Organização do dispositivo: Nomes de "Tags", rótulo atribuído a um determinado elemento.

3. Proposta Para Supervisão de Operação de Terminal de Container Utilizando a *Internet.*

O sistema proposto tem o objetivo de permitir a supervisão das condições de movimentação produzida pelo ACC que é controlado por um equipamento de controle específico, o qual são conectados aos elementos dos motores de tração, sensores de posição e chaves de comando, usando o sistema existente, é acrescentado um módulo de comunicação denominado rede industrial "*Modbus TCP/IP"*. Para o sistema é acrescentado um CLP comercial, também composto por módulo *"Modbus TCP/IP"* e um módulo servidor "Web" embarcado.
O módulo de comunicação de rede industrial "*Modbus TCP/IP"* presentes no controlador do ACC e no CLP, são interconectados garantindo a troca de informação entre ambos. O

servidor “Web” embarcado no CLP é o dispositivo responsável em tornar a informação do ACC disponível na “*Internet*” para a supervisão do sistema, como ilustra a fig.3.
No módulo servidor “*Web*”, as variáveis são configuradas para serem disponibilizadas na *“Internet”* tais como sensores de deslocamento do ACC, indicação de operação do motor de tração do ACC, estas mesmas variáveis são configuradas também no módulo “*Modbus TCP/IP”*, presente em ambos controladores.
O processo de comunicação do sistema proposto é composto pelo protocolo “*Modbus TCP/IP*” responsável pela troca de informação entre o controlador do ACC e o CLP com o servidor *“Web”* embarcado, o protocolo HTTP responsável em transmitir a informação para a *“Internet”* referente a uma requisição do cliente e o protocolo HTML responsável em transmitir a informação para a *“Internet”* referente a uma resposta de uma requisição do cliente, o diagrama básico desta comunicação é mostrado na fig.4.
Na página disponível no “Browser” do cliente, é possível visualizar o deslocamento do ACC, porque os sensores de movimento são representados por desenhos denominados Objeto “*Java*” que são configurados para mudar de cor ou “status” quando estão em funcionamento no terminal de container, da mesma maneira são disponibilizados caixas de mensagens com nomes das diversas partes do sistema. Abaixo do nome é mostrado dinamicamente o “status”, como a operação ou o estado da mesma.
Esta constante atualização somente é possível devido ao modo dinâmico do programa feito em linguagem “*Applet Java*”.
A fig.5 mostra a página “Web” desenvolvida para o sistema proposto.

Conclusão

Um sistema de alta densidade para integração de manuseio de container para terminais da próxima geração controlados pela “*Internet*” é proposto para solucionar pontos problemáticos de muitos terminais de container super ocupados.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido com a cooperação da Kyushu University - JP e da Universidade São Paulo – BR por seus autores. Expressamos nossos sinceros agradecimentos para nossos respectivos departamentos das universidades, por encorajar e dar-nos suporte.

Referencias

[1] **Shinoda,T; Fukuchi,T; Tachibana,T** -A Simulation of the Container Handling Operation at Container Terminals using the Petri-net Model, Proceedings of XVI Pan-American Conference, 1999

[2] **Tachibana, T; Shinoda.T; Fukuchi N**. - A conceitual Design and feability study on the floating constienr terminal with high eficiency

[3] **Schneider Automation Inc,** Automation Business – Network Certification Services – Securing Your Automation Ethernet Network, 2001.

[4] **Brault. Jean Dousey e Gilbert**, Transparent Factory, << Information everywhere>>: Benefits to users impacts PLC design, 1998.

[5] **Tachibana** e **Araújo,** Controle e Supervisão de Processo pela Internet **-** CONAI 2002, 2002.

[6] **George JR e Batten** L.Programmable controllers. London, Editora Mc Graw Hill, 1994.

[7] **Seter. Cleaveland,** Servers Puts Real-Time Factory Data on the Web, 1999.

[8] **Bressan, Graça,** EPUSP/LARC – Disciplina de Mestrado **–** Cliente Servidor Arquitetura e Modelos de Programação – PCS 5732, 2001.

[9] **W. Kirt Philips, e G. Gruhler, Th. Lumpp, A Speck e A. Rupp** – High Robot: Telerobotic in the Internet. 1997.

[10] **Mark Fondl,** Internet in Plant Automation – "Transparent Factories" ™ — Schneider Automation" –National Manufacturing Week Conference Proceedings'98 – "Preparing Industry for the 21st Century, 1998.

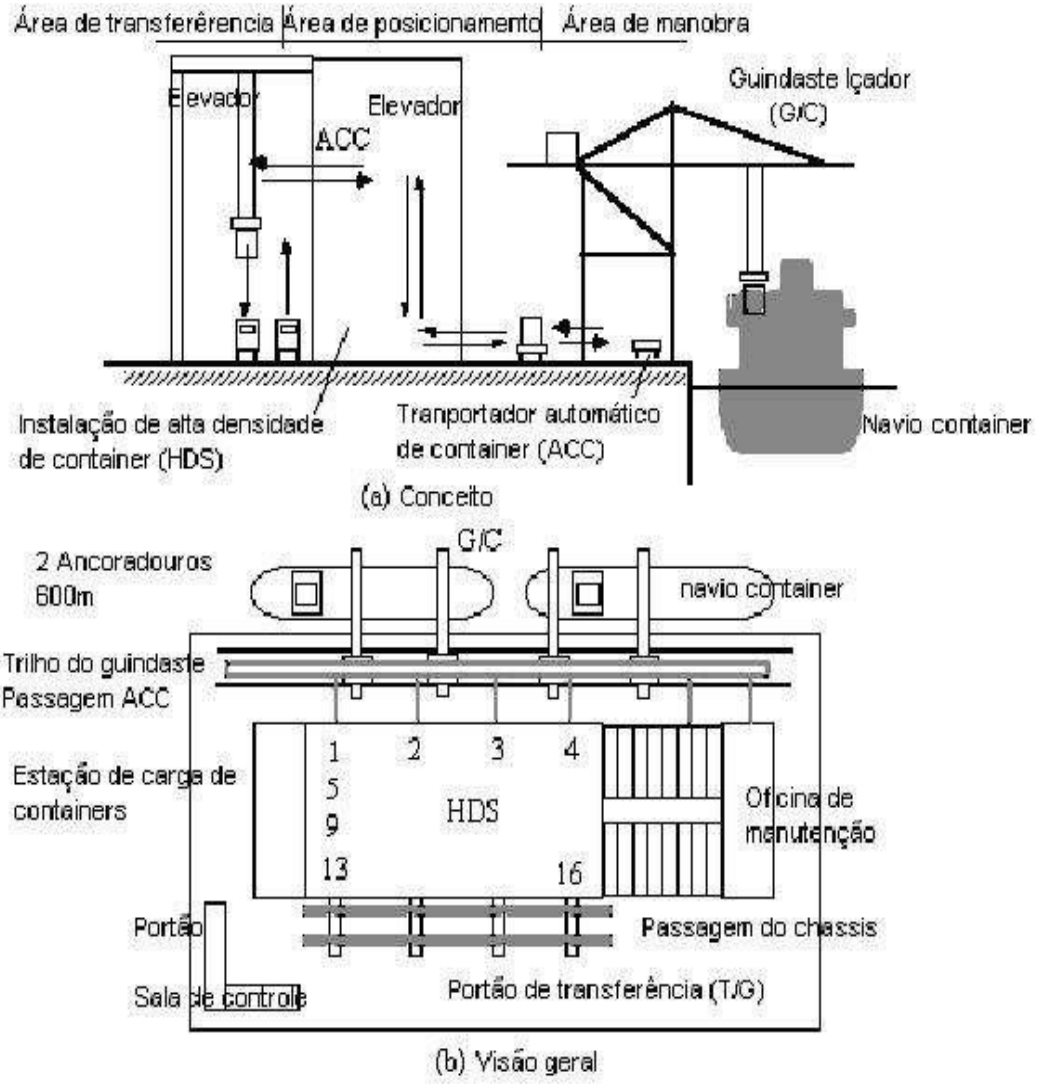


Fig.1 Conceito de armazenamento de alta densidade de containeres

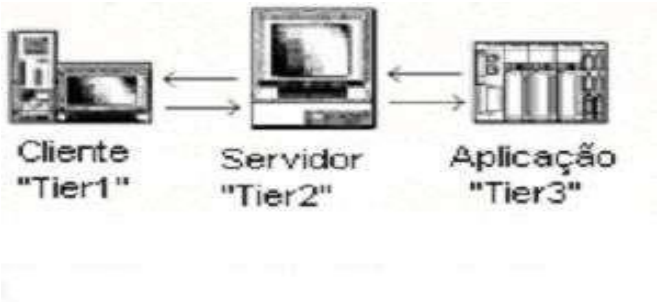


Fig.2 Sistema básico “three tiers”

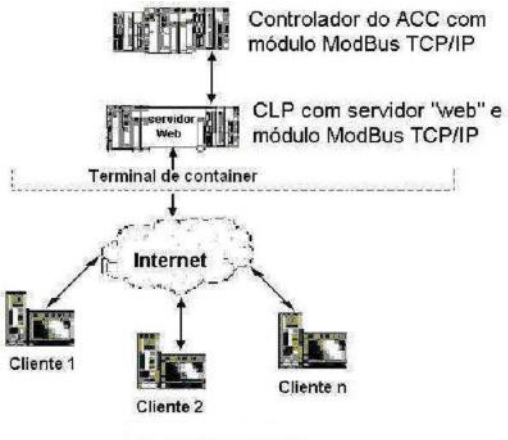


Fig.3Visão geral do sistema

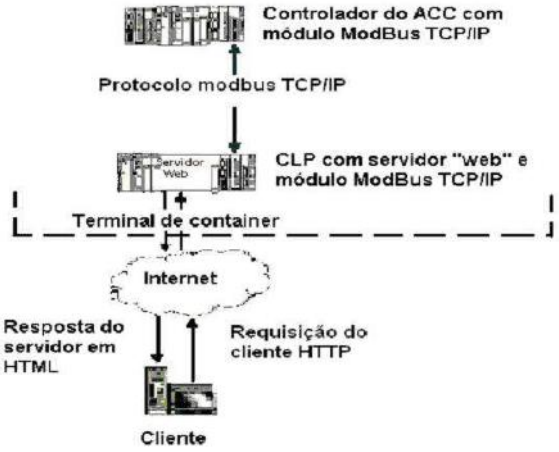


Fig.4 Diagrama básico de comunicação

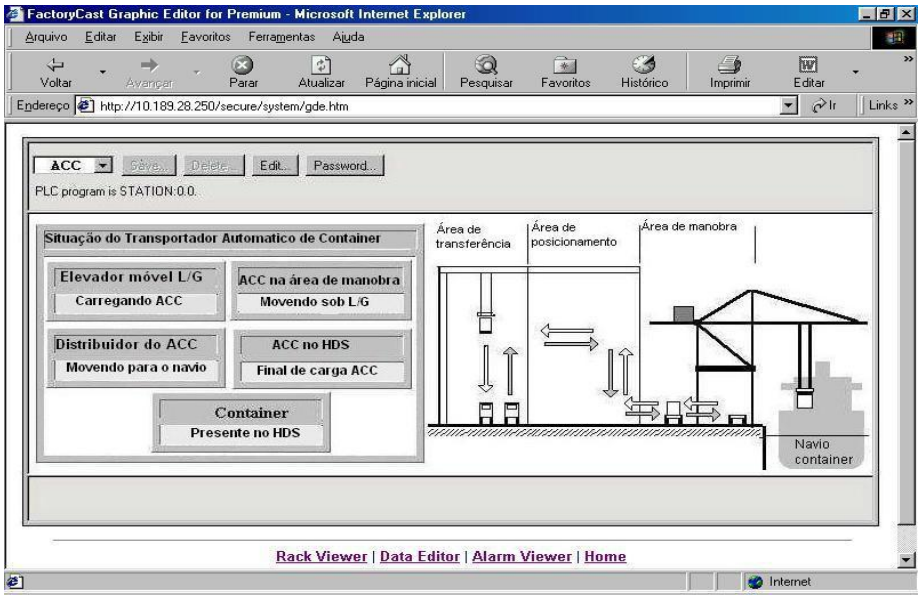


Fig.5 Página web desenvolvida para o sistema proposto

PROPOSTAS DE METODOLOGIAS TÉCNICO-AMBIENTAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRANSPORTE COMERCIAL DE CARGAS NAS HIDROVIAS BRASILEIRAS

Walter Aloisio Santana
wballoo@usp.br

Toshi-ichi Tachibana
tatibana@usp.br

Departamento de Engenharia Naval e oceânica - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo - Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 nº 380 - CEP - 05508-900 - São Paulo - SP – Brasil

ABSTRACT

The objective of this article is to characterize the elements of the inland waterway projects and identify environmental advantages, aspects and impacts to offer technical and environmental methodologies to create and develop inland waterway projects tackling some topics such as the ways, convoys, commodities and multimode terminals of cargoes.

RESUMO

Este artigo tem como objetivo caracterizar os elementos de projetos hidroviários e identificar vantagens, aspectos e impactos ambientais que servirão de base para a proposição de metodologias técnicas e ambientais para a elaboração e desenvolvimento de projetos hidroviários, abordando assuntos tais como as vias, as embarcações, as cargas e os terminais multimodais de cargas.

1. INTRODUÇÃO

Ao abordar o assunto hidrovias no Brasil, logo se tem uma visão negativa onde há uma exploração inadequada das vias navegáveis, embarcações obsoletas ou mal projetadas que agridem o meio ambiente, além de oferecer riscos à segurança dos tripulantes, população ribeirinha, entre outros.

O transporte aquaviário (marítimo e hidroviário) é um dos mais antigos do mundo e ajudou a evolução de muitos povos e civilizações, que ao longo do tempo desenvolveram-se em regiões litorâneas ou próximas aos grandes rios.

Assim, desde os primórdios, os transportes aquaviários além de transportar pessoas, serviram para transportar alimentos, mercadorias, munições, além de ser um importante instrumento de ocupação e dominação militar.

Ao ser comparado com os demais modais de transportes, principalmente com os terrestres, ou seja, o rodoviário, o ferroviário e o dutoviário, os transportes aquaviários podem ser considerados como aqueles que, talvez, causa menos impactos sociais e ambientais, pois a via já é existente, isso no caso daquelas vias navegáveis que não requerem obras de engenharias como canais, eclusas e outras obras para correção do leito e margem dos rios, ou seja, não necessitando de grandes obras de infraestrutura para a sua implantação. Alguns possíveis impactos podem ocorrer em função de acidentes na fase de operação do sistema.

Por outro lado, o transporte fluvial é a alternativa que apresenta menor capacidade poluente, menor consumo de combustível e maior capacidade de carga, conforme estudos comparativos entre os diferentes modais em relação aos gastos de energia. Dados apresentados pelo Departamento de Transporte dos Estados Unidos (1994) demonstram que o transporte fluvial é a modalidade mais eficiente energeticamente. A energia de 1 galão de combustível transporta uma carga de 1 tonelada por 54 milhas em uma rodovia, 202 milhas em uma ferrovia e 514 milhas em uma hidrovia, conforme Figura 1 do Anexo 1

Por ser mais eficiente, o transporte fluvial resulta em benefícios ambientais importantíssimos como a diminuição da utilização de combustíveis derivados do petróleo e conseqüentemente diminuição da emissão de gases poluentes.

Em recente estudo sobre impactos dos transportes sobre o meio ambiente realizado em 12 países componentes da comunidade Européia, comparando diferentes modais demonstrou-se, conforme Tabela 1 do Anexo 2, que o transporte fluvial teve um menor impacto ambiental.
Hoje para qualquer modal, projetos de implantação, ampliação e integração de transporte, exigem-se o estudo do meio ambiente, abordando os aspectos ambientais, os possíveis impactos ambientais, medidas mitigadoras e ações que podem ser preventivas, manutentivas e corretivas.

A política ambiental do Ministério dos Transportes estabelece princípios como:

- ⇨ Viabilidade ambiental dos sistemas de transportes;
- ⇨ Respeito ambiental às necessidades de preservação do meio ambiente;
- ⇨ Sustentabilidade ambiental dos transportes

Com isso, diretrizes para a gestão ambiental dos transportes são incorporadas aos Contratos de Concessão das empresas transportadoras para uma convivência harmoniosa com o Meio Ambiente, atendendo assim, às exigências dos Órgãos Públicos. Para isso, as empresas buscam a institucionalização de seus Planos de Gestão Ambiental, com a criação de áreas departamentais com atuação voltada especificamente para as questões do inter-relacionamento com o Meio Ambiente.
Segundo Souza (2000), a gestão ambiental pressupõe uma ação planejadora que trata de um conjunto de métodos destinados a captar e sistematizar informações e que tem como objetivo racionalizar processos decisórios indutores de modificações na dinâmica de funcionamento de sistemas ambientais.
Ao pensar em transportes hidroviários, que é o objeto desta pesquisa, pode-se dizer que um plano de Gestão Ambiental define o processo gerencial a ser adotado para a boa execução de um conjunto de ações destinadas, basicamente, a evitar ou a mitigar as conseqüências dos impactos provocados por obras de implantação e conservação das hidrovias, incluindo as provocadas por acampamentos, instalações de áreas industriais, bem como outras instalações de apoio às obras, assim como aqueles gerados por acidentes decorrentes da própria operação hidroviária, buscando soluções para os processos de degradação ambiental que possam ser deflagrados.

O planejamento insere-se, pois, no SGA - Sistema de Gestão Ambiental, uma vez que estrutura as diretrizes a serem seguidas pelos planos de ação e pela própria gestão ambiental.
Na realidade, funções aqui delegadas aos Órgãos Públicos acabam ficando, em algumas vezes, como funções denunciativas às ONG´s ambientalistas - organizações não governamentais – que passam a "policiar" e a denunciar possíveis não conformidades ambientais ao Ministério Público e às autoridades.
Conforme se pode observar na Figura 2 do Anexo 1, o Brasil é rico em hidrografia e grande parte desse potencial cerca de 40.000 km de extensão de rios é hidroviável, ou seja, possui a possibilidade de se transformar em hidrovias comerciais para transportar cargas e passageiros.

As principais hidrovias brasileiras são:

- Hidrovia do Madeira
- Hidrovia do São Francisco
- Hidrovia Tocantins-Araguaia

- Hidrovia Tietê-Paraná
- Hidrovia Paraná-Paraguai

Mas existem outras hidrovias que estão em regiões onde o rio onde é a única opção de transporte tais como a:

- Hidrovia do Amazonas
- Hidrovia do Solimões
- Hidrovia Guamá-Capim

Além de:

- Hidrovia do Sul
- Hidrovias do Nordeste

O transporte comercial de cargas por hidrovias vem aumentando e isso se deve, a uma mudança, ainda morosa, no paradigma da cultura rodoviarista que dominou o Brasil por muitas décadas e ainda domina, o que para Cabral (1995) a estrutura hidroviária brasileira era (e ainda é) pouca utilizada, não oferecia maior flexibilidade operacional nem condições de atratividade de cargas, a custos baixos, hoje graças algumas iniciativas públicas, privadas ou de parcerias públicas privadas (PPP) vem, aos poucos, revertendo-se essa imagem. A introdução de ferramentas tecnológicas, mudanças técnicas nas operações nas vias e o estudo logístico das melhores alternativas de transporte de cargas, utilizando a multimodalidade, tais como a criação de "Corredores de Transportes".

Com o início do desenvolvimento das hidrovias brasileiras, as ONG´s ambientalistas entraram em cena e passaram a "policiar" as empresas que supostamente degradam o meio ambiente. Por exemplo, as hidrovias Paraná-Paraguai e Tocantins-Araguaia. A hidrovia Paraná-Paraguai que possui trechos que cortam o Pantanal mato-grossense e a Tocantins-Araguaia que possui trechos em reservas indígenas e o EIA-RIMA foi interrompido por ordem judicial após estar sob suspeitas de omissão de dados em relatórios. Nestas hidrovias, as ONG's estão tentando impedir a realização dos projetos hidroviários.

Há também protestos dos ambientalistas nas hidrovias do Solimões, Amazonas, Negro e Madeira onde há transporte de derivados de petróleo e GLP. No rio Solimões, além do transporte, há a produção de petróleo e GLP da região produtora de Urucu.

A Figura 3 do Anexo 1 mostra o transporte de GLP por meio de embarcação fluvial na Hidrovia do Madeira

Muitas das empresas que atuam nestas hidrovias passaram a criar programas ambientais para, de alguma forma, reparar os danos causados à natureza. E para os projetos novos de qualquer área passou-se a fazer o estudo dos impactos ambientais (EIA) que dão base para o relatório de impactos ao meio ambiente (RIMA). A criação dos sistemas de gestão ambiental (SGA) e das normas ISO 14000 para as empresas como forma de reconhecimento e certificado de que essas são "ecologicamente corretas" e que possuem programas voltados para a questão ambiental.

Entre outros aspectos ambientais, o transporte de cargas perigosas nas hidrovias é um assunto polêmico e suscetível a protestos dos ambientalistas, uma vez que o derramamento de combustíveis (derivados de petróleo e álcool) e cargas químicas nas vias navegáveis causam grandes impactos ambientais e prejuízos imensuráveis aos ecossistemas da área de influência do derramamento, além de pôr em risco a saúde humana por meio da contaminação do solo e das águas.

A intenção deste trabalho é caracterizar os elementos que compõem um projeto hidroviário, focando atenção às vantagens, aos aspectos e aos impactos ambientais, para que, então, possa desmistificar o que é um projeto hidroviário, explicá-lo desde a sua definição, concepção, implementação, operação e manutenção, abordando em seu escopo, entre outros assuntos, a discussão do binômio uso múltiplo das águas *versus* uso e ocupação do solo e também a necessidade da incorporação de uma leitura ambiental à postura tecnicista que tradicionalmente dominou o setor, onde os terminais multimodais, embarcações fluviais, cargas e vias navegáveis são elos táticos entre a logística regional e o Desenvolvimento Sustentável.
Tal abordagem irá contemplar a eficiência, a segurança e a preocupação ambiental. A eficiência e a segurança estão relacionadas aos fatores técnicos do projeto hidroviário e, se estes podem ser executados com economicidade quanto ao uso dos insumos (veículos, equipamentos, pessoal, conhecimentos, cuidados, restrições e tecnologias). Já a preocupação ambiental está relacionada à interferência com que o meio de transporte e os seus módulos operativos vão influir, por meio de impactos, nas condições ambientais.

Portanto, a caracterização dos elementos de um projeto hidroviário, vantagens, aspectos e impactos ambientais é uma primeira fase para que em desenvolvimentos futuros dessa tese possa se elaborar metodologias técnicas e ambientais para o desenvolvimento do transporte fluvial nas hidrovias brasileiras.

2. JUSTIFICATIVAS

Diante do exposto na introdução, a originalidade e a iniciativa da presente pesquisa justifica-se na oportunidade de preencher essa lacuna que existe entre as normas técnicas e ambientais no tange ao transporte hidroviário, observada na ausência de uma metodologia que contemple um sistema estruturado de normas e procedimentos para as hidrovias interiores brasileiras que possa dar uma diretriz nas tomadas de decisão e que respeite as características e as peculiaridades destas vias navegáveis.
Também servem para justificar o desenvolvimento do transporte hidroviário alguns dados notáveis, que segundo AHIMOC (2001) estão sob alguns aspectos, tais como:

- **Sob o aspecto econômico**

- Modal de competitividade ímpar, quando se trata de transportar grandes volumes de carga (>500.000 t/ano) a grandes distâncias (>500 km), principalmente grãos e combustíveis;
- Com poucas intervenções e investimentos, dezenas de milhares de quilômetros de malha viária ficariam disponíveis para a navegação durante todo o ano;
- Racionaliza a potência dos motores. Com 1 HP se pode movimentar 5 toneladas por hidrovia, 0,5 a 1 toneladas por ferrovia e somente de 0,15 a 0,20 toneladas por rodovia;
- Mobiliza maior carregamento de uma só vez.

- **Sob o aspecto econômico/ambiental**

Diminui a exaustão de recursos naturais:
- menor consumo de combustíveis;
- menor peso necessário para transportar 1 tonelada de carga útil;
- maior tempo de vida útil dos veículos.

3. OBJETIVOS

3.1 - Objetivos gerais

Criar uma estrutura sistemática (um modelo) para a adoção de medidas e soluções tecnológicas que sejam (econômica e) tecnicamente viáveis e ecologicamente correta para o desenvolvimento do transporte comercial de cargas nas hidrovias brasileiras.

3.2 – Objetivos Específicos e Complementares

Especificamente, a partir das cargas – granéis sólidos (grãos, minérios, etc) e líquidos (combustíveis) – será proposta uma sistemática (um modelo) de medidas e soluções tecnológicas, contemplando a interação (das cargas) com o conjunto de elementos que compõe um sistema de transporte hidroviário, ou seja, as vias navegáveis, as embarcações e os terminais multimodais de cargas.
Para isso, é preciso:

- Identificar e quantificar os aspectos e os impactos ambientais;
- Estimar o risco ambiental;
- Selecionar ações e medidas a serem tomadas quanto ao controle, à correção e a prevenção;
- Contemplar ações técnicas e economicamente viáveis para as soluções ecologicamente corretas.

4. METODOLOGIA

Como o assunto transporte fluvial e meio ambiente, diretamente, não possui muitas referências, apesar de polêmico, a pesquisa será:

- **Exploratória** – onde o problema será estudado, explorado e analisado:

Nesta etapa, serão analisados os aspectos ambientais relevantes de cada elemento e investigado os possíveis impactos ambientais decorrentes de cada aspecto ambiental.

- **Axiomática** – com o uso de modelos e abordagens pré-existentes para a obtenção de soluções novas para o problema:

Tal etapa consiste na análise e seleção de modelos existentes que contemplem outras áreas de atuação tais como:

  - modelos de Sistema Gestão Ambiental (SGA) para empresas de outros modais, como o ferroviário, dutoviário e o rodoviário;
  - características do transporte de cargas, principalmente as perigosas, por outros modais;
  - tecnologias utilizadas em outros sistemas hidroviários no mundo;
  - modelos de resposta frente ao derramamento de óleo;
  - programas de gerenciamento de riscos para portos fluviais
  - programas de gestão de resíduos em terminais e embarcações
  - etc.

- **Experimental** – onde o problema será analisado e resolvido por meio de hipóteses, premissas, experimentações e considerações dos aspectos relevantes:

Esta etapa consiste na apresentação de cenários e nas possíveis ações frente a algumas hipóteses e premissas que serão levantadas.

- **Normativa** – do ponto de vista de estabelecimentos de medidas, ações, políticas, estratégias e metodologias.

Esta última etapa contempla o estabelecimento de uma metodologia para ações, medidas e estratégias técnicas e ambientais para que o transporte fluvial que seja menos impactante e mais harmonioso possível com o meio ambiente.

5. REVISÃO DA LITERATURA

Esta é uma revisão preliminar da literatura e busca apresentar informações básicas sobre o transporte hidroviário, de maneira geral, e também, especificamente, apresentar alguns aspectos ambientais para o transporte de derivados de petróleo e gás natural.

Segundo Almeida & Brighetti apud Santana (2002), poucos são os cursos d'água que, em condições naturais apresentam, em trechos satisfatoriamente longos, características que possibilitem o tráfego contínuo e seguro de embarcações de porte, capazes de realizar transporte de cargas com caráter comercial.

Entre as exceções mais conhecidas podem-se citar alguns dos maiores rios do mundo: Mississipi, Niger, Congo, Reno, Volga, Danúbio, Amazonas, Paraná, Paraguai, São Francisco, etc. que são navegáveis por extensões de centenas e até milhares de quilômetros.

Normalmente, porém, os rios oferecem embaraços à navegação franca sendo que, mesmo nos grandes rios citados, em certos trechos há dificuldades de tráfego. Para isso, Almeida & Brighetti (1980) distinguem três tipos de obras de melhoramentos de rios para a navegação, que podem ser utilizados concomitantemente em diversos trechos de um mesmo rio. Em ordem de complexidade e custo crescentes são: Melhoramentos Gerais, Regularização do Leito e Canalização. Os dois primeiros conservam o rio em corrente livre e o último corresponde à construção de represamentos e canais.

A maioria dos rios brasileiros necessita de melhoramentos para uma navegação franca e de caráter comercial. Fialho (1993) apresenta uns enfoques mais econômicos à questão, se lamentando com o aparente descompromisso ou mesmo descaso com que o Brasil, que possui dimensões continentais e uma significativa hidrografia, não tem desenvolvido a navegação interior como seria desejável ou poderia. O autor ainda cita as bacias hidroviárias brasileiras, caracterizando-as em termos de extensões hidroviáveis e também em termos de desenvolvimento regional.

Tanto Almeida & Brighetti (1980) como Fialho (1993), não abordaram assuntos relacionados com o meio ambiente. Chain Jr. (2001) propõe métodos para melhoria da navegabilidade dos rios ou vias navegáveis, porém entende que parte desses métodos é polêmica em termos ambientais. AHIMOC (2001) mostra os impactos ambientais importantes a ser considerado na elaboração de projetos hidroviários, e também as vantagens deste tipo de transporte.

A preocupação com as questões ambientais pode ser observada em Tavares (1997), que propôs a implementação de Sistema de Gestão Ambiental para as empresas de navegação, onde esta trabalharia com times, garantindo a participação dos empregados na redução contínua dos impactos ambientais. Tal tendência fez com que Padilha *et al*. (2002) abordassem o impacto da questão ambiental nos navios da Marinha do Brasil e a importância de adequá-los à legislação ambiental. No âmbito fluvial, Camargo Jr. (2000) propôs a elaboração de um

sistema de gestão ambiental em terminais hidroviários e comboios fluviais, salientando a importância disto para o desenvolvimento sustentável na região de influência das hidrovias. Este autor aplicou suas propostas para a hidrovia Tietê-Paraná, onde o intuito é maior ainda, que é a implantação efetiva do Sistema Integrado de Gestão do Desenvolvimento da Hidrovia (SIGest/H), um modelo de gestão que não só gerencia o sistema intermodal, mas a bacia hidrográfica em que ele se insere. Timonsur (2003) aplicou uma postura ecologicamente correta para a implantação do terminal fluvial de carga em Charqueada na lagoa Mirim no Uruguai, ao elaborar um projeto que contemplasse as análises ambientais do empreendimento, a descrição do meio ambiente receptor, a análise dos impactos ambientais e a contemplação do plano de gestão ambiental. Este empreendimento contou com a parceria de técnicos uruguaios e brasileiros, além de participação de pesquisadores da Universidade Federal de Pelotas.

A vertente ambiental também é preocupação para Aleixo & Tachibana (2002) ao propor um modelo para o estudo do derramamento de óleo no meio ambiente marinho. Tal modelo pôde ser aplicado também ao meio fluvial, com as devidas considerações e adaptações das condições, conforme apresentado em Aleixo & Tachibana (2003).

Como contribuição para o meio ambiente e a segurança da implantação de portos fluviais e terminais multimodais, Monteiro (2002) desenvolveu um estudo no qual propôs uma metodologia para avaliar e gerenciar seus riscos, no contexto de estocagem, descarregamento e carregamento.

Rezende (2003) propôs um estudo que abordou a gestão de resíduos e efluentes em marinas, terminais hidroviários e embarcações fluviais de turismo. Tal trabalho é importante para que sejam feitas as devidas adaptações para o transporte comercial de cargas, onde os princípios de gestão são mantidos com relação à destinação dos resíduos sólidos, dos resíduos oleosos e dos efluentes sanitários gerados.

Medeiros *et al.* (2002) propuseram um programa de gerenciamento de água de lastro para os terminais de cargas, onde salientaram a introdução involuntária de espécies exóticas por este dispositivo. Espécies de microorganismos, peixes, crustáceos são levados para lugares onde as características do habitat são diferentes e com isso causando algum impacto na área de migração. Concordando com isso, Silva e Souza (2003) apresentaram estratégias para o tratamento de água de lastro, dizendo que qualquer tratamento, a ser utilizado, precisa ser seguro, prático, tecnicamente exeqüível, de baixo custo e ambientalmente aceitável. No âmbito fluvial, Padovezi (2003) apresenta a junção do binômio economia e segurança com os aspectos de interferência ambiental e ressalta a importância de lastrar as embarcações (ou adaptá-las), em termos das vantagens de manobrabilidade e estabilidade para aumentar a segurança de navegação dos comboios de empurra, mas também adverte sobre os possíveis problemas ambientais e os problemas com a saúde humana, além da perda de capacidade de transporte com a diminuição de carga útil.

Frega e Muniz (2002) preocupados com a preservação ambiental apontaram em seus estudos a importância do gerenciamento de embarcações abandonadas ou fora de uso, uma vez que não há exigências normativas para isso e, uma embarcação em estado de abandono, pode apresentar muitos problemas, tais quais: sua estrutura, em particular as anteparas de tanques, pode-se encontrar em estado avançado de corrosão, levando a vazamentos ou a contaminação devido a alagamentos indesejáveis de tanques diversos; suas redes, tubulação, válvulas e acessórios, podem estar comprometidas, o que também pode causar vazamentos; e sua pouca garantia de integridade estrutural, torna toda e qualquer operação requerida de transbordo de

óleo ou substância perigosa, uma manobra delicada e arriscada sob o ponto de vista da segurança ambiental.
Segundo a Revista PESQUISA-FAPESP (2004), um programa criado para prevenir o impacto de acidentes ecológicos na bacia do rio Solimões, a terceira maior fonte de petróleo do país, tornou-se um celeiro de pesquisas e de informações sobre a Amazônia. O Projeto PIATAM (Potenciais Impactos Ambientais no Transporte Fluvial de Gás Natural e Petróleo na Amazônia) foi iniciado em 1999, pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), para reduzir riscos de acidentes na exploração petrolífera às margens do rio Urucu e no transporte de petróleo e gás ao longo do (rio) Solimões. A Petrobrás abraçou o projeto, que mobiliza pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), entre outros.

6. NAVEGALIDADE E IMPACTOS AMBIENTAIS

De modo geral, segundo Chain Jr. (2001) a melhoria da navegabilidade dos rios ou vias navegáveis se dá por meio de:
- Limpeza de vegetação
- Sinalização dos canais de navegação para navegação noturna
- Definição de pontos de fundeio com colocação de bóias de amarração
- Melhoramento do leito do rio: dragagens de manutenção, derrocamentos em passos específicos que representam riscos a navegação.

Entre essas intervenções realizadas para a melhoria da navegabilidade, o melhoramento do leito e das margens dos rios é considerado o mais polêmico em termos de impactos ambientais.
Segundo AHIMOC (2001), os impactos causados pelos sistemas de transportes podem ser divididos em 3 perspectivas, quanto a origem (positivo ou negativo), quanto à natureza intrínseca (direto ou indireto, certo ou incerto, reversível ou não e também analisado quanto ao prazo se é curto, médio ou longo) e quanto ao setor atingido (meio ambiente, sócio-econômico). As perspectivas são avaliadas analisando os impactos pelas causas que vão desde a implantação e uso da infraestrutura de transporte até as falhas do sistema de transporte sem esquecer os impactos gerados pelo uso e desgastes dos veículos. A Tabela 2 do Anexo 2 contém uma melhor apresentação da classificação dos impactos relativos aos sistemas de transporte com relação as 3 perspectivas citadas.
Para o transporte hidroviário, os impactos relevantes que devem ser considerados são:

- **Quando da implantação das obras necessárias**:

- A área de influência direta é, de fato o próprio leito do rio, que é o local onde se efetuam as principais intervenções necessárias. Uma pequena faixa da margem é utilizada para a implantação, forma pontual;
- As principais obras, de maior impacto são a dragagem de implantação e o derrocamento.

- **Quando da operação**

- Dragagem de manutenção: feita com menores volumes e monitorada ambientalmente;
- Riscos de acidentes com cargas perigosas (combustíveis e cargas químicas): exigências de casco duplo para as embarcações para minorar as possibilidades de derramamento e aplicação de planos de emergência;

- As poluições aquáticas, relativas ao petróleo e seus derivados e também álcool e outras cargas químicas, deve-se, principalmente, ao derramamento ocorrido em processos de carga e descarga das embarcações nos terminais, em processo de limpeza dos tanques, em acidentes no armazenamento bem como nas colisões com outras embarcações ou elementos da via como pontes, eclusas, barrancos etc.;
- Contaminação das águas por embarcações abandonadas ou fora de uso, representando ameaças de possíveis vazamentos de cargas poluidoras, contribuindo para a deterioração ou degradação do meio ambiente, comprometendo a circulação das águas e favorecendo a proliferação de vetores. Pode-se afirmar, com segurança, que a probabilidade de presença de óleo e outras substâncias perigosas a bordo de uma embarcação é sempre alta, em particular nas embarcações de grande e médio porte. Assim, o risco de contaminação por óleo e outras substâncias perigosas, se faz evidente devido à condição de má conservação geral da embarcação abandonada;
- Contaminação de águas por lançamento de dejetos: programas de educação ambiental e controle sanitário do sistema de coleta das embarcações;
- Introdução involuntária de espécies exóticas nos rios por meio da água de lastro, ameaçando a saúde pública, a biodiversidade e atividades sócio-econômicas relacionadas, por exemplo, às populações tradicionais, às indústrias da pesca e da aqüicultura.

- **Impactos na área de influência indireta**

- O impacto em longo prazo na área de influência indireta de uma infraestrutura de transporte é preocupação que inquieta a maioria dos estudiosos do meio ambiente;
- O grande degradador dos cursos d'água é o mau uso da área da bacia de contribuição do manancial e não o seu uso como hidrovia;
- O controle é de responsabilidade da implantação de uma Política Institucional de Racionamento e Gerenciamento de Uso. Nos Estados Unidos, por exemplo, foi adotado pela EPA Agência de Política Ambiental o sistema "Watershed Approach Framework" para regulamentar e gerenciar o uso das bacias.

7. ELEMENTOS DE UM PROJETO HIDROVIÁRIO E APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Um projeto hidroviário é composto basicamente por quatro principais elementos físicos: as vias, as embarcações, os terminais e as cargas. Aqui neste trabalho serão apontadas as tecnologias para que cada um destes elementos seja e esteja funcionando com o menor nível de impactos ambientais possíveis, ou que os aspectos ambientais relacionados com cada elemento não se tornem impactos ambientais.

7.1 – As vias

Com o advento de novas tecnologias de construção, de informatização, de execução de projetos é objetivo aplicá-las em:

- **Canalização**

Segundo Brighetti (2001.a), a canalização consiste na construção de represamentos e canais e, conseqüentemente em obras de transposição de desnível, como por exemplo, as eclusas.

- **Obras de Regularização do leito dos rios**

Segundo Brighetti (2001.a) obras de regularização de rios são obras de engenharia como diques e espigões ou, ainda a associação destas, com as seguintes funções:,

- Transporte eficaz dos sedimentos em suspensão e dos depósitos do fundo;
- Estabilidade do curso d'água com mínima erosão das margens;
- Orientação da corrente líquida em determinados trechos do curso d'água;
- Profundidade suficiente e percurso satisfatório para a navegação;
- Permitir a utilização das águas para outros propósitos.

- **Obras para Estabilidade e Proteção de Margens**

Segundo Brighetti (2001.b) tais obras são:

- Proteções Contínuas Flexíveis (Enrocamentos, Colchões Articulados, Enrocamentos Sintéticos e Gabiões);
- Proteções Contínuas Rígidas (Painéis de Concreto Armado, Cortinas Atirantadas e Placas Pré-Moldadas)
- Proteções Descontínuas (Espigões e Diques)

- **Dragagens e Derrocamentos de pontos específicos**

Há três tipos de dragagens segundo Torres (2000):

- Dragagem inicial - na qual é formado o canal artificial com a retirada de material virgem;

- Dragagem de manutenção - para a retirada de material sedimentar depositado recentemente, com a finalidade de manter a profundidade do canal, propiciando a movimentação de embarcações de vários tamanhos em portos e marinas.

- Dragagem Ambiental - a qual procura remover uma camada superficial de sedimento contaminado por compostos orgânicos e inorgânicos, sem que haja a ressuspensão destes contaminantes.

- **Elaboração de cartas náuticas eletrônicas dos rios**

Uma importante ferramenta para a navegação franca segura e de caráter comercial é elaboração de cartas náuticas dos rios. Com isso e com apoio de outras ferramentas e melhoramentos, pode-se ter navegação, diuturnamente.

- **Balizamento e sinalização dos rios**

Assim como uma estrada rodoviária, o rio também precisa de sinalização. Desta maneira o balizamento do rio consiste em delimitar a faixa, o canal de navegação, o local onde o rio apresenta as melhores condições para que uma embarcação tipo possa navegar com segurança. E isso é feito com bóias reflexivas. Outro dispositivo utilizado para a segurança da navegação é o farolete, que é implantado nas margens dos rios de maneira pontual.

- **Sistema de bóias de amarração de embarcações.**

Sistema de bóias que servem para amarrar as embarcações quer num trecho de passagem difícil (má passagem), ou antes, de uma eclusa, onde, em ambas as situações, requer desmembramentos. Ou ainda, bóias de fundeio.

8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHIMOC. Impacto Ambiental e Econômico na Implantação de Hidrovias no Brasil. In FÓRUM NACIONAL DE HIDROVIAS,1., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBC, 2001. 1 CD-ROM.

ALEIXO, L. A. G; TACHIBANA, T Modelo Matemático para o Estudo do Derramamento de Óleo no Meio Ambiente Marinho. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 19., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBENA, 2002. 1 CD-ROM

ALEIXO, L. A. G; TACHIBANA, T; ALEIXO, L. B. Simulação do Vazamento de Óleo em Defensas para Modelagem da Contenção do Espalhamento no Meio Ambiente. In: SEMINÁRIO DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO INTERIOR, 3., 2003, Corumbá. **Anais...**Corumbá: SOBENA, 2003. 1 CD-ROM

ALMEIDA, C. E & BRIGHETTI, G. **Navegação Interior e Portos Marítimos**. Notas de Aula PHD 523. São Paulo: EPUSP, 1980. 147p.

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários. [internet] www.antaq.gov.br

BRIGHETTI, G (2001.a) **- Obras de Regularização de Leito.** Notas de Aula PHD 5023 - Obras Fluviais. São Paulo: EPUSP, 2001.a. 27 p.

BRIGHETTI, G (2001.b**) Obras Fluviais.** Notas de Aula PHD 5023 – Obras Fluviais. São Paulo, SP: EPUSP, 2001.b. 71 p.

CAMARGO Jr., A. **Sistema de Gestão Ambiental em Terminais Hidroviários e Comboios Fluviais: Contribuições para o Desenvolvimento Sustentável na Hidrovia Tietê-Paraná.** Rio Claro, SP: IGCE/UNESP, 2000. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, 2000. 109 p

CHAIN Jr., M. Hidrovia Paraguai-Paraná e seus Aspectos Sócio-Econômico-Ambiental In: FÓRUM NACIONAL DE HIDROVIAS,1., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBC, 2001. 1 CD-ROM

FIALHO, G. O. M. **Navegação no Brasil.** Notas de Aula. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 1993. 19 p.

FREGA, A. F; MUNIZ, G. L B. Levantamento das Embarcações Abandonadas na Baía de Guanabara. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 19., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBENA, 2002. 1 CD-ROM

MARITIME ADMINISTRATION. **Environmental Advantages of Inland Barge Transportation.** U.S. Departament of Transport. Final Report, 1994. 29pp.

MEDEIROS, D. S; AZEVEDO, C. E; LOPES, S. A. Programa de Gerenciamento de Água de Lastro do Terminal de Ponta Ubu. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 16., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBENA, 1999. 1 CD-ROM

MONTEIRO, A. G., **Metodologia de Avaliação de Custos Ambientais Provocados por Vazamentos de Óleo. O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE**. Rio de Janeiro, RJ. UFRJ. Tese de doutorado. Programa de Planejamento Energético – PPE/COPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

MONTEIRO, E. V., **Estudo de Programa de Gerenciamento de Riscos para Portos Fluviais.** São Paulo, SP: EPUSP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2003.146p.

MT – Ministério dos Transportes- **Transporte Aquaviário – Hidrovias.** [internet] www.transportes.gov.br
PADILHA, R. S; MELLO, M. V; SANTANNA, A. V; CÂMARA, M. C. Adequação dos Navios da Marinha do Brasil à Legislação Ambiental – Estágio Atual. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 19., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBENA, 2002. 1 CD-ROM
PADOVEZI, C. D. **Conceito de Embarcações Adaptadas á Via Aplicado á Navegação Fluvial no Brasil**. São Paulo, SP: EPUSP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2002. 215 p.
PESQUISA FAPESP. Revista mensal. **Ciência e Ecologia em Simbiose**. São Paulo, SP. n 97.p.13. mar. de 2004.
REZENDE, J. H., **Um Estudo sobre a Gestão de Resíduos e Efluentes em Marinas, Terminais Hidroviários de Passageiros e Embarcações de Turismo e Lazerno Reservatório de Bariri/ Hidrovia Tietê-Paraná.** São Paulo, SP: EPUSP. Dissertação de Mestrado.Universidade de São Paulo, 2002. 143 p.
SANTANA, W. A., **Avaliação do Potencial de Transporte da Hidrovia Tietê-Paraná.** São Paulo, SP: EPUSP. Dissertação de Mestrado.Universidade de São Paulo, 2002. 330 p.
SANTOS, F. P., **Acidente ecológico na Baía de Guanabara**. In: Âmbito Jurídico, mar/2001 [Internet] http://www.ambitojuridico.com acesso em 19/07/2004.
SILVA, J.S.V da; Souza, R.C.L de. Evolução das Estratégias de Tratamento da Água de Lastro. In: SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE, 4., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBENA, 2003. 1 CD-ROM
SOUZA, M. P., **Instrumentos de Gestão Ambiental**: Fundamentos Práticos. São Carlos: Riani Costa, 2000.
TAVARES, M. Sistemas de Gestão Ambiental para Empresas de Navegação. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 19., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBENA, 2002. 1 CD-ROM
TIMONSUR. **Terminal de Carga La Charqueada.** Montevideo, Uruguai: TIMONSUR. S. A. – Compañia Fluvial Lacustre Oriental, 2003. 57p. (folheto especial)

TORRES, R. J. **Uma Análise Preliminar dos Processos de Dragagem do Porto de Rio Grande, RS**. Rio Grande, RS: FUFRG, 2000. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2000. 180p.,
TRANSPETRO – [internet] www.transpetro.com.br

Autores

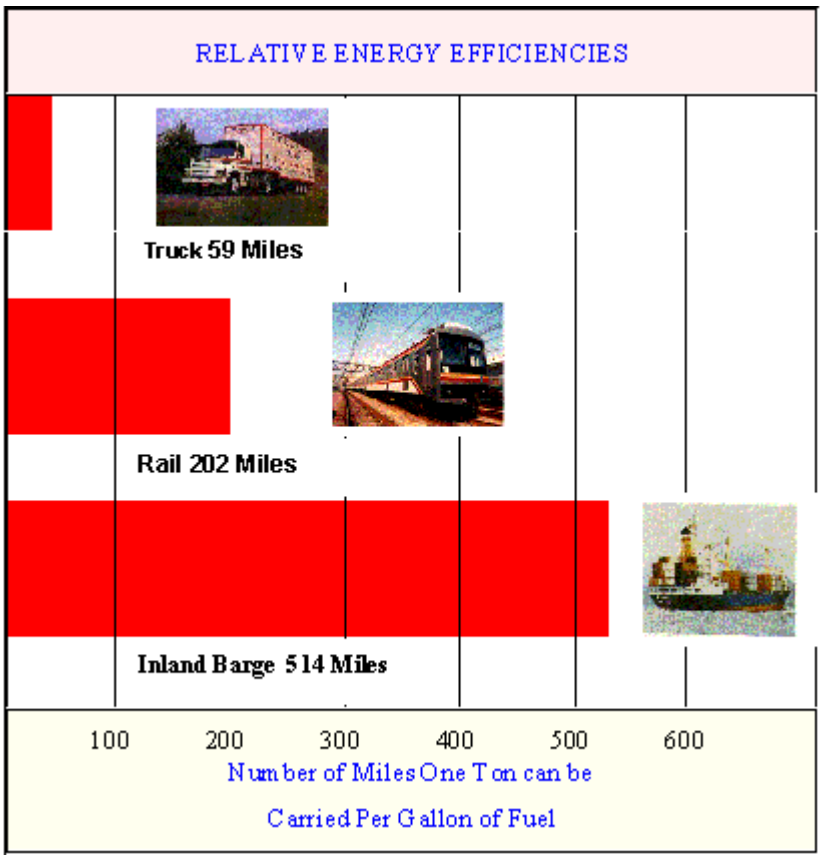
Walter Aloisio Santana: Engenheiro Civil; Mestre em Engenharia Naval na área de Transporte Hidroviário, Multimodalidade e Logística; Doutorando em Engenharia Naval na área de Transporte Hidroviário, Logística e Meio Ambiente pelo Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

Toshi-ichi Tachibana: Professor Doutor pelo Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

Agradecimentos

Ao meu amigo Dewar Taylor Carnero Chávez pelo apoio nestes anos de caminhada em prol da multidisciplinaridade e a quebra de paradigmas na engenharia naval.
A Bucanero, o cigano navegante e amigo de longa data.
Ao poeta português, Fernando Pessoa, que disse "Navegar é preciso...", a quem, hoje, contraponho perguntando: " Mas o que é preciso para navegar???"
Ao Comitê Organizador do IPIN pela realização deste grande evento em prol da engenharia naval, transporte marítimo e engenharia portuária no âmbito das Américas.

ANEXO 1 – FIGURAS



Fonte: Eastman, 1980. Fuel Efficiency in Freight transportation.. Um galão de combustível corresponde a 3,785 litros (U.S.A)

Figura 1 - Eficiência Energética Relativa.

Figura 2 – Hidrovias Brasileiras

Figura 3 – Embarcação fluvial de transporte de GLP no rio Madeira.

ANEXO 2 - TABELAS

Tabela 1 - Custos sociais em relação às modalidades de Transporte (em %)

Custos Sociais	Aéreo	Ferroviário	Fluvial	Rodoviário	Total
Poluição do ar	2	4	3	91	100
Poluição sonora	26	10	0	64	100
Cobertura do solo	1	7	1	91	100
Construção/ Manutenção	2	37	5	56	100
Acidentes	1	1	0	98	100
Total em bilhões Dm/ano	2	14	2	67-77	100

Fonte: Frauenhofer Institute Karlsruhe.

Tabela 2 – Classificação dos Impactos Relativos aos Sistemas de Transportes

Perspectiva 1	***Tipo de Impacto*** **(Pos ou Neg)**	***Perspectiva 2***				Perspectiva 3
		Direto/ Indireto	**Certo/ Incerto**	**Prazo**	**Reversível**	
Causado pela implantação da infraestrutura de transporte	Ocupação de espaço (-) Efeitos de Alargamento (-) Intrusão visual (-) Estética (-) Acessibilidade (+) Crescimento Econômico (+) Lazer/Atividades Sociais (+)	Direto Direto Direto Direto Direto Indireto Indireto	Certo Certo Certo Incerto Certo Incerto Incerto	Longo M / L Curto Curto Curto M / L C / M	Não Não Não Sim - - -	Meio Ambiente Meio Ambiente Meio Ambiente Meio Ambiente Sócio-Econômico Sócio-Econômico Sócio-Econômico
Causado pelo uso da infraestrutura de transporte	Danos na infraestrutura (-)	Direto	Certo	M/ L	Não	Meio Ambiente
Gerado pelo uso e desgaste dos veículos de transporte	Exaustão de recursos (-) Ruídos e Vibrações (-) Poluição (a, w, g...)* (-) Impactos (homem, fauna, flora (-)	Direto Direto Direto Indireto	Certo Certo Certo Certo	Médio Curto C / M M / L	Não Sim Sim S / N	Meio Ambiente Meio Ambiente Meio Ambiente MA / SE MA / SE
Causados pelas falhas do sistema de transportes	Acidentes (-) Congestionamentos (-)	Indireto Indireto	Incerto Incerto	C / M C / M	Não Sim	MA / SE MA / SE

*** Poluição: a= água; w=água; g= terra.**

PROYECTO MARCA DE GARANTÍA DE LA COMUNIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL

Econ. Walter Martínez Balda

Guayaquil, Octubre de 2005

INTRODUCCIÓN

Los puertos juegan un importante papel en lo referente a aquellos aspectos que intervienen en la competitividad de un país. Los puertos representan las grandes "puertas" de acceso para el comercio exterior.

Pero los puertos, su crecimiento y modernización, no es un fin en sí mismo sino un instrumento al servicio de la economía y del comercio de las regiones. Los flujos ingentes de mercancías generan actividades de logística y distribución que crean riqueza y empleo. Para los importadores y exportadores, la oferta abundante de líneas de transporte marítimo facilita sus operaciones comerciales en condiciones ventajosas de coste y frecuencia.

Dada la relevancia que supone la actividad portuaria, podemos afirmar que todo aquello que ocasiona su ineficiente funcionamiento repercute de forma negativa en la economía nacional y, por extensión, en la regional.

De lo anterior se deriva el interés de la Comunidad Portuaria y de la Corporación Andina de Fomento (CAF) por mejorar los servicios dentro del Puerto de Guayaquil. Siendo el Programa de Calidad de los Servicios Portuarios una iniciativa que permitió el arranque del Proyecto Marca de Garantía, el mismo que se describirá a continuación.

ECON. WALTER MARTÍNEZ BALDA
SECRETARIO TÉCNICO
CONSEJO DE CALIDAD DE LA COMUNIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL
PBX: 593 – 04 – 2480120, 2486512
e-mail: waltermartinez@puertodeguayaquil.com
Dirección: Ave. 25 de Julio – Vía Puerto Marítimo

PROYECTO MARCA DE GARANTÍA "COMUNIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL"

ANTECEDENTES

Los puertos juegan un papel importante en la economía de un país, justamente por ser las puertas de acceso para el comercio exterior. En virtud de ello, es necesario que los servicios que se brinden en los mismos sean de calidad para que así la mercancía que allí fluye mantenga la calidad con la que arriban.

De allí que, en 1.993 la Autoridad Portuaria de Valencia se propone mejorar la calidad de los servicios portuarios; siendo en 1.994 que se elabora el primer documento sobre la Marca de Garantía, mientras que la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) participa activamente en la elaboración del primer borrador a partir de 1.995 y efectúa ensayos al mismo para editar el libro de la marca en 1.996. Finalmente, en 1.999 se pone en marcha el Proyecto Marca de Garantía en el Puerto de Valencia.

Luego de implementado dicho proyecto y de comprobar su eficacia y efectividad surge el interés de implementarlo en otros puertos del mundo. Es allí donde interviene la Corporación Andina de Fomento (CAF), quien a través del Proyecto Andino de Competitividad (PAC) viene participando en la promoción de un Programa de Calidad de los Servicios Portuarios en los puertos de los países andinos.

Mediante este programa la CAF con la colaboración de la UPV espera sentar las bases para la implantación de un sistema de calidad de los servicios portuarios siguiendo las pautas del modelo de la Marca de Garantía del puerto de Valencia.

En principio está prevista la participación en dicho programa de calidad de un primer grupo de cinco puertos que han de reunir los requerimientos básicos de compromiso con

los objetivos del programa. Sobre la base de esta experiencia, se evaluará la posibilidad de ampliar el programa a otros puertos interesados en participar.

Entre los cinco puertos seleccionados como pilotos está el Puerto de Guayaquil por considerarse uno de los más importantes del país y de la costa sur del pacífico.

La participación del Puerto de Guayaquil inició con la conformación de un Grupo de Impulso, el mismo que fue creado con la finalidad de promover el uso de la marca en las empresas prestadoras de servicios, dando a conocer los beneficios que trae consigo la implementación del Proyecto Marca de Garantía.

Este grupo está conformado por las siguientes entidades:

- Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG)
- Corporación Aduanera Ecuatoriana (CAE)
- Cámara Marítima del Ecuador (CAMAE)
- Muy Ilustre Municipio de la Ciudad de Guayaquil
- Corporación de Promoción de Exportaciones e Importaciones (CORPEI)

Estas entidades iniciaron sus actividades con la presentación del proyecto a las Cámaras de la Producción de Guayaquil.

Asimismo, se realizaron múltiples reuniones con las empresas prestadoras de servicios portuarios para dar a conocer la importancia del proyecto y, a su vez, se realizaron encuestas a las mismas empresas para conocer el potencial del proyecto.

Posterior a la promoción del proyecto se conformó el Consejo de Calidad de Servicios Portuarios de la Comunidad Portuaria de Guayaquil, que es un organismo de representación de los distintos sectores y operadores que conforman la Comunidad Portuaria y que llevan a cabo sus actividades en el Puerto de Guayaquil. Fue constituido en reunión abierta el 20 de enero 2005.

MARCA DE GARANTÍA

¿Qué es la Marca de Garantía?

La Marca de Garantía es un sistema cuya finalidad consiste en la promoción y la mejora de la calidad y competitividad de los servicios prestados por la comunidad portuaria.

Objetivos

Como objetivos principales que se esperan conseguir con el Programa de Calidad de los Servicios Portuarios figuran los siguientes:

- Ofrecer a los clientes del puerto unos servicios con unas calidades conocidas y garantizadas
- Articular la comunidad portuaria entorno a una política de calidad
- Mejorar la competitividad frente a otros puertos competidores
- Fomentar y promover la cultura de la calidad en las empresas e instituciones

Cabe mencionar que en el sector portuario, al contrario de lo que ocurre en otros sectores de la economía, el resultado de la calidad de un servicio no depende de un solo servicio sino que es la resultante de la actividad desarrollada por un elevado número de empresas privada y organismos públicos que intervienen en la cadena logística y que, habitualmente, actúan de forma autónoma y sin coordinarse entre sí.

Para poder ofrecer al cliente un servicio garantizado integral es necesario que todos los eslabones de la cadena se comprometan a que su actuación se ajuste a unos determinados estándares y sus servicios cumplan unas características mínimas, ya que sería infructuoso que las empresas desarrollen por sí solas un buen trabajo mientras las otras involucradas en la cadena no secundarán al mismo nivel su labor. De allí que, la pretensión de la Marca sea lograr que se integren la mayor parte de prestadores de servicios portuarios, de tal forma que se ofrezca un servicio global garantizado con unas

características conocidas por el cliente y que, a su vez, esto permita crear un ambiente de competitividad para el puerto.

En el Puerto de Guayaquil para dar cumplimiento a los objetivos antes mencionados se ha constituido el ***Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria de Guayaquil***, órgano que representa a la Comunidad Portuaria y será el encargado de liderar el proceso de mejora de la calidad de los servicios portuarios a través de los 4 grupos de trabajo que se han constituido conforme al tipo de servicios brindado.

Cada uno de los grupos de trabajo tiene funciones específicas que cumplir en la cadena de servicios, es por ello que los mismos están integrados por representantes de las empresas que brindan los servicios inmersos en su eslabón.

La participación de los grupos de apoyo permite conocer el funcionamiento de cada una de las empresas que brindan servicios portuarios a través de los procesos actuales; además, permite visualizar las relaciones existentes entre todas las empresas y sus respectivos servicios.

De allí que, con la información brindada por cada grupo de trabajo se puede establecer los procedimientos para la prestación de los distintos servicios y la obtención de la Marca de Garantía.

Entre los servicios que comprenden la denominada Marca de Garantía se pueden mencionar los siguientes:

- **Servicios al Buque:**

    - Servicios de aproximación de naves de tráfico internacional.
    - Asignación de muelles
    - Practicaje
    - Remolque

- Amarre y Desamarre
- Libre Plática
- Avituallamiento, aprovisionamiento, reparaciones y servicios a buques en general.

- **Servicios a la Carga:**

  - Operaciones de carga y descarga.
    - Estiba y Desestiba
    - Trincado y Destrincado de cargas
  - Desconsolidación y Consolidación de la mercancía
  - Almacenamiento de contenedores, llenos o vacíos.
  - Inspecciones sanitarias y fitosanitarias de mercancías, así como también las inspecciones de calidad.

Siendo estos los servicios que comprenden la Marca de Garantía los organismos y empresas que participan en este proyecto son los siguientes:

- Entidad Ejecutora de la Política Marítima Nacional:
  - Dirección General de la Marina Mercante del Litoral (DIGMER)
- Operadores Portuarios de Buque (OPB):
  - Prácticos
  - Remolcadores
  - Amarradores
- Operadores Portuarios de Carga (OPC):
  - Empresas proveedoras de Mano de Obra
  - Empresas proveedores de Medios Mecánicos
- Empresas de Servicios Complementarios (ESC):
  - Empresas proveedoras de Combustibles
  - Empresas proveedoras de Servicios de Mantenimiento
  - Empresas proveedoras de Avituallamientos

- Empresas Públicas de Control y Prestación de Servicios:
  - Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG)
  - Corporación Aduanera Ecuatoriana (CAE)
  - Capitanía del Puerto
  - Policía Antinarcóticos
  - Ministerio de Salud Pública (MSP)
  - Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA)
- Empresas Privadas de Prestación de Servicios:
  - Agentes Navieros
  - Agentes Consolidadotes
  - Permisionarios
  - Despachadores de Aduana
  - Empresas Verificadoras
  - Concesionarios; y,
  - Transportistas

Las mismas que han sido divididas en cuatro grupos, dependiendo del tipo de servicio que brinden.

Los grupos de trabajo que actualmente existen en el Puerto de Guayaquil son:

Grupo 1: Escala del Buque: Las operaciones que se enmarcan en este grupo son únicamente las relacionadas directamente con la nave.

Grupo 2: Servicios a la Carga (Contenedores de Importación): Como su nombre lo indica se refiere a los servicios que se brindan a todo tipo de contenedores importados, sean bajo la condición LCL O FCL, incluyendo el movimiento de los vacíos.

Grupo 3: Servicios a la Carga (Contenedores de Exportación): Dentro de este grupo se encuentran las empresas que manejan todo tipo de contenedores con destino al exterior, desde mercancía en general hasta exportación de fruta contenedorizada.

Grupo 4: Servicios a la Carga (Exportación de Frutas): Este grupo fue creado con la finalidad de dar un servicio especial a la exportación de frutas, sobretodo banano, debido a la condición especial de este tipo de embarque en nuestro puerto.

En la actualidad estos grupos se encuentran culminando la fase de levantamiento de procesos y procedimientos actuales, para proceder a diseñar los nuevos procedimientos que garanticen servicios de calidad, donde la optimización del tiempo es fundamental para garantizar un servicio eficiente.

ÓRGANOS DE GESTIÓN DE LA MARCA

El titular de la Marca es la Fundación Marca de Garantía, que será creada por la CAF quien lidera el Proyecto a nivel latinoamericano; mientras que el control y uso de la Marca lo efectúa el Consejo de Calidad, la Gerencia, el Defensor del Cliente y la Auditoría, con un arreglo a la distribución de funciones de cada órgano.

Consejo de Calidad: Representa a toda la Comunidad Portuaria y desarrolla su cometido de elevar la calidad de los servicios portuarios, mediante los Grupos de Trabajo.

La Gerencia de la Marca: Ejercitará esta función el Gerente de la Fundación Marca de Garantía y son sus competencias principales el control del Uso de la Marca, otorgar las Autorizaciones de Uso, formar los expedientes de infracciones y reconocer a los beneficiarios las compensaciones.

El Defensor del Cliente: El Defensor del Cliente será nombrado por el titular de la Marca y ejerce sus funciones con independencia, de conformidad con lo previsto en el Reglamento de Uso, velando porque los servicios prestados por los usuarios tengan las características previstas en el Reglamento, recogiendo cuantas reclamaciones formulen los beneficiarios de los servicios garantizados por la Marca y decidiendo sobre las compensaciones económicas de éstos.

La Auditoría de la Marca de Garantía: La auditoría será designada por el titular de Marca y ejercerá sus funciones con independencia, de conformidad con lo previsto en el Reglamento de Uso, realizando los trabajos que se le encomienden en materia de control de procesos y examen de reclamaciones, y sus causas.

FUNCIONAMIENTO DE LA MARCA

Para el perfecto funcionamiento de la Marca de Garantía se creará un Reglamento de Uso y los Procedimientos que seguirán cada uno de las empresas u organismos usuarios del sello.

Dentro del ***Reglamento de Uso*** se detallarán cada uno de los servicios garantizados, los tipos de reclamos que un beneficiario puede hacer en tanto el prestador de un servicio no cumpla con el servicio solicitado y que este garantizado, de acuerdo a lo establecido en los procedimientos. Además, dentro del reglamento de uso se estipularán las compensaciones por incumplimiento de las características garantizadas y los requisitos para la concesión y efectividad de la Autorización de Uso.

Por su parte, el ***Documento de Procedimientos*** detallará los compromisos que adquirirán los usuarios de la marca al momento de autorizarse el uso de la misma y permitirán cumplir con las garantías ofrecidas al cliente.

AUTORIZACIÓN DE USO DE LA MARCA

¿Quiénes serán los usuarios de la Marca de Garantía y podrán, por tanto, utilizar es sello de la Marca?

Podrán usar la marca todas aquellas empresas u organismos proveedores de servicios que hayan obtenido la autorización para el Uso del sello de la Marca. Esto significa que los servicios ofrecidos por dichos Usuarios alcanzarán los niveles de calidad que determina el Reglamento de Uso de la Marca.

¿Cuál será el proceso para conseguir la Autorización de Uso de la Marca de Garantía?

La autorización de uso de la Marca de Garantía se obtendrá efectuando la correspondiente solicitud por parte de la empresa solicitante.

En dicha solicitud se indicará el servicio o servicios para los que se requiere la autorización y se acepta expresamente el contenido integro del Reglamento de Uso, así como el cumplimiento de los procedimientos que le afecten.

Tras un periodo de prueba, la Gerencia comprobará el grado de cumplimiento, luego eleva al Titular de la Marca el respectivo informe para que resuelva sobre el otorgamiento de la autorización, debiendo efectuar, una vez superado este trámite, un determinado depósito económico, si amerita el caso.

La autorización de Uso es el único título que autoriza el Uso de la Marca de Garantía y se concede siempre de forma expresa.

¿Durante que tiempo se concede la autorización de Uso de la Marca?

Las autorizaciones podrán ser otorgadas de forma temporal o por tiempo indefinido. Las autorizaciones temporales caducarán por el mero transcurso del plazo para el que fueron concedidas. Las autorizaciones indefinidas caducarán por renuncia del usuario de la Marca. Toda autorización caducará, además, por la declaración de quiebra del usuario de la Marca o la solicitud de suspensión de pagos.

¿Cuáles serán las principales ventajas con las que cuenta una empresa que pertenece a la Marca?

El formar parte de la Marca no sólo supone la obtención de un certificado que acredita una calidad en los servicios, sino que representa también el reconocimiento de la sociedad a una organización de reconocido prestigio.

Los principales beneficios que las empresas usuarias de la marca obtendrán son:

1. **La diferenciación de sus competidores** dándose a conocer como integrantes de un Proyecto de Calidad que contribuye a acrecentar la confianza que los clientes depositan en dichas empresas y a reforzar su reputación y solvencia profesional.

2. **La garantía para sus clientes** de una determinada calidad para sus servicios.

3. **La mencionada calidad** la pueden prometer en tanto forman parte de una cadena logística que, como si de una sola empresa se trata, garantiza el buen fin de un conjunto de actuaciones que permiten alcanzar el resultado final prometido.

4. **La Marca de Garantía** realiza actividades de promoción comercial, a través de los medios de comunicación y los diferentes eventos en los que las Instituciones involucradas en la Marca participan u organizan. Ello contribuye a ampliar el mercado potencial de sus usuarios.

BENEFICIARIOS DE LA MARCA

¿Quiénes son los beneficiarios/clientes de la Marca de Garantía y qué ventajas obtienen al contratar servicios con empresas usuarias de la Marca?

Son beneficiarios de la Marca de Garantía los cargadores y receptores de mercancías (importaciones y exportadores) y los armadores y operadores de buques.

El principal atractivo de la Marca para sus beneficiarios es la calidad de los servicios que ofrecen sus usuarios pero, además, los clientes de la Marca disfrutan de una garantía que les otorga derecho a reclamar y a ser compensados si las características del servicio no se ajustan a lo prometido.

¿Cuáles serán los servicios garantizados a los beneficiarios/clientes de la Marca?

Las garantías de la Marca guardan relación con la rapidez, la seguridad y la fiabilidad de los servicios y la solvencia en la profesionalidad de las empresas que la integran.

RECLAMOS POR INCUMPLIMIENTO

¿Cómo podrán reclamar los clientes ante el incumplimiento de un servicio garantizado por la Marca?

Siempre que contraten sus operaciones con usuarios de la Marca, el beneficiario de la Marca puede formular reclamaciones al ***DEFENSOR DEL CLIENTE*** en relación con los servicios que no hayan sido prestados en las condiciones garantizadas en cada momento, y tiene derecho, en todo caso, a obtener la oportuna contestación escrita respecto a la queja formulada.

Asimismo, cuando alguna de las garantías citadas no sea cumplida, el beneficiario de la Marca tiene derecho a obtener la compensación económica que en cada momento esté especificada para la garantía incumplida.

¿Qué ocurrirá cuando un usuario incumpliere sus obligaciones recogidas en el Reglamento de Uso?

Cuando se produce un incumplimiento de los servicios garantizados se inicia el procedimiento sancionador. El Reglamento de Uso de la Marca preverá sanciones dependiendo del tipo de infracción que se cometa. Las infracciones se clasificarán en:

- Infracciones leves: multas cuantificadas económicamente.

- Infracciones graves: multas cuantificadas económicamente y retirada temporal de la autorización de Uso.

- Infracciones muy graves: multas cuantificadas económicamente y retirada de la autorización de Uso por un lapso mínimo de un año.

PARTICIPACIÓN DE INSTITUCIONES PÚBLICAS EN LA MARCA DE GARANTÍA

Los organismos públicos (Autoridad Portuaria de Guayaquil, Corporación Aduanera Ecuatoriana, Policía Nacional y Capitanía del Puerto) estarán presentes en la Marca de Garantía bien como usuarios o bien como organismos reguladores (colaboradores).

Lo que redundara en un apoyo incondicional del estado en beneficio de las actividades que se desarrollan en fomento del comercio internacional, además se convertirán en ejes dinamizadores de las actividades en nuestro puerto.

A efecto de tener una apreciación más clara de la planificación a la fecha, adjuntamos el Reglamento Interno de funcionamiento del Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria de Guayaquil, donde se detallan sus objetivos, funciones, actividades, miembros, etc.

BIBLIOGRAFÍA:

Proyecto Marca de Garantía del Puerto de Valencia, Las 25 preguntas esenciales sobre la Marca de Garantía, Valencia, España

Secretaría Técnica del Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria de Guayaquil, Diagnóstico de los procedimientos actuales de los servicios portuarias en Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

http://www.capoan.com

http://www.marcagarantia-ptovlc.com

PROGRAMA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS PORTUARIOS

OBJETIVO: LA MARCA DE GARANTÍA

Reglamento interno de funcionamiento del Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria de Guayaquil

2005

ÍNDICE

TITULO I. DISPOSICIONES GENERALES....3
Artículo 1º.- Constitución y denominación....3
Artículo 2º.- Duración....3
Artículo 3º.- Domicilio....3
Artículo 4º.- Ámbito territorial....3
TITULO II. OBJETO Y BENEFICIARIOS....3
Artículo 5º.- Objeto....3
Artículo 6º.- Funciones....4
Artículo 7º.- Actividades....5
Artículo 8º.- Beneficiarios....6
TITULO III. MIEMBROS, DERECHOS Y DEBERES DE LOS MISMOS....6
Artículo 9º.- Miembros del Consejo de Calidad....6
Artículo 10º.- Cese y nombramiento de los miembros....6
Artículo 11º.- Registro de miembros....7
Artículo 12º.- Derechos de los miembros....7
Artículo 13º.- Deberes de los miembros....8
TITULO IV. ÓRGANOS DE GOBIERNO Y GESTIÓN....8
Artículo 14º.- Organización del Consejo....8
Artículo 15º.- El Presidente....9
Artículo 16º.- El Vicepresidente....9
Artículo 17º.- El Secretario....9
Artículo 18º.- Reuniones del Consejo y convocatoria....10
TITULO V. RÉGIMEN DE ACUERDOS....10
Artículo 19º.- Forma de deliberar y tomar los acuerdos....10
Artículo 20º.- Disolución del Consejo de Calidad....11
TITULO VI. COMISIONES DE TRABAJO: GRUPOS DE TRABAJO....11
Artículo 21º.- Constitución de los Grupos de Trabajo....11
Artículo 22º.- Duración....11
Artículo 23º.- Responsable del Grupo de Trabajo....12
Artículo 24º.- Composición del Grupo de Trabajo....12
Artículo 25º.- Periodicidad de las reuniones....12
ANEXO I. Composición del Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria de Guayaquil....13

TITULO I. DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1º.- Constitución y denominación

El Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria de Guayaquil, que en lo sucesivo se denominara el Consejo, es un organismo de representación de los distintos sectores y operadores que conforman la Comunidad Portuaria y que llevan a cabo sus actividades en el Puerto de Guayaquil. Fue constituido en reunión abierta el 20 de enero 2005. El Consejo se regirá por las normas establecidas en el presente Reglamento, respetando las jerarquías de las disposiciones legales vigentes.

Artículo 2º.- Duración

El Consejo funcionara por tiempo indefinido mientras cumpla los objetivos para los que fue constituido, sin perjuicio de que pueda disolverse en cualquier momento por alguna de las circunstancias determinadas en el articulo 20º de este Reglamento.

Artículo 3º.- Domicilio

El Consejo fija como domicilio la ciudad de Guayaquil, en las instalaciones de la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

Artículo 4º.- Ámbito territorial

El Consejo desarrollará sus actividades y aplicará sus normas, en el ámbito territorial que comprende el Puerto de Guayaquil, instalaciones de la Autoridad Portuaria de Guayaquil y en sus áreas de operación.

En el ámbito funcional, el Consejo representará los intereses profesionales colectivos de organismos e instituciones, tanto públicas como privadas, que sean miembros del mismo, en tantas y cuantas actuaciones tengan por objeto la realización de los fines del Consejo.

TITULO II. OBJETO Y BENEFICIARIOS

Artículo 5º.- Objeto

El presente Reglamento normará el funcionamiento del Consejo de Calidad.

El objetivo del Consejo de Calidad es optimizar las funciones operativas y logísticas del puerto de Guayaquil, tendientes a conseguir la agilidad y facilitación del Comercio Exterior, que conlleve a la posterior obtención de la Marca de Garantía.

Entre sus fines también podemos citar, con carácter enunciativo, los siguientes:

a) Promover el desarrollo industrial y comercial en beneficio del interés general.
b) Promover y defender la unidad y la integridad empresarial fomentando los lazos de solidaridad.
c) Representar y defender los intereses generales y comunes de la Comunidad Portuaria ante la Administración Pública, las organizaciones profesionales y ante las entidades públicas y privadas.
d) Colaborar en el desarrollo económico y progreso social de la región en un marco de libertades.
e) Procurar el fortalecimiento de las organizaciones representadas por el Consejo.
f) En general, cualesquiera otros fines lícitos inspirados en los principios de este Reglamento.

Artículo 6º.- Funciones

Para el cumplimiento de sus fines, el Consejo de Calidad tendrá las siguientes funciones:

1. Velar por la mejora continua de la calidad de los servicios prestados en el "Puerto de Guayaquil",
2. Identificar las carencias y necesidades en la Comunidad Portuaria de Guayaquil en aras de ofrecer un adecuado servicio a los clientes del puerto.
3. Formular políticas concretas y efectivas relativas a la mejora de la calidad global del puerto tomando como punto de partida las opiniones de usuarios y clientes sobre los servicios prestados en el mismo.
4. Adoptar indicadores de verificación y evaluación de resultados.
5. Gestionar la información y puesta en conocimiento de los resultados a la comunidad portuaria.
6. Optimizar los procesos en materia de prestación de servicios portuarios.
7. Respetar la autonomía e independencia de los distintos sectores miembros representados en el Consejo, que seguirán rigiéndose por sus propias Normas y Órganos de Gobierno.
8. Sistematizar la representación de la comunidad portuaria ante los poderes públicos y Autoridades.
9. Asumir la representación de los intereses de la comunidad portuaria ante organismos públicos, privados, así como ante la opinión pública en general.
10. Cualesquiera otras relacionadas con el desarrollo de la actividad portuaria en su sentido más amplio.
11. Participar en el control, así como en el correcto uso y aplicación de la Marca de Garantía.

Todas estas funciones no contemplan la cesión de competencias de los miembros del Consejo de Calidad, en cuyo caso podrán desarrollar además las siguientes:

- Reunir a los representantes de todos los sectores operadores del Comercio Exterior que conforman la Comunidad Portuaria.
- Fomentar las relaciones y la cordialidad entre los sectores que forman parte de la Comunidad Portuaria.

- Simplificar y agilizar los trámites que requieran actuaciones conjuntas entre los diversos sectores representados.

- Ofrecer una imagen de puerto eficiente, competitivo y estructurado que mejore la apreciación por parte de los clientes.

Artículo 7º.- Actividades

El Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria del Puerto de Guayaquil, contemplará entre sus actividades las siguientes:

1. Determinar las áreas, servicios y procedimientos que estarán sometidas a sus evaluaciones, trabajos y deliberaciones.
2. Establecer las garantías iniciales y las futuras a incorporar al Reglamento de Uso de la Marca de Garantía.

3. Diseñar los procedimientos operativos para el cumplimiento de las garantías establecidas.

4. Determinar las compensaciones a los beneficiarios y las sanciones a los usuarios, que deberán incorporarse en el Reglamento de Uso.

5. Proponer a la Gerencia de la Marca de Garantía acciones y programas de formación, promoción de la Marca y mejoras de la calidad del servicio.

6. Emitir informes en relación con la entrega de autorizaciones de uso de la Marca, nuevas admisiones, expedientes de reclamaciones y procedimientos sancionadores.

7. Velar por la implantación de los Procedimientos aprobados y en la practica, realizar los ajustes necesarios para lograr su cumplimiento.

8. Prestar el apoyo necesario al programa de calidad integral del Puerto de Guayaquil, (Marca de Garantía) en aquellas actividades que se entienda que así lo requieran.

9. Establecer los Grupos de Trabajo[1] que, siguiendo las indicaciones del Consejo, analizarán en detalle aquellos asuntos que les sean encomendados.

[1] La composición y pautas de funcionamiento de los Grupos de Trabajo vienen definidas en el TÍTULO VI. COMISIONES DE TRABAJO: GRUPOS DE TRABAJO del presente Reglamento.

Artículo 8º.- Beneficiarios.

Serán potenciales beneficiarios del trabajo realizado por el Consejo y sus mejoras: las empresas, asociaciones, organizaciones empresariales, instituciones, organismos públicos y privados, así como aquellas entidades cuya actividad incida en el comercio

exterior y se canalice por vía marítima. Todas estas mejoras repercutirán de manera directa en los clientes del puerto quienes son los beneficiarios finales del proyecto de calidad portuaria.

El Consejo basará sus decisiones así como sus pautas de funcionamiento contemplando los criterios de imparcialidad, objetividad y no discriminación.

Nadie podrá alegar frente al Consejo, derecho preferente a gozar de sus beneficios, ni imponer su atribución a persona o entidad determinada.

TITULO III. MIEMBROS, DERECHOS Y DEBERES DE LOS MISMOS

Artículo 9º.- Miembros del Consejo de Calidad[2]

Serán miembros del Consejo de Calidad los representantes de todos los sectores portuarios que hayan aceptado integrarse en el sistema de calidad para la Comunidad Portuaria "Marca de Garantía" y que hayan sido propuestos para desempeñar este cargo por el Grupo de Impulso.

Queda contemplada la admisión en el Consejo de cualquier otro representante que se estime conveniente en un futuro, en función de la previsible ampliación del contenido del programa de calidad "Marca de Garantía" en el Puerto de Guayaquil.

El cargo de miembro del Consejo no será remunerado.

Artículo 10º.- Cese y nombramiento de los miembros

La condición de miembro del Consejo de Calidad se pierde:

[2] Anexo I: Composición del Consejo de Calidad del Puerto de Guayaquil.

a) Por renuncia del miembro, lo que supondría elegir a otro representante del mismo sector.
b) Por acuerdo del Grupo de Impulso a propuesta del Consejo, con motivo de actuaciones contrarias a los fines que contempla el presente reglamento, para lo cual se deberá aceptar a otro representante del mismo sector como miembro del Consejo. La propuesta del Consejo debe ser respaldada por el voto de la mitad más uno de sus miembros.
c) Por separación acordada por el Consejo cuando un miembro no asista de forma regular a las reuniones, sin estar justificadas sus ausencias.

Podrán incorporarse al Consejo de Calidad como miembros:

a) Aquellos miembros de sectores prestadores de servicios al puerto, previo consentimiento del Consejo de Calidad.
b) Aquellos miembros de nuevas empresas que surjan en el ámbito portuario y que no estén representados en el Consejo de Calidad, previa aceptación del mismo.
c) Un representante alterno del miembro principal, quien podrá participar en las sesiones del Consejo como miembro activo, el mismo que será nombrado por el miembro principal del sector representado y que previamente haya sido comunicado su designación al Secretario del Consejo..

Artículo 11º.- Registro de miembros

A fin de que en todo momento pueda conocerse su composición, el Consejo de Calidad mantendrá un registro de sus miembros principales y alternos, en el que conste el nombre de la empresa, organismo y sector al que representa cada miembro.

Artículo 12º.- Derechos de los miembros

1 – Son derechos de los miembros del Consejo de Calidad:

a) Presentar las cuestiones relativas al funcionamiento de la Comunidad Portuaria que consideren deban ser tratadas en el seno del Consejo.
b) Participar en la toma de decisiones sobre todas las cuestiones planteadas en el Consejo.
c) Todos los miembros principales o alternos tendrán derecho a voz; pero solo los miembros principales tendrán derecho a voz y voto. En caso de ausencia del miembro principal, el alterno que lo reemplace tendrá derecho a voz y voto.

2 – Son derechos de los organismos, instituciones, empresas o sectores acreditados con la distinción de la Marca de Garantía:

a) Disponer de un representante del sector al que pertenecen, dentro del Consejo de Calidad.
b) Ser informados oportunamente y a través de su representante de las decisiones adoptadas en el Consejo de Calidad.

c) Proponer a su representante los temas que consideren convenientes discutir en el seno del Consejo de Calidad.

Artículo 13º.- Deberes de los miembros

1 – Son deberes de los miembros del Consejo de Calidad:

a) Concurrir a las reuniones a las que sean convocados y participar en la toma de decisiones con voz y voto sobre las cuestiones que se planteen.
b) Desempeñar sus funciones con la debida diligencia.
c) Acatar las recomendaciones y resoluciones que se tomen en el Consejo de Calidad y comunicarlos a los sectores representados.
d) Respetar la libre manifestación de opiniones y ajustar su actuación a las disposiciones legales y reglamentarias.

2 – Son deberes de los organismos, instituciones, empresas o sectores acreditados con la distinción de la Marca de Garantía:

a) Cumplir con las recomendaciones y resoluciones que se tomen en el Consejo de Calidad.
b) No entorpecer las actividades del Consejo y prestar la necesaria colaboración al mismo.
c) Facilitar información sobre las cuestiones que no tengan naturaleza reservada cuando sea requerida por el Consejo.
d) Colaborar en el buen funcionamiento del puerto y contribuir a la mejora continua de la calidad de los servicios ofrecidos de la manera en que sea requerido por el Consejo.

TITULO IV. ÓRGANOS DE GOBIERNO Y GESTIÓN

Artículo 14º.- Organización del Consejo.

Será Presidente del Consejo un representante nombrado a tal efecto por el ente que lidere el Programa de Calidad.

Así mismo, el presidente nombrará su alterno y este será el Vicepresidente del Consejo de Calidad.

El Consejo designará, de entre sus miembros, un Secretario y además deberá contar con un Asesor Legal.

El desempeño de estos cargos tendrá una duración igual a la del cargo de miembro del Consejo, salvo cuando el cargo de Secretario recaiga sobre un no miembro, en cuyo caso la duración del cargo de Secretario será indefinida, sin perjuicio de su revocación por acuerdo del Consejo.

Artículo 15º.- El Presidente

Al Presidente le corresponde ostentar la representación del Consejo ante toda clase de personas, autoridades y entidades públicas y privadas. Presidirá las reuniones y dirigirá sus debates y, en su caso, ejecutará los acuerdos del Consejo, pudiendo para ello realizar toda clase de actos y firmar aquellos documentos necesarios a tal fin, así como delegar esta facultad en su ausencia temporal al Vicepresidente y en ausencia de este, al Secretario.

Artículo 16º.- El Vicepresidente

Corresponde al Vicepresidente realizar las funciones del Presidente en los casos de ausencia temporal o enfermedad, pudiendo actuar también en representación del Consejo en aquellos supuestos en que así se determine por acuerdo del mismo.

Artículo 17º.- El Secretario

La dirección del funcionamiento técnico y administrativo del Consejo de Calidad estará a cargo del Secretario del Consejo.

Su nombramiento y remoción corresponde al Consejo, previa propuesta consensuada y con el asentimiento del líder del programa de calidad en el puerto.

Son funciones del Secretario la custodia de toda la documentación perteneciente al Consejo; levantar las actas correspondientes a las reuniones y expedir, con el visto bueno del Presidente o de quien, en su ausencia haya presidido la reunión, las certificaciones de las actas y de los acuerdos del Consejo, y todas aquellas que expresamente se le deleguen.

El Secretario convocará las reuniones ordinarias y extraordinarias del Consejo y fijará el orden del día, de acuerdo con el Presidente.

Además de estas funciones, el Secretario también dará traslado a las organizaciones o sectores representados en el Consejo de los acuerdos adoptados cuando así proceda y asesorará al Consejo sobre aquellos asuntos que se considere conveniente.

El secretario, también cumplirá las funciones determinadas en el art. 15 de este reglamento. Cuando se diere este caso, el alterno del Secretario cumplirá sus funciones.

Artículo 18º.- Reuniones del Consejo y convocatoria

El Consejo se reunirá ordinariamente una vez al mes. Con carácter extraordinario, el Consejo se reunirá cuando lo convoque su Presidente, a iniciativa propia o cuando lo soliciten un tercio de los miembros del Consejo.

La convocatoria se realizará por cualquier medio que acredite su recepción (mediante fax, carta con acuse de recibo o correo electrónico), aunque primará el uso del correo electrónico, dado que facilita enormemente el intercambio de información. La convocatoria se remitirá con una antelación mínima de cinco días a la fecha de la reunión ordinaria y se dirigirá a cada uno de los miembros del Consejo a la dirección electrónica que facilite al Consejo. En la convocatoria se hará constar el lugar, día y hora de celebración de la reunión, el orden del día y el acta de la reunión anterior, a no ser que se haya enviado con anterioridad.

Las reuniones extraordinarias se convocarán por cualquiera de los medios ya descritos con por lo menos 48 horas de anticipación.

No será necesario observar dichos requisitos de convocatoria cuando, hallándose presentes la totalidad de los miembros, decidieran por unanimidad su celebración.

TITULO V. RÉGIMEN DE ACUERDOS

Artículo 19º.- Forma de deliberar y tomar los acuerdos

Los acuerdos se adoptarán por mayoría de los asistentes a la reunión que tengan derecho al voto, y, en caso de empate, será dirimente el voto del Presidente. Sin embargo, para acordar actos como la modificación del presente Reglamento se requerirá el voto favorable de la mitad más uno de todos los miembros del Consejo.

Cada miembro principal tendrá derecho a un voto, sin que quepa un miembro sin derecho al mismo.

Las reuniones serán dirigidas por el Presidente, concediendo la palabra por riguroso orden de petición, primero a los que la hayan solicitado por escrito y después, a los que la pidan verbalmente a lo largo de la reunión.

Cada uno de los puntos del orden del día será objeto de votación, si procede, por separado, consignando en el acta la mayoría con que se adopte cada uno de los acuerdos y, cuando lo solicite quien haya votado en contra, su oposición a los mismos.

Los acuerdos del Consejo así como las deliberaciones constarán en acta que será aprobada al finalizar la reunión o en la subsiguiente y firmada por el miembro que la presida y el Secretario. Las actas se extenderán en el libro de actas o en documento aparte que deberá transcribirse a dicho libro.

Las certificaciones de las actas y de los acuerdos del Consejo serán expedidas por el Secretario con el visto bueno del Presidente o de quien, en su ausencia, haya presidido la reunión. Para su validez, las certificaciones deberán contener: la fecha y lugar de

celebración; la fecha y modo de la convocatoria; el número de miembros presentes; el contenido de los acuerdos adoptados; el resultado de las votaciones y la aprobación del acta.

Artículo 20º.- Disolución del Consejo de Calidad

El Consejo de Calidad podrá disolverse por alguno de los siguientes motivos:

a) Porque la Marca genere un órgano nuevo o alternativo para desarrollar las funciones del Consejo.
b) Porque toda la Comunidad Portuaria decida apartarse del programa de calidad "Marca de Garantía".

TITULO VI. COMISIONES DE TRABAJO: GRUPOS DE TRABAJO

Artículo 21º.- Constitución de los Grupos de Trabajo

El Consejo de Calidad constituirá los Grupos de Trabajo que estime convenientes para el mejor cumplimiento de sus fines.

Los Grupos de Trabajo analizarán las problemáticas específicas que afecten al funcionamiento de la Comunidad Portuaria y harán las recomendaciones que consideren pertinentes.

La propuesta de creación de un Grupo nuevo puede surgir tanto desde el seno del propio Consejo como a petición de otros organismos vinculados con la actividad portuaria, en este

caso, la propuesta que se presentaré deberá ser debidamente analizada por el pleno del Consejo, la misma que de convenir a los intereses del programa de calidad de los servicios portuarios, deberá ser aceptada por el Consejo de conformidad con el Articulo 19 del presente reglamento.

En todo caso, los Grupos de Trabajo que se decida conformar estarán supeditados al Consejo de Calidad.

Artículo 22º.- Duración

Los Grupos tendrán una duración limitada en función de la solución de la problemática concreta que originó su constitución. También, si así se decide por el Consejo de Calidad, podrá prolongarse su existencia por un tiempo indefinido con el objetivo de lograr una mejora continua en su ámbito de actuación.

Artículo 23º.- Responsable del Grupo de Trabajo

El Responsable del Grupo de Trabajo será designado por el Consejo de Calidad y será el encargado de convocar las reuniones, de elaborar las actas de las mismas y de dirigir los debates, debiendo contar con un secretario. El responsable del Grupo deberá informar periódicamente al Consejo de Calidad sobre las actividades desarrolladas y los acuerdos alcanzados en el seno del Grupo de Trabajo.

Artículo 24º.- Composición del Grupo de Trabajo

El Grupo de Trabajo estará compuesto por representantes de todas las partes involucradas en el asunto objeto de análisis y que serán designadas por el Consejo de Calidad. La inclusión como miembro para formar parte de un Grupo de Trabajo determinado no requiere de la condición de pertenecer al Consejo de Calidad, pudiendo recaer esta tarea en el personal que se considere más capacitado para este tipo de funciones de carácter más técnico.

Artículo 25º.- Periodicidad de las reuniones

Corresponde al Responsable del Grupo de Trabajo establecer la periodicidad necesaria para las reuniones. El Consejo de Calidad podrá realizar las propuestas que estime convenientes para su consideración por el Grupo de Trabajo, tanto sobre la periodicidad de las reuniones como sobre otras cuestiones que le afecten.

PROGRAMA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS PORTUARIOS

OBJETIVO: LA MARCA DE GARANTÍA

Reglamento interno de funcionamiento del Consejo de Calidad de la Comunidad Portuaria de Guayaquil

ANEXO

GRUPOS		ACTORES	NOMBRE PRINCIPAL	NOMBRE ALTERNO	DIRECCIÒN E-MAIL
1	1	Agentes de Aduanas	Ab. Enrique Càrdenas Mena	Eco. Aparicio Valero Ochoa	ada@telconet.net aparicio@valeroyochoa.com seima@gye.satnet.net
2	2	Agentes Consolidadores	Sr. Xavier Aguirre Molina	Sr. Roberto Calderón Machiavello	xavier.aguirre@uniline.com.ec rcalderon@rocalvi.grcal.com
3	4	Agentes Marìtimos	Sr. Luis Fernando Trujillo Seminario	Ing. Ivan Vasco	lftrujillo@greenandes.com.ec

4	5	Amarradores	Sr. Julio Lavanda Casquete		dencsa@hotmail.com
5	6	Autoridad Marìtima	Calm. Eduardo Navas Nájera	Valm. Jorge Cruz Game	dirgen_digmer@armadaecuador.com / sectec@telconet.net/ jacruzgame@hotmail.com
5	7	Autoridad Portuaria	Calm. Hugo Cañarte Jalón	Valm. Timoshenko Guerrero R.	TimoshenkoGuerrero@puertodeguayaquil.com
5	8	Autoridad Portuaria	Walter Martìnez Balda	John Gudalupe Gudalupe	waltermartinez@puertodeguayaquil.com jhonguadalupe@puertodeguayaquil.com
6	9	Aduana	Ing. Holger Viteri Plazaerte	Ing. Ivan Polo Quiñonez	ipolo@aduana.gov.ec
7	#	Depòsito de Contenedores	Ing. Juan Jurado Von Buschwald		jjurado@tasesa.com
8	#	Empresas Permisionarias	Ing. Nelson Arancibia Rojas		narancib@ecuaestibas.com
8	#	Empresas Permisionarias	Calm. Alfonso Pinto Tapia		apinto@transagent.com.ec
9	#	Pràcticos	Cap. Santiago Toledo Echeverrìa		stoledoe@gye.satnet.net
9	#	Pràcticos	Cap. Arnulfo Avellàn		donave@porta.net
10	#	Remolcadores	Ing. Jorge Peralta Bayona	Ing. Nelson Quito Cáceres	ggilces@sagemar.com.ec
11	#	SESA	Dr. Luis Naveda Cedeño	Ing. Jorge Borja Fuentes	
12	#	Verificadoras	Lcda. Martha de Avalos	Ing. Juan Carlos Elizalde	martha_de_avalos@sgs.com Juan.elizalde@sgs.com
13	#	Policìa Antinarcòticos	Tnte. Juan Pablo Luna Ojeda		toquillo@hotmail.com
14	#	Transportistas Terrestres	Sra. Fanny Mosquera Oyague		famoy2000@yahoo.es
14	#	Transportistas Terrestres	Tclogo. Denis Quispe Rosillo		catrapeg@easynet.net.ec
15	#	Operadores Portuarios de Carga (Empresa Estibadoras Frutas)	Sr. Claudio Lossa Chaval	Cap. Freddy Ruales García	reyesa@gye.satnet.net
16	#	Operadores Portuarios de Carga (Empresa Estibadoras Contenedores)	Ec. Maria Luisa Beckmann		tesnav@leroni.com.ec tesnav.leroni@satnet.com
16	#	Operadores Portuarios de Carga (Empresa Estibadoras	Ing. Pedro Pozo Dueñas		pozoservicio@ecuadortelecom.com

		Contenedores)			
17	#	Terminal Concesionado	Ing. Jorge Baquerizo Carbo		jbaquerizo@andinave.com
18	#	Delegado Municipio de Guayaquil	Ab. Josè Joaquin Franco		jjfranco@francolegal.com
19	#	Fundación Dragado	Ing. Bolívar Wong Lee		josewonglee@yahoo.com
	##	CTDT ESPOL	Ing. Gomer Rubio Roldan		
	#	CTDT ESPOL	Ing. Jorge Ugarte		

¿Qué es "El Niño"?

Eduardo Zambrano Q*.

Se conoce con el nombre de "El Niño a la alteración del sistema global océano-atmósfera que tiene su origen en el Océano Pacífico Ecuatorial, con repercusiones climáticas a escala global.

La región del Pacífico Oriental, de agua relativamente fría, es la residencia de una de las pesquerías más productivas del mundo así como de una gran población de aves marinas; siglos atrás la aparición de las aguas cálidas frente a las costas de Ecuador y Perú, fue identificada por los pescadores del norte del Perú y sur del Ecuador, quienes originalmente le dieron el nombre de Corriente de El Niño Dios, en referencia al nacimiento de Jesús, ya que estas aguas cálidas hacían su aparición a finales de diciembre, cerca de la Navidad; posteriormente con el correr del tiempo el nombre se modificó a Corriente de El Niño.

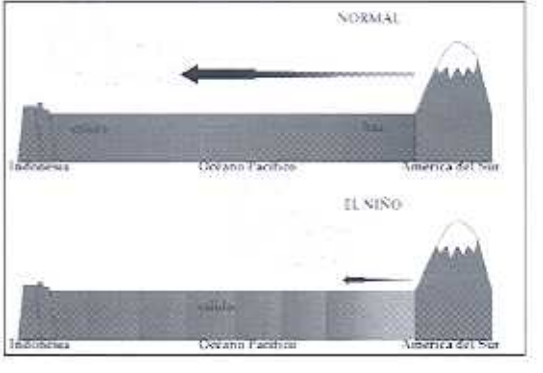
De tiempo en tiempo, los pescadores de la región observaban que la intensidad de la Corriente de El Niño era mayor, causando gran mortandad de peces y aves marinas, acompañadas de torrenciales lluvias y tormentas eléctricas en la zona costera, que convertían al desierto en un jardín.

A este evento extraordinario que se produce cada cierto tiempo se lo denominó Fenómeno de El Niño o simplemente El Niño; asignándole al calentamiento que anualmente ocurre frente a las costas de Ecuador y norte del Perú el nombre de Corriente de El Niño.

El Niño se lo considera como la repuesta dinámica del océano al forzamiento prolongado de la atmósfera sobre el

Pacífico Tropical; presentando la temperatura superficial del mar, anomalías positivas de por lo menos una desviación estándar, frente a las costas de Ecuador y Perú, debiendo permanecer éstas anomalías no menos de cuatro meses.

El Niño es un fenómeno recurrente que no tiene una periodicidad conocida, presentándose a intervalos de dos a siete años y se caracteriza porque la superficie del mar y la atmósfera sobre él, presentan una condición cálida anormal, durante un periodo que va de doce a dieciocho meses.

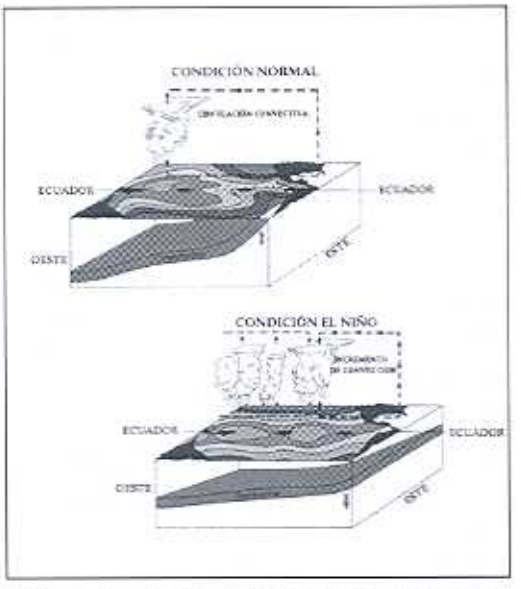


Se podría decir que el fenómeno de El Niño se inicia en el Pacífico Tropical, cerca de Australia e Indonesia, y con él se altera la presión atmosférica en zonas muy distantes entre sí, produciéndose cambios en la dirección y en la velocidad de los vientos,

* Instituto Oceanográfico de la Armada, Guayaquil Ecuador, Avda. de la Marina, Base Naval Sur. http://www.inocar.mil.ec

desplazándose la zona de lluvia hacia el este en la región tropical.

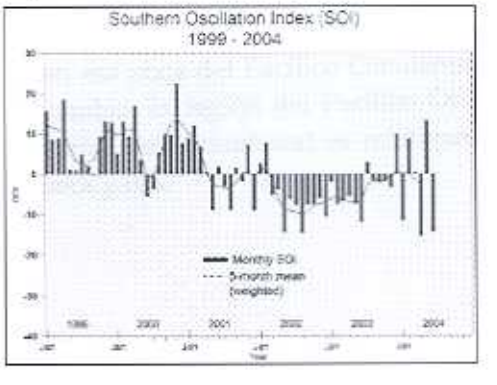
Durante "El Niño", por diferencia en la presión atmosférica, los vientos Alisios se debilitan o dejan de soplar. El máximo de temperatura superficial del mar que se localiza en la zona occidental del Pacífico gradualmente se desplaza hacia el este y, alrededor de seis meses después, alcanza la costa de América del Sur, en el extremo este del Pacífico Ecuatorial.



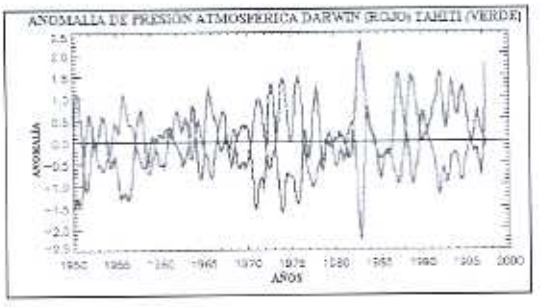
Además de la temperatura del mar, también se dan cambios en la salinidad de las aguas, alternándose, por lo tanto, las condiciones ambientales para los ecosistemas marinos. Estos cambios afectan la disponibilidad y abundancia de las poblaciones de peces, especialmente en las áreas del Pacífico Oriental y, por ende, la actividad pesquera se reduce a su mínima expresión.

Los cambios en la circulación atmosférica alteran el clima global, con lo que se afectan la agricultura, los recursos hídricos y otras actividades económicas importantes en extensas áreas del planeta; otros impactos adversos incluyen un aumento en la frecuencia de incendios forestales, inundaciones, erosión costera, alteraciones en el anidamiento de aves marinas y en los arrecifes coralinos, así como la presencia de tormentas tropicales. Esto tiene repercusiones no deseadas, con impactos adversos en la producción y exportación pesquera y de otros productos alimenticios, afectando seriamente, de manera negativa, la calidad de vida de los residentes en las áreas afectadas.

La contraparte atmosférica de El Niño la constituye la Oscilación del Sur (OS); reconocida como la variación coherente de la presión atmosférica en intervalos interanuales, la cual está relacionada con los eventos atmosféricos que se suceden a escala global, particularmente en los trópicos y subtrópicos. Sir Gilbert Walker fue quién primeramente documentó y denominó a la OS en 1930, cuya señal constituye la relación inversa entre la presión atmosférica de Tahití y Darwin en Australia; es decir presión alta en un sitio es casi siempre coexistente con presión baja al otro, y viceversa, esta oscilación a manera de un "sube y baja," en la que una masa de aire oscila de un lado a otro por la línea de fecha Internacional en los trópicos y subtrópicos. El Índice de Oscilación del Sur (IOS) se refiere a la diferencia normalizada de la presión atmosférica de superficie entre Tahití, Polinesia francesa y Darwin en Australia. IOS negativo se asocia con vientos alisios



débiles, por debajo de lo normal y con condiciones de El Niño; valor positivo de IOS se asocia a vientos fuertes, por arriba de lo normal y con condiciones de La Niña.

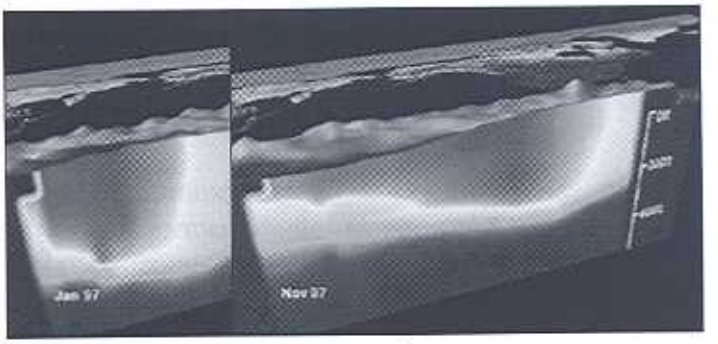


El desplazamiento del máximo de temperatura superficial del mar va acompañado de un relativo enfriamiento en el Pacífico Occidental, es decir, cerca de Asia. Además, durante "El Niño", la formación de nubes y precipitación también emigra hacia América pues, en la atmósfera se produce una alteración del patrón de la presión atmosférica, que baja en el lado este del Pacífico y sube en el oeste. A la aparición y desplazamiento del máximo de temperatura se le ha nombrado más recientemente "episodio cálido" y al sube -y- baja de la presión atmosférica, Oscilación del Sur; modernamente se lo nombra como evento ENOS (ENSO en inglés), acrónimo de El Niño - Oscilación del Sur, denotando con ello el conjunto de alteraciones en los patrones normales de circulación del océano y la atmósfera. El término ciclo ENOS se lo emplea para describir el rango completo de la variabilidad del Índice de Oscilación del Sur incluyendo (El Niño y La Niña) la fase cálida y fría.

La relación El Niño – Oscilación del Sur (ENOS), es capaz de producir cambios climáticos en lugares distintos y lejanos de donde estos se producen, conociéndoselos como Teleconexiones, de tal manera que durante un evento ENOS, tenemos sequía en muchas de las regiones normalmente húmedas, como Indonesia, Australia, noreste del Brasil, África ecuatorial entre otros lugares, mientras que se producen copiosas lluvias en Ecuador, Perú, California por mencionar algunos.

Jacob Bjerknes renombrado meteorológico en 1969, notó que los vientos alisios, a través del Pacífico Tropical, fluyen de este a oeste y, para completar la vuelta, teorizó que el aire debía subir por el Pacífico Occidental y descender en el Pacífico Oriental. Bjerknes llamó a esta celda de circulación como circulación Walker (en honor a Sir G. Walker); siendo también el primero en reconocer que estaban íntimamente ligado al cambio oceánico de El Niño y La Niña.

Los vientos alisios orientales son un ingrediente importante en el desarrollo del ENOS, ya que en condiciones normales, los vientos del este, apilan una gran cantidad de agua y calor en la parte occidental del océano Pacífico. El nivel de la superficie del mar es, en consecuencia, aproximadamente 50 cm más alto en Indonesia que frente a las costas de Ecuador y Perú. Además, la diferencia en la temperatura superficial del mar entre ambas zonas del Pacífico es de alrededor de 8ºC. Asimismo las lluvias que se localizan en el sureste de Asia, debido a la formación de nubes y a la consecuente precipitación, están asociadas al aire cálido ascendente, proveniente del calentamiento del agua en esa zona del Pacífico Occidental. En cambio, la región del Pacífico Oriental (cerca de Suramérica) es relativamente seca y fría.



Durante el proceso de formación, desarrollo y debilitamiento de un episodio ENOS es posible reconocer cuatro fases:

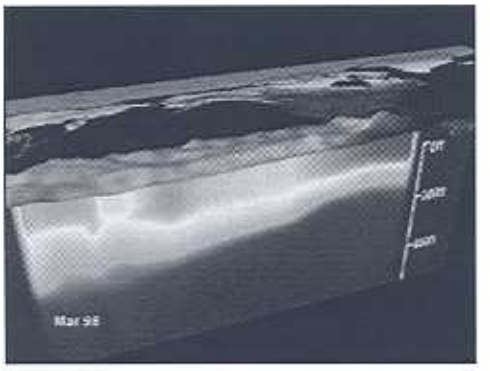
Fase Precursora, durante esta fase se presentan fuertes vientos y corrientes ecuatoriales del este, transportando agua hacia la región occidental del Pacífico; la presencia de estos vientos favorece la surgencia ecuatorial y la zona convectiva de alta pluviosidad se mantiene restringida al oeste del Pacífico.

El transporte de agua hacia el margen occidental del Pacífico incrementa el nivel medio del mar en ese lugar, mientras que disminuye en el margen oriental (frente a las costas de Ecuador y Perú); disminuye la temperatura del mar, se intensifica la corriente fría de Humboldt, el IOS se incrementa (valores positivos) y se presentan bajos valores de lluvias (tendencia a la sequía) en la costa occidental de Sudamérica, mientras que en la región de Australia y Nueva Zelanda se presentan lluvias copiosas.

Fase de Inicio, alrededor de octubre en el Pacífico Ecuatorial Central y Occidental los vientos del este se debilitan y aparecen vientos del oeste, eliminándose las surgencias de aguas frías, apareciendo en su lugar altos valores de temperatura superficial del mar, el IOS desciende a valores negativos, la zona convectiva de alta pluviosidad inicia su desplazamiento hacia el este, mientras que frente al Ecuador y Perú se inicia ascenso del nivel medio del mar y la profundización de las capas de agua fría (termoclina) y la corriente de Humboldt se debilita.

Fase Madura, altas temperatura de la superficie del mar alcanzan las costas de América entre los meses de octubre a enero, al tiempo que el nivel del mar aumenta notablemente y se profundizan las aguas frías, incrementándose el contenido de calor en la costa occidental de Sudamérica, generalizándose altas y prolongadas precipitaciones en Ecuador y Perú, al tiempo que en la región de Australia y Nueva Zelanda se presentan severas y prolongadas sequías; el IOS continúa negativo, pudendo incrementarse dependiendo de la magnitud del evento ENOS. Esta fase puede durar entre 10 y 15 meses.

Fase de Decaimiento, en el Pacífico Central se comienzan a debilitar los vientos del oeste, mientras que en el Pacífico Oriental se inicia el descenso de la temperatura superficial del mar, y se fortalecen las corrientes ecuatoriales y de Humboldt; el IOS recupera sus valores normales al igual que el patrón de precipitación. En general el Pacífico Tropical retorna a sus condiciones normales.



Recientes trabajos de modelamiento matemáticos del ENOS, señalan que el almacenamiento de calor en los océanos tropicales es un elemento importante en el mecanismo de los eventos ENOS; aparentemente la reducción de nubosidad y lluvias ocurridas durante La Niña, facilita el almacenamiento de calor solar, en el área del Pacífico Occidental. Durante El Niño el calor es transportado, por las corrientes oceánicas, desde los trópicos hacia las altas latitudes, liberando el calor a la atmósfera principalmente por la evaporación. Es decir que el Pacífico tropical pierde calor durante los El Niño y lo gana en La Niña.

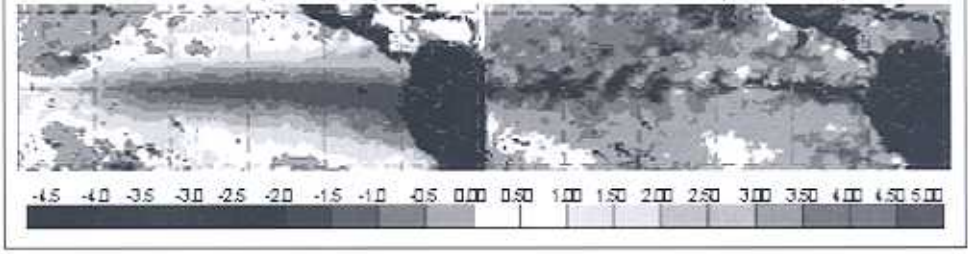
Algunos modelos señalan, que el tiempo que el océano necesita para recargarse de calor, seria lo que determine cuando un evento ENOS inicia y finaliza. Sin embargo, condiciones fuera de los trópicos también parecen ser importantes. Cambios atmosféricos sobre el Pacífico Sur a menudo preceden a los cambios en la Oscilación del Sur de una a tres estaciones. Algunos estudios han revelado, durante el inicio de El Niño, anómalas tormentas de nieve sobre Asia asi como los monzones en el sureste de Asia. Las perturbaciones de las ondas que viajan a través del Pacífico Tropical y Subtropical pueden también jugar un rol en la medida que ellas se reflejan en los bordes de la cuenca oceánica. Las oscilaciones Madden-Julian, las cuales ocurren en la atmósfera en periodos de 40-50 dias, contribuyen con incrementos súbitos de los vientos del oeste en el Pacífico Occidental los cuales también jugarían un rol importante. La presencia de ruidos aleatorios en el tiempo podrían iniciar procesos en el sistema acoplado que desencadenaría un El Niño o La Niña. quizás existan múltiples formas de que un evento ENOS pueda ser activado.

El proceso oceánico opuesto a El Niño se lo conoce como La Niña, el cual consiste en el enfriamiento del Pacífico Ecuatorial,; en otras palabras La Niña se constituye en la fase fria del evento ENOS (El Niño es la fase cálida). A La Niña, algunos investigadores también la han denominado como el anti-El Niño o El Viejo; sin embargo el término La Niña es el más aceptado y conocido en la comunidad científica.

Las temperaturas frías que se presentan frente a las costas de América del Sur se deben a un proceso oceánico denominado surgencia, el cual se produce por la acción conjunta de los

ANOMALÍA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

EL NIÑO (DIC 1997) **LA NIÑA (DIC. 2000)**



vientos soplando paralelo a la costa y la rotación de la Tierra. Una surgencia es el afloramiento de un cuerpo de agua profunda hacia la superficie cerca de la costa. Al provenir de niveles profundos del océano, el agua de una surgencia es fría y rica en nutrientes, lo que permite soportar altos niveles de productividad primaria, diversos ecosistemas marinos y, en consecuencia, grandes pesquerías.

REFERENCIAS

Climate Diagnostic Center, NOAA: Multivariate ENSO Index, Internet, http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.mei_index.html

Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia (INAMHI): Climas del Ecuador, Internet. http://www.inamhi.gov.ec/Climatologia/index.html

McCreary, J., 1976: Eastern Tropical Ocean Response to Changing Wind systems: with Application to El Niño. J. Phys Oceanogr., 6, 632-645.

Moreano, H. R., 1983: Interacción Océano – Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, 2 (1), 1-11.

Namias, J., 1976: Some Statistical and Synoptic Characteristics Associated with El Niño. J. Phys Oceanogr., 6, 130-138.

Rasmusson E. M., y T. H. Carpenter, 1982: Variations in Tropical Sea Surface Temperature ans Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño. Mon. Wea. Rev., 110, 354-384.

Zambrano, E., 1996: El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico, 10 (1), 9-20.

Zambrano, E., 1998: Un análisis de la estructura termal de la estación costera "La Libertad" y su relación con los eventos ENSO. Bull. Inst. fr. Études andines, 27(3), 529-536.

Zambrano, E., 2000: Variabilidad Oceanográfica en Ecuador asociada con el evento ENSO 1997–98. Acta Oceanográfica del Pacífico, 10 (1), 9-20.

INDICE

.:. Resumen
.:. La Pesca Maritima en la Argentina
.:. La Flota Pesquera
.:. Fiscalizacion de Pennisos de Pesca
Antecedentes 1, 2 y 3
.:. Acciones del C.P .I.N.
Esfuerzo Pesquero Relativo
.:. Procedimiento de Fiscalizacion
.:. Disefio de las Tablas de Ponderacion
.:. Ejemplo de Tabla de Ponderacion
.:. Resultados Estadisticos
.:. Conclusiones .

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la recopilación de la información disponible en el Consejo Profesional de Ingeniería Naval (C.P.I.N.) de la República Argentina, relativa a los trabajos realizados por los Profesionales matriculados, a lo largo de cinco (5) años de aplicación de un método de cálculo del Esfuerzo Pesquero Relativo (EPR).

Primeramente se expone la realidad actual de la Industria Pesquera en la Argentina y de la legislación vigente, en particular para el régimen establecido para las transferencias de Permisos de Pesca, y a continuación se explican los antecedentes y alcances del método de cálculo del EPR.

La Pesca Marítima en la Argentina (Fuente DNPyA)

- La costa marítima argentina tiene una longitud cercana a los **5.000 km**, sin contar las islas oceánicas.

- La plataforma continental (hasta los 200 metros de profundidad) es de **769.400 km2.**

- El tipo de fondo de la plataforma, en general, es terrígeno-arenoso y de fango, lo que facilita las tareas de pesca, en particular las de arrastre.
- Las estadísticas pesqueras de nivel nacional muestra capturas de unas 50 especies de peces, 5 de crustáceos y 7 de moluscos.

- Cuatro especies, merluza común, polaca, merluza de cola y abadejo, explican el 80% de las capturas de peces y el 57% de las totales. La pesca del calamar es el 26% de los desembarques totales.

- Como ejemplo, en el año 2003 la exportación de 486.000 toneladas de productos pesqueros sumó U$S 886 millones.

- En el año 2004 la flota Fresquera desembarcó un total de 460.000 toneladas y la flota Congeladora desembarcó 390.000 toneladas.

La Flota Pesquera

Los registros oficiales dan cuenta de la existencia de **730 buques pesqueros** con permiso nacional de pesca vigente, cuya distribución por tipo de buque es la siguiente:

TIPO DE BUQUE	CANTIDAD
Fresqueros de Rada o Ría	186
Fresqueros Costeros	122
Fresqueros de Altura	137
Congeladores Arrastreros	157
Congeladores Poteros	97
Congeladores Palangreros, Tangoneros, Surimeros ...	31
	730

- **Buques Fresqueros** son los que refrigeran la captura con hielo y pueden subdividirse en:
  - De Rada ó Ría: Son las embarcaciones que realizan mareas diarias
  - Costeros: Son las embarcaciones que realizan mareas de hasta 5 días dentro de las 12 millas náuticas.
  - De Altura: Son las embarcaciones que realizan mareas de hasta 15 días.
- **Buques Congeladores** son los que poseen sistema de congelamiento a bordo y pueden subdividirse según su arte de pesca:
  - Arrasteros: Son las embarcaciones que operan con red de arrastre
  - Palangrero: Son las embarcaciones que operan con palangre
  - Potero: Son las embarcaciones que operan con poteras (Especie Objetivo = Calamar)
  - Tangoneros: Son las embarcaciones que operan con tangón (Especie Objetivo = Langostino)
  - Surimero: Son arrastreros que procesan pasta surimi (Especies Objetivo = Polaca, Merluza de cola)

FISCALIZACION de Permisos de Pesca

➢ **Antecedente 1:**

- La Nación Argentina a través de la Ley Federal de Pesca N° 24.922, sancionada el 9 de diciembre de 1997, fomenta el ejercicio racional de la pesca marítima y la conservación a largo plazo de los recursos pesqueros.

➢ **Antecedente 2:**

- La creciente explotación de la merluza común a lo largo de las dos últimas décadas sustentó el fuerte incremento de la actividad pesquera, motivando:
  - 1) el aumento y modernización de las flotas,
  - 2) la incorporación de nuevas especies-objetivo,
  - 3) el desarrollo y la modernización de los puertos,
  - 4) la aparición de mayor cantidad de plantas procesadoras en tierra,
  - 5) la creación de numerosos puestos de trabajo y
  - 6) el aumento de los ingresos por exportaciones.
- La grave crisis que afectó a la merluza común en años recientes obligó a las autoridades nacionales a adoptar medidas precautorias tendientes a evitar y prevenir la sobreexplotación y a permitir la recuperación del recurso.
  (Decreto de Emergencia Pesquera N°189/99 y posteriores).

➢ **Antecedente 3:**

- - Desde antes de la promulgación de la Ley Federal de Pesca, la Dirección Nacional de Pesca y Acuicultura (DNPyA), a través de la Subsecretaría de Pesca, analizaba las transferencias de los Permisos de Pesca solicitados por los Armadores Pesqueros, en función de dos únicos parámetros: la potencia de máquinas y la capacidad de bodega.
- - En sucesivas reuniones técnicas entre las Autoridades de la Subsecretaría de Pesca y las Autoridades del C.P.I.N., se planteó la necesidad de implementar un método más representativo de la realidad, basándolo en dos pilares: 1) la intervención de una terna de Profesionales de la Ingeniería Naval para realizar el análisis técnico de las embarcaciones pesqueras, y 2) el diseño de una metodología de cálculo que, aplicado por dichos Profesionales, sirviera de patrón para comparar dichas embarcaciones.
- - Como resultado de lo anterior, la Dirección Nacional de Pesca y Acuicultura, por nota DNPyA Nº 1112/00, requiere del Consejo Profesional de Ingeniería Naval (C.P.I.N.) asistencia profesional para el cumplimiento de las obligaciones impuestas por la Ley Federal de Pesca Nº 24922 en su artículo 30.

  - **La Ley Federal de Pesca en su Artículo 30 dice:**

  - ***"El permiso de pesca sólo podrá ser transferido a otra unidad o unidades de capacidad equivalente, que no impliquen un incremento del esfuerzo pesquero, cuando ésta o éstas reemplacen a la primera por siniestro, razones de fuerza mayor o cuando hubiera llegado al límite de su vida útil previa autorización de la Autoridad de Aplicación"***

Acciones del C.P.I.N.

- **Resolución 7/2000 (Actualizada por Res. 8/2004):**

- Crea la Comisión de Fiscalización de Permisos de Pesca para emitir los dictámenes que, por orden de la Dirección Nacional de Pesca y Acuicultura, en cumplimiento de las obligaciones emanadas de la Ley Federal de Pesca, requieran los Armadores de Embarcaciones de Pesca.
  Esta Comisión está compuesta por aquellos profesionales matriculados en el C.P.I.N., que se inscriben voluntariamente para participar de un sorteo público anual.

- Diseña Tablas de Ponderación para analizar y comparar parámetros técnicos de las embarcaciones pesqueras, determinando un coeficiente que se denominó Esfuerzo Pesquero Relativo "EPR". (Se anexa una Tablas de ejemplo al presente documento)

Esfuerzo Pesquero Relativo (EPR)

- El "Esfuerzo Pesquero", como concepto, incluye la capacidad de la embarcación y de sus artes de pesca, la potencia de su planta motriz y la actividad que puede desarrollar en el caladero expresada en cantidad de días de marea.

- Los Profesionales de la Ingeniería Naval, por sus incumbencias, y de acuerdo a lo requerido por la Autoridad Pesquera, sólo basan sus dictámenes en el análisis técnico comparativo de las embarcaciones entrantes y salientes.
  Por ser este dictamen una visión parcial del "Esfuerzo Pesquero", se lo ha denominado "Esfuerzo Pesquero Relativo"

Procedimiento de Fiscalización

1- El Armador solicita a la DNPyA autorización para el reemplazo de una o más embarcaciones (Saliente/s) por una o más embarcaciones (Entrante/s).

2- A solicitud de la DNPyA, el C.P.I.N. nomina tres (3) profesionales de la Comisión de Fiscalización según orden de sorteo.

3- Los profesionales nominados contactan al Armador, toman conocimiento general de la tarea a realizar y pactan libremente sus condiciones contractuales.

4- La terna nominada procede a efectuar las inspecciones técnicas de la documentación y de las embarcaciones dentro de los 30 días, confeccionando su dictamen y entregándolo al C.P.I.N.

5- El C.P.I.N. verifica el cumplimiento de las formalidades estipuladas por la Resolución, pone en conocimiento del dictamen al Armador para su aceptación u observación.

6- De ser aceptado el dictamen por el Armador, el C.P.I.N. lo eleva a la DNPyA. para su análisis y decisión final como Autoridad de aplicación.

7- De ser observado el dictamen por el Armador, los profesionales podrán, si correspondiera, aceptar las observaciones, modificando su dictamen o mantener el resultado inicial y el C.P.I.N. procederá a elevarlo a la DNPyA. para su análisis y decisión final como Autoridad de aplicación.

DISEÑO DE LAS TABLAS DE PONDERACION

- En el año 2000, el C.P.I.N formó una Comisión que diseñó las Tablas de Ponderación para cada Tipo de Buque, en consulta con sus matriculados de mayor experiencia en la materia.

- A la luz de las experiencias de los trabajos realizados durante cinco (5) años, en el 2004 se efectuó una revisión de las Tablas utilizando el mismo procedimiento, publicándose las mismas con ligeras modificaciones.

- En las Tablas de Ponderación, algunos de cuyos ejemplos se adjuntan a continuación, pueden observarse los factores utilizados para medir el peso relativo de cada característica del buque.

- La verificación y evaluación técnica de las características de los buques inspeccionados queda en manos de los profesionales nominados para emitir el dictamen de Esfuerzo Pesquero Relativo (EPR)

- A los efectos del cumplimiento del Artículo 30 de la Ley Federal de Pesca, EPR debe ser menor o igual a "1".

Ejemplo de Tabla de ponderación para Buques CONGELADORES

Nº	Símbolo	Variable	Unidad	Factor	Buque Saliente		Buque Entrante	
					2	3	4 = 3 / 2	5 = 4 * 1
1	NC	Numeral Cúbico	[m3]	0,0250				
2	D	Desplazamiento	[t]	0,0250				
3	VB	Capacidad de Bodegas	[m3]	0,2000				
4	CPF	Capacidad de Enfriamiento	[frig/h]	0,1000				
5	CDC	Capacidad Diaria de Congelamiento	[t/día]	0,1500				
6	PPT	Potencia Propulsiva	[kW]	0,2000				
7	PET	Potencia Eléctrica Instalada	[kW]	0,1000				
8	PGP	Potencia de Guinches de Pesca	[kW]	0,0500				
9	VA	Velocidad de Arrastre a Max. Carga	[kt]	0,0000				
10	VM	Velocidad Máxima en Max. Carga	[kt]	0,0500				
11	CPP	Capacidad de Parque de Pesca	[m3]	0,0500				
12	AUT	Autonomia	[Hs]	0,0500				
			S1	1,0000			S5	0
	EPR	Esfuerzo de Pesca Relativo (S5-S1) / S1	-100,00%					

Ejemplo de Tabla de ponderación para Buques FRESQUEROS

Nº	Símbolo	Variable	Unidad	Factor	Buque Saliente		Buque Entrante	
					2	3	4 = 3 / 2	5 = 4 * 1
1	NC	Numeral Cúbico	[m3]	0,0500				
2	D	Desplazamiento	[t]	0,0500				
3	VB	Capacidad de Bodegas	[m3]	0,3000				
4	CPF	Capacidad de Produccion de Frio	[frig/h]	0,0500				
5	PPT	Potencia Propulsiva	[kW]	0,2500				
6	PGP	Potencia de Guinches de Pesca	[kW]	0,0500				
7	PET	Potencia Eléctrica Instalada	[kW]	0,1000				
8	VA	Velocidad de Arrastre a Max. Carga	[kt]	0,0000				
9	VM	Velocidad Máxima en Max. Carga	[kt]	0,0500				
10	AUT	Autonomia	[Hs]	0,1000				
			S1	1,0000			S5	
	EPR	Esfuerzo de Pesca Relativo (S5-S1) / S1		-100,00 %				0

Resultados Estadisticos

- Entre log alios 2000 y 2004, e incrementandose carla ano, log Profesionales matriculados en el C.P.I.N. emitieron un total de 87 dictamenes de EPR, efectuando 147 inspecciones tecnicas sabre distinto tipo de embarcaciones de pesca, entrantes y salientes.

- De log 87 dictamenes efectuados, aproximadamente 20 fueron desistidos y retirados par log Armadores durante el anaIisis tecnico 0 despues de haberse efectuado el correspondiente dictamen.

- De log 67 dictamenes restantes, 34 cumplen con exactitud el Articulo 30 de la Ley Federal de Pesca, 0 sea que el EPR calculado resulta mellor 0 igual a "1 ", y 33 superan

La unidad Conclusiones

- Ha sido de gran importancia que lag Autoridades Nacionales responsables del area de pesca, incluyeran al C.P .I.N. Y a sus Profesionales matriculados como tercera parte independiente en la Fiscalizaci6n de log Permisos de Pesca.
- El C.P.I.N. a craves de la acci6n de sus ;.Profesionales matriculados, ha colaborado positivamente con log objetivos de la Ley Federal de Pesca.
- Del anaIisis de log 34 dictamenes en log que EPR result6 mellor 0 igual que "1 ", surge que:
  -Se efectu6 la inspecci6n tecnica de 80 embarcaciones pesqueras: 38 entrantes y 42 salientes.
  -La edad promedio de lag embarcaciones entrantes es 28 alios inferior a la de ias embarcaciones salientes.
  -Elvolumen de bodega entrante es de 14.100 m3 yel volumeD saliente es de 22.800 m3.
  -La potencia entrante es de 34.200 KW Y la potencia instalada saliente es de 40.700 Kw.
  -El EPR promedio de estos 34 dictamenes es: -4,62.

Redes de Petri Aplicada como Metodologia de Análise Operacional em Atividades Portuárias

Prof. Dr. Marcos Aurélio Scopel Simões, DEM-CT-UFES
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Área de sistemas de Transportes
Av. Fernando Ferrari, s/n
Campus Universitário de Goiabeiras
Goiabeiras - Vitória – ES - CEP 29060-970.
e - mail: scopel@npd.ufes.br

Resumo: Este artigo propõe a utilização das Redes de Petri Coloridas e Temporizadas (TCPN) juntamente com a teoria de conjuntos difusos para modelar e simular processos de tomada de decisão. A idéia foi aplicada nas decisões de planejamento e programação das atividades operacionais envolvidas num porto de embarque de minério de ferro. A TCPN é responsável pela estruturação do processo de decisão, ou seja, qual decisão será feita primeiro, e para manter as informações sobre os estados alcançados durante o processo de decisão como um todo. Para cada decisão a ser tomada, um conjunto de heurísticas são aplicadas. Utilizamos a teoria de conjuntos difusos para modelar heurísticas que representam incertezas ou preferências da gerência ou operador. Para atender a mais de uma heurística, aplicamos esta técnica a um problema com múltiplos objetivos.

Abstract: This paper proposes the use of an extension of Timed, Colored Petri Nets (TCPN) in conjunction to fuzzy evaluation criteria for decision-making. The ideas where applied to planning and scheduling in a ore port. The TCPN is responsible the ordering of the decision process (i.e. which decision to make first) and for keeping the state information regarding to resource usage/ availability during the decision process. Therefore the decision process itself is described by a TCPN. Each decision is take by applying a set of specific heuristics, appropriated to the situation. The fuzzy theory is used to grasp uncertainty and operator's preference. Decisions are then weighted, in an attempt to accomplish to the multiple objectives of the decision process

Keywords: Fuzzy Theory, Petri Nets, Modeling, decision-making

1.Introdução

O processo de tomada de decisão tem um papel central em todas as atividades industriais. Este papel focaliza em decisões diárias em uma cadeia de produção; estão relacionados principalmente com a programação da produção, os estoques e a administração de recurso. Nestas situações, um gerente toma normalmente uma decisão baseada em atitudes heurísticas, por exemplo, uma prioridade dada para um consumidor, forçando uma parada de atender uma necessidade de prioridade mais alta, etc.

A metodologia adotada aqui é gerar uma árvore de decisão que busque alcançar uma boa solução para um problema estudado. Uma árvore de decisão configura-se por um grande

número de nós e cada nó envolve um processo de decisão. Um nó de decisão tem um conjunto de entradas (fatos, estados conhecidos) e um conjunto de saída (i.e. decisões). Para cada nó de decisão, será aplicado um conjunto de regras. Finalmente, o conjunto de decisões vem de uma simulação da árvore de decisão: são imputadas pré-condições, são tomadas decisões.

Formalmente, uma extensão de uma Rede de Petri Colorias e Temporizada (TCPN) é proposta para descrever uma árvore de decisão. TCPN's são utilizadas para formalizar os nós de decisão (mapeados pelas transições de TCPN), recursos (mapeados pelas marcas da TCPN) e sua disponibilidade (mapeados pelas marcas em lugares que representam lugares da rede) a cada instante. Um conjunto de fatos conhecidos (mapeados como marcas em lugares) é à entrada de uma decisão. A decisão produz mudanças na alocação de recursos (novamente, marcas em lugares). O modelo intrinsecamente incorpora a noção de tempo pela evolução de tempo da TCPN. O processo de decisão é heurístico (embora também pudessem ser usadas técnicas de otimização, como discutido depois): são resolvidos conflitos baseado em regras, aplicado durante simulação. A regra de disparo de uma TCPN foi redefinida a partir de uma CPN para permitir uma transição disparar baseada em regras de transições temporizadas. Um procedimento baseado em teoria nebulosa é proposto para avaliar o grau de uso das marcas no disparo de uma transição em um determinado estado de uma TCPN, como artifício para modelar a incerteza de uma decisão a ser tomada.

Então, o processo de decisão e o método de decisão para cada fase de um processo de decisão são completamente separados, ajudando o tomador da decisão entender primeiro o processo de decisão e então se concentrar sobre as técnicas a ser adotada.

Este artigo apresenta as idéias gerais nas quais o processo de decisão proposto é baseado. Então, é mostrada a formalização de TCPN e como o processo de decisão será organizado em TCPN, seguindo pela apresentação do método de decisão heurístico e processo decisão com múltiplos objetivos. Finalmente, idéias iniciais para simulador são apresentadas.

2. Visão do Processo

O método de tomada de decisão proposto foi desenvolvido a partir de uma busca para um método de programação para um porto de movimentação de minério de ferro, Porto de Tubarão-Vitória-ES-Brasil: O navio tem que ser servido, programando recursos para levar minério de ferro da origem (pátios) para o navio (em um dos três piers), usando uma rede compartilhada de correias transportadoras. Então, para um determinado navio qual entre os três piers existentes será mais conveniente (cada uma com capacidade de receber navios de diferentes tamanhos)? Qual rota será usada (conjunto de correias transportadoras)? De qual pilha o material será retirado?

A possível rotas levando de uma pilha a um pier configura alternativas de custo distinto, produtividade e impacto geral (várias possíveis rotas compartilham partes umas das outras). Freqüentemente, diferentes pilhas possuem o mesmo material disponível, devido à política de suprimento adotada. Então, várias possibilidades deverão ser analisadas pelo tomador de decisão.

O processo de decisão proposto é estruturado em dois níveis:

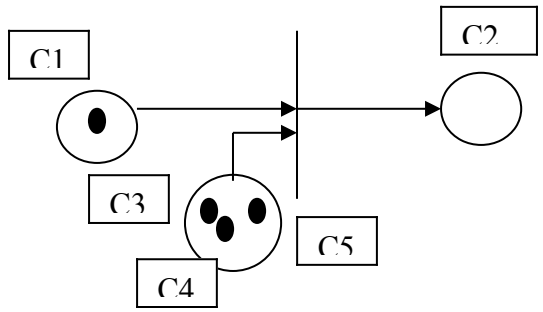
Nível Estruturante: onde cada tipo de decisão está definido e o processo global visto como uma árvore de decisões. Isto é um pouco semelhante ao GRAInet [Doumeingts, 92]. Uma rede de Petri Colorida e temporizada (TCPN) é usada para representar recursos (marcas de TCPN), a sua disponibilidade (marcas em lugares) e pontos de decisão (transições). Uma decisão é então um mapeamento de cores de entrada para cores de saída de uma TCPN (a cor representa uma determinada informação contida na marca).

Nível tático é ativado pelo nível estruturante (transições no TCPN), onde são aplicadas heurísticas para determinar uma solução otimizada. Uma solução multi-objetivo pode ser obtida através do método do melhor entre alternativas com pesos ponderados. A aceitabilidade de cada alternativa é avaliada por conceitos nebulosos.

3.Nível Estruturante

O Nível estruturante:
· Determina qual tipo de decisões será tomada;
· Determina o sequenciamento da decisão;
· Mantém o estado da decisão (mantendo informação sobre uso e disponibilidade dos recursos);
· Dispara o Nível Tático.

Neste nível, uma decisão é vista como um conjunto de fatos conhecidos (o conhecimento sobre decisões prévias e disponibilidade de recurso para esta decisão) da qual uma decisão é tomada, gerando um conjunto novo de fatos conhecidos. Por exemplo, para problema discutido aqui, nós temos que decidir de qual pilha será tirado o minério para um determinado navio e em que pier o navio deve ser colocado. Esta fase de decisão pode ser representada como:



Onde as cores representam:
C1:<navioID, necessárioMaterial, necessáriaQuantidade>
C2:< navioID, necessárioMaterial, necessáriaQuantidade, pilhaID>
C3-5:< pilhaID, pilhaMaterial, pilhaQuantidade>

Este exemplo assume que uma única pilha será escolhida: Uma que possua o material e quantidade necessárias ao embarque. Uma decisão mais complexa (múltiplas pilhas, remoção parcial, etc.) poderia também ser descrita.

Puras decisões, como no exemplo acima, não ocupariam nenhum tempo, neste caso uma TCPN não seria necessária, entretanto, para outras atividades (por exemplo, carregamento de navio), a transição temporizada será necessária.

A decisão virá da simulação de TCPN: estímulos são aplicados (para o sistema do porto de minério, a chegada de um navio na fila), a TCPN é simulada e as decisões são tomadas.

O formalismo de TCPN é mostrado abaixo, em seguida um exemplo é aplicado ao sistema do porto de minério.

3.1.Rede de Petri Colorida com Transição Temporizada.

Redes de Petri coloridas são redes de alto nível onde são associadas cores as marcas para representar a informação conectada a elas. Estas cores podem ser modificadas pelo disparo de transições a partir de funções associadas aos arcos. Neste papel, uma Rede de Petri Colorida é temporizada pela associação de uma duração de tempo determinístico com respeito à cor.

Formalmente, uma rede de petri colorida com transições temporizada é definida por R=<P,T,C,POST,PRE,Mo,r> onde:
1. P é um conjunto finito de lugares; $p \in P$ representa um lugar;
2. T é um conjunto finito de transições; $t \in T$ representa uma transição;
3. C é uma função de cor definida por $P \cup T$ dentro de um conjunto não vazio de possíveis cores Cpos, $C: P \cup T \rightarrow c \subseteq Cpos$;
4. *PRE* é a função de precedência, com todo elemento PRE(p,t) uma função: PRE(p,t): $PRE(p,t): C(p)\chi C(t) \rightarrow N$;
5. *POS* é a função conseqüente, cada elemento POS(t,p) uma função: POS(t,p): $POS(t,p): C(t)\chi C(p) \rightarrow N$;
6. Mo é a marcação inicial, definida pela função: $Mo(p): C(p) \rightarrow N$;
7. R(t) é a duração de transição com respeito a uma cor e está definido como: $r(t): C(t) \rightarrow \Re+$;

Detalhes em (Peterson, 81,; Giranit, 82,; Razouk,Bako,90; Genrich,92; Carlier,85).

A dinâmica de uma Rede de Petri é governada por suas regras de disparo. Então, uma transição será dita como habilitado com respeito a uma cor *c* de *C(t)* (produzirá uma decisão de cor *c*), se para todo lugar de entrada *i* uma cor $c_i' \in C(p)$ existe com:

$PRE\{(p,t)(c_i', c)\} \leq Mnr(p)(c_i')$

Onde, Mnr = marcação não-reservada;
Mr = marcação reservada;
$Mnr(p)(c_i')$ = será lido como marcação "não-reservada de cor c_i' no lugar p"
$PRE\{(p,t)(c_i', c)\}$ = será interpretado como "peso de cor c_i' necessária pela topologia de rede em lugar *p* para uma cor *c* produzir uma transição *t*";
e c_i' é determinado pelo Nível Tático (veja abaixo).

Para introduzir as transições temporizadas, as regras passarão a atender: (o índice de lugar de entrada i é descartado por mera simplicidade da análise):

1. reserve marcas em lugares de entrada
M'r(p)(c') = Mr(p)(c') + PRE{(p,t),(c',c)}

M'nr(p)(c') = Mnr(p)(c') - PRE{(p,t),(c',c)}
2. temporize r(t)
3. remova marca dos lugares de entrada
M'r(p)(c') = Mr(p)(c') - PRE{(p,t),(c',c)}
4. mova as marcas para os lugares de saída
M'nr(p)(c) = Mnr(p)(c) + POST{(t,p),(c,c)}

3.2. Exemplo

Fig.2 mostra uma aplicação desta técnica modelando ao sistema de programação de atendimento a navios em um porto de embarque de minério. Alguns detalhes são omitidos por causa da complexidade da operação e recursos envolvidos. O processo de decisão é um modelo das práticas da operação atual.

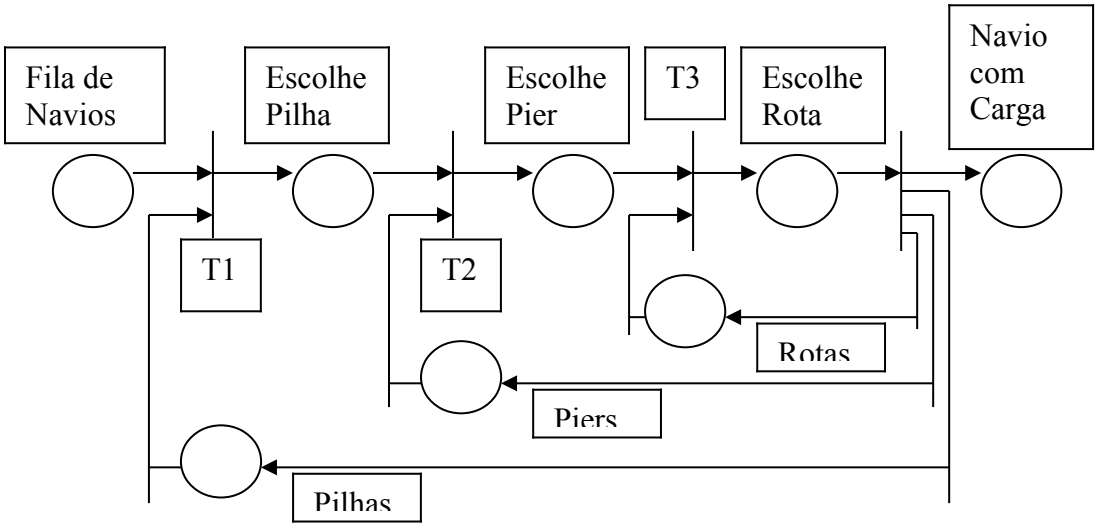


Figura 2. Nível Estrutural para problema do porto de minério.

Note que o processo dinâmico também é modelado: depois do uso, pilha, doca e rotas são devolvidas ao sistema para uso de futuro (se pilha não estiver vazia).

5. Nível Tático

O nível tático:
· Determina a alternativa a usar.

Este nível faz uso de teoria de conjuntos difusos para avaliar alternativas e decidir de forma conveniente a situação em análise. No que se segue, é apresentada uma introdução muito curta da teoria de conjuntos difusos (principalmente para apresentar a nomenclatura a ser usada nos outros itens), seguida pela metodologia proposta e um exemplo.

4.1 Teoria de Conjuntos Difusos: alguns conceitos

Um conjunto difuso pode ser definido como um conjunto onde não está clara a pertinência de seus elementos. Zadeh (65) introduziu este conceito. Permita que *x* seja um elemento do conjunto *X*. Um conjunto difuso *A*, dentro de *X*, é um conjunto de pares:

$A=\{(x,\mu A(x))\}$, $x \in X$,

Onde o $\mu A(x)$, é conhecido como grau de pertinência, associando a cada elemento em *X* um real número dentro [0,1]. Se $\mu A(x)=1$, *x* definitivamente pertence ao conjunto difuso *A*, e se $\mu A(x)=0$, *x* seguramente não pertence ao conjunto difuso *A*. Valores intermediários para $\mu A(x)$ apresentam uma medida da possibilidade *x* para pertencer a *A*.

Um conjunto finito difuso *A* em *X* pode ser representado como:

$A=\mu A(x1)/x1 + \mu A(x2)/x2 + ... + \mu A(xn)/xn$

Onde $\mu A(xi)/xi$ indica que o elemento xi tem grau de pertinência $\mu A(xi)$ em relação ao conjunto X.

4.2 Processo de Decisão com Múltiplos Objetivos

Um processo de decisão com múltiplos objetivos pode ser representado por uma matriz como:

	X1	……	Xn
A1	$\mu X1(A1,f)$		$\mu Xn(A1,f)$
A2	$\mu X1(A2,f)$		$\mu Xn(A2,f)$
..			
Am	$\mu X1(Am,f)$		$\mu Xn(Am,f)$

Onde,

Ai, i=1.. m, são as alternativas que serão avaliadas (i.e. recursos de alternativas ser selecionado);
Xj, j=1.. n, são os objetivos a serem usados para avaliar a alocação de recursos;
$\mu Aj(Ai,f)$ é o grau de pertinência para a alternativa Ai em relação ao objetivo Xj, que depende da alternativa e um conjunto de parâmetros difuso f.

A avaliação de alternativas é realizada pela adição de peso ao grau de pertinência para cada objetivo considerado:

$$v(Ai) = \sum Pj\ \mu Xj(Ai,f),\ j= 1..n$$

onde,

v(Ai) é a avaliação para a alternativa Ai;
Pj é o peso relativo de objetivo Xj, comparado a outros objetivos, enquanto tendo P1+P1+.. Pn=1.

Veja [Filho,97] para outros processos de tomada de decisão.

4.3. Regra de habilitação em uma TCPN

A regra de habilitação em uma TCPN pode ser enunciada como segue:

Permita que *Ak* seja uma alternativa que maximiza *v(Ai)* para transição *t*. Então *Ak* corresponderá ao conjunto de cores $\{c_i'\}$ com *i* como o conjunto de lugares de entrada para *t*. Então, a transição *t* será habilitada para uma cor *c* com respeito à c_i', para cada lugar de entrada correspondente *i*.

4.4. Exemplo

Tomando a Transição T3 para o exemplo de porto de minério, onde é decidido qual rota usar para carregar um navio (depois de decidir qual pilha o material será retirado de e qual pier se encontra o navio) a seguinte heurística poderiam ser adotada:

- Impacto geral: representa a impossibilidade de usar outras rotas se determinada rota for escolhida;
- Uso da capacidade nominal (fluxo): representa a possibilidade de usar a capacidade nominal para uma rota, dependendo de tamanho de pilha e equipamento de recuperação;
- Carga do Navio: representa a possibilidade de liberar recursos mais rapidamente;
- Custo operacional: representa o custo geral associado a uso de equipamento.

As funções de pertinência seguintes podem ser definidas:

	Ri I:1 .. n
Impacto	μI(Ri,f); f=(grupo, carga)
Fluxo	μF(Ri,f); f=(grupo, fluxo)
Carga	μS(Ri,f); f=(grupo, capacidade)
Custo	μC(Ri,f); f=(grupo, carga)

A alternativa vencedora será calculada para as rotas disponíveis (marcas disponíveis no lugar Rotas na entrada da transição T3) no momento de decisão, computando:

$$v(Ri) = \sum Pj\ \mu X[I,F,S,C]j(Ri,f),\ j= 1..n;$$

Para cada rota. A alternativa vencedora é aquela com *Max v(Ri)* entre as rotas pesquisadas;

Note que se *Max v(Ri)* for menor que um limite desejável, a regra de disparo pode não permitir o disparo, neste caso para esperar por uma situação futura quando outras rotas estarão disponíveis.

5.SIMULADOR

Um simulador que usa o formalismo descrito está sendo construído. O simulador irá não somente permitir uma aplicação fácil de metodologia proposta, mas também ajudará a achar uma solução satisfatória, mantendo todas as alternativas sobre um determinado limite mínimo desejável.

6.CONCLUSÃO

O processo de decisão proposto provou ser útil para o planejamento e programação da produção, quando aplicado a um caso real em um ambiente controlado. Os resultados principais estão relacionaram a formalização de um processo de decisão pelo uso das redes de Petri Colorida e Temporizada (TCPN), modelando mesmo tempo o processo de decisão (passos a seguir numa tomada de decisão) e o estado da decisão (situação atual de cada recurso). Também ajudou a provar que algumas atitudes administrativas que são normalmente usadas produzem resultados globais ruins, tais como a troca de ordem de embarque e/ou priorização de determinados navios.

7.REFERENCIAS

Peterson, J.L., Petri Net Theory and Modeling of System, Prentice Hall, inc., 1981

Giranit, C., Relging, W. et alli, Application and Theory of Petri Net, Springer-Verlang, 1982.

Razouk, R.R. & Estrin, G., The Graph Model of Behavior Simulator. In: Proc. Of Symp on Design Automation and Microprocessor, Palo Alto, Ca, Feb, 1977.

Bako, B., Une Approche Mixte Reseaux de Petri et Systemes de Regles. THESE de Docteur de Lúniversite Paull Sabatier de Toulouse, 1990.

Genrich, H.J., Colored Petri Nets, Computer Science Department, Aarhus University, Denmark, 92.

Carlier, J., Chretienne, Ph. And Girault, C., Modeling Sheduling Problems with Timed Petri Nets. In: Lecture Notes on Petri Nets, 89.

Filho, W.G., Aplicação da Teoria de sistemas Difusos em Processos de Decisão de Múltiplos Estágios com Múltiplos Objetivos, Tese de Doutorado pelo Dep. Prod. Da USP, 1977(in Portuguese).

Doumeingts G., Chein D. and Marcotte: Concepts, Models and Methods for the Design of Production Management Systems. In: Computers in Industry, 19(1982) 89-111.

Título del trabajo:

RESULTADOS DE UN ADECUADO CURRÍCULO BASADO EN COMPETENCIAS: HABILITACIÓN DE UN INGENIERO NAVAL COMO OFICIAL DE LA MARINA MERCANTE NACIONAL (CHILE).

Autor: Roberto Casanova Esparza. Oficial Marina Mercante Nacional. Profesor de Cuarto y Quinto Año de Ingeniería Naval, Mención Transporte Marítimo

Institución: Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile.

Dirección: General Lagos 2086, Valdivia.

e-mail: rcasanova@uach.cl rjcasano@puc.cl

Área Temática: Habilitación Profesional / Formación Integral del Ingeniero

Resumen:

La Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile, a través del Instituto de Ciencias Navales y Marítimas, y de la Escuela de Ingeniería Naval, han podido comprobar con satisfacción los logros obtenidos desde hace ocho años por sus egresados en los distintos quehaceres de la Marina Mercante Nacional, incluyendo su habilitación como Oficiales, funcionarios de Agencias de Despacho de Naves, y de Estiba y Desestiba. El programa implementado se llevó a cabo luego de suscrito un convenio con la Armada Nacional, entidad que en 1997 pusiera en marcha su plan de traspaso de estudios a las Universidades a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

El objetivo del presente trabajo obedece a la aplicación temprana de un programa similar al denominado "Currículo basado en Competencias: Conceptos e Implicaciones Metodológicas", cuyo Taller fue llevado a cabo por la totalidad de los Profesores de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el mes de julio de 2004. Las coincidencias encontradas entre los objetivos de dicha actividad y la planificación original de la Malla Curricular, constituye un testimonio de

efectividad con respecto a las modificaciones cognitivas que actualmente realizan las Universidades del Honorable Consejo de Rectores.

RESULTADOS DE UN ADECUADO CURRÍCULO BASADO EN COMPETENCIAS: HABILITACIÓN DE UN INGENIERO NAVAL COMO OFICIAL DE LA MARINA MERCANTE NACIONAL (CHILE).

Introducción:

El objetivo fundamental de la Ingeniería y Arquitectura Naval no dista del resto de las Ingenierías, es decir, diseñar y construir en forma creativa, innovadora, eficaz y duradera, con elevados estándares de calidad y seguridad bajo normas ISO, e idealmente con un aceptable grado de optimización en los costos.

Una embarcación construida bajo estrictos parámetros asegura la supervivencia de sus tripulantes y un adecuado nivel de confiabilidad en el transporte de la carga, de tal forma que la Universidad Austral de Chile, única entidad de Educación Superior que imparte la Carrera de Ingeniería Naval en el país, a través del Instituto de Ciencias Navales y la Escuela de Ingeniería Naval, aceptó el desafío planteado por la Armada Nacional en 1997, por medio de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, ante la inminente necesidad de traspasar, al igual que muchos países preponderantemente del Hemisferio Norte, la formación de Oficiales de Marina Mercante a las Universidades, que hasta ese entonces en Chile eran formados casi en su totalidad por la Escuela Naval “Arturo Prat”.

El grado de importancia del rubro naviero, desde el punto de vista estrictamente comercial, radica en una singular cifra, la cual sufre fluctuaciones que generalmente apuntan en dirección a una creciente alza. Ésta consiste en que, estadísticamente, los fletes marítimos bordean por lo general un 90% del transporte en el orbe, por lo cual se puede inferir fácilmente que el grado de optimización tanto en preparación de Oficiales y Tripulantes, como en calidad, seguridad y durabilidad en la construcción de naves, también se encuentra en creciente aumento… Cabe decir que actualmente existe un déficit de Oficiales competentes, capaces de desempeñarse en buques matriculados bajo diferentes banderas: Nacionales, Internacionales, y de Conveniencia.

Desarrollo:

El célebre y desafortunado incidente del Titanic, de la compañía White Star en abril de 1912, durante su viaje inaugural, en el cual se perdió la vida de más de 1500 personas entre pasajeros y tripulantes, marcó el punto de partida para la reglamentación que aún hoy en día continúa modificándose de acuerdo con las nuevas tecnologías de salvamento y avances en las telecomunicaciones. El desastre planteó tantas deficiencias acerca de las normas vigentes en aquel entonces, que el Reino Unido propuso celebrar en Londres una Conferencia Internacional, a la que asistieron representantes de trece países el 20 de enero de 1914, naciendo así el Convenio para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS, Safety on Life at Sea). Posteriormente nuevos acuerdos entraron en vigor en 1933, 1952, y 1965.

La versión actual se adoptó en 1974, la que entró en vigor en 1980, denominándose finalmente como SOLAS 74, a la cual sólo se le han ido introduciendo enmiendas conforme el paso del tiempo y las circunstancias correspondientes.

Esencialmente, el Convenio SOLAS 74 trata acerca de disposiciones mediante el procedimiento de aceptación tácita de enmiendas, las que entran en vigor al ser aceptadas por dos tercios de las Partes Contratantes:

Dentro de sus disposiciones generales se incluye el reconocimiento del buque antes de entrar en servicio, el reconocimiento periódico (inspecciones anuales por medio de una Casa Clasificadora, en coordinación con la Autoridad Marítima local), y reconocimientos adicionales según requerimientos tales como la fecha de construcción, tipo y objetivo del buque. En otros capítulos se tratan importantes temas, tales como: Compartimentado, estabilidad, máquinas marinas e instalaciones eléctricas. Prevención, detección y extinción de incendios, dispositivos de salvamento, radiotelefonía y radiotelegrafía, seguridad de la navegación, transporte de granos y superficies libres, transporte de mercancías peligrosas, buques nucleares, y Reglamento para evitar Abordajes.

Finalmente se trata el Protocolo de 1978 correspondiente al convenio SOLAS, en el que se consideran las normas relativas a buques petroleros, especialmente luego una serie de accidentes entre 1976 y 1977, en el que se hicieron importantes modificaciones, especialmente en lo relativo al Convenio Internacional para prevenir la contaminación de os buques (MARPOL 1973). Infortunadamente, a pesar de la serie de medidas adoptadas, la comunidad ecológica

mundial volvió a estremecerse en marzo de 1989 debido al desastre producido por el supertanque Exxon Valdez en la Bahía del Príncipe Guillermo, Alaska, ocasión en que fueron derramados 267.000 barriles de crudo en un medioambiente incólume y hasta entonces santuario de la naturaleza. En esta ocasión se infringieron normas básicas, en que los culpables fueron debidamente sancionados por su falta de responsabilidad y previsión al conducir y posicionar despreocupadamente, en parajes que requieren un máximo nivel de atención, a una embarcación de 300,8 metros de largo (eslora), y un no menos importante desplazamiento de 209.000 toneladas.

Las Enmiendas más significativas al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, datan de 1981 y 1983, en que virtualmente se vuelven a redactar algunos de los puntos mencionados anteriormente, haciendo hincapié en aspectos tales como mamparos de colisión, dobles fondos, extinción de incendios de hidrocarburos y sus derivados, periódicos Zafarranchos de incendio, abandono de la nave, o caída de hombre al agua, modernos dispositivos de salvamento tales como botes salvavidas de caída libre (totalmente cerrados y herméticos, con aplicación de pintura exterior piro retardante), prevención contra la hipotermia, Radiobalizas de Localización de Siniestros (RLS), reflectores de radar, señales fumígenas y luminosas, estandarización de implementos y confección de chalecos salvavidas par adultos y niños, nuevas tecnologías electrónicas de comunicación vía satélites INMARSAT, entre otros, y de control de la posición en altamar, actualmente liderado por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

No obstante lo anterior, a los alumnos de Ingeniería Naval, Mención Transporte Marítimo, se les instruye durante más de dos semestres, a razón de ocho horas semanales, en materias relativas al posicionamiento mediante Navegación Astronómica y de Estima, en la cual intervienen instrumentos no dependientes de la electricidad, tales como Sextante, Compás Magnético y Cronómetro, con el fin de familiarizarlo con los métodos originales e infalibles de nuestros ancestros. En este aspecto es importante mencionar que a las naves, a través de las periódicas inspecciones por parte de las respectivas Autoridades Marítimas a través del mundo, no se les emite la autorización de zarpe al no contar con estos sencillos elementos. Dentro de los exhaustivos exámenes y requisitos de ascenso de Oficiales, se requiere la presentación de más de doscientos cálculos efectuados mediante Navegación Astronómica, entre éstos la Reducción de Altura con tres o más Rectas de estrellas casi simultáneas, Sol AM y PM, Meridianas y

Circunmeridianas, Circunzenitales, error del girocompás y desvío del compás magnético mediante amplitudes de Sol, Luna, estrellas y planetas, además de una serie de cálculos auxiliares, en que el concepto de la Trigonometría tradicional o plana aprendida durante el ciclo básico, con sus respectivas identidades, facilita el estudio de la Trigonometría Esférica y su aplicación en situaciones cosmográficas reales, fundamentales para la situación geográfica de una embarcación.

El estudio de las Ciencias Físicas del ciclo formativo e intermedio de la carrera, y especialmente de la Termodinámica, favorece la asimilación práctica de los respectivos procesos adiabáticos que rigen el comportamiento atmosférico, como asimismo la demostración que la misma naturaleza se encarga de efectuar en lo que se refiere a la transferencia de calor mediante convección, advección y turbulencia. Todo esto, en combinación con el fenómeno de la aceleración de Coriolis, permite formar tempranamente un modelo sinóptico de acuerdo a las diferentes capacidades de calor específico entre tierra y mar, a tomar en consideración antes de cada zarpe, o a efectuar maniobras evasivas durante la navegación.

En concordancia con lo anterior, dos semestres del ramo de Resistencia de Materiales, prepara al alumno para el estudio posterior aplicado a deformaciones estructurales producidas por inadecuados planes de estiba y manejo de la carga, como asimismo largas exposiciones a situaciones de mal tiempo y oleaje excesivo. Por este motivo, en lo que respecta a la Planificación de la Travesía, se recalca que una nave no debe zarpar si no se ha considerado hasta el último y aparentemente menos importante de todos y cada uno de los aspectos a considerar, donde la RESPONSABILIDAD prima por sobre la inspección o fiscalización de las respectivas Casas Clasificadoras y Autoridad Marítima. El ramo de Estiba y Maniobras corresponde al Quinto y último año de la carrera, donde se enseña la aplicación práctica de la distribución de la carga, puesto que la extremada lógica que entregan los cálculos matemáticos de integración de áreas y distribución ideal de pesos para obtener posiciones casi estandarizadas del Centro de Gravedad con respecto al Metacentro, a fin de cumplir con las curvas de desplazamiento y cálculo de las toneladas por pulgada de inmersión, se ve frecuentemente quebrantada por el orden de carguío según la ubicación geográfica de los diferentes puertos e itinerario del buque. Este último también puede verse afectado al momento de aceptar fletes que no constituyen parte del plan original. Los Oficiales de Cubierta de los buques denominados “Tramp”, deben poseer amplia experiencia en el tema, que no permite demoras innecesarias en

faenas transitorias de descarga de productos de poca masa y gran volumen, para dar paso a otros de situación inversa, a fin de situarlos en el fondo de las bodegas. El manejo del Factor de Estiba, el porcentaje de pérdida por espacios no aprovechados (Broken Stowage), y el aumento de calado por paso de mar a río, producto de la diferencia de densidades, son factores preponderantes para considerar para la optimización de costos.

La asignatura de Telecomunicaciones de la Nave constituye una preparación para el curso de Radio Operador del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima (SMSSM, o GMDSS, Global Maritime Distress and Safety System), proporcionando los procedimientos de llamada y retransmisión de señales de Socorro, Urgencia y Seguridad, por medio de equipos VHF, HF y MF DSC (Digital Selective Call), además del sistema satelital omnidireccional INMARSAT C, el cual opera con cuatro satélites ecuatoriales geoestacionarios. El ramo es impartido mediante clases presenciales y por medio de la utilización de un laboratorio que contiene físicamente los equipos ya nombrados, más el software de simulación correspondiente. Los resultados obtenidos mediante este procedimiento se han traducido en primeros y segundos lugares de nuestros alumnos al momento de la evaluación que la Armada exige como requisito de embarco a través del Centro de Instrucción y Capacitación Marítima, CIMAR.

Los ramos de Administración de Empresas, Administración Naviera, Transporte Marítimo, Legislación Marítima, y Organización de la Marina Mercante, otorgan al futuro Ingeniero Naval, y Oficial de Naves Mercantes, el aspecto complementario que lo capacita en forma teórica para desempeñarse como funcionario de Agencias de Despacho de Naves, y Estiba y Desestiba, para lo cual se hace imprescindible y aconsejable un manejo acabado de las funciones previas como Piloto por un período mínimo de dos años. Actualmente existen Ingenieros Navales de la UACH cumpliendo satisfactoriamente funciones en tierra.

Bajo la serie de normas impuestas por la OMI nombradas anteriormente, más otra gran cantidad limitada a materias específicas y sus alternativas, un futuro Ingeniero Naval de la Universidad Austral debe someterse a la evaluación de los ramos comunes con otras Ingenierías que la malla curricular ha exigido desde su creación, con las debidas modificaciones que requiere el paso del tiempo, tales como Matemáticas A y B, Cálculo I, II y III, Dibujo de Ingeniería I y II, Física I, II y III, Programación, Mecánica General I y II, Resistencia de Materiales I y II, Ciencias de los Materiales y Estadística, como asimismo ramos propios de la Carrera, como Mecánica de Fluidos, Seguridad Marítima, Tecnología Naval I y II, Diseño Naval, Diseño de la Nave I y II,

Resistencia a la Propulsión, Hidrodinámica Naval, Propulsión de la Nave, Electrotecnia Naval I y II, y Máquinas Marinas, además de talleres de soldadura, períodos de embarco, y visitas profesionales.

El plan diferenciado de especialidad comienza en el octavo semestre, de un total de diez, donde se dictan los ramos de Introducción a la Navegación, Navegación I y II, Meteorología Marina, Estiba y Maniobras, Telecomunicaciones de la Nave, y los ramos de Administración ya nombrados, para el caso de Transporte Marítimo, y las asignaturas de Control Automático, Máquinas Marinas y Auxiliares, Combustión Interna, Refrigeración de la Nave, Control de Averías, Calderas Marinas, y Equipos e Instalaciones Navales, para la Mención Máquinas Marinas, a fin de lograr un desempeño como Oficial Ingeniero de Máquinas.

En ambos casos, según disposiciones OMI SOLAS STCW (Internacional Convention on Standard of Training, Certification, and Watchkeeping for Seafarers), los egresados deben cumplir un período de embarco de un año como Oficiales en Práctica, luego obtener su Título de Ingeniero Naval, otorgado por la UACH según resultados de su desempeño como alumno y aprobación de la Tesis de Titulación, aprobar el 100% de los cursos auxiliares OMI, para finalmente obtener su Licencia como Oficial de Cubierta o Máquinas.

El desempeño de egresados de ambas menciones ha sido satisfactorio, según la evaluación que la Asociación Nacional de Armadores (ANA) y las diferentes Compañías Navieras han efectuado a lo largo de los últimos ocho años, mediante sistema de Hoja de Vida.

El Colegio Profesional de Capitanes y Pilotos de la Marina Mercante Nacional, entidad gremial que agrupa al área de Cubierta, y el Colegio Profesional de Ingenieros de la Marina Mercante Nacional, que representa al personal encargado de las Máquinas Marinas de las diferentes Naves de Compañías nacionales e internacionales, apoyan la gestión llevada a cabo por la que, hasta ahora, constituye la única Universidad chilena que ha incursionado en este campo laboral con resultados concretos.

La Mención Construcción Naval, destinada a diseño y labores propias de un astillero, considera Proyecto y Diseño de la Nave I, II y III, Construcción de la Nave I y II, Estructura de la Nave, Maniobrabilidad y Timones, y Vibraciones de la Nave, entre otros.

Es importante mencionar que esta Mención posee el único Canal de Pruebas Hidrodinámicas del país, donde se efectúan trabajos para diversos países de Sudamérica y Armada Nacional, sólo superado por Brasil.

Un plan de trabajo y estudio basado en Responsabilidad, Organización y Tecnología (en estricto orden de asimilación por parte del alumno), constituye la clave de los buenos resultados obtenidos, puesto que el futuro desempeño adicional como Piloto o Ingeniero de Máquinas así lo demanda. La Organización de las guardias en faena, sea en el Puente de Gobierno o la Sala de Máquinas de una embarcación que puede superar con facilidad las 100.000 toneladas de desplazamiento, donde la inercia o viada juega un rol vital al momento de adoptar una adecuada decisión de maniobra, evitar un abordaje, navegación por canales estrechos, poco profundos, con un track de navegación estrictamente definido, navegación nocturna, malas condicionas de tiempo, u obstáculos a la deriva, son aspectos en los cuales prima el aspecto fundamental del análisis de este trabajo y compromiso con la Armada y la OMI: Formar conciencia relativa a la responsabilidad, especialmente cuando, en la mayoría de los casos, el desempeño del turno deba ser ejercido en solitario.

En lo que a organización se refiere, los Objetivos Generales y Específicos de la mayoría de los ramos de especialidad, como asimismo algunos de sus Contenidos, consideran como preponderante una planificación de la travesía como una navegación de MUELLE a MUELLE, lo cual involucra a más de un Oficial. Generalmente el Capitán debe sostener una reunión previa con sus Oficiales, a fin de considerar hasta el más mínimo detalle y opinión de cada uno de ellos (a veces los Oficiales jóvenes, de escasa experiencia, pueden llegar a advertir aspectos inconvenientes dentro de un esquema aparentemente ya probado).

Existe gran cantidad de documentación exigida por entidades tales como la Autoridad Marítima, Servicio de Aduanas, Agencias Navieras, Sanidad, Inmigración, Manifiesto de Carga, manejo y rotulación de mercancías peligrosas en buques de carga general, seguridad laboral de personal de a bordo y tierra, pólizas de seguro, correcto procedimiento para el informe de posibles daños, abastecimiento de combustible, lubricantes y pertrechos en general, a lo cual se suma el desempeño y manejo en embarcaciones especialmente construidas y acondicionadas para el transporte de cargas específicas que involucran procedimientos estrictos de manejo, carga y descarga, tales como gas natural, (mezcla de hidrocarburos ligeros tales como el metano, etano, propano y butano, entre otros), transporte de crudo, salitre, o productos químicos. El código IMDG regula las normas de almacenamiento, rango de temperaturas y presiones, espesores y materiales de los estanques, etc., para lo cual se hace imprescindible y perentoria la necesidad de crear conciencia de la responsabilidad y organización en el aula de clases, mucho tiempo antes

del primer embarco como Estudiante en Práctica el resto es tecnicismo, constante aprendizaje y ejercitación a bordo, más la asimilación y aplicación de las materias tratadas en extenso a su debido tiempo en las correspondientes asignaturas de la malla curricular.

Conclusiones:

La aplicación de los objetivos generales de la malla curricular, general y diferenciada, concuerda con los del Taller denominado "Currículo Basado en Competencias: Conceptos e Implicaciones Metodológicas", mencionado en el resumen de este trabajo, al cual debió asistir la totalidad de los Profesores de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral durante el mes de julio de 2004, en el que se hace mención a la efectividad de una carrera, desde su enseñanza hasta la inserción real de sus egresados en el campo laboral. En efecto, de acuerdo a los parámetros de dicho Currículo basado en Competencias, las tres menciones cuentan con Referentes Internacionales, Asociaciones Profesionales, Empresas nacionales e internacionales, Agencias Acreditadoras nacionales e internacionales, convenios con universidades de Europa y Sudamérica, y Asociaciones Profesionales en el Contexto Nacional. En lo que respecta al área de Conocimientos, Competencias Generales y Especializadas, se aprecia un cumplimiento a cabalidad, como otras ciencias de la Ingeniería también pueden llegar a demostrar, aunque en el área de Actitudes y Valores se encuentran coincidencias de forma y fondo con la Organización Marítima Mundial, ya que el empuje que mueve la enseñanza y formación de tripulaciones altamente capacitadas bajo el alero de la Ingeniería, se basa en Organización y Responsabilidad, de lo cual pueden dar testimonio las Instituciones involucradas directa e indirectamente. El objetivo común de las Menciones de Cubierta y Máquinas, y de la OMI, se basa en una eficiencia operativa y comercial, a su vez sustentada en la firme premisa de Salvaguardar la Vida Humana en el Mar, y la Prevención de la contaminación. La relevancia no pasó inadvertida en el Taller, motivo por el cual se efectúa la presente exposición. El Instituto de Ciencias Navales y Marítimas, en su determinación de optimizar lo anterior, se encuentra actualmente en proceso de construcción de instalaciones y revisión de materias a impartir como Organismo Técnico de Capacitación (OTEC), para la X Región, en lo que respecta a Cursos Obligatorios Modelo OMI para tripulaciones de buques pesqueros y regionales de pasaje.

Cabe agregar que la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral resultó favorecida por el Estado de Chile durante el presente año, al adjudicarse el proyecto MECESUP denominado "Mejoramiento de la calidad en la formación de Ingenieros, basado en Competencias", lo cual tiene como finalidad la reformación de los planes de estudio, motivo por el cual se hará mención de sus contenidos y planificación con respecto a la malla de Ingeniería Naval, durante la ponencia.

Bibliografía: Organización Marítima Internacional (OMI): SOLAS 1974, STCW 1978.

Shipboard Routing Assistance Decision Making Support for the Operation of Container Ships in Heavy Seas

From : Helge Rathje and Christian Beiersdorf

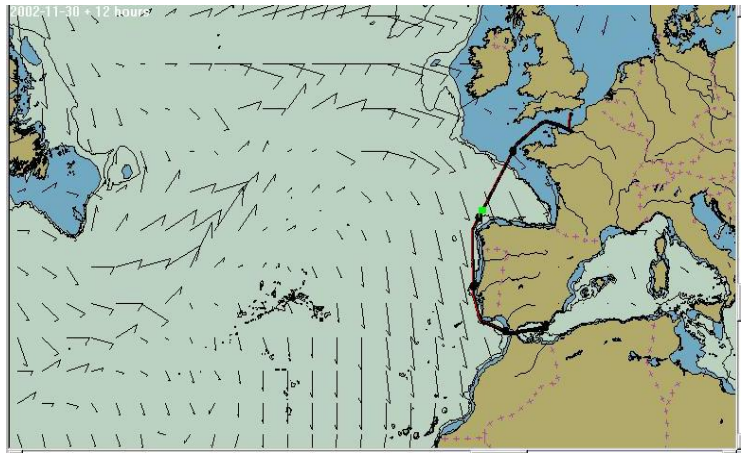
By : Fritz Grannemann

Germanischer Lloyd

Topics

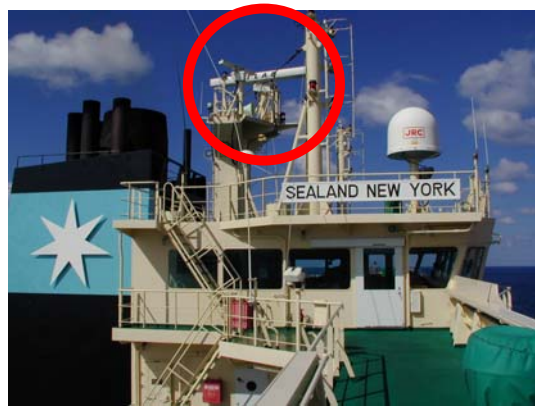
- Purpose of SRA system
- Concept of SRA system
- SRA components
- Central processing unit Octopus
- Separate and integrated SRA systems
- Typical monitored ship response
- Full scale validation
- Benefits of the SRA system

Purpose of Shipboard Routing Assistance (SRA)



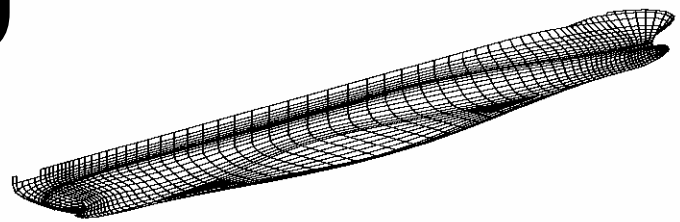
- An onboard system to improve schedule integrity through fastest track
- It reduces the risk for ship damage and cargo loss by identifying and avoiding extreme wave situations
- An onboard system to support decision-making of the navigator

Concept of the SRA system



- Seaway measured using the nautical X-band radar
- Mass information from loading computer
- Hydrodynamic database
- Onboard calculation of ship response
  - Monitoring …
  - and simulation of ship specific response parameters
- Display of results on the bridge

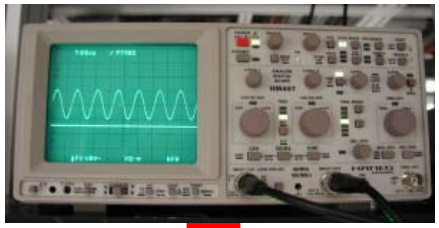
} *Transfer functions*



SRA components

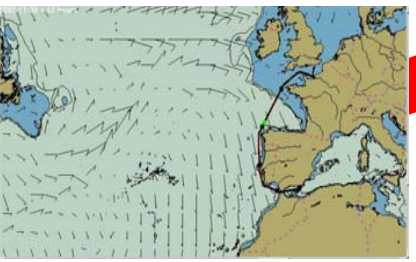
Measured Seaway

HRMS: Hardware Sensors

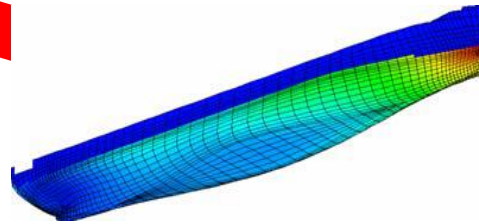


Actual Loading Condition

Seaway Forecast



Hydrodynamic Database



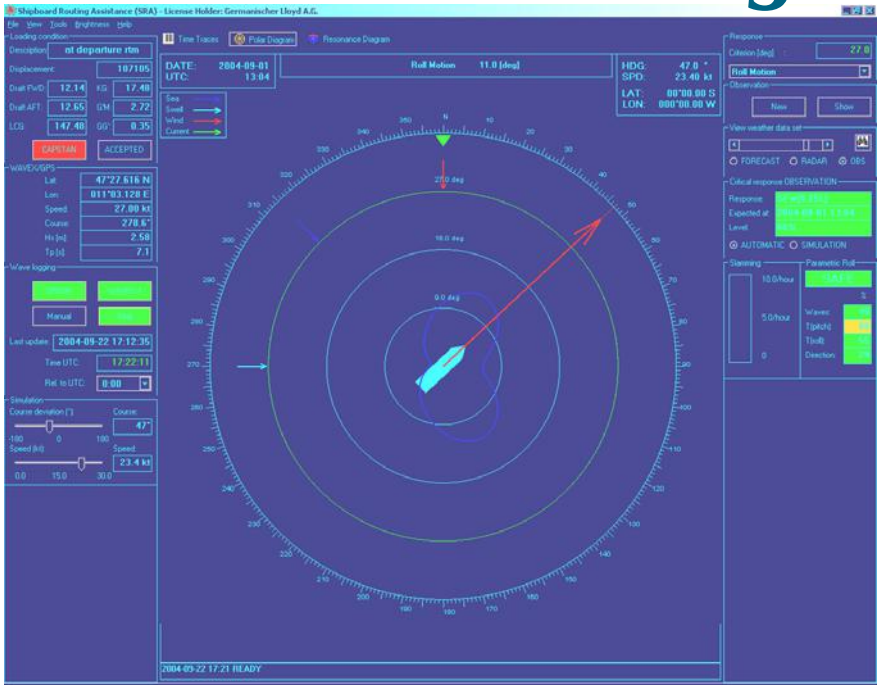
Central Processing and
Display Unit *Octopus*

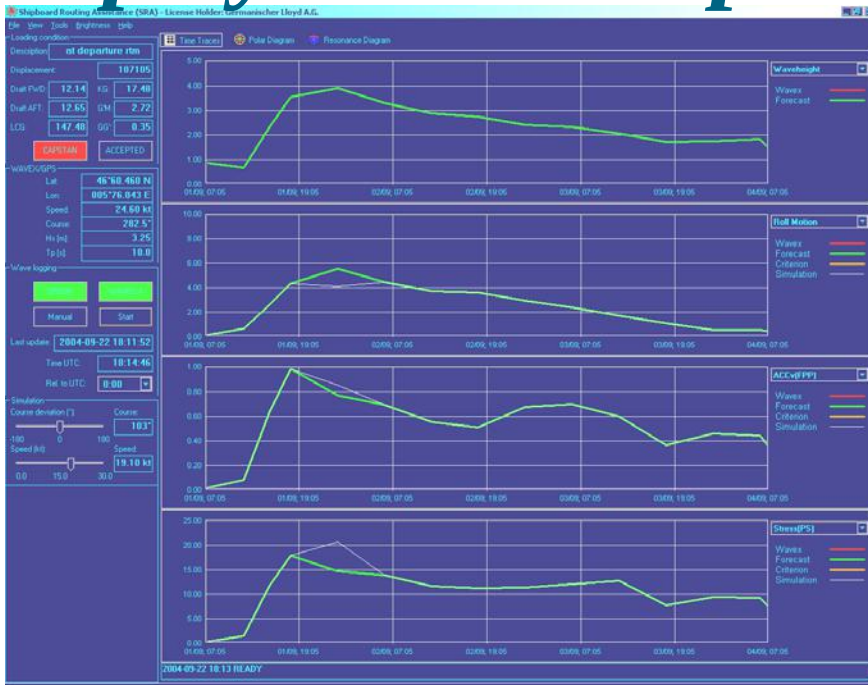
Central Display and Processing Unit Octopus

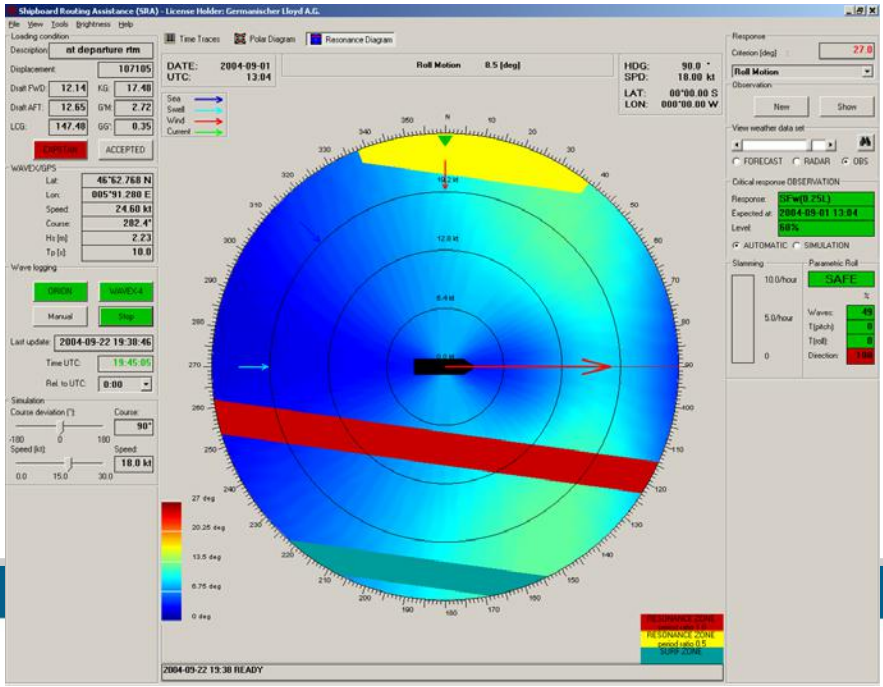
Octopus combines the input to predict ship responses valid for

- actual and simulated conditions
- monitoring of trends
- comparison with permissible values
- and warning of extreme events

Central Processing and Display Unit Octopus







Different display options

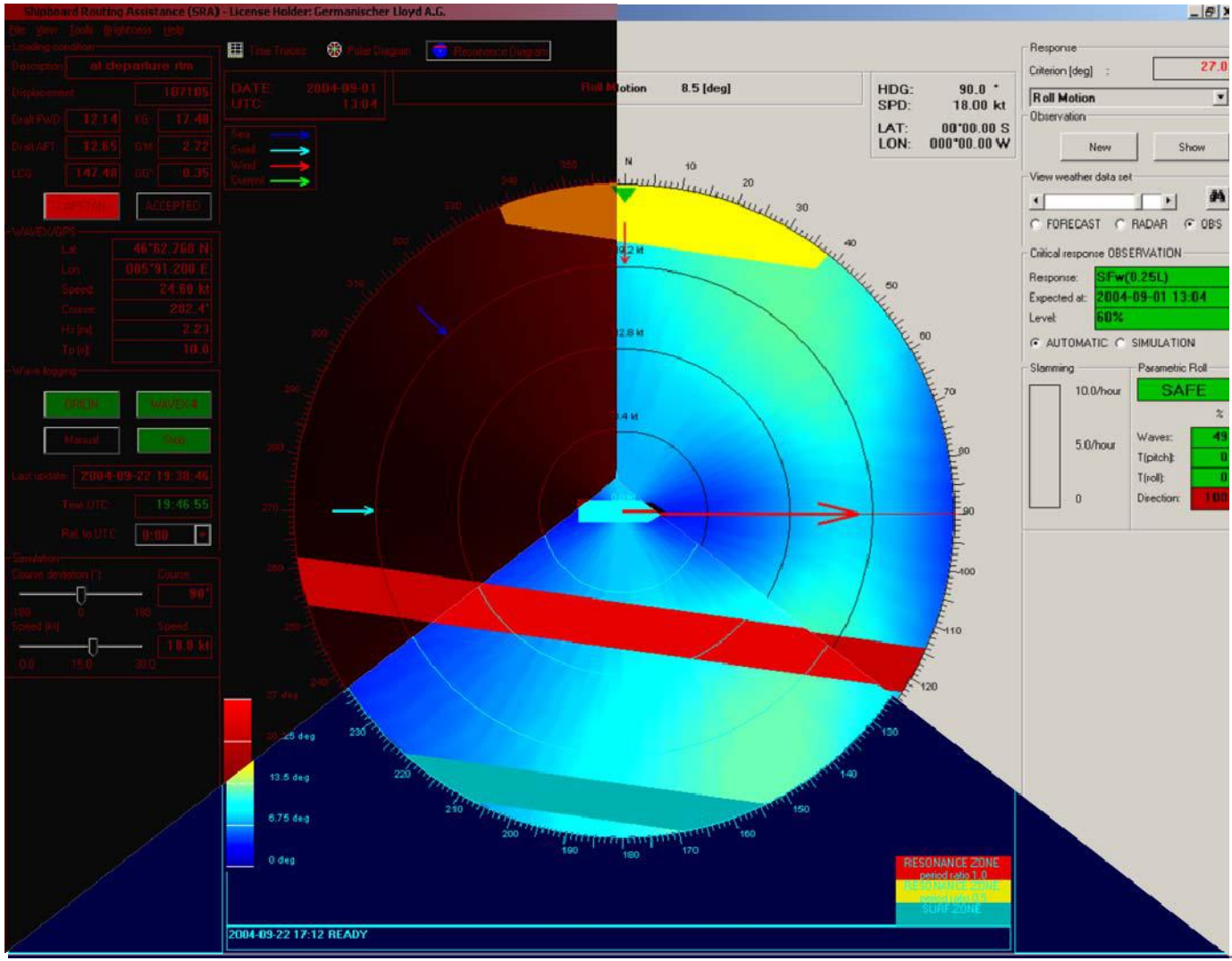
- Extreme response
- Time traces
- Resonance diagrams

according SeeBG guidelines

Central Processing and Display Unit Octopus

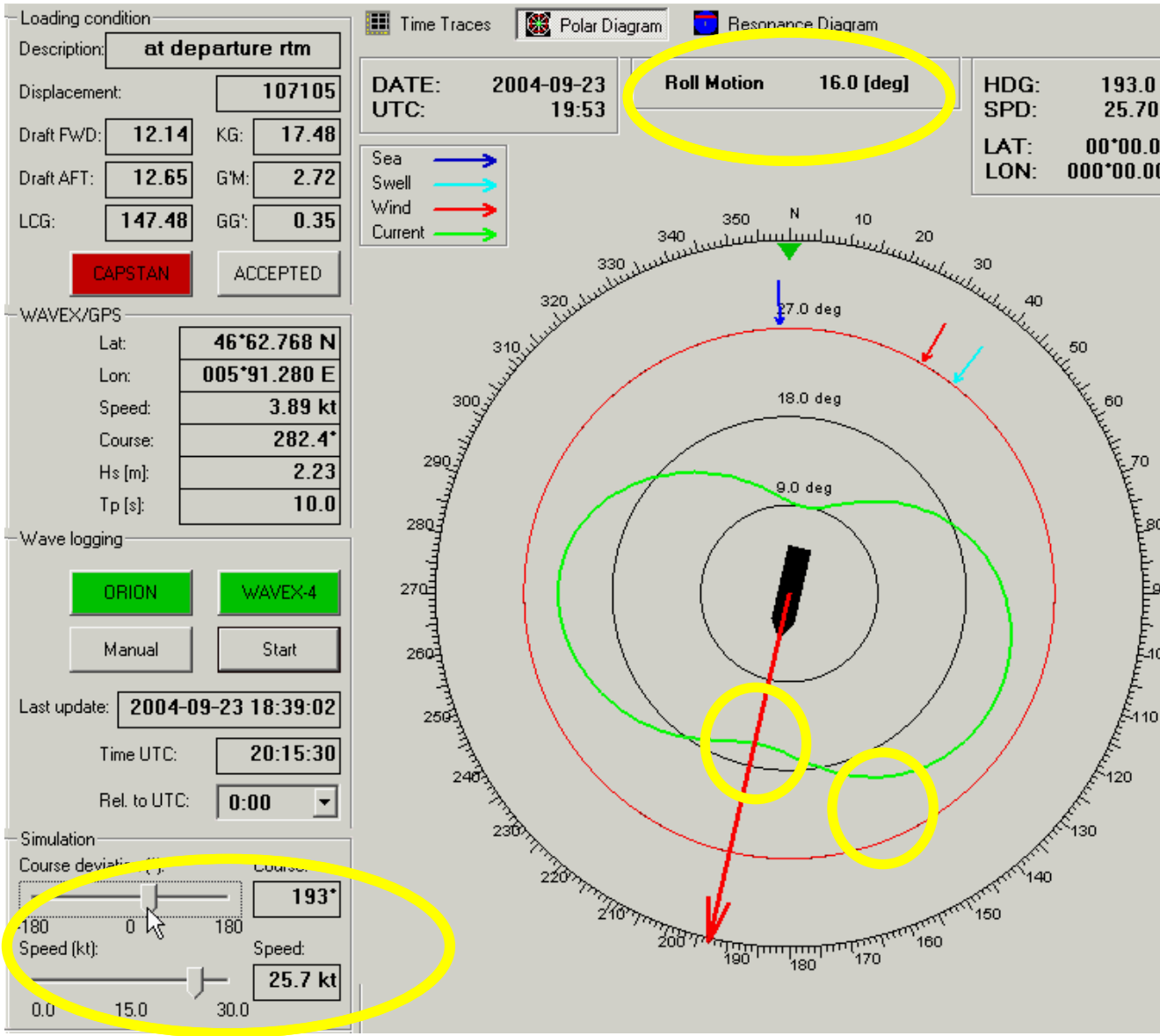
ifferent display modes

Dusk
Nighttime
Daytime



Central Processing and Display Unit Octopus

Simulation mode



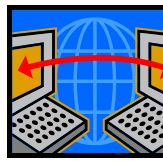
Separate and integrated SRA system

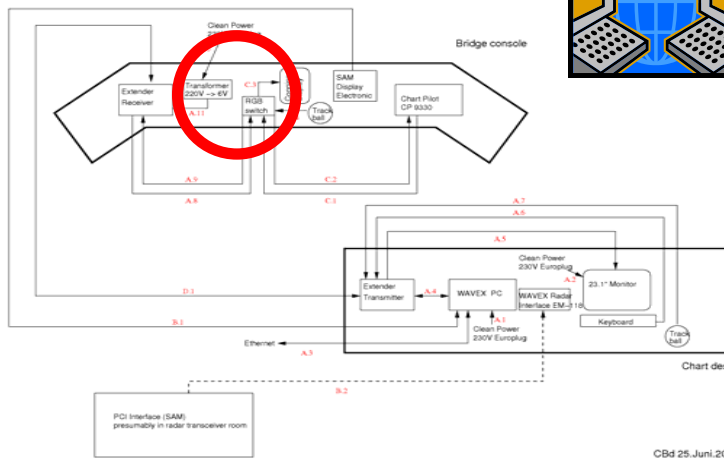
Separate:

- Separate monitor
- Manual update of loading condition
- Manual update of seaway forecasts
- HRMS as „stand alone“

Integrated:

- Automatic update of loading condition, and seaway forecasts using the shipboard Ethernet
- Display of HRMS on the bridge
- Using the conning monitor





Typical Monitored C/V Response

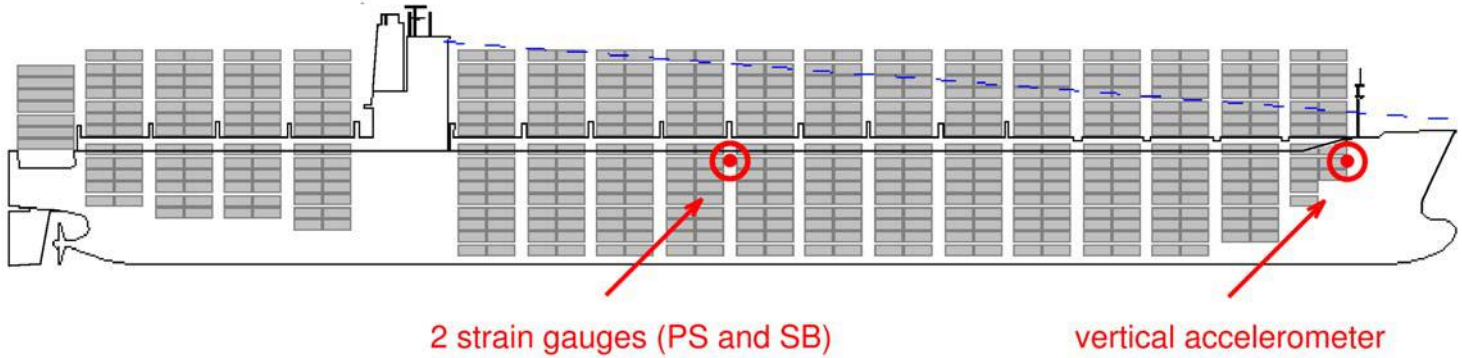
- Sectional loads
  - Vertical wave bending moment at section amidships
  - Vertical shear force at 1/4L and 3/4L

- Ship motions
  - Heave, pitch and roll
  - Vertical acceleration at AP, L/2 and FP
  - Horizontal acceleration at top container level at AP and FP
- Parametric roll warning
- Likelihood for slamming

Full-scale validation (1)

Comparison of onboard computed and measured ship response until full confidence in the SRA system is achieved

1) Post-Panamax C/V in Europe-Far East service



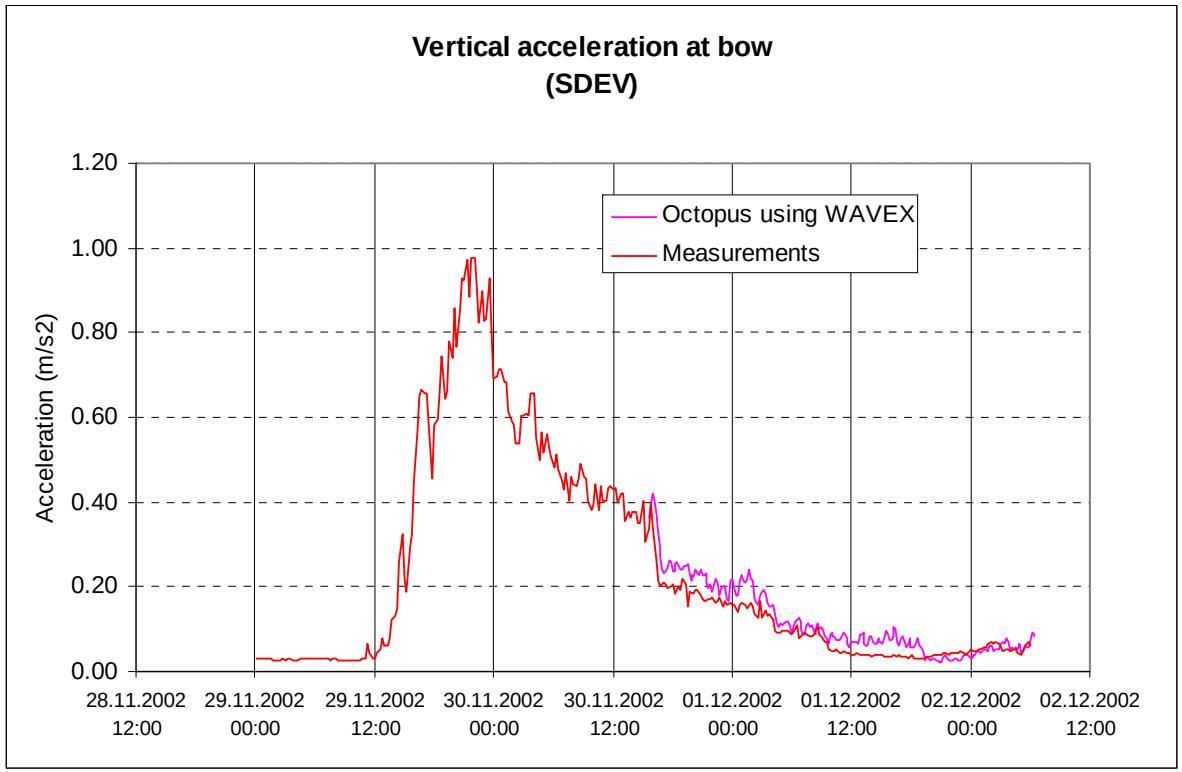
2) Panamax C/V in North Pacific-North Atlantic service

Full-scale validation (2)

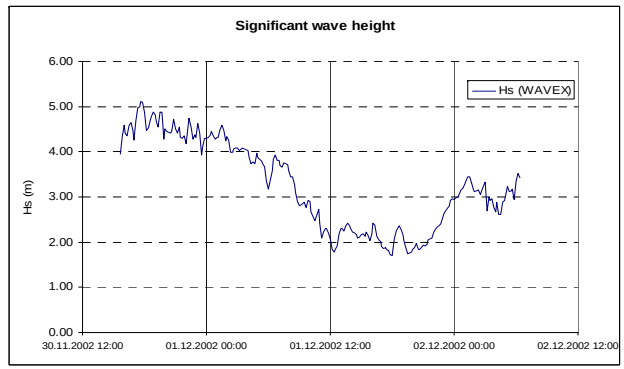
Post-Panamax C/V:

dynamic response

vertical acceleration at bow



… and seaway

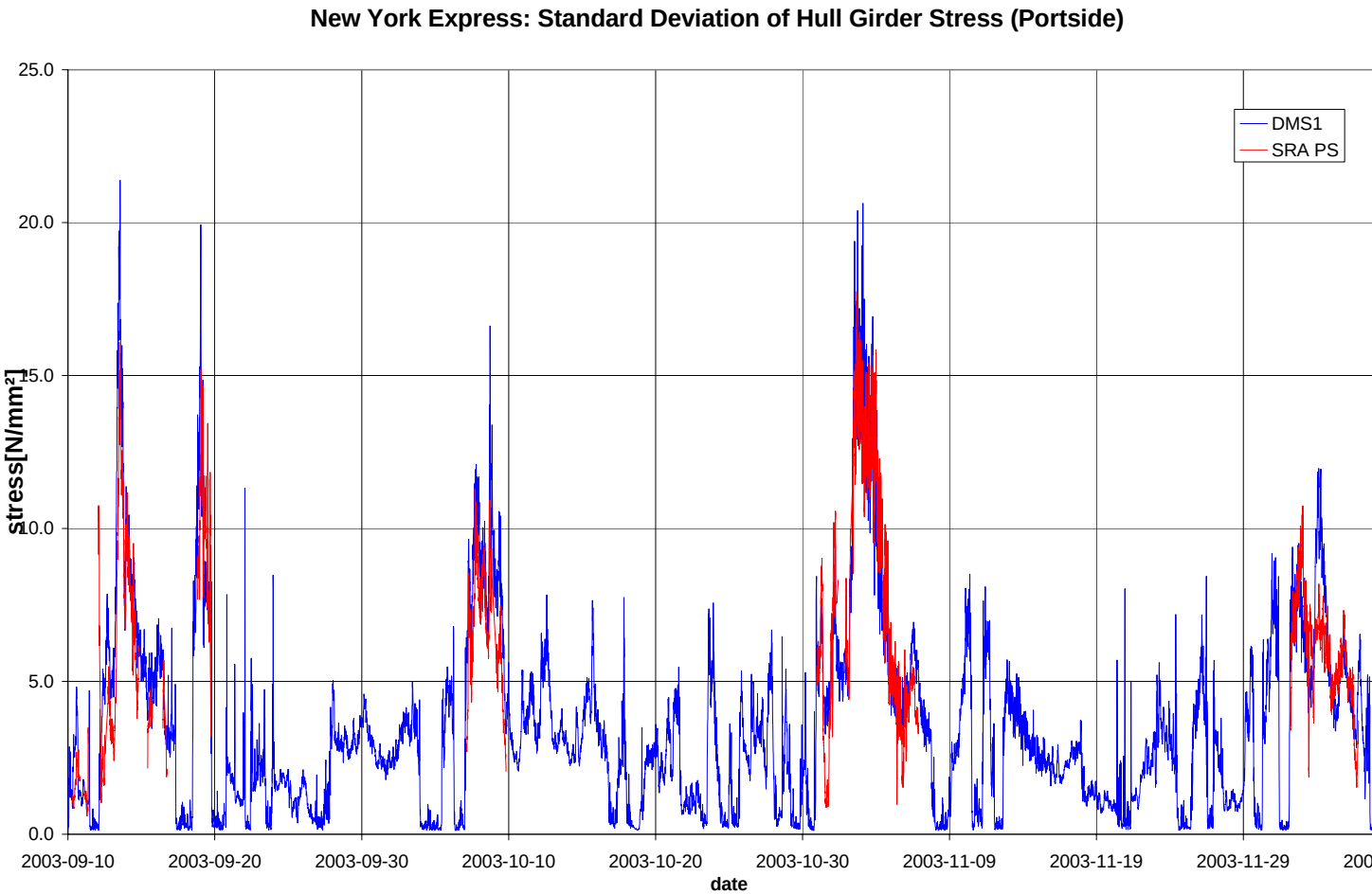


Full-scale validation (3)

Panamax C/V:

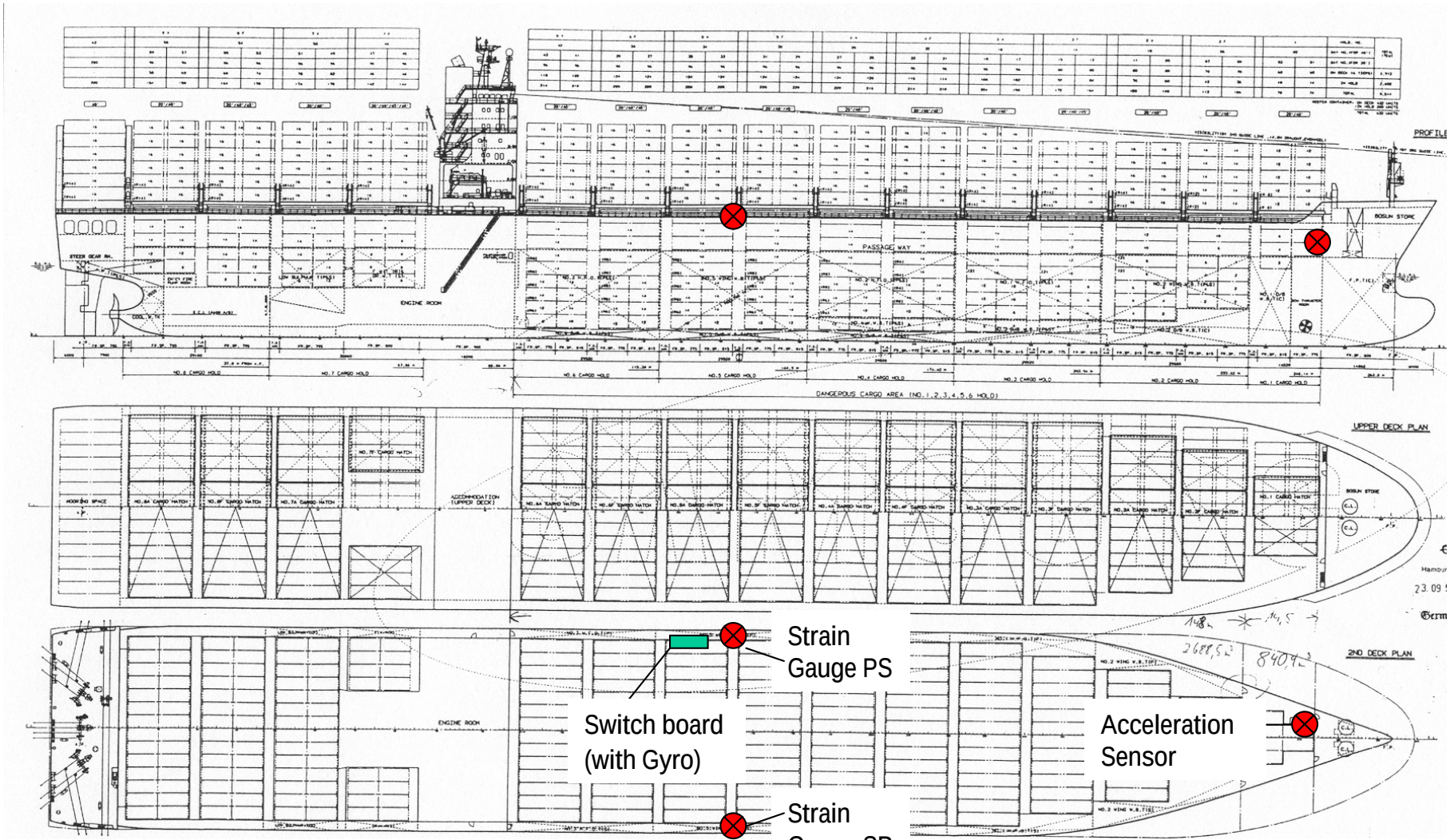
dynamic response

stress



Full-scale Validation (4)

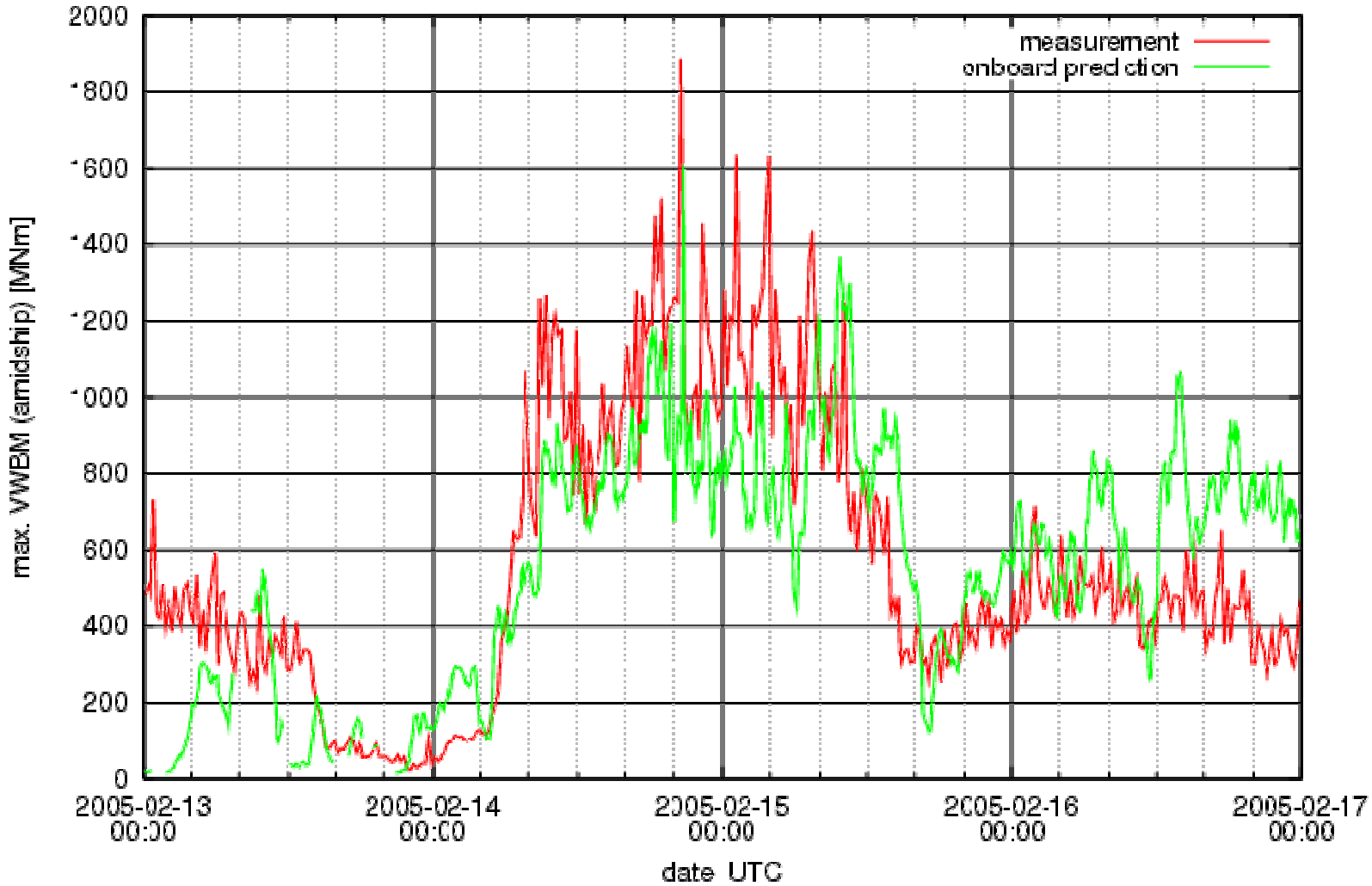
3) Post-Panamax C/V in Europe-Far-East Service



Full-scale Validation (5)

3) Post-Panamax C/V

wave induced bending moment



Benefits of the SRA

- Quantifiable service performance
  - Supplement to VDR
- Ship owner/operator
  - Enhance schedule integrity
  - Continuous seaway information
  - Navigational support …

    … especially valuable at poor visibility
  - Routing assistance by forecasted scenarios
  - Risk reduction regarding cargo and hull damage or even loss of cargo

CEPRONA
Empresa de Proyectos Navales

LA MEJORA CONTINUA DE LA GESTIÓN EMPRESARIAL

Autores: Ing. Lourdes Hormaza
Lic. Natasha Aguila
Ing. Jorge L. Pérez Estopiñán
Lic. Isabel Rubiera Verdecia

2005

ÍNDICE

Resumen	3
Introducción	4
Desarrollo	5
1. La mejora continua	5
2. La integración de los sistemas	7
2.1 Establecimiento de políticas y objetivos	8
2.2 El control de los documentos y registros	9
2.3 Realización de auditorías internas y revisiones por la dirección	10
2.4 La mejora continua a través de las mediciones, controles y análisis de datos	12
2.4.1 La medición de la satisfacción de los clientes	12
2.4.2 Establecimiento de las competencias y medición de la eficacia de la formación del personal	13
2.4.3Prevenir antes que reparar: la determinación de los riesgos	15
Conclusiones	17
ANEXOS	18
Bibliografía	27

RESUMEN

Título: LA MEJORA CONTINUA DE LA GESTIÓN EMPRESARIAL

Autores: **Ing. Lourdes Hormaza Montenegro**
Representante de la Calidad, CEPRONA

Lic. Natasha Aguila Valdés
Directora de Informática, CEPRONA

Lic. Isabel Rubiera Verdecia
Directora de Gestión de Fuerza de Trabajo, CEPRONA

Ing. Jorge L. Pérez Estupiñán
Director Comercial, CEPRONA

La mejora continua emana de los objetivos establecidos por la alta dirección de la organización que deben fundamentalmente estar dirigidos a: la mejora de la eficiencia interna (para la organización significa mantenerse económicamente competitiva), las necesidades individuales de los clientes y el nivel de desempeño que el mercado normalmente espera. El proceso de mejora deberá tener en cuenta el cumplimiento de los requisitos establecidos y las regulaciones. En el trabajo se detallan las experiencias obtenidas respecto al tema a partir de la integración de diversos sistemas de gestión y a la planificación e implantación de acciones preventivas para mejorar la gestión actual.

Organización: Empresa de Proyectos Navales (CEPRONA)
Dirección: Oficios No. 452, esq. Acosta, Habana Vieja
Ciudad de la Habana, Cuba
Teléfono: (537) 8622758
E mail: natasha.ceprona@argus.cu

INTRODUCCIÓN

La mejora continua emana de los objetivos establecidos por la alta dirección de la organización que deben por lo menos estar dirigidos a: la mejora de la eficiencia interna (para la organización significa mantenerse económicamente competitiva), las necesidades individuales de los clientes y el nivel de desempeño que el mercado normalmente espera. Es, además, un requerimiento de los sistemas de gestión empresariales que se implantan en las empresas estatales cubanas hoy día: de Gestión de la Calidad, Perfeccionamiento Empresarial, de Control Interno, de Seguridad y Salud, de Gestión Medioambiental.

Por tanto, es tarea de dichas empresas determinar los rangos de mejora propuestos, cómo evaluar los riesgos asociados, y cómo estos están relacionados a los requisitos del cliente y a la monitorización de la retroalimentación de la satisfacción de los clientes.

CEPRONA, es una empresa estatal cubana, dedicada a brindar servicios de ingeniería, consultoría, proyectos, investigaciones aplicadas, construcción de prototipos y pequeñas series de equipos mecánicos, artículos de PRFV y servicios técnicos, siempre con el empeño de satisfacer las expectativas y exigencias contractuales definidas con los clientes, proporcionándoles productos y/o servicios como, donde y cuando se acuerde, con precios competitivos y flexibles. Está adscripta al Grupo Empresarial ARGUS, del Ministerio de la Industria Pesquera y se inscribe en el Registro Central Comercial dispuesto por el Ministerio de Comercio Interior y en el Registro de Proyectistas, Constructores y Consultores de la República de Cuba.

Desde el año 2000 cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) certificado según la norma ISO 9001: 1994, y transitó al modelo del año 2000 en febrero del 2003, recertificando su sistema por un segundo período con el Lloyd´s Register Quality Assurance y la Oficina Cubana de Normalización. La formulación de regulaciones nacionales de obligatorio cumplimiento para la entidad y el propósito de cumplir con aquellas internacionales que la llevarían a ser una entidad de alto desempeño, planteó el problema de implantar todos esos sistemas de gestión derivados de tales regulaciones y la necesidad de hacerlo de forma integrada. En el presente trabajo se ejemplifica esta experiencia a través la aplicación de las propias herramientas que proporciona el SGC, en cumplimiento de las metas de la organización.

1. **La mejora continua**

La Norma ISO 9000: 2000 la define como sigue:

> **MEJORA CONTINUA:** actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos
> NOTA El proceso mediante el cual se establecen objetivos y se identifican oportunidades para la mejora es un proceso continuo a través del uso de los hallazgos de la auditoría, las conclusiones de la auditoría, el análisis de los datos, la revisión por la dirección u otros medios, y generalmente conduce a la acción correctiva y preventiva.[1]

La mejora continua emana de los objetivos establecidos por la alta dirección de la organización que deben por lo menos estar dirigidos a: la mejora de la eficiencia interna, la atención proactiva a las necesidades individuales de los clientes, el nivel de desempeño en el mercado y al impacto en el entorno interno y externo de la organización.

La empresa debe tener en cuenta los riesgos existentes:

- Riesgos de perder clientes y resultados del negocio
- Riesgos de incumplimientos reglamentarios y de daños físicos y morales de los empleados
- Riesgos de penalizaciones reglamentarias y de impactos desfavorables en el medio ambiente y en la sociedad
- Riesgos de incumplimiento de regulaciones establecidas en el país

La implantación en la empresa de sistemas de gestión que le permitan no cometer fallos respecto a estos riesgos debe enfocarse desde el punto de vista de la mejora continua; o sea, un proceso planificado en que los cambios previstos no se conviertan en un problema, con dimensiones burocráticas insospechadas, a la vez inoperantes, con un aumento en la carga de reuniones, en las obligaciones de la Alta Dirección, mayor cantidad de personal implicado, gastos de recursos, etc., es imprescindible gestionar la implantación de lo establecido de forma integrada, o sea, con enfoque de sistemas integrados, ahorrando tiempo, recursos, personal, etc.

El Ciclo de Mejora o de Deming plantea el cumplimiento de cuatro etapas fundamentales: PLANEAR, ACTUAR, COMPROBAR Y ACTUAR (Ver Anexo I).
Respetando cada una de estas etapas del ciclo en CEPRONA, se realizó lo siguiente para cada sistema de gestión en proceso de diseño e implantación:

En la Primera Etapa:

- Realización de un diagnóstico partiendo como criterio de evaluación de la regulación aplicable, estableciendo fortalezas y debilidades, oportunidades y amenazas y se planificaron las tareas a cumplir estableciendo responsabilidades, identificando recursos, etc.

[1] Tomado de Norma ISO 9000: 2000 Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario, Doc. Eléc p.19

- Establecimiento de las similitudes y las diferencias entre el(los) sistema(s) y los ajustes a realizar en uno u otro para la integración (este paso se relaciona con el anterior)[2]
- Elaboración de un cronograma, teniendo en cuenta lo existente en la empresa y lo exigido por las regulaciones

De modo que el propósito de diseñar e implantar un nuevo sistema conllevó a integrarlo a lo existente de una sola vez. CEPRONA partió del SGC establecido para dar cumplimiento a los requerimientos de los sistemas de gestión necesarios según las regulaciones establecidas. Se tuvieron en cuenta, además, dentro de la Planificación del proceso:

1. El nombramiento de un jefe del proyecto (responsabilidad que se centró fundamentalmente en la Representante para el Sistema de Gestión de la Calidad y en otros por las funciones que desempeñan)
2. La identificación de quienes integrarían el equipo del proyecto, atendiendo a las especialidades y funciones necesarias dentro de la estructura de la empresa
3. La planificación de las actividades estableciendo plazos, responsables, participantes y recursos

En la Segunda Etapa:

- Se formó e informó al personal de la empresa de forma general y al personal implicado en la tarea de forma particular, como garantía para el cambio
- Se ejecutaron los cambios, aprovechando los elementos comunes entre los sistemas, con una modificación mínima de los documentos establecidos

Tercera etapa

- Se realizaron las mediciones y controles a partir de las herramientas de control que proporciona el SGC, en las estructuras y grupos de trabajo establecidos (auditorías internas, revisión por la dirección, mediciones de procesos y productos, productos no conformes).

El objetivo en esta etapa es la verificación, que consiste en determinar si los resultados propuestos fueron aquellos obtenidos realmente, y si no lo son determinar las fallas (entiéndase también como no conformidades[3]).

Cuarta etapa

- Aplicación de mejoras a lo ejecutado (acciones correctoras y preventivas)
- Identificación de cambios (Cierre del ciclo)

[2] CEPRONA certificó su SGC en el 2000 y lo recertificó en el 2003; implantó el Perfeccionamiento Empresarial en el 2002 y comenzó el proceso de diseño e implantación del SGMA y del SGSS en el 2004

[3] **no conformidad**: incumplimiento de un requisito. Ob.cit. p. 23

2. La integración de los sistemas.

Un sistema de gestión es un sistema o conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos, o sea, para desarrollar actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización; un sistema de gestión de una organización podría incluir diferentes sistemas de gestión, tales como un sistema de gestión de la calidad**,** un sistema de gestión financiera o un sistema de gestión ambiental, etc.[4]

En el entorno moderno se ha detectado que la mejor forma de obtener la eficiencia y eficacia en la productividad, lejos de la especialización, se encuentra en la integración de procesos, en la integralidad de las personas y en las soluciones integrales. El término "integral" es parte activa de las economías modernas, y en las organizaciones con enfoque hacia la Calidad es aún más importante ya que la meta es la optimización. Es decir, hacer que todo funcione de una forma en la que se minimicen los recursos y se maximicen las utilidades (óptima).

Un Sistema de Gestión Integral asegura un mismo sistema para todos los procesos, donde se aseguren unos objetivos y metas organizacionales, y el cuál se mueva en busca de objetivos comunes, por caminos comunes y no como elementos sueltos dentro de la misma organización. Es decir, **Integración** como la optimización de procesos que busquen la eficiencia y la eficacia.

Las bases esenciales y comunes de los sistemas radican en:

- Liderazgo
- Cultura basada en valores
- Ética del trabajo
- Innovación tecnológica
- Comunicación
- Participación
- Información
- Formación
- Cooperación: trabajo en equipo

Todos los sistemas comienzan por la Dirección y requieren de liderazgo, compromiso y participación activa de todos los trabajadores, independientemente del nivel en el que estén. Son un proyecto permanente de mejora continua y se basan en la acción preventiva y no en la acción reparadora. Siempre la toma de decisiones debe hacerse sobre bases y datos objetivos que sean medibles. Los resultados óptimos se obtienen mediante la formación y la información y el trabajo integrado de los sistemas es siempre una tarea de todos.

En un sistema integrado la planificación, organización y organización de las actividades tendrá como elementos de entrada requisitos del Cliente, requisitos legales de Calidad, Medio Ambiente**,** Seguridad y Salud, aspectos medioambientales, riesgos laborales y otros emanados de las regulaciones vigentes. Los resultados de las actividades implican SATISFACCION del Cliente Externo, dado que sus expectativas están cumplidas; del Cliente Interno, en tanto la organización vela por su seguridad y salud; de la sociedad en lo referente a la preservación del medioambiente, el cumplimiento de la legislación vigente.

[4] Ob.cit. p. 9

Las diferencias entre los sistemas se centran en lo que cada uno hace énfasis, ya sea la calidad, el medio ambiente, la seguridad y salud del trabajo, la eficiencia y la eficacia organizacional, el control interno, etc. De ahí que externamente la acción de cada uno se manifieste en las relaciones entre producto/servicio y el cliente; entre la empresa, el entorno y la sociedad; entre la empresa, trabajadores y autoridad laboral; entre empresa, regulaciones y sociedad, etc.

Ahora bien son requisitos imprescindibles para la certificación de un Sistema Integrado de Gestión (SIG)[5] que sea común:

- La política y que en los objetivos estén contempladas las temáticas que se integrarán.
- El control de documentos y el control de los registros
- La realización de auditorias internas y la revisión por la dirección de los sistemas.
- El proceso de mejora continua a través de:

A. la medición de la satisfacción del cliente
B. La evaluación de la competencia del personal
C. la determinación, evaluación y control de riesgos y la toma de acciones correctivas y preventivas

2.1 Establecimiento de políticas y objetivos

La adecuación del sistema de calidad implantado a los requisitos de la versión del 2000 de la Norma ISO 9001, llevó a un establecimiento de la política de calidad y de los objetivos empresariales desplegados en todos los niveles de la empresa. Y de hecho constituyó una mejora del sistema implantado, que se convirtió de un sistema de aseguramiento de la calidad en uno de gestión (entiéndase gestión como actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo referente a la calidad).

¿Por qué se establecen políticas?

> "El comportamiento de una organización con muchas personas no está determinada por las decisiones y acciones de un individuo solamente, sino que muchas personas actúan a nombre de la organización y esto puede hacer que, con mucha facilidad, la organización presente múltiples e inconsistentes caras al mundo exterior. Asimismo, dentro de las organizaciones, el comportamiento de algunas áreas funcionales puede ser antagónico con los objetivos a largo plazo de la organización.
> La acumulación de incidentes desafortunados induce a desarrollar y hacer conocer los principios que sirvan como guía al pensamiento y a la toma de decisiones. A estos principios, guías, o marcos de actuación para la gestión les llamamos **POLÍTICAS**. Las políticas son los canales de decisión a lo largo del camino para alcanzar un fin; esto es, las políticas guían hacia los objetivos. Por otra parte, es virtualmente imposible delegar autoridad sin la existencia de políticas, ya que un ejecutivo subordinado no puede tomar decisiones sin algún tipo de guía."[6]

El establecimiento de las políticas de cada sistema, la interrelación entre una y otras y su cumplimiento en cada acto de la organización es sumamente importante. Por ejemplo, cuando una organización atiende rápida y honradamente las reclamaciones de sus clientes, los

[5] Esto constituye la meta en un futuro cercano para la entidad. Aún hoy no existe regulación para la auditoría de certificación de los Sistemas Integrados.
[6] LRQA. *La política de la calidad.* Doc. Eléc. p.1

observadores opinarán que la organización tiene una política de tratamiento ético de la calidad. La existencia de una política escrita acorde con los hechos hace que dicha política y la organización ganen en credibilidad. Cuando la política de la entidad dice una cosa y los hechos dicen otra, lo que se cree son los hechos y, por ende, la política pierde credibilidad.

El establecimiento de políticas, requisito expreso de las regulaciones referentes a la Calidad, Gestión del Medioambiente y la de Seguridad y Salud, se generalizó a aquellas que no la exigían pero tampoco la negaban, como es el caso del Sistema de Control Interno, en cumplimiento de la Resolución No. 297/03[7]. Cada una de estas políticas son consecuentes entre sí y su establecimiento en forma escrita crea confianza para la toma de decisiones de forma integrada por parte de la Alta Dirección, ofrecen una base para la gestión, evitando las crisis, la improvisación y el oportunismo además de permitir auditar lo que se hace, comparándolo con las políticas.

Por otra parte, las políticas son el marco de referencia obligado para el establecimiento de los objetivos. Así, la adecuación del sistema de calidad implantado a los requisitos de la versión del 2000 de la Norma ISO 9001 hizo que los objetivos empresariales fueran desplegados en todos los niveles de la empresa. Estos últimos se convirtieron en una herramienta eficaz y efectiva en manos de la Alta Dirección para establecer metas y controlar su cumplimiento. Siguiendo la guía del Sistema de Gestión de Calidad, los objetivos de calidad son los mismos objetivos empresariales y por tanto, los de todos los sistemas empresariales que se implanten.

Los objetivos establecidos entre los años del 2002 al 2005, reflejan de forma progresiva como fueron cambiando las metas, los resultados esperados, respecto a la implantación de nuevos sistemas y a su mantenimiento (Ver Anexo II). Por ejemplo, si en el 2002 la meta era recertificar el SGC e implantar el Perfeccionamiento, en el 2003 la meta era mantener el certificado del SGC y el Perfeccionamiento empresarial. Asimismo, a finales del 2003 se incluyó un objetivo más referente al cumplimiento de lo establecido por la Resolución 13/2003 del MAC[8] en cuanto a la prevención de las indisciplinas, ilegalidades y corrupción. Esto último quedó englobado en el 2004 por la tarea de la implantación del Sistema del Control Interno según Resolución 297/03 del MFP. El mismo procedimiento de establecimiento de estrategias y objetivos normativos, trayectorias y tareas se ha empleado en el diseño, implantación y mantenimiento de los sistemas de gestión.
El establecimiento de políticas y objetivos constituye además un paso en la planificación de los cambios impuestos por cada sistema; el seguimiento y medición del comportamiento de aquellos mediante indicador y métodos de dirección han constituido la medición de las acciones ejecutadas (la comprobación necesaria, para mejorar).

2.2 El control de documentos y de los registros

La documentación básica de los sistemas está constituida en lo fundamental por:

- Un Manual, que describe los elementos básicos del sistema
- Procedimientos, que definen como se llevan a cabo los requisitos de la norma (mandatorios en la regulación o definidos por la organización)

[7] Se trata de una regulación nacional, dictada por el Ministerio de Finanzas y Precios
[8] MAC: Ministerio de Auditoría y Control, órgano de administración central de Estado, con facultad para legislar

- Instrucciones, que detallan algún punto concreto de los procedimientos

- Registros, que evidencian la implantación de un procedimiento o instrucción (presentan evidencias objetivas de las actividades realizadas o de los resultados obtenidos)

CEPRONA, modificó y adecuó a los requisitos de los demás sistemas los procedimientos y registros existentes del SGC, elaborándose solamente nueva documentación en aquellos elementos que distinguen a unos de otros o modificándose registros existentes. Incluso, la práctica de la elaboración de manuales explicativos del alcance del sistema dado propio de esas regulaciones internacionales, se aplicó también en el cumplimiento de la Resolución 297/03 del MFP, lo que no estaba era requisito de la normativa. De este modo, se evitó la excesiva creación de sistemas separados que multiplicarían la necesidad de recursos, tiempo, personas, etc.

Se han aplicado acciones de mejora a través de los grupos de trabajo existentes en la estructura organizacional[9]; los registros existentes de estas acciones son evidencias demostrativas del funcionamiento de los sistemas integrados. Por ejemplo, se registran los cambios de estructuras, la gestión de la fuerza de trabajo, el análisis de la medición de la satisfacción de los clientes, la investigación de mercados, cambios y mejoras en los procesos de contratación, el seguimiento de los objetivos, la gestión de los recursos, los problemas en los productos y procesos relacionados con el cliente, etc.

2.3 Realización de auditorías internas y la Revisión por la Dirección

En la tercera etapa de la mejora continua de los sistemas de gestión es primordial como elemento de enlace y de control: la realización de las auditorías y la revisión de la eficacia del funcionamiento de los sistemas integrados por parte de la Dirección de la empresa.

No existe hoy una norma para auditar sistemas integrados por parte organismos acreditados, pero si constituye requisito de aquellos la realización de auditorías internas.

> "Para poder realizar una auditoria combinada, se debe determinar previamente cuáles son los elementos de las Normas que se gestionan en común en el ámbito del Sistema de Gestión. Estos puntos pueden ser:
> - Dirección y Representante de la Dirección comunes para todas las Normas
> - Sistema de documentación
> - Identificación de aspectos críticos (requisitos del cliente, aspectos medioambientales, riesgos)
> - Identificación de requisitos legales y otros
> - Objetivos y planificación de la mejora continua
> - Calibración/Mantenimiento/Inspección/Compras/Formación/Contratistas
> - Auditorias internas realizadas en común
> - Acciones correctoras y preventivas"[10]

[9] La estructura organizacional fue modificada a partir del 2002, en cumplimiento del Decreto Ley 187/1998
[10] Tomado de la presentación "Charla con los clientes", Jose A. Reyero, (LRQA) La Habana, Abril 2005

Al existir un procedimiento para la realización de las auditorias internas[11] para el Sistema de Gestión de Calidad en CEPRONA, se hicieron adecuaciones en éste para la realización de esas mediciones en sistemas como el de Control Interno, el de Gestión Ambiental, el de Seguridad y Salud del Trabajo, siempre utilizando los mismos formatos y preparando a los auditores ya formados como tal para que sean capaces de auditar todos los sistemas.

Para ello se ideó para cada programa de auditoria interna de Calidad una lista chequeo que incluyera aspectos a medir del control interno, el control del plan de prevención por área, seguridad y salud, además de los propios del Sistema de Gestión de la Calidad. Esto no excluye la posibilidad de necesitar un experto técnico[12] ante temas determinados, por ejemplo en el área de Contabilidad, en Informática o seguridad y salud, aunque no actúe como un auditor en el equipo auditor.

Así, las Auditorías Internas cobran en el proceso de integración un papel primordial en tanto se erigen como elemento integrador, común y necesario a todos los sistemas, en el cumplimiento de su objetivo primero: medir y controlar su eficacia y eficiencia. La detección de no conformidades, la aplicación de acciones correctoras[13] ante problemas reales y la implementación de acciones preventivas, además, aceleran el propio proceso de integración.

A modo de conclusión en cuanto a auditorías podemos decir que:

- Con el mismo personal preparado para realizar auditorias internas de calidad, se auditan otros temas, según lista chequeo a verificar para cada área, por tanto no hay necesidad de formar auditores adicionales y no se creó un área de auditoria en la empresa. Además, de ser necesario, se puede utilizar en algún momento determinado expertos de la misma empresa.
- La empresa es auditada totalmente, dos veces al año todas sus áreas, como mínimo, dejándose las acciones correctivas y/o preventivas correspondientes con fecha de cumplimiento, acorde a la magnitud de las no conformidades detectadas
- Se han detectado deficiencias en muchos aspectos, que han permitido a la empresa y los implicados, tomar la acción correspondiente antes de que se llegue a incurrir en un problema de mayor magnitud
- Ha mejorado la forma de trabajo de los directivos de las áreas al utilizar las acciones tomadas en las auditorias, que posibilitan desarrollar mejoras en los sistemas de gestión implantados en la empresa.
- Se han reportado ventajas en cuanto a la educación de los trabajadores y directivos en los procedimientos y regulaciones establecidas, cumpliéndose lo detectado como áreas

[11] **auditoría:** proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría. Las auditorías internas, denominadas en algunos casos como auditorías de primera parte, se realizan por, o en nombre de la propia organización, para fines internos y puede constituir la base para la auto declaración de conformidad de una organización. Ob. Cit. p. 27

[12] **experto técnico:** persona que aporta experiencia o conocimientos específicos con respecto a la materia que se vaya a auditar. La experiencia o conocimientos técnicos incluyen conocimientos o experiencia en la organización,
proceso o actividad a ser auditada, así como orientaciones lingüísticas o culturales. Ob. Cit. pp.20-21

[13] **acción correctiva:** acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable. Puede haber más de una causa para una no conformidad. La acción correctiva se toma para prevenir que algo vuelva a producirse. Ob.cit. pp.15-16

vulnerables y los riesgos por procesos y áreas, que son controladas en estas auditorias, en reuniones del área y en los despachos con el Director General.

Asimismo, en cuanto a la Revisión por la Dirección, se modificó la agenda de revisión en el procedimiento establecido en el SGC y se incorporaron como datos de entrada al proceso los requerimientos de los diversos sistemas. Estas revisiones constituyen controles realizados por la Alta Dirección de las empresas, a intervalos planificados (mediante procedimiento o sin él), para asegurarse de la consistencia adecuación y eficacia de los sistemas implantados, para identificar oportunidades de mejoras y cambios en la política, objetivos, procesos, productos, etc.

2.4 La mejora continua a través de las mediciones, controles y análisis de datos

La realización de mediciones, análisis y mejoras es elemento en común a todos los sistemas; estos son un proyecto permanente de mejora continua y se basan en la acción preventiva y no en la acción reparadora. La práctica ha demostrado que los esfuerzos se centran primero en la reparación de no conformidades, y en la medida que las estructuras, procedimientos y responsabilidades establecidas funcionan, el centro de gravedad de los esfuerzos se mueve hacia la prevención de problemas.

Esto se manifiesta fundamentalmente en las mediciones periódicas de la satisfacción del cliente, en el establecimiento de las competencias y mediciones de la eficacia de la formación proporcionada y en la determinación de los riesgos asociados al desempeño empresarial.

2.4.1 La medición de la satisfacción de los clientes

Respecto a la satisfacción del cliente en la Norma ISO 9000: 2000 se define como:

> "…percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos… Las quejas de los clientes son un indicador habitual de una baja satisfacción del cliente, pero la ausencia de las mismas no implica necesariamente una elevada satisfacción del cliente… Incluso cuando los requisitos del cliente se han acordado con el mismo y éstos han sido cumplidos, esto no asegura necesariamente una elevada satisfacción del cliente."[14]

La empresa debe realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto a la prestación de servicios y/o elaboración de productos por parte de la organización. Su propósito es obtener una percepción adecuada del índice de satisfacción que hay en el entorno respecto al desempeño de los productos y servicios vendidos. De tales mediciones pueden resultar la toma acciones por parte de la alta dirección que pueden afectar la estructura de la empresa, funciones, responsabilidades, formas de trabajo (documentadas o no), diseño de productos, procesos, recursos, etc. Todo ello implica de una u otra forma a todos los sistemas de gestión implantados, pues el impacto en la sociedad, en los trabajadores están relacionados con el propósito de la organización de ser eficiente y eficaz. La empresa debe determinar los métodos para obtener esa información de sus clientes, analizar dicha información y tomar las acciones de mejora.

[14] Ob.cit. p. 17

Se comenzó con la identificación de clientes y se segmentó la cartera de acuerdo a los servicios prestados; se definieron los objetivos (propósito de la medición) y aquellos grupos de clientes claves (los mayores compradores del servicio en cuestión). Teniendo en cuenta que una medida exacta de la satisfacción del cliente debe contemplar ambas partes de la ecuación: lo que para el cliente es importante y lo que lo satisface (IMPORTANCIA + SATISFACCION), CEPRONA estableció el método para medir esto a través de avales de clientes para cada servicio o producto y aplicó encuestas. Se definieron los atributos de importancia para el cliente y para la organización, y se obtuvieron datos a cerca del comportamiento de los productos y servicios en un período determinado.

Los resultados obtenidos con las encuestas se procesaron a partir de la norma francesa FDX 50-172: 99 "Gestión de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad. Encuesta de satisfacción de los clientes". Este procesamiento se integró a los sistemas automatizados existentes en la Dirección Comercial[15], obteniéndose una información mejor organizada, rápida, fácil de entender mediante gráficos, en relación directa con las ventas de la empresa en un período determinado. Así la alta dirección puede tomar decisiones a partir de los datos obtenidos para afirmar, mantener, mejorar o atender el desempeño de la empresa. Ver Anexo III.

Con el tratamiento eficaz de las quejas de clientes se puede eliminar clientes insatisfechos y a partir del análisis de datos que arrojan las investigaciones, las encuestas, las entrevistas, etc.; se pueden determinar los elementos negativos y actuar sobre los problemas detectados con acciones de mejoras. Con el índice de satisfacción del cliente podemos determinar en que áreas y/o servicios estamos satisfaciendo o no a los clientes; conocer las expectativas existentes en el entorno empresarial permite mejorar el desempeño y el impacto en el cliente, el entorno y la sociedad.

2.4.2 Establecimiento de las competencias y la medición de la eficacia de la formación del personal

El personal es uno de los recursos, el más importante, que tiene que gestionar la alta Dirección de una empresa.

Con el establecimiento del Sistema de Calidad en su primera etapa (por la Norma ISO 9001: 1994) se determinaron las competencias[16] a través de un registro denominado Perfil de Trabajo. Con la transición al modelo de la norma del año 2000, simultáneamente a la implantación del Perfeccionamiento Empresarial, se elaboraron las Matrices de Competencia por puestos de trabajo, donde se determinan los requisitos en cuanto a conocimientos, experiencia, funciones, atribuciones de quien ocupe el puesto de trabajo. Se adecuó el procedimiento de admisión el personal a lo que el Decreto Ley 187/1997 establece y se establecieron los registros pertinentes.

La capacitación es el proceso a través del cual se posibilita que los miembros de la organización adquieran conocimientos y desarrollen habilidades y aptitudes que requieren

[15] Nos referimos al Sistema GESTCO, empleado en CEPRONA para el procesamiento de datos relacionados con las ventas, la contratación, cobros, medición de la satisfacción del cliente, etc.
[16] Nos referimos al conjunto de conocimientos teóricos, habilidades, destrezas y actitudes necesarias para desempeñar con eficacia una ocupación o cargo

para desempeñar su trabajo actual, además de ayudar en su desarrollo para asumir futuras responsabilidades, es la forma de eliminar la distancia existente entre lo que está ocurriendo en la organización y lo que debería ocurrir en materia de conocimiento y habilidades de los trabajadores y sus niveles de desempeño.

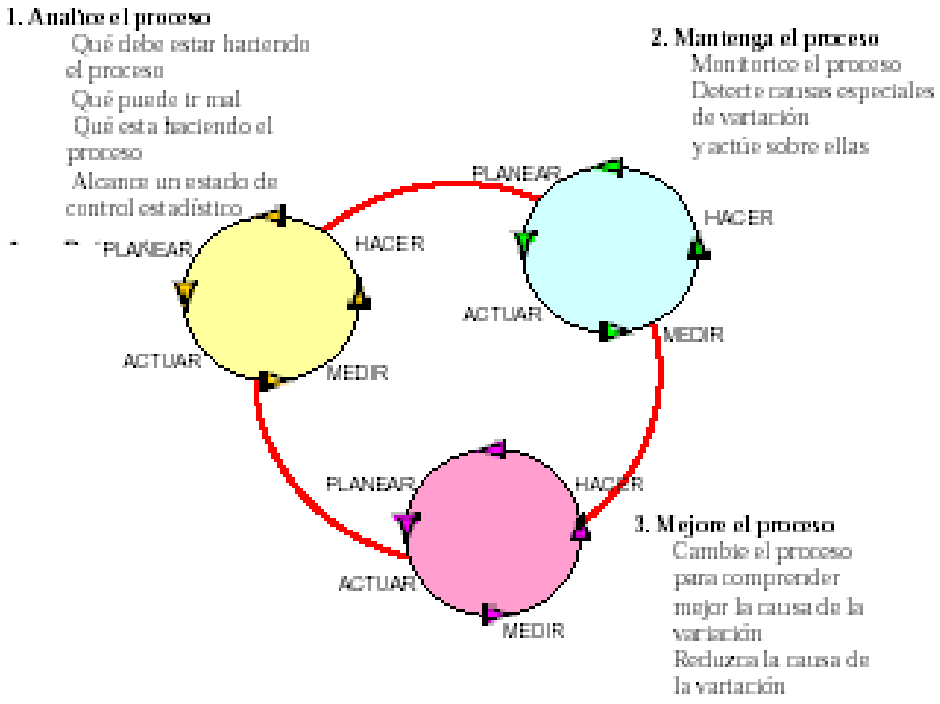
Este proceso que se inicia con la determinación de la competencia para el personal que realiza trabajos que afectan a la calidad del producto, para luego ejecutar las actividades de formación y registrar estas, no concluye con la actividad de formación ejecutada, sino que hay que evaluar la eficacia de las acciones tomadas a partir de las habilidades adquiridas y aplicadas por el trabajador en el proceso productivo. Esto está íntimamente relacionado con la realización de nuevos servicios por parte de la empresa, partiendo de cambios en el mercado[17] y los objetivos corporativos.

Todas las necesidades de formación detectadas en el proceso de admisión del personal o en la evaluación del desempeño del personal o en la planificación de los cambios impuestos por la integración de otros sistemas de gestión (Medio Ambiente, Seguridad y Salud, Control Interno) se gestionan a través de un mismo procedimiento de trabajo, dejando registros adecuados para demostrar la eficacia del proceso. Esto es importante en los cambios, y al elemento formación se une el de la motivación, pues no podemos esperar que todos los afectados en la empresa comprendan y asuman la necesidad de dichos cambios; es más, hay personas que rechazan y hasta obstaculizan el cambio. La formación y motivación en la integración debe comprender la explicación a los involucrados de:

- Propósito de los cambios,
- Por qué hay que hacer
- Qué hay que hacer
- Cómo hay que hacer

La formación del personal para la integración de los sistemas se proporcionó de acuerdo a las necesidades en la etapa de implantación de los cambios. Pero todo proceso debe ser medido atendiendo al esquema siguiente:

[17] Los resultados de las mediciones de la satisfacción del cliente pueden llevar al diseño de nuevos servicios/productos



Ahora bien, en el propósito de evaluar la eficacia de la formación[18] se elaboró un programa para determinar los conocimientos y habilidades que se tienen y los requeridos, el nivel de desempeño actual y los estándares de desempeño a que se aspiran. Todo ello permite la evaluación de la formación proporcionada en cuanto a conocimientos adquiridos y transferencia a la situación laboral. Los resultados de la medición efectuada se procesaron y automatizaron, ganando en rapidez, claridad y efectividad.

La utilización de los mismos procedimientos implantados para los cambios con los nuevos sistemas de gestión, agilizó el trabajo con el consiguiente ahorro de tiempo y recursos. La evaluación de la eficacia de la formación arroja como resultados nuevas necesidades a satisfacer, así como criterios para medir la preparación del personal para los cambios proyectados en la mejora continua.

2.4.3 Prevenir antes que reparar: la determinación de los riesgos

Es poco realista pretender que una organización haga progresos sobre todas las mejoras potenciales simultáneamente. Cada mejora requerirá el compromiso de recursos que pueden necesitar ser priorizados por la alta dirección, especialmente donde se necesitan inversiones. Se deberán entonces analizar los riesgos potenciales para alcanzar los objetivos trazados, determinar su severidad, ocurrencia, posibilidades de detección por los controles existentes, así como el orden de prioridad para la aplicación de acciones preventivas[19].
El levantamiento de los riesgos se inició como un medio de mejora del SGC implantado; ahora bien, como se incorporaron a los objetivos empresariales el cumplir lo establecido en las

[18] Nos referimos tanto a la formación ante los cambios por la integración de los sistemas, como a la dirigida a satisfacer las necesidades detectadas
[19] **acción preventiva:** acción tomada para eliminar la causa de una **no conformidad potencial** u otra situación potencialmente indeseable. La acción preventiva se toma para prevenir que algo suceda mientras que la correctiva se toma para prevenir que vuelva a producirse. Ob.cit. pág. 23

regulaciones nacionales y las internacionales referidas al Medioambiente y al de Seguridad y Salud, se determinaron los riesgos por procesos, así como los riesgos de prevención, medioambientales y los de seguridad y salud en toda la empresa. Se clasificaron de acuerdo a la severidad y la ocurrencia y se determinaron también las prioridades de las acciones preventivas aplicar. Los resultados del sistema automatizado empleado para el procesamiento de los resultados del trabajo realizado pueden apreciarse en el ANEXO IV.

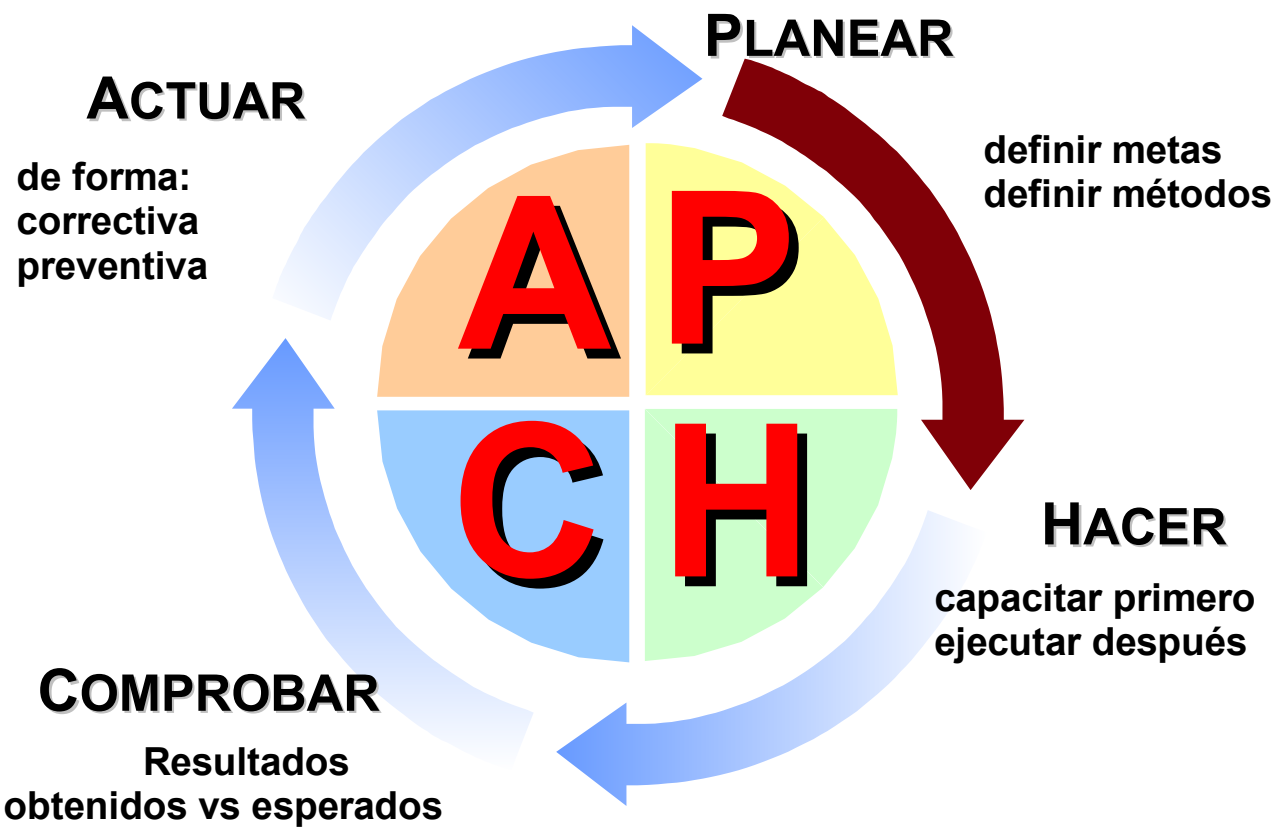
De modo que, hoy cada área de la empresa cuenta con su levantamiento de riesgos y cada directivo deberá accionar en la solución de los riesgos detectados según la matriz de prioridad. (Ver ANEXO V). Las acciones estarán dirigidas en lo fundamental al mejoramiento del desempeño de la empresa, independientemente si se va solucionando un área vulnerable que sea requisito de una regulación determinada.

CONCLUSIONES

- El enfoque de la mejora aplicado a todos los cambios proyectados en una organización garantiza la planificación, organización y ejecución de las actividades con un éxito asegurado; su funcionamiento y su desempeño en el mercado no se afectan con el cambio sino todo lo contrario, se reflejan en la eficiencia y la eficacia empresarial
- La integración de varios sistemas de gestión implica racionalización de los recursos**.** Partir de un Sistema de Gestión de Calidad según ISO 9001:2000, permitió diseñar e implantar desde cambios estructurales en cumplimiento de regulaciones nacionales hasta desarrollar otros sistemas como son: Medioambiental, Control Interno y Seguridad y Salud del Trabajo. El trabajo se ha desarrollado con mayor rapidez, mayor organización, las mismas personas, los mismos recursos, utilizándose las herramientas de mejora del SGC
- Un sistema integrado es un claro indicio de una organización eficaz, por lo que mejora la imagen corporativa por su impacto social (en la satisfacción del cliente y en los trabajadores) y en el medio ambiente trabajo y el natural. La gestión integrada de las actividades de la organización lleva a una reducción de los productos defectuosos, accidentes o incidentes medioambientales, además de que facilita la medición de su eficacia a través de las auditorías internas y las revisiones por la dirección.
- Gestionar y mantener los sistemas de forma integrada es más sencillo. Los esfuerzos y recursos no se dispersan ni derrochan; planificar, hacer, medir y actuar permiten transitar en la mejora y establecer prioridades en las acciones para prevenir antes que arreglar. La aplicación de las auditorías, el análisis de datos, las mediciones de la satisfacción del cliente, de los productos y servicios permite a la dirección de la empresa medir, controlar, prevenir y mejorar el funcionamiento de todos los sistemas, cumpliendo con las regulaciones establecidas en el logro de las metas deseadas. La aplicación de acciones correctoras y preventivas proporcionan la confianza en la calidad de los productos y servicios que proporciona la organización y refuerza los valores compartidos en la cultura empresarial.
- La determinación de los riesgos -requisito expreso del sistema de seguridad y salud pero generalizado a todos los sistemas- constituye una vía para el mejoramiento continuo en la gestión de la alta dirección de CEPRONA. Se han establecido planes, determinado responsabilidades, implantado métodos de control y seguimiento y se ha logrado el cumplimiento de regulaciones y leyes que rigen hoy la gestión empresarial

ANEXO I

CICLO DE DEMING O DE MEJORA



ANEXO II

OBJETIVOS RELACIONADOS CON LA IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS DESDE 2002 AL 2005

De los Objetivos del año 2002

5. Mantener la certificación del Sistema de Aseguramiento de la Calidad

5.1 No obtener no conformidades en las auditorias de mantenimiento de la certificación

6. Lograr la implantación del Perfeccionamiento Empresarial

De los Objetivos del año 2003

5. Mantener la certificación del Sistema de Aseguramiento de la Calidad y modificarlo con vistas a la recertificación en el año 2003

5.1 No obtener no conformidades en las auditorias de mantenimiento de la certificación

5.2 Gestionar las mejoras del sistema aplicando las técnicas y acciones correspondientes al 90% de los problemas detectados

5.3 Participar en el Premio por la Excelencia Empresarial

6. Continuar la implantación del Perfeccionamiento Empresarial

6.1 Obtener en las inspecciones a la implantación del Perfeccionamiento Empresarial resultados satisfactorios.

9. Contribuir al fortalecimiento de la disciplina laboral, administrativa y tecnológica de la Empresa

9.1 Participar en el Grupo de Trabajo de Prevención a las notificaciones de ilegalidad, indisciplina y corrupción

9.2 Cumplir con el Plan de medidas para la prevención de las ilegalidades, indisciplinas y corrupciones

De los Objetivos del año 2004

5. Mantener y mejorar continuamente el Sistema de Gestión de Calidad certificado

No obtener no conformidades en las auditorias de mantenimiento de la certificación

Determinar los riesgos potenciales por procesos, estableciendo las acciones preventivas para cada uno.

Establecer las bases para obtener el reconocimiento ambiental en el año 2005.

Participar en las convocatorias a premios establecidos por la Provincia y el País.

6. Continuar y mejorar el proceso de Perfeccionamiento Empresarial

Obtener en las inspecciones a la implantación del Perfeccionamiento Empresarial resultados satisfactorios.

Garantizar la mejora continua del proceso de Perfeccionamiento Empresarial a través del trabajo del Grupo de Perfeccionamiento

9. Continuar fortaleciendo la disciplina laboral, administrativa y tecnológica de la Empresa respecto al año anterior

9.1 Cumplir con el plan de medidas para la prevención, detección y enfrentamiento de las indisciplinas, ilegalidades y manifestaciones de corrupción en la Empresa.

9.2 Realizar al menos 2 auditorías internas, según lo establece el Sistema de Control Interno y el Expediente del Perfeccionamiento, en el segundo semestre del año

De los Objetivos del año 2005

3. Perfeccionar la Gestión de Fuerza de trabajo respecto al año anterior

3.1 Realizar Diagnóstico y plan de acción para la implantación del Sistema de Seguridad y Salud del Trabajo, según las exigencias de las OHSAS 18000, de forma integrada con otros sistemas de gestión

4. Mantener y mejorar continuamente el Sistema de Gestión de Calidad certificado

4.1 No obtener no conformidades en las auditorias de mantenimiento de la certificación

4.2 Elaborar las matrices de riesgos y prioridades de acciones preventivas y correctivas en los despachos y auditorias internas durante el año

Cumplir el plan para la implantación del Sistema de Gestión Ambiental según ISO 14 000 y su integración con los Sistemas de Gestión implantados

5. Continuar y mejorar el proceso de Perfeccionamiento Empresarial

5.1 Obtener en las inspecciones a la implantación del PE resultados satisfactorios.

5.2 Lograr la aplicación de la escala salarial aprobada en el Exp. Del Perfeccionamiento como cumplimiento del cronograma, de implantación para el primer semestre del año

5.3 Garantizar la mejora continua del proceso de PE a través del trabajo del Grupo de Perfeccionamiento

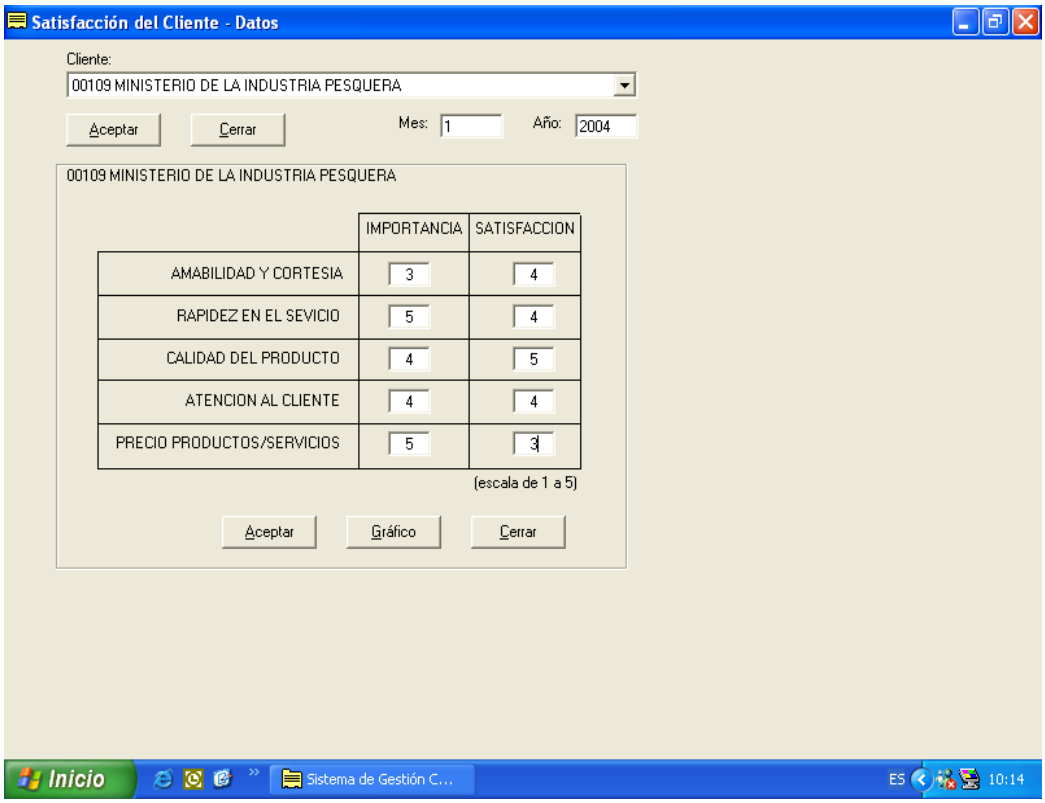
8. Continuar fortaleciendo la disciplina laboral, administrativa y tecnológica de la Empresa respecto al año anterior

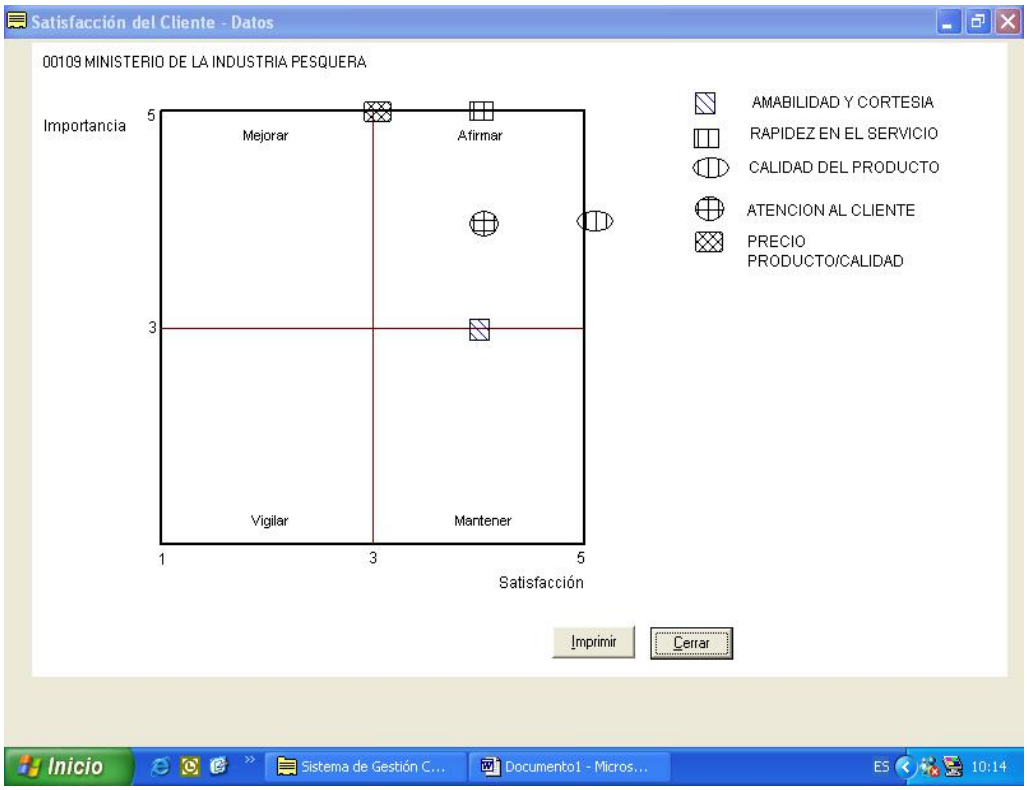
8.1 Chequeo, control y seguimiento de los Planes de Prevención y al levantamiento de riesgos en la Empresa

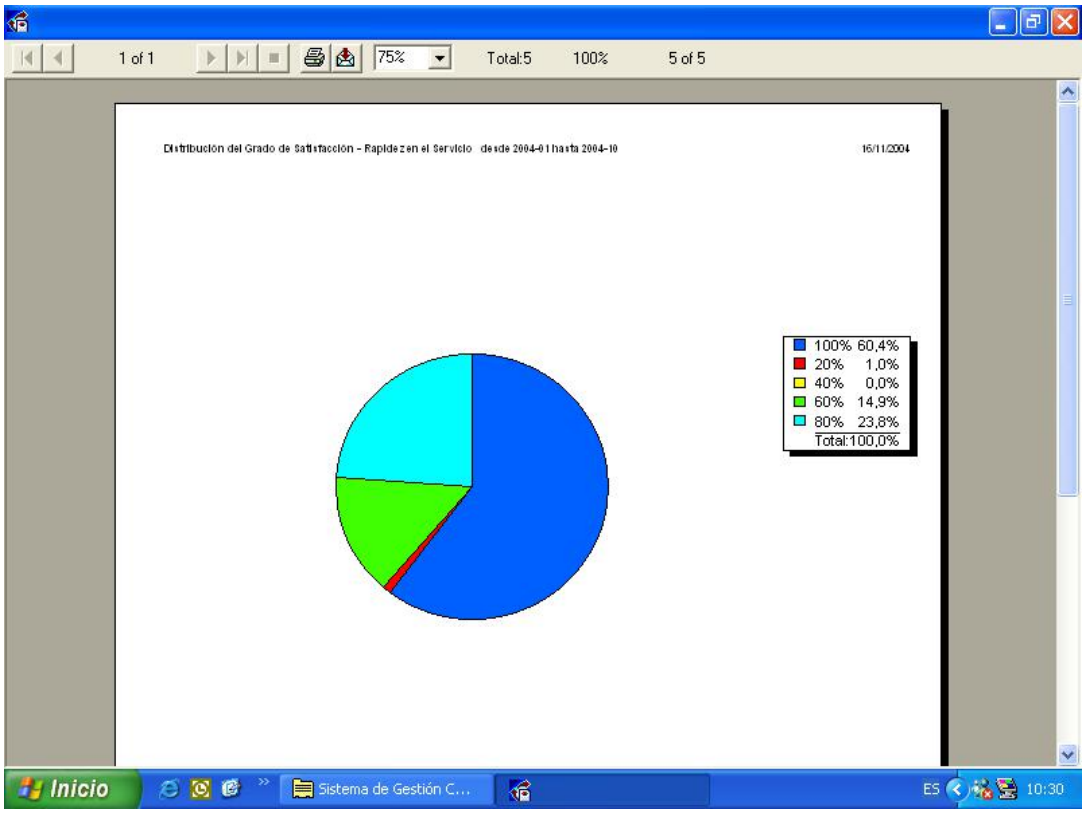
8.2 Lograr el mantenimiento del Sistema de Control Interno, a través del control de riesgos, la realización de al menos 2 auditorias internas y la realización de una revisión por la Dirección

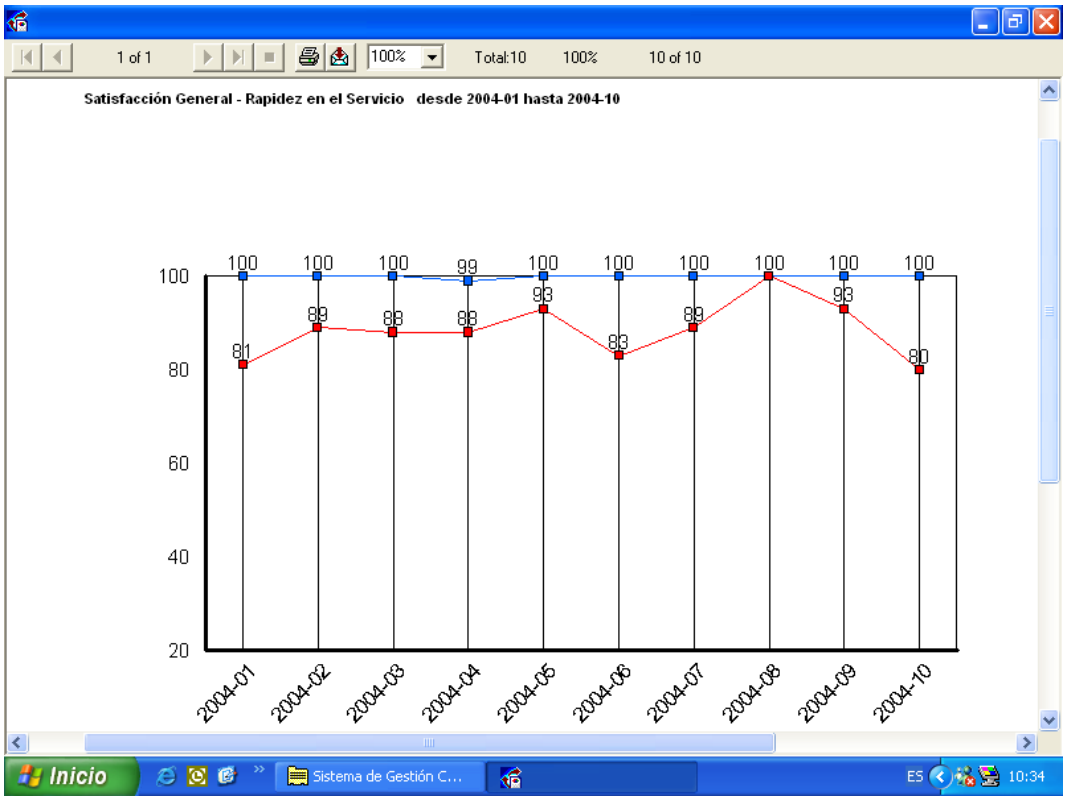
ANEXO III

PANTALLAS SISTEMA GESTCO. MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES






1 of 1
75%
Total:5
100%
5 of 5
Distribución del Grado de Satisfacción - Rapidez en el Servicio desde 2004-01 hasta 2004-10
16/11/2004
100% 60,4%
20% 1,0%
40% 0,0%
60% 14,9%
80% 23,8%
Total:100,0%
Inicio
Sistema de Gestión C...
ES
10:30


1 of 1
100%
Total:10
100%
10 of 10
Satisfacción General - Rapidez en el Servicio desde 2004-01 hasta 2004-10
100
80
60
40
20
2004-01
2004-02
2004-03
2004-04
2004-05
2004-06
2004-07
2004-08
2004-09
2004-10
Inicio
Sistema de Gestión C...
ES
10:34

ANEXO IV

LEVANTAMIENTO DE RIESGOS

Actividad:	DIRECCION COMERCIAL		Preparado por:		ESTOPIÑAN	
Fecha:	may-04	Revisión: 0				

LEVANTAMIENTO

Problema potencial	Efecto potencial	Posibles causas	Controles actuales	Estrategia			
				Acción Preventiva		Contingencia	
				Descripción	Resp.	Descripción	Resp.
1. Imposibilidad de elaboración de facturas	Reducción de ventas e ingresos	Falta de financiamiento para el mantenimiento de equipos y reparación de PC e impresoras	No existen	Elaborar plan de mantenimiento	Dirección Comercial	Tener actualizada base datos del GESTCO en varias PC y poder facturas en todas las PC de Comercial	Dir Comercial e Informatica
1. Imposibilidad de elaboración de facturas	Reducción de ventas e ingresos	Falta de financiamiento para materiales	No existen	Elaborar plan de gastos	Dirección Comercial	Crear stock de materiales	Dir Comercial y Aseguramiento
2. Facturación con deficiencia	Reducción e insatisfacción de clientes	No cumplimiento de los Procesos, Procedimientos e Instrucciones que intervienen en la facturación	Revisión de PR-5,Ficha de Precios y Ofertas, Facturación solo por personal autorizado con el sistema GESTCO y actualización de contraseñas	Reuniones de Dirección Seguimiento de Objetivos y Realización de auditorias	Dir General, Dir Comercial, Representante de Calidad	Tratamiento de quejas y productos no conforme	Comité de Negociación
2. Facturación con deficiencia	Violación de la política de precios Facturación no acorde al objeto social Facturación y ventas a clientes no registrados Facturación con omisión de datos	No cumplimiento de los Procesos, Procedimientos e Instrucciones que intervienen en la facturación	Revisión de PR-5,Ficha de Precios y Ofertas, Facturación solo por personal autorizado con el sistema GESTCO y actualización de contraseñas	Reuniones de Dirección Seguimiento de Objetivos y Realización de auditorias Cumplimiento plan de prevención	Dir General, Dir Comercial, Representante de Calidad	Responsabilidad material y civil de proceder	Dir Comercial Grupo de Prevención

Problema potencial	Efecto potencial	Posibles causas	Controles actuales	SGC	SCI	SSST	FACTORES internos externos
1. Imposibilidad de elaboración de facturas	Reducción de ventas e ingresos	Falta de financiamiento para el mantenimiento de equipos y reparación de PC e impresoras	No existen	SGC	SCI		internos
1. Imposibilidad de elaboración de facturas	Reducción de ventas e ingresos	Falta de financiamiento para materiales	No existen	SGC	SCI		internos
2. Facturación con deficiencia	Reducción e insatisfacción de clientes	No cumplimiento de los Procesos, Procedimientos e Instrucciones que intervienen en la facturación	Revisión de PR-5,Ficha de Precios y Ofertas, Facturación solo por personal autorizado con el sistema GESTCO y actualización de contraseñas	SGC	SCI		internos
2. Facturación con deficiencia	Violación de la política de precios Facturación no acorde al objeto social Facturación y ventas a clientes no registrados Facturación con omisión de datos	No cumplimiento de los Procesos, Procedimientos e Instrucciones que intervienen en la facturación	Revisión de PR-5,Ficha de Precios y Ofertas, Facturación solo por personal autorizado con el sistema GESTCO y actualización de contraseñas	SGC	SCI		internos

APLICACIÓN DE CRITERIOS

Ocurrencia: Frecuencia con que puede ocurrir el problema		
Criterio	**Descripción**	**No.**
Frecuente	Puede ocurrir más de 2 veces al año	5
Probable	Puede ocurrir hasta 2 veces en el año	4
Moderado	Ha ocurrido alguna vez	3
Ocasional	No ha ocurrido pero puede ocurrir	2
Improbable	Ocurrirá solamente en circunstancias excepcionales	1

Severidad: Severidad del problema de acuerdo a su impacto potencial en el negocio en las perspectivas del cliente, reputación y financieras.		
Criterio	**Descripción**	**No.**
Muy Alta	Muy alto la severidad del efecto	5
Alta	Alta severidad del efecto	4
Moderado	Moderada severidad del efecto	3
Baja	Poca severidad del efecto	2
Insignificante	No es casi severo el efecto	1

Detección: Evaluación de la probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el problema a tiempo para prevenir que tenga efecto en el cliente o el negocio.		
Criterio	**Descripción**	**No.**
Nunca	Los controles existentes no detectan el problema o no existe control	5
Poco	Poca posibilidad de que sea detectado el problema	4
Moderado	Probabilidad moderada de que sea detectado el problema	3
Casi siempre	Alta probabilidad de ser detectado	2
Siempre	Generalmente siempre se detecta el problema	1

ANEXO V

			EFECTO POTENCIAL	OCURRENCIA				
				5	4	3	2	1
				Frecuente más de 2 veces al año	Probable hasta 2 veces al año	Moderada ha ocurido alguna vez	Ocasional no ha ocurido pero puede ocurir	Improbable ocurira en circuntancias excepcionales
SEVERIDAD	5	Muy Alta	Insatisfacción severa con queja formal (divulgación extensa)	25	20	15	10	5
			Gastos extras para CEPRONA					
			Perdidas de clientes					
			Redución de ventas y facturación e ingresos					
			Manifestación de inlegalidad, corrupción o indiciplina					
	4	Alta	Insatisfacción alta (divulgación extensa)	20	16	12	8	4
			Gastos extras para CEPRONA					
			Perdidas de clientes					
			Aumento ciclo de cobro					
			Renovación de contrato					
			Falta de comunicación					
	3	Moderada	Insatisfacción alta (divulgación limitada)	15	12	9	6	3
			Gastos extras para CEPRONA					
			Perdidas de clientes					
			Aumento ciclo de cobro					
			Renovación de contrato					
			Falta de comunicación					
	2	Baja	Insatisfacción alta (sin divulgación)	10	8	6	4	2
			Gastos extras para CEPRONA					
			Perdidas del cliente					
			Aumento ciclo de cobro					
			Falta de comunicación					
	1	Insignificante	Aumento ciclo de cobro	5	4	3	2	1
			Falta de comunicación					

MATRIZ APLICADA

BIBLIOGRAFÍA

- Cuadra González-Adalid, Antonio de la *Gestión estratégica de la calidad. Proyectos y equipos de mejora de la calidad*.
- Decreto Ley 187/1998 Perfeccionamiento Empresarial (CECM)
- Deming, Edwards. *Fundamentos para la Gerencia de Calidad en el Mundo Occidental*. Doc. Elect.
- LRQA *Implementación del Sistema de Gestión de la Calidad de acuerdo a los requisitos de ISO 9001: 2000. Guía Práctica*. Doc. Eléc.
- LRQA *Política de la Calidad.* Doc. Eléc.
- Norma Francesa FDX 50-172: 99 "Gestión de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad. Encuesta de satisfacción de los clientes.
- Norma ISO 9000: 2000 Sistemas de gestión de la calidad: Fundamentos y Vocabulario
- Norma ISO 9001: 2000 Sistemas de gestión de la calidad: Requisitos
- Norma NC 18001: 2005 Seguridad y Salud del Trabajo. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud del Trabajo. Requisitos.
- Norma ISO 14001: 2004 Sistemas de Gestión Ambiental: Requisitos
- Resolución No. 297/03 Sistema de Control Interno (MFP)
- Resolución 13/2004 del MAC
- Reyero, José A. "Charla con los Clientes Cuba", La Habana, 2005

LA SEGURIDAD Y CALIDAD EN LAS OPERACIONES DE LOS MEDIOS DE VARADA Y PUESTA A FLOTE

RESUMEN

En el presente trabajo se dan a conocer las medidas para garantizar la Seguridad durante las operaciones realizadas en los Astilleros, Varaderos del MIP y de otros ministerios que realizan los mantenimientos y reparaciones a las embarcaciones de nuestra flota nacional y a otras embarcaciones extranjeras del turismo, lográndose establecer los requisitos que deben cumplirse en las instalaciones de varada y puesta a flote, para la eliminación de riesgos.

Autor: Ing. Carlos Manuel Orta Comesaña, Especialista Superior de Proyecto, Registro Cubano de Buques, Dirección: 5ta Avenida N°1202 entre 12 y 14 Miramar Playa Ciudad de La Habana Cuba, correo: ing@transnet.cu, telefono:2048038

I. INTRODUCCIÖN

En nuestro territorio Nacional existe gran cantidad de instalaciones hidrotécnicas pertenecientes a las Empresas estatales destinadas a garantizar el mantenimiento y la reparación de las embarcaciones Estas obras llamadas varaderos se localizan en Astilleros, en Unidades de Base del MIP y de otros ministerios. El proceso de Aprobación de la Seguridad de estas instalaciones que comenzó desde 1998 posee un servicio diseñado con varias etapas el cual culmina con la emisión del certificado de seguridad o de un informe (en los casos que no se certifique). El certificado puede tener una vigencia de 6 meses hasta 4 años, según el completamiento de la documentación y el estado técnico de la instalación.

Posterior a la entrega de los certificados de seguridad los clientes comienzan la explotación y uso de sus instalaciones con sus recursos y condiciones de trabajo existentes en cada lugar, donde

son diferentes en cada medio de varada, siendo variadas también las fuerzas de trabajo y la capacitación de los obreros (en algunos lugares poseen mas experiencias y conocimientos que en otros)

Con el presente trabajo pretendemos incidir también en el aseguramiento de la eliminación de los riesgos de una forma preventiva en el proceso operacional de la varada y puesta a flote, para lo cual se deben cumplir con una serie de medidas antes y durante las operaciones.

II. DESARROLLO

De los medios de varada y puesta a flote de nuestro territorio nacional, un 95% está construido para varar embarcaciones situadas sobre carros cuna con rodaje que se desliza sobre una anguila longitudinal, lo cual es objeto de nuestro trabajo (el resto se relaciona con diques flotantes y diques secos y serán analizados en trabajos posteriores)

Los sistemas que se evalúan son los siguientes:

1. Anguila (en tierra y sumergida)
2. Carros cuna (tecnológicos, transbordador)
3. Sistema tractivo (cables, poleas polipastos, grilletes)
4. Winches (base, motor, reductor, carretes de cable, embrague, frenos, sistema eléctrico y caseta).

Las medidas que se proponen en este trabajo están relacionadas con cada uno de los sistemas antes mencionados y con la embarcación a varar, así como con el personal que opera la instalación. Para que se garanticen las mismas se propone que en cada varadero se sitúe dentro de la caseta del winche como documento oficial de conocimiento de los obreros que operan el varadero, controlado por el jefe de este y en condiciones de acceso para cualquier funcionario de Seguridad Marítima o del Registro Cubano de Buques.

<u>Medidas para la eliminación de Riesgos en la instalación</u>

<u>La Embarcación</u>

1 Antes de ser varada la embarcación debe ser liberada de su carga líquida, del combustible y cualquier otro material inflamable. Dejar o mantener en el barco combustible es solo

permisible en casos excepcionales, previa autorización del director del Astillero o Unidad de Base (se revisa por el jefe del varadero)

2 Debe evitarse siempre la varada de la embarcación con cargas (se revisa por el jefe del varadero)

3 No debe haber ningún equipo funcionando en el barco durante la operación de varada o botadura.

4 Los barcos que van a ser varados por primera vez en el varadero deben presentar el plano de varada, de no existir, no se podrá varar hasta la confección de este por el personal técnico del astillero en coordinación con el patrón o capitán de la embarcación y los buzos.

Los Buzos

1 Antes de comenzar la varada los buzos deben revisar la anguila sumergida y comprobar el estado técnico. (que tengan sus tornillos y estén bien apretados, como mínimo deben haber 4 (dos en cada extremo de empalmes de los rieles), que no existan diferencias de alturas mayores de 10 mm y la separación entre los empates de rieles menores de 20mm).

2 Revisar los buzos como rueda el carro cuna sobre la anguila sumergida y la ausencia de baches o saltos bruscos durante su movimiento hacia el final donde se encuentra el virador. Esta operación se debe realizar antes de colocar la embarcación (movimiento de la cuna en vacío hasta el final)

3 Por medio de la inspección de los buzos debe verificarse que no existen cuerpos extraños que ocasionen daños o desperfectos que dificulten la colocación del barco sobre los picaderos y santos.

4 Los buzos y el personal de mantenimiento deben verificar periódicamente que las ruedas de los carros giren, para evitar daños a la estructura y al cable.

5 Las operaciones de varada o botadura deben realizarse preferiblemente en las horas del día que ofrecen mayor visibilidad, especialmente para los buzos.

6 Con anterioridad a las maniobras de varada o botadura de la embarcación, el acceso debe estar despejado de obstáculos o embarcaciones ajenas a la operación

7 Los buzos deben contar con los equipos especiales necesarios para las condiciones de trabajo durante la inmersión.

8 Los buzos deben verificar que al iniciarse la varada el barco pique sobre el eje de picaderos de los módulos del carro, así como la correcta colocación y ajuste de los santos (el eje de los santos debe coincidir con las cuadernas de apoyo señaladas en el plano de varada
9 Los buzos de ser necesario introducirán cuñas de madera entre los santos y el casco del barco.

La Anguila

1 Antes de la varada debe ser revisada en toda su longitud, la cual debe poseer sus rieles o perfiles larssen en estado satisfactorio o aceptable, así como sus elementos de fijación
2 Antes de la varada no se permiten que falten o estén flojos los tornillos y tuercas de unión de los rieles
3 Antes de la varada no se permiten que existan desviaciones o diferencias de alturas entre los empalmes de dos rieles consecutivos mayores de10mm.
4 Se verificará la limpieza de la vía en toda su longitud sobre las presencias de objetos, basura, acumulaciones de tierra, lodo, etc.

Los carros cuna (trapezoidal, tecnológicos, transbordador)

1 Antes de la varada debe ser revisada toda su estructura, su sistema de rodaje, los cuales deben tener un estado satisfactorio o aceptable.
2 El carro cuna de varada debe prepararse según el esquema de varada de la embarcación y esto se verificará por el jefe del varadero
3 Los picaderos de madera y los santos con sus almohadillas, colocados sobre el carro cuna deben estar en estado satisfactorio o aceptable.

El Sistema de Tracción

1 Los cables de tracción deben ser engrasados periódicamente y se requiere su revisión antes de cada varada y constantemente para garantizar sus condiciones de trabajo.

2 Los cables deben poseer certificados de ensayo a tracción emitidos por laboratorio homologado por el RCB, o certificados de Calidad del cable emitidos por entidades reconocidas, siempre y cuando posean la información de su resistencia a la rotura

3 Antes de comenzar las maniobras de varada o botadura, es necesario comprobar que los cables de tracción estén debidamente situados en las canaletas de las poleas.

4 Los cables de tracción, durante las maniobras no deben hacer contacto en ningún momento con objetos extraños que pueden originar atascamientos o desviaciones innecesarias. Es obligatorio verificar en cada maniobra que los cables se deslicen correctamente en las poleas.

5 No se permite utilizar cables con el núcleo roto.

6 Se prohibe utilizar cables con torones o hilos rotos y elevada corrosión; así como con aplastamiento.

7 No se permite bajo ninguna justificación la sustitución de cables defectuosos por otros que ya hayan sido usados y que no poseen certificado, sólo se permite la reposición por cables nuevos o debidamente certificados.

8 Deben sustituirse las pastecas con elevados desgastes, pues acortan considerablemente la vida del cable.

9 Debe evitarse el uso de pastecas subdimensionadas (con diámetro menor de 18 veces el diámetro del cable) ya que reducen considerablemente la vida útil del cable.

10 Debe ser objeto de observación constante la forma en que el cable se enrolla en la tambora del winche, debe hacerlo formando capas uniformes.

<u>El winche</u>

1 Antes de efectuar la varada deben ser revisados minuciosamente los elementos que conforman el winche como son: la base (su estructura y su anclaje), los embragues (sus dientes de acoplamiento), el sistema de frenaje (bandas y mecanismos), el reductor (ruedas dentadas y engrase), el sistema eléctrico (fusibles, cables e interruptores) y los carretes o tambores.

2 No se efectuará ninguna maniobra en el paradero si al ser revisado el winche se detectan ruidos, vibraciones no habituales que nos indiquen que alguna pieza o parte se encuentra floja o ha sufrido alguna rotura.
3 En caso de poseer baterías revisar las mismas.
4 Revisar los consumos de los motores eléctricos.
5 Debe cumplirse el plan de mantenimiento previsto para el winche.

Otros aspectos

1 Entre el responsable de las operaciones de varada o botadura y el operador del winche se debe mantener una comunicación constante mediante las señas correspondientes o equipo, con el objetivo de que se garantice la eficiencia de la maniobra.
2 Durante la maniobra de varada o botadura no debe permanecer en la zona de trabajo personal ajeno a la misma que pueda ser alcanzado por un cable o sufrir otro tipo de accidente.
3 En la varada o botadura, sólo en casos excepcionales, se permite una escora del barco de un grado.
4 No se permite bajo ningún concepto operar el varadero a personal no capacitado o adiestrado para tales fines.
5 Se recomienda después de efectuada las maniobras de varada o botadura fregar los carros cunas (tecnológicos o trapezoidal).
6 El personal del varadero debe cumplir con las normas de protección e higiene del trabajo, tales como usar guantes al manipular los cables, cascos protectores, botas, etc.
7 Deben estar correctamente ubicados y en buen estado los medios contra incendios.
8 Debe llevarse un registro de varadas o puestas a flote por parte del jefe del varadero donde debe aparecer registrada fecha de varada o botadura, nombre de la embarcación y sus características como son eslora, manga, calado y desplazamiento, así como las incidencias durante la maniobra. El mismo debe estar firmado por los buzos

III. EFECTO ECONOMICO Y SOCIAL

El efecto económico de este trabajo no ha sido calculado pero es evidente que lo tiene ya que de no lograr evitar los aspectos que se describen a continuación se incurrirían en gastos que incidirían de manera negativa en nuestra economía.

Con la realización de este trabajo se logran los siguientes aspectos, que tienen una gran repercusión en los efectos sociales, tan importantes como los económicos:

1. Profundizar en la eliminación de riesgos en las instalaciones y lograr un trabajo uniforme en todo el territorio nacional con vistas a preservar la vida humana.
2. Dotar a las instalaciones de un documento oficial de control para que además de cuidar el personal que labora y los medios de varada, también rige el proceso y sus operaciones.
3. Perfeccionar el trabajo en los medios de varada y puesta a flote, evitando que sean omitidos pasos importantes antes de realizar la varada.
4. Elevar la cultura técnica del personal de los medios de varada.
5. Se evita el mal uso del medio de varada
6. Obliga al cliente a aplicar mantenimiento y mejorar el estado de las instalaciones.

IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de este trabajo realizado por el RCB durante el Proceso de Aprobación de la Seguridad, se logró aumentar la seguridad, ya que constituye un valioso documento para prevención y detección de riesgos en las instalaciones. Este documento es una herramienta que se utiliza diariamente y durante las inspecciones y el mismo será propuesto para incluirse en el capítulo 2.2 Varadero del Manual de la Seguridad de Obras de Ingeniería.

Se recomienda mantener este nivel de exigencia en las instalaciones con vistas a seguir eliminados riesgos y elevar el nivel de seguridad de las demás instalaciones del país y de la vida humana.

V. BIBLIOGRAFÍA

RCB Sociedad Clasificadora – Reglas para la clasificación y construcción de los buques marítimos. Capítulo 2 Casco – Cuba 1998.

SFE – Cables de acero Sociedad Franco Española para marina, pesca y varaderos – Eradio-Bilbao.

MOPU – ROM 0.2 – 90 Acciones en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias. Madrid 1990.

Ernest, Hellmut – Aparatos de elevación y transporte (Tomo 1) Barcelona 1970.

MELHORIAS EM UM TANQUE DE ONDAS DE DIMENSÕES REDUZIDAS

Dr. João Alcino de Andrade Martins, Pesquisador
Prof. Dr. Célio Taniguchi, Professor Titular.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
Av. Prof. Mello Moraes, 2231 – Butantã
05508-900 – São Paulo – SP - BRASIL

RESUMO

O uso de modelos reduzidos para ensaios em tanque de onda é uma prática de simulação, bastante empregada em Engenharia Oceânica. Por motivos de viabilidade econômica, é desejável que as instalações tenham o menor custo possível, tanto de implantação quanto de operação. No entanto, por questões físicas e técnicas, deve-se considerar limites inferior e superior de operação, tanto no projeto de construção quanto na utilização de uma instalação.

O trabalho realizado mostra as melhorias introduzidas em um tanque de ondas de dimensões reduzidas e o ganho obtido em termos de limites operacionais de frequências. A metodologia aplicada é fundamentalmente experimental, com medidas de elevações de ondas e outras variáveis físicas do sistema de geração, sob diversas condições de ensaios.

Os resultados são comentados a partir de índices medidos nas situações original e modificada, demonstrando-se o ganho em espectro e qualidade de ondas.

INTRODUÇÃO

Uma das grandes riquezas do Brasil, e principal fonte de energia, é o petróleo. A produção nacional em 2003 atingiu, em média diária, cerca de 2 milhões de barris de petróleo e 54 milhões de m^3 de gás natural, sendo 80% proveniente de poços marítimos.

Portanto, é fundamental conhecer e estudar os oceanos e a interação com sistemas oceânicos e estruturas costeiras. Uma forma prática e útil de investigar as ondas, um dos fenômenos marítimo mais importante, é a simulação em condições de laboratório. Isso é feito em um tanque de ensaios, no qual é possível reproduzir-se, em escala e controladamente, ondas e sistemas oceânicos.

O tanque de ensaios com ondas é uma ferramenta experimental bastante valiosa no desenvolvimento da Engenharia Naval e Oceânica e ao longo da História Naval, os tanques de provas sempre foram voltados para ensaios com modelos de embarcações, notadamente para determinação de resistência ao avanço, com ou sem ondas. Devido ao aumento na velocidade das embarcações, os tanques mais modernos foram construídos com várias centenas de metros de comprimento.

Mais recentemente, aproveitando-se das instalações existentes, a Engenharia Oceânica lançou mão dessas instalações para ensaios, tendo em vista o custo elevado de construção, manutenção e operação de um tanque com essas dimensões. No entanto, ao projetar-se a construção ou utilizar-se um tanque de ondas para Engenharia Oceânica, o questionamento sobre as dimensões é perfeitamente justificável, tendo em vista a especificidade da instalação.

Este trabalho procura explorar o conceito de tanque de dimensões reduzidas, a partir de modificações feitas em um tanque existente, e da medida comparativa da melhoria alcançada com as alterações.

ONDAS OCEÂNICAS EM LABORATÓRIO

Segundo Wiegel (1964), não existe uma solução matemática geral e completa para as ondas oceânicas, que têm sido modeladas de várias formas, abstraindo-se certas propriedades, ou variáveis físicas do problema. A respeito das abstrações, Feynman (1963) relata que o matemático John Von Neumann se referia, jocosamente, ao fluido idealizado como "dry water".

As equações que procuram representar o problema da onda, que para um rigor maior nas demonstrações matemáticas podem ser consultadas em Wehausen e Laitone (1960), e Dean e Dalrymple (1991), necessitam de condicionantes para serem resolvidas, e no caso de escoamento homogêneo, invíscido, irrotacional, e bidimensional, utilizam-se:

Equação de Laplace ; $\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0$ (1)

Fundo Impermeável ; $\frac{\partial \phi}{\partial y} = 0$; y = -d, (2)

Cinemática da Superfície Livre ; $\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0$ y = 0, (3)

Dinâmica da Superfície livre, sem tensão superficial ; $\frac{\partial \phi}{\partial t} + g\eta = 0$ y = 0, (4)

nas quais ∂ é a diferencial parcial, ϕ o potencial de velocidades, x e y coordenadas do plano vertical, d a profundidade, η a elevação do nível d'água, t o tempo e g a aceleração gravitacional. Empregando-se, o método da separação de variáveis na equação 1, linearizando-se as condições, e arbitrando-se forma senoidal e periodicidade, obtém-se a solução para ϕ, da forma

$$\phi = \{A\,\mathrm{sen}(kx) + B\cos(kx)\}Ce^{kd}\,2\cosh k(d+y)\{D\,\mathrm{sen}(\omega t) + E\cos(\omega t)\} \quad (5)$$

sendo que $k = 2\pi/L$ é o número de onda, real e não nulo, e

$$\omega^2 = gk\tanh(kd) \quad (6)$$

com L o comprimento, $\omega = 2\pi f$ a frequência angular, f a frequência, da onda e A, B, C, D e E constantes. Utilizando-se a relação c = L.f, na qual c é a velocidade de fase, reescreve-se a equação 6 como:

(6.a) $c = \sqrt{\frac{g}{k}\tanh(kd)}$

Essa é a equação da dispersão, que expressa um fenômeno importante das ondas oceânicas, a dependência entre a velocidade e a frequência, diferente, por exemplo, das ondas acústicas, que têm a velocidade constante. A característica linear dessa modelagem matemática permite que uma série de soluções seja obtida, em senos e cossenos, e que combinações lineares dessas equações também sejam soluções.

Supondo-se a elevação do nível d'água, com $\eta = (H/2)\cos(kx - \omega t)$, H a altura da onda, aplicando-se a condição da equação 4, e examinando-se apenas as soluções para ondas progressivas, pode-se determinar o potencial

$$\phi = \frac{H}{2}\frac{g}{\omega}\frac{\cosh k(d+y)}{\cosh(kd)}\operatorname{sen}(kx - \omega t) \tag{7}$$

e sendo k e ω positivos, a onda é progressiva para direção positiva de x.

Define-se a velocidade de grupo, cg, examinando-se o caso de duas ondas com frequências ligeiramente diferentes, tal que, agrupando-se os termos e rearranjando-se, identifica-se uma envoltória cuja velocidade é:

$$c_g = \underbrace{\frac{1}{2}\left[1 + \frac{2kd}{\operatorname{senh}(2kd)}\right]}_{n} c \tag{8}$$

notando-se que, n varia em função da relação d/L , entre 1 e 0,5, para águas rasas e águas profundas, respectivamente.

Para um tanque estuda-se também o caso de ondas produzidas por um corpo em movimento, dentro d'água. Considerando-se uma parede que se move de forma harmônica, a condição de contorno específica é:

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = \omega s(y)\cos \omega t \tag{9}$$

com s(y) a amplitude do deslocamento em x = 0. Conforme Chakrabarti (1994), a solução para o potencial de velocidades pode ser escrita como:

$$\phi = -\frac{\omega}{k} A \cosh ky \operatorname{sen}(\omega t - kx) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega}{k_n} A_n \cos k_n y \exp[-k_n x]\cos \omega t \tag{10}$$

na qual k satisfaz a equação 6. Se o movimento for do tipo placa basculante ("flap"), o deslocamento pode ser descrito em termos de seu curso no nível de água estático, S, resultando em:

$$\frac{S}{H} = \frac{kd[\operatorname{senh} 2kd + 2kd]}{4\operatorname{senh} kd[kd \operatorname{senh} kd - \cosh kd + 1]} \tag{11}$$

Essa é a equação do gerador de ondas tipo placa basculante, ou seja, a função que relaciona, em primeira ordem, o curso da placa com a altura da onda, em função da frequência e da profundidade.

Após a geração, a onda propaga-se e reflete-se na extremidade oposta do tanque, dependendo da inclinação e características físicas da estrutura absorvedora, e de H/L, a declividade da onda. A absorção de energia pela praia pode ser quantificada pelo coeficiente de reflexão K_R, proposto por Miche, conforme Horikawa (1978), pela expressão:

$$K_R = \chi\left(\sqrt{\frac{2\alpha}{\pi}}\,\frac{\mathrm{sen}^2\alpha}{\pi}\right)\Bigg/\left(\frac{H_o}{L_o}\right)_{MED} \qquad (12)$$

na qual χ é um coeficiente, que vale 1 para praia impermeável e lisa, 0,3 para rugosas e entre 0,3 e 0,6 para enrocamentos, α é a inclinação da praia e os subscritos "o" referem-se a águas profundas e MED a valores medidos.

O coeficiente de reflexão pode também ser medido diretamente a partir dos registros de ondas no tanque, desde que sejam instalados dois sensores de ondas, aplicando-se, por exemplo, a formulação de Goda e Suzuki (1976), resumida a seguir.

$$\eta_n = a_i \cos(kx_1 + \Delta_n - \omega t) + a_r \cos(kx_1 + \Delta_n + \omega t - \theta)$$

$$a_i = \frac{1}{2|\mathrm{sen}\Delta|}\left[A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos(\Delta + \delta)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$a_r = \frac{1}{2|\mathrm{sen}\Delta|}\left[A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos(\Delta - \delta)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\lambda = 2kx_1 - \varepsilon \;\; ; \;\; \cos\lambda = \frac{A_1^2 - a_i^2 - a_r^2}{2a_ia_r}$$

onde i e r são referentes a onda incidente e refletida, respectivamente, Δ e δ são distâncias relativas e λ o ângulo de fase.

ANÁLISE DE ONDAS EM TANQUE DE DIMENSÕES REDUZIDAS

Para quantificar alguns dos problemas e investigar a aplicabilidade de um tanque de ondas de dimensões reduzidas, em Engenharia Oceânica, foram planejados e realizados ensaios com ondas no tanque de ensaios do Laboratório de Engenharia Naval

e Oceânica do DENO-EPUSP. O tanque mede, aproximadamente, 22 m por 5 m por 1,8 m, valores totais do comprimento, largura e profundidade, respectivamente, descrito em detalhes por Martins e Souza (1993).

A instalação conta com um gerador de ondas tipo placa basculante ("flap"), acionado por um conjunto eletromecânico constituído por um servo motor, um fuso de esferas e unidades eletrônicas de potência e comando. Também há um absorvedor tipo rampa com dupla inclinação, ripada, construído com madeira e devidamente lastrado.

As medidas foram realizadas em duas etapas, iniciando-se pela determinação da resposta do tanque na configuração original, principalmente quanto ao desempenho do absorvedor de ondas. Na outra etapa, após serem feitas as modificações físicas necessárias, para otimizar o sistema de geração e o absorvedor, repetiu-se a série de ensaios a cada modificação introduzida no sistema, conforme detalhado por Martins (2003).

A primeira série foi feita com o tanque na configuração denominada "original", ou seja, absorvedor com rampa de dupla inclinação, do fundo até o topo da parede. A segunda série foi realizada após as modificações, principalmente no absorvedor, que permanece uma rampa com dupla inclinação, mas com ângulos menores, e elevada em relação ao fundo do tanque. No espaço entre a rampa elevada e o fundo do tanque instalaram-se telas plásticas verticais, esticadas no sentido transversal do tanque, ortogonal à propagação da onda, distantes 0,35 m entre cada uma, apresentadas na figura 1, adiante.

Os instrumentos utilizados nas medidas foram instalados tanto no sistema de geração, para determinação das vaiáveis de excitação, quanto ao longo do tanque, para caracterizar a resposta. As posições dos sensores podem ser visualizadas na figura 2.

As medidas foram feitas com um sistema de aquisição de dados de 16 canais, conectado a um computador tipo PC e programa de aquisição de dados Lynx. Os sensores utilizados mediram: força de acionamento do atuador; posição da mesa do sistema de acionamento; sinal de controle; altura de onda próxima do gerador de ondas (montante); altura de onda na região próxima do absorvedor (jusante); sendo estas duas últimas em dois eixos, um eixo central e outro a 1 m da parede lateral esquerda.

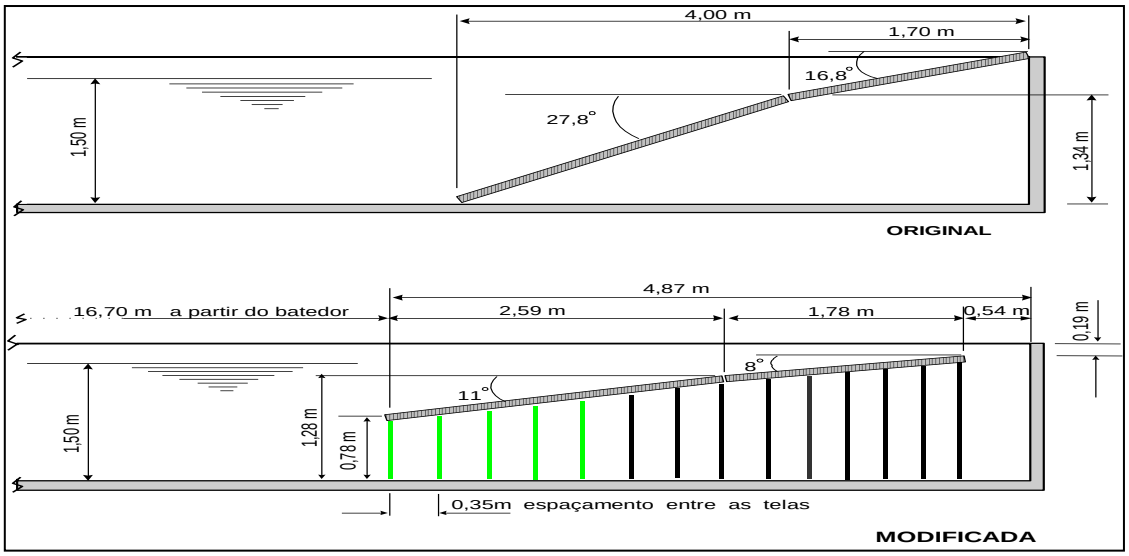
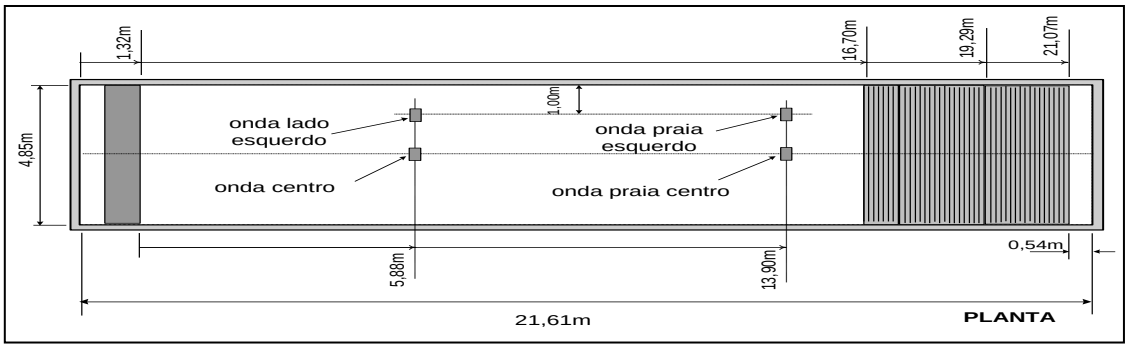


Figura 1 - Croquis das configurações do absorvedor de energia de onda.



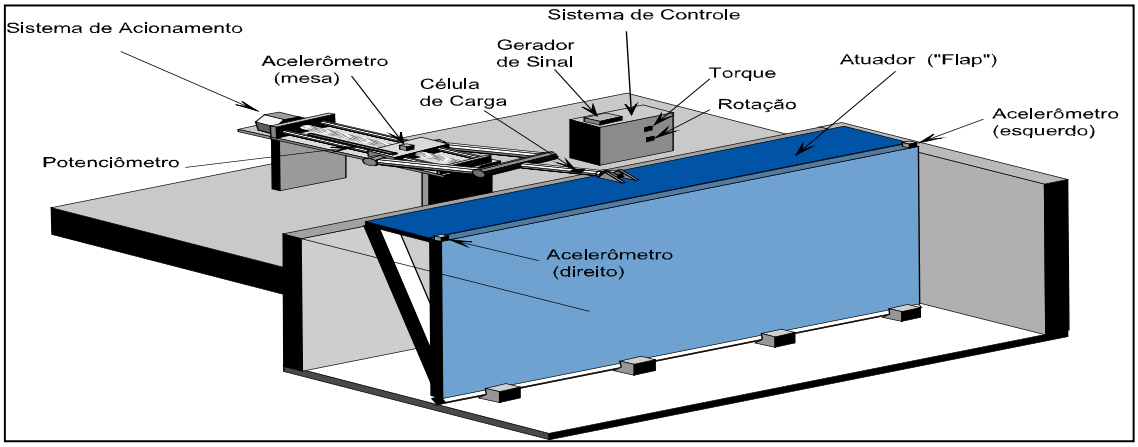


Figura 2 - Esquema e posições da instrumentação utilizada.

Foram investigadas ondas senoidais puras nas frequências de 0,5 Hz; 0,9 Hz; 1.5 Hz; 2 Hz; 2,5 Hz e 3 Hz, em pelo menos duas séries de amplitudes, que resultassem em uma declividade de onda abaixo e outra acima de 3,5%, conforme recomendado por Ursell et al. (1960). A figura 3 ilustra a faixa abrangida pelos ensaios e formas de ondas, associadas às teorias aplicáveis, em função de parâmetros da onda.

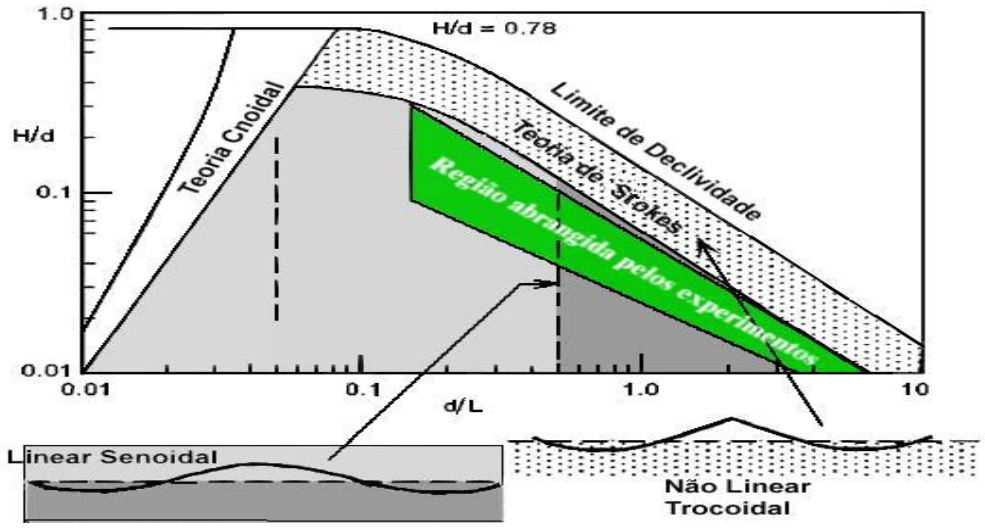


Figura 3 - Ilustração da região abrangida pelos ensaios

A verificação inicial da qualidade das ondas no tanque foi realizada comparando-se os valores medidos com uma cossenóide teórica, hipótese empregada para chegar-se à equação 7. As amplitude, frequência e fase, da curva teórica, foram ajustadas para comparação com os valores realmente medidos nos ensaios.

As medidas foram adimensionalisadas, pelo valor máximo, e correlacionadas com a teoria pelo método dos mínimos quadrados. Os coeficientes das regressões obtidas permitiram afirmar que a forma senoidal da onda para as frequências de 0,5 Hz a 2,5 Hz é mantida dentro dos desvios toleráveis para ensaios com modelos. A frequência 3,0 Hz teve a forma deteriorada, principalmente por ruídos elétricos nas medidas, em face da pequena intensidade requerida dos sinais de comando.

A figura 4 apresenta, à esquerda, o histórico no tempo do sinal de comando e das elevações da onda medidas, na seção frontal ao gerador a 1 m da parede esquerda, comparadas com a curva teórica e, à direita, a Transformada Rápida de Fourier (FFT) dos sinais de comando e de elevação de onda.

A frequência de 0,5 Hz exemplificada, foi considerada a mais crítica, em termos de interferências devido a reflexões. Percebe-se no exemplo que, pelo menos 5 a 6 ciclos da onda, abrangendo 12 s de sinal, não mostram quaisquer alterações relevantes na frequência e nem na amplitude. Os espectros, quando comparados, mostram a precisa resposta da frequência da onda à frequência do sinal de comando.

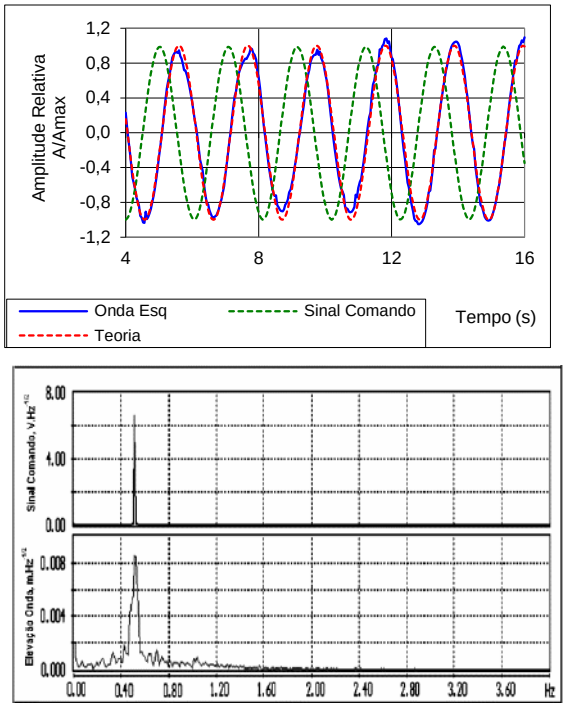


Figura 4 – Gráficos da comparação entre elevações de onda medida e calculada no tempo e dos espectros RMS dos sinais de comando e da elevação de onda, para f=0,5 Hz

A resposta do tanque às ondas geradas pode ser avaliada pela função de transferência entre curso e altura de onda, tal como explicitado pela equação 11. A comparação dessa função, determinadas experimentalmente nas configurações original e modificada revela a melhoria alcançada.

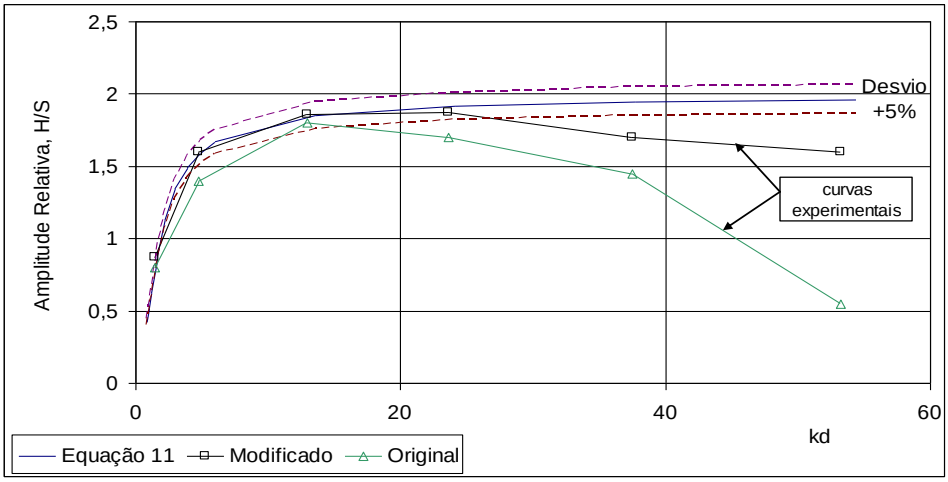


Figura 5 – Funções de Transferência do tanque, teórica e experimentais.

Um exemplo da propagação da onda no tanque pode ser visto na figura 6 adiante, onde os sinais dos quatro medidores de onda são apresentados, para a frequência de 0,5 Hz. Destaca-se a boa concordância entre os valores e forma das ondas registradas pelos medidores, posicionados conforme figura 2, anterior.

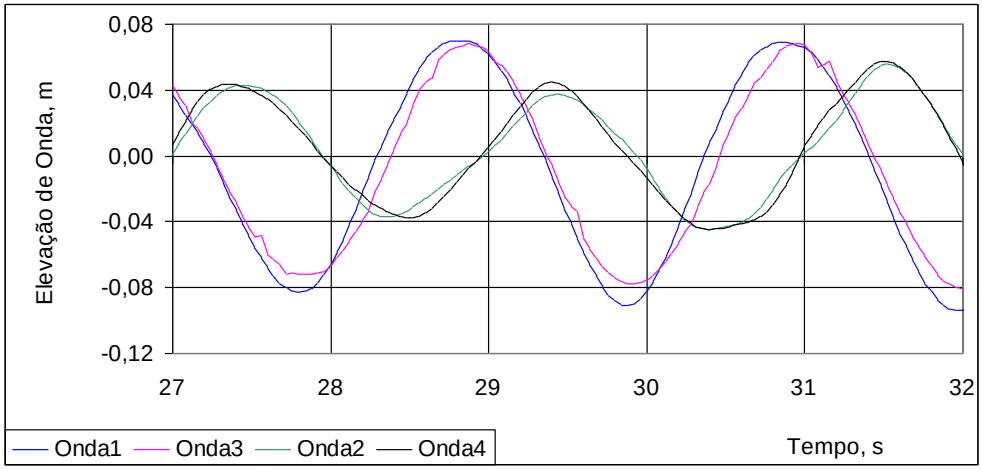


Figura 6 – Amostra de registro obtido de sinais dos medidores de onda ao longo do tanque.

Outro aspecto a salientar é referente às reflexões de ondas e o resultado conseguido após as modificações. Na configuração original verificavam-se sérias interferências devido a reflexão, perceptíveis nos registros de elevações de onda em função do tempo. Também ocorriam excitações das frequências próprias transversais, que interferiam nas ondas geradas, reduzindo bastante as amplitudes. Este fato é o principal causador da falta de ajuste da função de transferência original, a partir de 1,7 Hz, mostrado na figura anterior.

Após a instalação do novo absorvedor de ondas verificou-se que as reflexões diminuíram, bem como as ressonâncias transversais. Para comprovar a melhoria, aplicou-se a formulação de Goda e Suzuki, op. cit., em alguns dos sinais, para determinação do coeficiente de reflexão. A figura 7 apresenta a comparação entre as configurações e entre os métodos utilizados.

O efeito das ressonâncias transversais surgiu mais pronunciadamente para frequências geradas entre 2,5 Hz e 3 Hz. Uma estimativa dos autovalores para o tanque de dimensões reduzidas foi feita, usando-se a equação 6, e mostrada na Tabela 1, sabendo-se que, as ondas formadas têm o comprimento de onda, múltiplo do comprimento do tanque, tal que $L=2l/n$, com n inteiro positivo.

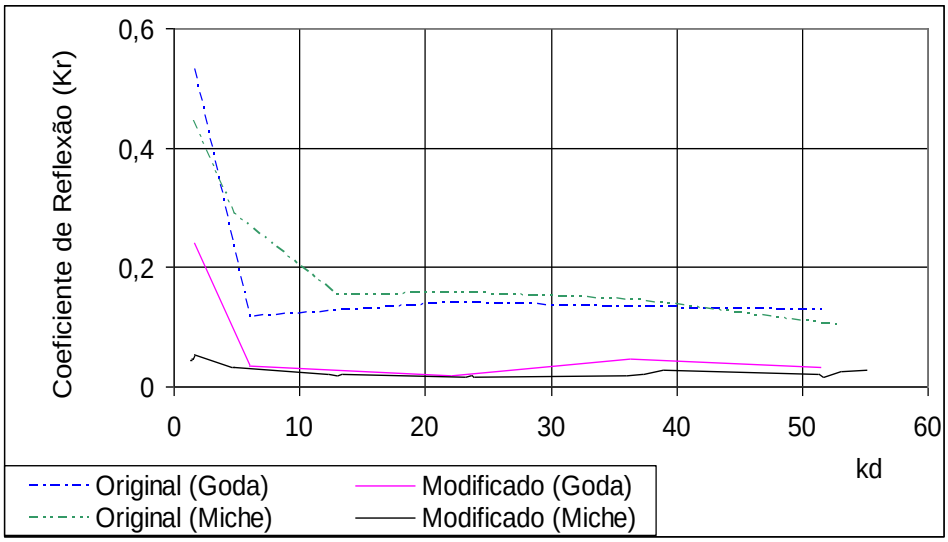


Figura 7 – Coeficientes de Reflexão nas duas configurações, medidos pelos métodos Miche (equação 12), e Goda e Suzuki.

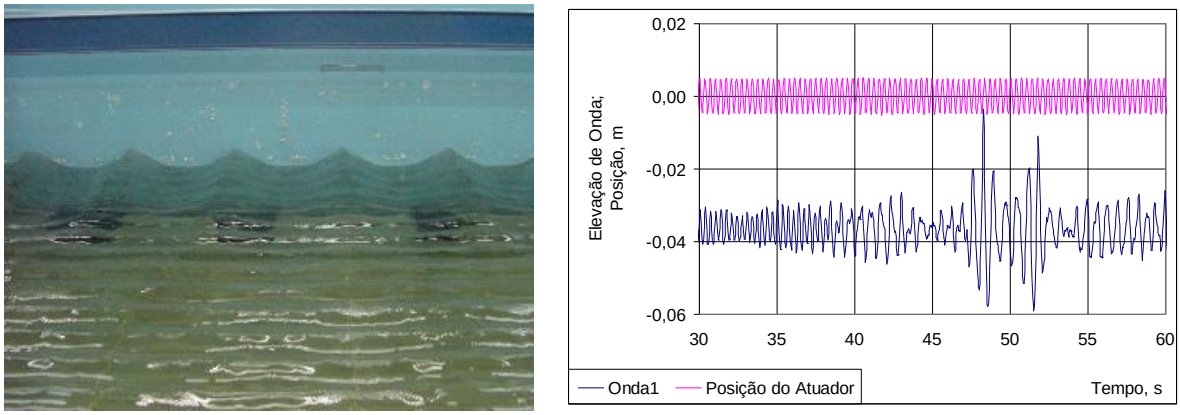


Figura 8 – Ilustração da ocorrência de ressonância transversal

Note-se na foto que a frente da onda gerada avança no sentido para fora do papel, enquanto a onda transversal propaga-se de um lado para outro. No gráfico fica evidenciado que a frequência da onda é idêntica à frequência do movimento do atuador até cerca de 38 s de registro. A partir daquele instante surge o fenômeno da ressonância transversal, com frequência igual a metade da frequência gerada, anulando por completo a propagação da onda principal. As frequências naturais não podem ser significativamente alteradas em um tanque mas a ressonância pode ser evitada programando-se as frequências das ondas geradas com valores diferentes daquelas que excitam as frequências próprias do tanque.

Tabela 1 - Alguns autovalores longitudinais e transversais, e frequências naturais medidas no tanque do Laboratório DENO-EPUSP.

Frequência Natural Calculada				Medida
Modo	Long. (f_L)	Modo	Transv (f_T)	(f_m)
1	0,099	-x-	-x-	0,098
4	0,351	1	0,347	0,390
8	0,561	2	0,556	0,561
14	0,755	-x-	-x-	0,757
16	0,808	4	0,802	0,806
31	1,125	8	1,134	1,123
35	1,195	9	1,203	1,196
39	1,262	10	1,268	1,270
43	1,325	11	1,330	1,331
51	1,443	13	1,446	1,440
55	1,499	14	1,500	1,502
59	1,552	15	1,553	1,550

CONCLUSÕES E COMETÁRIOS FINAIS

A análise de ondas é um procedimento aparentemente simples, mas cheio de detalhes, inclusive a experiência do operador, que podem afetar significativamente os resultados. As ondas geradas e analisadas apresentaram uma boa concordância com a teoria linear, quanto a forma, amplitude e frequência, em toda a faixa utilizada. Algumas das ondas apresentaram variados graus de deterioração, identificadas como aquelas que

excitaram frequências naturais transversais do tanque, e que foram excluídas do processamento dos dados finais.

Respeitando-se as limitações mencionadas no texto, e aplicando-se uma metodologia de ensaios consistente, mostrou-se que as ondas no tanque de dimensões reduzidas são fidedignas, conservando as forma, amplitude e frequência da onda gerada.

Os valores determinados dos coeficientes de reflexão satisfazem as exigências da ITTC (2002), dentro da faixa das frequências pesquisadas, sendo que entre 0,9 Hz e 2,5 Hz os coeficientes de reflexão são muito melhores do que os exigidos.

Os métodos para determinação do coeficiente de reflexão que necessitam do ângulo de fase são muito sensíveis ao critério de escolha do sinal e de parâmetros do sistema de medida, levando a variações inaceitáveis dos resultados.

Por fim, provou-se que um tanque de dimensões reduzidas é capaz de produzir um campo de ondas útil para aplicações em engenharia oceânica, respeitando-se as condições aqui expostas, desde que seja estabelecida uma metodologia consistente e fundamentada na teoria linear de ondas.

BIBLIOGRAFIA

CHAKRABARTI, S.K. Offshore structure modelling. Singapore: World Scientific, c1994. 470p. (Advanced series on ocean engineering, v. 9)

DEAN, R.G.; DALRYMPLE, R. A. Water wave mechanics for engineers and scientists. 2.ed. New Jersey: World Scientific, 1991. (Advanced Series on Ocean Engineering, v.2)

FEYNMAN, R.P. Waves. In: The Feynman lectures on physics. Reading: Adison-Wesley, 1963. v.2, Cap. 40.

HORIKAWA, K. Coastal engineering: an Introduction to Ocean Engineering. Tokyo: University of Tokyo Press, 1978. 405 p.

ITTC - The Specialist Committee on Waves. Final Report and Recommendations to the 23rd ITTC. Proceedings, V. II, Veneza, 2002.

MARTINS, J. A. de A. Análise de ondas em tanque de dimensões reduzidas com vistas à engenharia oceânica. Tese (Doutorado) Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da EPUSP-São Paulo, 2003. 188 p.

MARTINS, J. A. de A.; SOUZA, C. A. G. F. Um tanque de ensaios em ondas para ensino e pesquisa exploratória. In: PANAMERICAN CONGRESS OF NAVAL ENGINEERING, 13., Caracas, 1993. Anais do IPEN'93. [São Paulo] : [s.n.], 1993.

PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S/A. Petrobrás em Números. Disponível em http://www.petrobrás.com.br. Acesso em 24/06/2005.

URSELL, F.; DEAN, R.G.; YU, Y.S. Forced small-amplitude water waves : a comparison of theory and experiment. Journal of Fluid Mechanics, v.7, pt 1, p. 33-52, Jan. 1960.

WEHAUSEN, J. V.; LAITONE, E. V. Surface waves. In: ENCYCLOPEDIA of Physics. [s.l.]: Springer Verlag, 1960. v.9., p. 446-778.

WIEGEL, R. L. Oceanographical engineering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1965. 535 p.

MODELO PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE RETAGUARDA E ESTRATÉGIAS DE FORMAÇÃO DE PILHAS NA ARMAZENAGEM EM TERMINAIS DE CONTÊINERES

Guilherme Soares de Sá Peixoto

Libra Terminais

Rua Eduardo Magalhães s/n, Ponta da Prais, Santos, SO, Brazil , ZIP Code 11015-900

Prof. Dr. Rui Carlos Botter

Professor do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP – Brasil.

E-mail: rcbotter@usp.br

Resumo

O aumento da utilização do transporte marítimo e da movimentação de contêineres no mundo em conseqüência da globalização iniciada nos anos noventa, da facilitação de determinadas barreiras comerciais e da expansão da cadeia logística das indústrias, vêm formando um cenário de relevante aumento do tráfego de contêineres nos terminais que fazem parte das principais rotas comerciais do mundo.

Terminais de contêineres são fundamentais para a eficiência desta cadeia logística e cada vez mais necessita alcançar elevados índices de produtividade, buscando minimizar o tempo de atendimento aos navios que neles são operados; para isso, torna-se imprescindível que todo o seu sistema e recursos, do cais aos acessos terrestres, sejam adequadamente dimensionados e especificados a fim de evitar situações de gargalos e restrições operacionais que reduzam sua capacidade de movimentação.

Este trabalho aborda o problema da ocupação do pátio de forma sistêmica, identificando claramente a funcionalidade dos subsistemas que formam o terminal portuário e suas principais atividades operacionais, focando no que trata do planejamento da armazenagem dos contêineres. O modelo proposto fornece uma avaliação comparativa entre diferentes sistemas de movimentação e tipos de equipamentos de retaguarda, através da aplicação de índices e taxas de ocupação e comprometimento do pátio de armazenagem, para uma determinada demanda sem considerar a possibilidade de áreas para expansão, considerando também a aplicação de estratégias para formação das pilhas que permitem reduzir a ocupação do pátio.

Abstract

Container terminals are fundamental for the efficiency of the logistic chain and more and more needs to attain high productivity levels, seeking to minimize the time for servicing vessels operated there; it is therefore vital that the whole system and resources, from the quay to the land access routes, are adequately dimensionioned and specified so as to avoid bottleneck situations and operational restrictions that may reduce its conveyance capacity.

1. Introdução

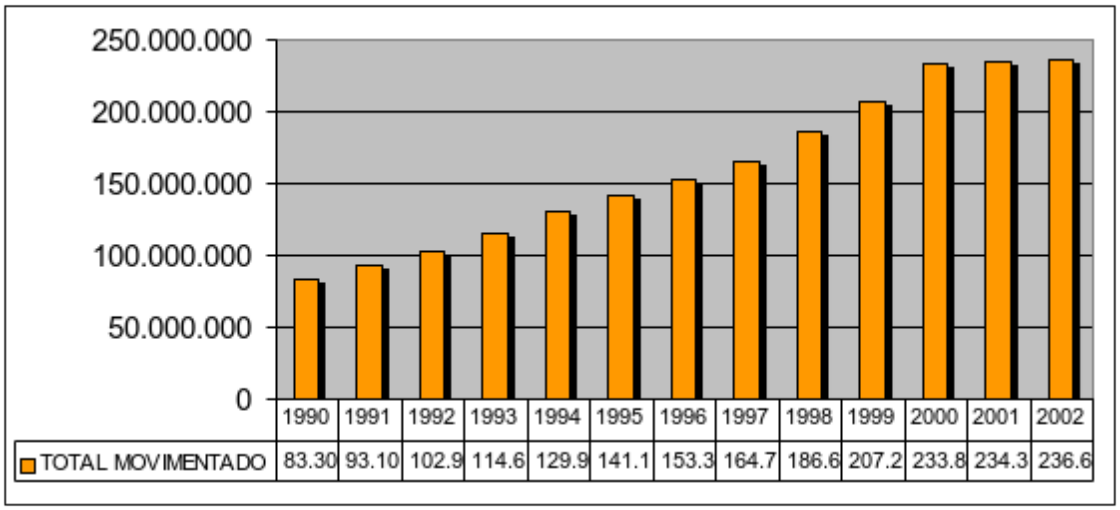
Nas últimas décadas a movimentação e o tráfego de contêineres nos terminais têm tido forte incremento. Alguns índices que revelam o crescimento desta demanda devem ser ressaltados.

- Atualmente mais de 60% de toda carga geral do mundo que é atualmente transportada através dos mares utiliza contêineres. No ano 2000 esta parcela correspondia a 54%, em 1995 eram 48% e em 1990 cerca de 37%;
- Entre países industrializados essa parcela chega à cerca de 80% de toda troca de mercadorias;
- Nos anos 90 a taxa média de crescimento mundial da movimentação de contêineres nos portos foi de 8,7%;

Estes índices estão diretamente relacionados com uma mudança verificada no comportamento das indústrias e no cenário do comércio globalizado e esta tendência pode ser confirmada ao analisarmos os seguintes fatores condicionantes da logística.

- O setor industrial cada vez confirma o modelo de especialização e verticalização das atividades produtivas, buscando em áreas distantes, as fontes de matéria prima, produtos primários e inacabados, criando um ambiente de competição mundial entre fornecedores e dependente dos sistemas de transportes;
- As indústrias estão concentrando em poucas unidades de produção, o abastecimento da demanda de diversas regiões, buscando maximizar os efeitos da economia de escala;
- A abertura dos mercados mundiais e atendimento a uma demanda globalizada aumentando o potencial produtivo e industrial.

Os fatores descritos além de aumentar o volume do comércio mundial, com relevante participação dos contêineres, faz com que seja formada uma cadeia de suprimentos cada vez mais usuária e dependente de uma logística eficaz dos sistemas de transporte, na qual, os terminais exercem papel primordial em relação ao seu desempenho e produtividade.



Fonte: Containerization international – ci online

Figura 1 – Evolução da movimentação mundial de contêineres em TEU (1990 a 2002)

Além do incremento da demanda de contêineres para os terminais, o cenário atual não estaria completo sem a identificação dos seguintes fatores relevantes e específicos do transporte marítimo:

- A organização em alianças, acordos e fusões entre os armadores e empresas de navegação visando otimizar os espaços nos navios e ganhos de escala no transporte, buscando aumentar a ocupação dos navios e, consequentemente, a quantidade de contêineres movimentada por viagem;
- A tendência de concentração do tráfego das grandes rotas comerciais em grandes e eficientes terminais e a distribuição regional sendo efetuado por navios e terminais de menor porte, buscando maximizar a utilização dos grandes navios, sem perder a cobertura aos mercados regionais através do transbordo dos contêineres e transporte por navios menores;
- Com direta relação aos dois itens anteriores, o aumento das dimensões e da capacidade de transporte dos navios também é fator importante deste cenário. A frota mundial de porta-contêineres vem crescendo constantemente e a participação de navios de grande capacidade tem aumentado.

Tabela 1 - Evolução da frota mundial de navios porta-contêineres (1999 a 2003)
Por capacidade de transporte (Em TEU)

FROTA MUNDIAL PORTA-CONTÊINERES	TOTAL				Abaixo de 1000 TEU				1000-1999 TEU				2000-2999 TEU			
	TEU	Diferença	Navios		TEU	Diferença	Navios		TEU	Diferença	Navios		TEU	Diferença	Navios	
1999	4.750.611	(%)	4.258		1.005.483	(%)	2.634		1.169.700	(%)	838		976.329	(%)	393	
2000	6.311.470	33%	7.037	65%	1.789.531	78%	5.001	90%	1.600.540	37%	1.162	39%	1.019.037	4%	414	5%
2001	6.881.746	9%	7.067	0%	1.762.447	-2%	4.854	-3%	1.692.906	6%	1.224	5%	1.076.686	6%	440	6%
2002	7.568.893	10%	7.135	1%	1.758.841	0%	4.748	-2%	1.750.662	3%	1.264	3%	1.163.362	8%	474	8%
2003	8.240.834	9%	7.286	2%	1.770.842	1%	4.729	0%	1.801.596	3%	1.294	2%	1.303.457	12%	527	11%

FROTA MUNDIAL PORTA-CONTÊINERES	3000-3999 TEU				4000-4999 TEU				Acima de 5000 TEU				FROTA TOTAL			
	TEU	Diferença	Navios		TEU	Diferença	Navios		TEU	Diferença	Navios		TEU	1.999	2.001	2.003
1999	712.631	(%)	206		588.731	(%)	135		297.737	(%)	52		< 2000	3.472	6.078	6.023
2000	762.085	7%	223	8%	699.275	19%	160	19%	441.002	48%	77	48%	2000-2999	393	440	527
2001	842.872	11%	247	11%	783.735	12%	178	11%	723.100	64%	124	61%	3000-3999	206	247	270
2002	919.470	9%	268	9%	786.198	0%	179	1%	1.190.360	65%	202	63%	4000-4999	135	178	221
2003	934.950	2%	270	1%	968.883	23%	221	23%	1.461.106	23%	245	21%	> 5000	52	124	245

Fonte: Containerization Internacional – CI-on line (2004)

Tabela 2 - Evolução da movimentação de contêineres nos principais portos do mundo

		1996		1998		2000		2003	
Porto	**País**	**x1000 TEU**		**x1000 TEU**	**96 > 98**	**x1000 TEU**	**98 > 00**	**x1000 TEU**	**00 > 03**
Hong Kong	China	13.280	*	14.582	*10%*	18.098	*24%*	20.449	*13%*
Singapura	Singapura	12.950	*	15.100	*17%*	17.090	*13%*	18.100	*6%*
Pusan	Coreia do Sul	4.684	*	5.753	*23%*	7.500	*30%*	10.407	*39%*
Kaohsiung	Tailândia	5.063	*	6.271	*24%*	7.426	*18%*	8.840	*19%*
Roterdam	Holanda	4.971	*	6.012	*21%*	6.275	*4%*	7.106	*13%*
Shangai	China	1.970	*	3.066	***56%***	5.613	***83%***	11.280	***101%***
Los Angeles	EUA	2.698	*	3.378	*25%*	4.879	***44%***	7.179	***47%***
Long Beach	EUA	3.067	*	4.098	*34%*	4.600	*12%*	4.658	*1%*
Hamburgo	Alemanha	3.054	*	3.547	*16%*	4.248	*20%*	6.138	***44%***
Antuérpia	Belgica	2.654	*	3.266	*23%*	4.082	*25%*	5.445	*33%*
Gioia Tauro	Italia	572	*	2.126	***272%***	2.653	*25%*	3.148	*19%*
Algeciras	Espanha	1.307	*	1.826	***40%***	2.009	*10%*	2.516	*25%*
Santos	Brasil	772	*	799	*3%*	801	*0%*	1.560	***95%***

Fonte: Shipping Statistics Yearbook (2001) e Containerization International - CI - On line (2004)

Nesta introdução, tem-se a apresentação do tema proposto e a descrição do cenário atual do transporte marítimo e dos terminais de contêineres. A seção 2 traz a revisão bibliográfica do tema proposto. A seção 3 trata especificamente a caracterização

e a abordagem do problema. A seção 4 apresenta a metodologia a ser utilizada e a descrição do modelo desenvolvido para a análise e seleção de equipamentos de retaguarda e estratégias de formação de pilhas na armazenagem em terminais de contêineres, são definidos os índices e parâmetros operacionais a serem utilizados e são descritas as principais estratégias de armazenagem utilizadas para cada sistema. A seção 6 descreve a aplicação do modelo para cada cenário e os resultados obtidos, que são consolidados em tabela ao final. Na seção final estão reunidas as contribuições alcançadas pelo trabalho, as conclusões obtidas da aplicação do modelo e das análises realizadas e as sugestões para os próximos passos a serem dados visando à seqüência das pesquisas relacionadas ao tema explorado.

2. Revisão Bibliográfica

Para o desenvolvimento deste trabalho, buscou-se na pesquisa bibliográfica, a reunião de publicações e trabalhos recentes que tratassem não apenas do problema de alocação de espaço e ocupação do pátio em terminais de contêineres, mas visando a abordagem do terminal de contêineres como sistema e com enfoques diferenciados, a revisão foi classificada em três partes.

2.1 Terminais de contêineres e suas atividades principais

ATKINS (1983) fornece uma visão clássica do terminal portuário de carga geral, já com tendência estabelecida a conteinerização, descreve detalhadamente as operações básicas de um terminal de contêineres e seus equipamentos apesar de limitado pelas restrições técnicas da época. Outra referência clássica para planejamento e operações em terminais de contêineres pode ser encontrada em DALLY et al. (1983) que apresenta um manual das práticas aplicadas ao terminal e aos principais subsistemas que com ele interagem. Em ALDERTON (1999) pode ser encontrado um registro dos princípios básicos do planejamento e gestão das operações portuárias, traz um atualizado panorama histórico evolutivo das atividades portuárias. MEERMANS e DEKKER (2001) apresentam uma revisão das atividades operacionais em um terminal de contêineres, enfatizando os recursos do campo da pesquisa operacional, aplicados a cada atividade. Em VIS e de KOSTER (2003) pode ser encontrado um apanhado dos problemas e questões operacionais mais freqüentes em terminais de contêineres, traz uma classificação dos problemas de decisão de acordo com seu nível de planejamento e controle. MEERMANS (2002) apresenta em sua tese, uma síntese das mais recentes técnicas de otimização e programação matemática para os sistemas de movimentação de contêineres.

2.2 Modelos de simulação aplicados em terminais de contêineres

Em BOTTER (1984), foram desenvolvidos dois modelos computacionais para análise da capacidade de terminais portuários, sendo um baseado na teoria de filas e o outro aplicando simulação estocástica. Em TONDO (1984), pode-se encontrar um exemplo de modelagem de terminais de contêineres, programado em GPSS, que simula suas operações, visando auxiliar no dimensionamento dos recursos e na racionalização das rotinas operacionais do terminal. O modelo de simulação encontrado em FERNANDES (2001) tem como principal objetivo analisar um sistema portuário de maneira integrada, caracterizando e modelando as principais operações de um terminal de contêineres, visando o dimensionamento adequado dos equipamentos de

movimentação, de acordo com índices de utilização, servindo como suporte para a análise econômica dos custos operacionais e de investimentos.

Inúmeros trabalhos publicados no exterior tratam da simulação de operações em terminais de contêineres, entre os mais relevantes encontrados na pesquisa vale ressaltar GAMBARDELLA, RIZZOLI e ZAFFALON (1998) que utiliza a simulação para validar os modelos de otimização e métodos de solução para os problemas operacionais do terminal, dando enfoque para o caso da alocação de recursos no atendimento às operações de carga e descarga dos navios. Em BONTEMPI, GAMBARDELLA e RIZZOLI (1997), o problema da alocação de recursos nas operações de carga e descarga de navios é abordado de forma idêntica a GAMBARDELLA, RIZZOLI e ZAFFALON (1998) e o caso da armazenagem é tratado por *job-shop scheduling* comparando diferentes arranjos do pátio, buscando otimizar as operações de embarque e descarga de navios. Ainda nesta mesma linha, GAMBARDELLA, MASTROLILLI, RIZZOLI e ZAFFALON (2001) tratando os mesmos problemas de alocação de recursos e programação (*scheduling*) das operações de carga e descarga de navios, utiliza também o modelo de simulação para verificar a viabilidade das soluções otimizadas.

Em BRUZZONE, GIRIBONE e REVETRIA (1999) a simulação é apontada como ferramenta de suporte à gestão portuária, dada à complexidade e dinamismo das operações de um terminal. VEE, YE e SHAH (1999) apresentam em seu trabalho um modelo de simulação desenvolvido para aplicação no Porto de Singapura, no trabalho é adotado o modelo de programação CILK desenvolvido no MIT – *Massachussetts Institute of Technology* que tem como principal característica garantir a melhoria na performance de processamento. A ênfase do trabalho é dada para a operação de AGV – *Automated Guided Vehicles* controlados por computador. TURNER (2000) explora um modelo simplificado de simulação para avaliar as estratégias e políticas de arrendamento de terminais de contêineres sob a luz da utilização e aproveitamento otimizado de recursos do sistema. MERKURYEVA, MERKURYEV e TOLUJEV (2000) apresenta um modelo de simulação que integra os principais processos logísticos operacionais de um terminal de contêineres, tendo como objetivos a segregação do tráfego interno das rotas de transporte, a melhor utilização do pátio e a análise dos impactos de condições climáticas nas operações.

Em KIA, SHAYAN e GHOTB (2002) é apresentado um modelo de simulação para comparação entre estratégias operacionais de movimentação, visando identificar os impactos na ocupação do terminal, tanto no berço de atracação como na retaguarda. O autor utiliza o programa Taylor II, simulador estocástico que tem como característica a capacidade de investigar sistemas operacionais complexos enfatizando a abordagem de gargalos em capacidade e ocupação. Em MEERSMANS (2002) pode ser encontrado um modelo de simulação para aplicação em terminais de contêineres automatizados. O autor sugere a utilização de modelos de simulação para a análise de performance dos algoritmos de programação dos equipamentos de movimentação em todas as operações de um terminal de contêineres, do costado à retaguarda e recomenda também a aplicação em conjunto com algoritmos e modelos matemáticos no dimensionamento da frota de equipamentos de movimentação.

2.3. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas

DALLY et al (1983) explora o caráter sistêmico das operações de um terminal de contêineres, em relação à utilização do espaço e comparando a performance dos diferentes sistemas de movimentação de acordo com o resultado do índice de ocupação de espaço. Apesar de ser limitado à tecnologia existente na época, o trabalho oferece uma satisfatória referência para o tema. Em ALDERTON (1999) é encontrado um método matemático para dimensionamento do pátio de armazenagem de contêineres. Ainda neste trabalho é mostrada uma forma geral de estratégia para armazenagem que considera parâmetros de para segregação em função das necessidades do navio.

TALEB-IBRAHIMI, De CASTILHO e DAGANZO (1993) discute a relação entre a ocupação do espaço de armazenagem e a quantidade de movimentos realizados para a retirada de um determinado contêiner da pilha para contêineres de exportação no momento de carregamento para o embarque, apresentando duas estratégias distintas. De CASTILHO e DAGANZO (1993) exploram basicamente o mesmo conceito encontrado na referência anterior; porém direcionado para a importação, avaliando e comparando duas estratégias. Em BONTEMPI, GAMBARDELLA e RIZZOLI (1997) a questão da armazenagem de contêineres é tratada sob uma abordagem de planejamento para longo prazo, com o objetivo de otimizar a ocupação do pátio através de políticas e estratégias eficientes de armazenagem. KIM (1997) apresenta uma forma de avaliar a quantidade de remoções em quadra para terminais de contêineres em função da configuração do pátio de armazenagem e de suas pilhas. CHEN (1998) aborda o problema de ocupação de espaço em terminais de contêineres e estratégias de armazenagens visando o aumento da "produtividade da área", assim definido pelo autor como o índice referente à medição da ocupação do espaço.

Pode ser encontrada em KIM e BAE (1998), a exploração do problema de armazenagem através da prática de arrumação dos contêineres de exportação em quadra (remoções) com o propósito de melhorar o resultado nas operações de embarque. KIM e KIM (1998) discute a questão da armazenagem em pátios destinados a contêineres de importação, relacionando o dimensionamento do espaço e a quantidade de equipamentos de retaguarda. KIM e KIM (1999) apresenta estratégias para armazenar contêineres de importação cuja principal preocupação é minimizar as remoções geradas para a retirada de uma determinada unidade do pátio destinada a entrega para caminhões externos. HOLGUIN-VERAS e JARA-DÍAZ (1999) aborda o problema de alocação de espaço sob um enfoque de otimização e priorização dos "custos" e valores logísticos agregados de cada contêiner e do que ele transporta em seu interior. CHEN (1999) traz um estudo que explora as estratégias de armazenagem em terminais de contêineres e ressalta a interação e dependência e posiciona o problema da armazenagem como um sub-sistema central do terminal. CHEN (2000) dá continuidade ao estudo anterior e oferece uma quantificação empírica, em forma de dados e gráficos, dos movimentos improdutivos verificados em um caso prático.

KIM, PARK e RYU (2000) trata do problema da armazenagem de contêineres de exportação, enfocando a determinação da posição ideal de cada contêiner que chega ao terminal, de modo a minimizar remoções durante as operações de embarque, utilizando técnicas de programação dinâmica e método de busca *Branch & Bound* para agilizar a solução da posição ótima, criando uma árvore de decisão para cada classe de peso. STEENKEN, WINTER e ZIMMERMANN (2000) enfoca o planejamento de

armazenagem em função do planejamento de embarque do navio, considerando a segregação dos contêineres nas quadras, visando à minimização dos tempos de espera dos guindastes no costado ou dos atrasos na chegada dos contêineres na posição de embarque.

KIM e KIM (2002) traz uma abordagem semelhante a KIM e KIM (1998) de otimização de espaço e equipamentos para pátios de importação através da minimização dos custos associados, considerando o tempo de atendimento dos caminhões externos, traduzido em nível de serviço pré-definido. MEERSMANS (2002) trata a questão do armazenamento dos contêineres enfatizando o problema da programação integrada dos equipamentos de movimentação, objetivando a otimização dos resultados através de métodos de solução, heurísticas e algoritmos. Em KIM e PARK (2002) são aplicadas técnicas de programação linear em conjunto com heurísticas para tratar do problema da armazenagem de contêineres e ocupação do espaço no pátio associado à eficiência no carregamento para as operações de embarque em navios. O modelo proposto sugere a minimização das distâncias de translação entre a origem/destino e o pátio principal.

2.5. Comentários e conclusões sobre a revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica permitiu reunir elementos para uma ampla conceituação e definição das atividades encontradas em um terminal de contêineres, buscando complementar o conhecimento prático e teórico, já explorado em experiências anteriores, com visões e enfoques diferenciados encontrados em variados autores; permitiu também identificar que os modelos de simulação vêm sendo cada vez mais utilizados no planejamento portuário, tanto para a modelagem estocástica, como para a complementação à pesquisa operacional, ilustrando uma solução gerada por um modelo de otimização, uma heurística ou um método de solução. E finalmente buscou-se encontrar o que havia sido escrito em publicações relevantes sobre as estratégias de armazenagem, as formas de ocupação de espaço e suas medidas e índices de avaliação.

Percebe-se claramente que a quantidade de trabalhos que citam a necessidade de racionalização das pilhas para uma melhor ocupação de espaço começa a aumentar a partir de 1998, ainda assim grande parcela ainda é destinada apenas ao planejamento do armazenamento com o propósito de otimizar a retirada do contêiner da pilha, evitando remoções desnecessárias; porém, pouco foi encontrado que considerasse a avaliação de diferentes sistemas de movimentação, associado as estratégias de armazenagem e o comportamento de cada tipo de equipamento na formação da pilha e retirada do contêiner, normalmente os trabalhos desenvolvidos buscam otimizar a utilização do sistema após sua escolha, e é no preenchimento desta lacuna que a metodologia proposta neste trabalho tem sua principal motivação. Busca reunir os elementos e características básicas dos tipos de equipamentos e sistemas de movimentação, associando-os às estratégias e políticas de formação das pilhas e ocupação do espaço no pátio.

3. Abordagem e delimitação do problema

O terminal de contêineres pode ser considerado o ponto de transbordo e transferência entre modais de transportes das cargas, que são recebidas e ficam armazenadas até o momento do carregamento no veículo transportador designado. O terminal moderno tem suas atividades direcionadas exclusivamente à movimentação eficiente dos contêineres, buscando atender à sua demanda, mantendo um nível de serviço adequado aos clientes e usuários do terminal. Os clientes principais do terminal de contêineres são os armadores, empresas de navegação que escolhem os terminais que irão escalar seus navios, normalmente regulares, de acordo com a rota ou serviço estabelecido; porém, cada vez mais é aumentada a importância dos transportadores terrestres, usuários do terminal, que precisam dar continuidade à cadeia logística e cumprir seus prazos, metas e objetivos.

O nível de serviço a ser atingido pelos terminais pode ser medido através do tempo de atendimento aos veículos transportadores, normalmente decorrente da taxa de produção dos guindastes e equipamentos que fazem as movimentações durante as operações, usualmente expressa em movimentos ou contêineres por unidade de tempo. Esta produção não depende apenas da capacidade e do dimensionamento dos equipamentos de movimentação, mas também de diversos fatores e condicionantes operacionais decisivos para o desempenho das operações, valendo ressaltar: (i) a distribuição dos contêineres ao longo do navio, definindo a carga de trabalho dos equipamentos de cais; (ii) a preparação e segregação dos contêineres no pátio de armazenagem, permitindo atender às necessidades de carregamento sem remoções e movimentos improdutivos; (iii) a distribuição da carga no pátio visando evitar o deslocamento excessivo dos equipamentos de retaguarda ou permitindo a divisão da carga de trabalho, maximizando o carregamento e retirada dos contêineres das pilhas, entre outros.

Uma característica importante de ser ressaltada quando analisado o planejamento de terminais portuários é o elevado grau de interação e dependência entre os diferentes processos operacionais existentes, formando claramente um sistema que pode ser dividido em sub-sistemas principais, conforme demonstrado na figura a seguir. Esta abordagem facilita identificação das relações dos processos internos e as influências e restrições do ambiente externo.

Este artigo tem sua concentração no planejamento da armazenagem de contêineres e ocupação de espaço no pátio de armazenagem, buscando definir um método de avaliação comparativa entre diferentes tipos de equipamentos e sistemas de movimentação de retaguarda, considerando também a aplicação de estratégias de armazenagem e formação de pilhas, visando melhorar a ocupação de espaço no pátio de armazenagem, sem prejudicar o desempenho das operações de embarque do navio.

Figura 2 – Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres

Os fatores condicionantes e as limitações do problema abordado neste artigo estão diretamente relacionados com o crescimento da demanda para os terminais, decorrente de um maior tráfego de contêineres no comércio mundial; com a escassez de áreas para expansão observada na maioria dos portos e com a necessidade constante de melhoria contínua dos índices de produtividade oferecidos pelos terminais aos seus clientes, os armadores, conforme ilustra a figura a seguir.

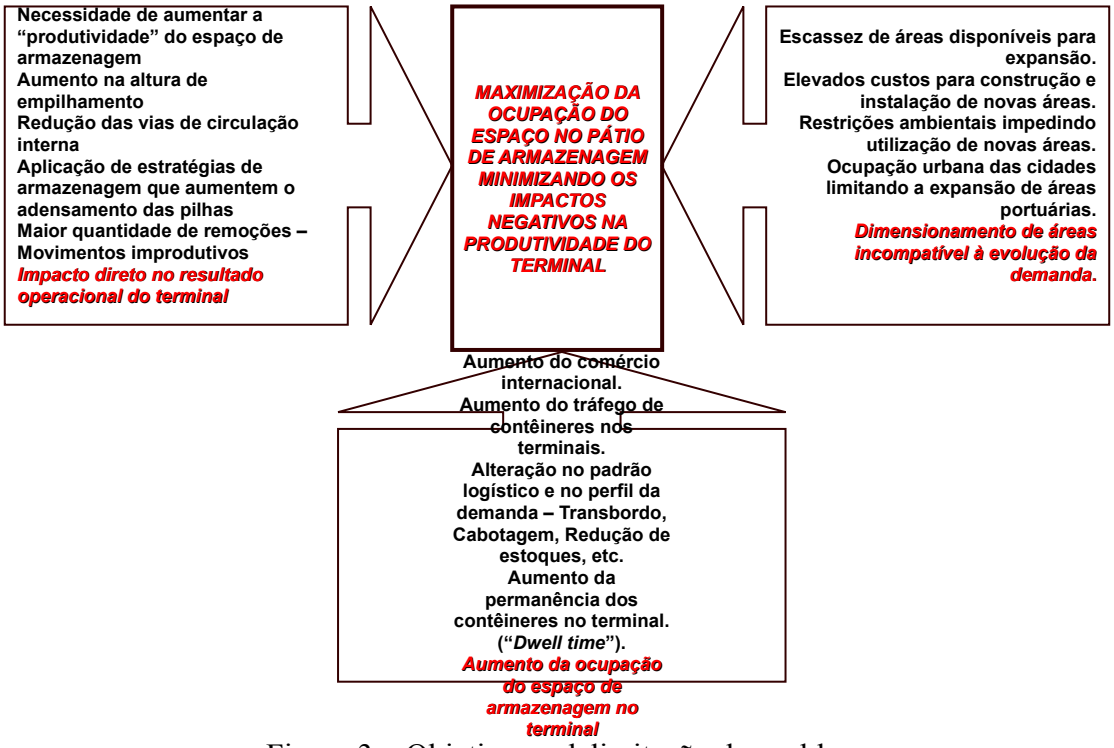


Figura 3 – Objetivos e delimitação do problema

4. Descrição do modelo e das estratégias de armazenagem

O modelo desenvolvido, em linhas gerais, avalia o comportamento de diferentes tipos de equipamentos de movimentação de retaguarda, no tocante a armazenagem e ocupação do espaço no pátio em um terminal de contêineres dada uma demanda representativa de contêineres a serem armazenados em um pátio formado por quadras definidas de acordo com as especificações técnicas e características físicas de cada equipamento.

A primeira etapa consiste em estabelecer a demanda de contêineres a ser armazenada identificando as características principais de cada contêiner, definidas em de acordo com os parâmetros de segregação de armazenagem, adotados em função das condições de estivagem estabelecidas pelo planejador do navio; as segunda e terceira etapas determinam o tipo de equipamento e sistema de movimentação a ser analisado pelo modelo e a respectiva configuração do pátio de armazenagem, mais especificamente o tamanho das quadras, a altura das pilhas, a forma de acesso aos contêineres, vias de circulação e tráfego operacional; em seguida o modelo procura simular o planejamento inicial para a armazenagem dos contêineres através da aplicação dos parâmetros de segregação básicos previamente definidos; na quinta etapa o modelo define as posições dos contêineres e a ocupação do pátio de armazenagem; o sexto passo do modelo consiste em calcular os índices e taxas de ocupação do espaço e da área utilizada e avaliação do desempenho de cada tipo de equipamento, no tocante à ocupação das pilhas e ao aproveitamento do pátio de armazenagem, concluindo o primeiro cenário. Para as simulações do segundo cenário, o modelo prevê a aplicação de estratégias de armazenagem e formação de pilhas estabelecendo alternativas para cada tipo de equipamento avaliado, alterando as posições planejadas, em função da estratégia aplicada, visando reduzir os índices de ocupação de pátio; finalmente o modelo reavalia os índices e taxas de ocupação, visando à validação da estratégia de armazenagem adotada, associada ao tipo de equipamento, demonstrando os resultados obtidos, de maneira a permitir uma análise comparativa entre as opções.

A estratégia inicial definida para o planejamento do recebimento e armazenagem dos contêineres, consiste na segregação dos grupos formados pela aplicação dos parâmetros básicos de segregação, notadamente, navio e viagem, porto de estivagem, classe de peso e comprimento. De acordo com os parâmetros acima descritos são formados os grupos de contêineres que poderão ser empilhados em uma mesma quadra, de acordo com a estratégia de armazenagem adotada. Apenas no intuito de simplificar a modelagem, não foram consideradas, como parâmetros de segregação, algumas características específicas de determinados contêineres, (i.e.: instruções especiais de estivagem, carga perigosa ou refrigerada, etc) apesar destes parâmetros serem fundamentais para as operações do terminal de contêineres, esta simplificação de forma alguma invalida a metodologia apresentada, visto que a proposta é avaliar o comportamento dos equipamentos de retaguarda quanto à ocupação do espaço no pátio de armazenagem.

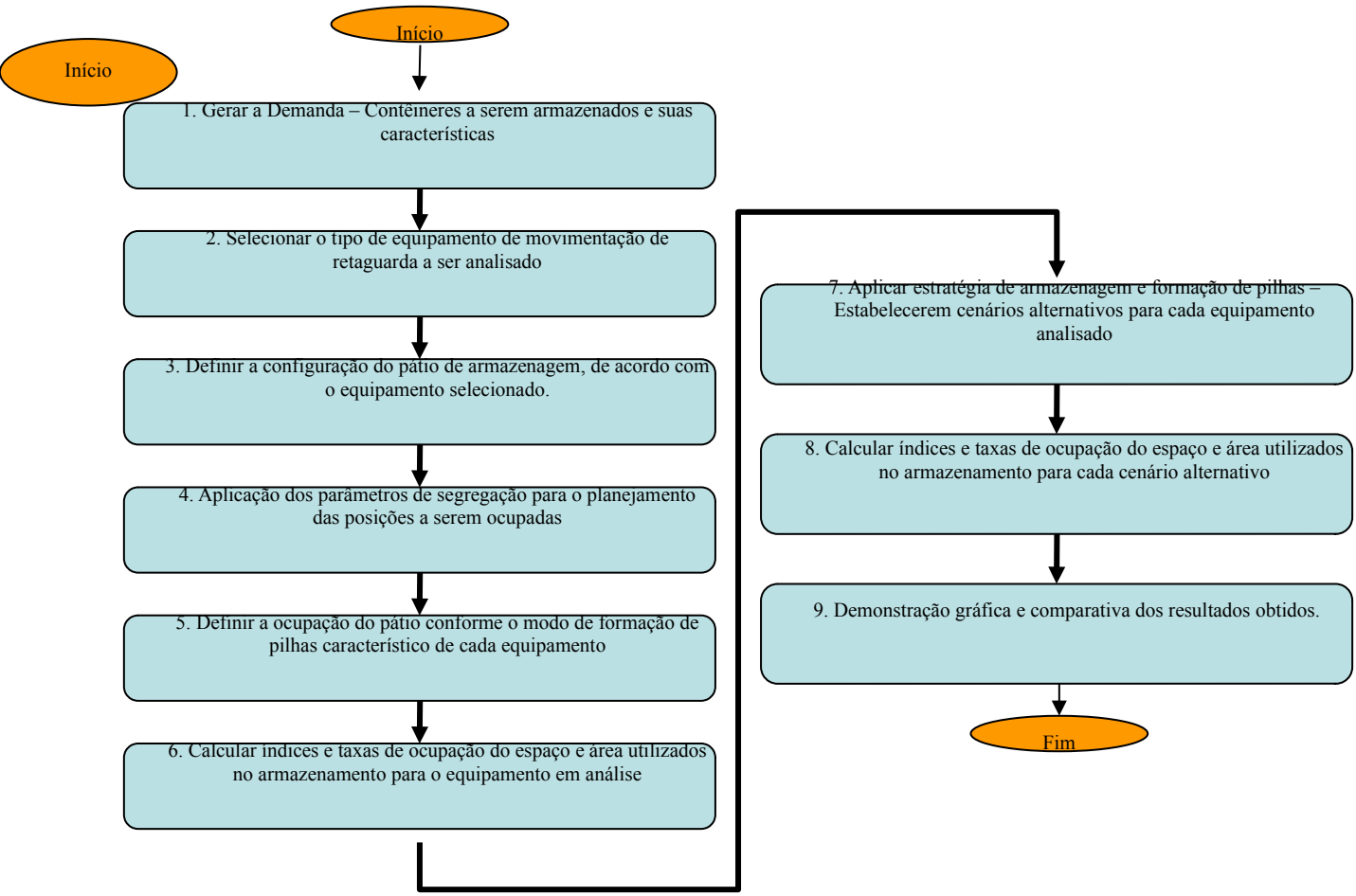


Figura 4 - Fluxograma representativo das etapas e processos do modelo

A essência de um planejamento básico de segregação consiste em oferecer alternativas ao planejador do navio para que se tenham contêineres de características semelhantes, agrupados em um número de pilhas, que permita o planejamento da seqüência de retirada em função das restrições impostas pelo plano de embarque do navio, sem que haja a necessidade de remover contêineres com características distintas e que estejam misturados nesta mesma pilha.

As estratégias de armazenagem consistem em combinações ou misturas em uma mesma quadra dos contêineres destinados a navios com data de operação mais distante, chamados de navios futuros. A principal questão deste tipo de estratégia de armazenagem consiste na definição de quais grupos de contêineres serão misturados no recebimento e em que momento estes contêineres serão removidos para outras pilhas, sendo segregados para o embarque no respectivo navio. O aspecto positivo da utilização deste tipo de estratégia está no melhor adensamento das pilhas e conseqüente aumento do espaço disponível no pátio; porém, junto com esta vantagem vem à necessidade de futuramente remover os contêineres, aumentando a quantidade de movimentos improdutivos no pátio ou, o que seria ainda pior, o atraso do carregamento durante as operações do navio, devido às remoções para seleção de determinados contêineres, decorrente de pilhas não adequadamente preparadas para o embarque.

5. Aplicação do modelo e resultados obtidos

A aplicação do modelo para seleção de equipamentos de retaguarda e avaliação de estratégias de armazenagem foi feita através de análise de cenários, sendo estabelecido um cenário para cada equipamento de retaguarda analisado, dividido em dois grupos distintos, o primeiro seguindo apenas os parâmetros de segregação básicos e o segundo grupo considerando a aplicação de estratégias de armazenagem, conforme ilustrado nas figuras a seguir.

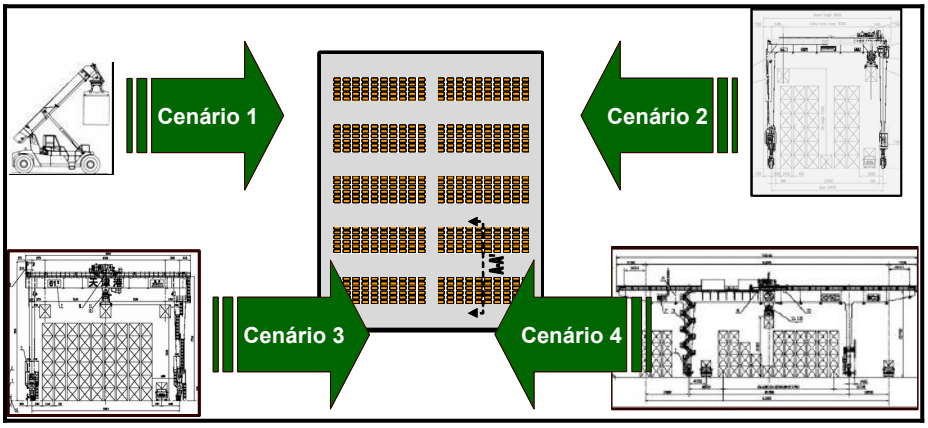


Figura 5 – Formação dos cenários para análise do modelo de seleção

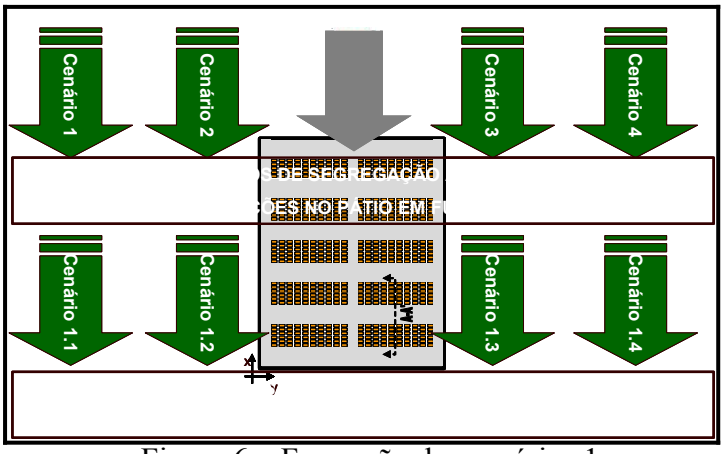


Figura 6 – Formação dos cenários 1.n

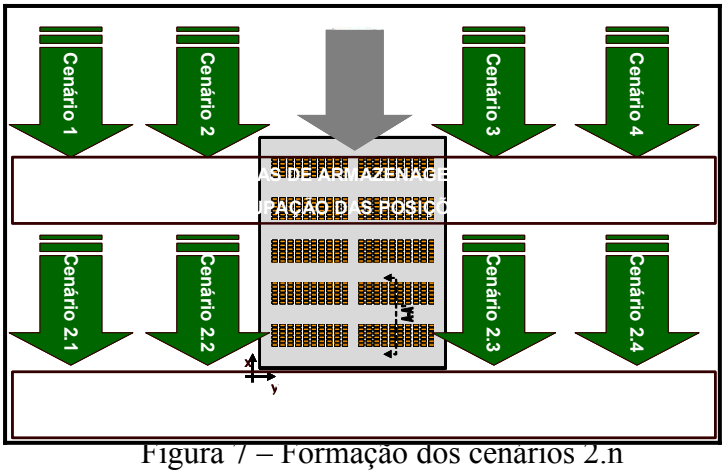


Figura 7 – Formação dos cenários 2.n

Foi simulado em planilha um modelo reduzido de um pátio de contêineres, com dimensões de cinqüenta mil metros quadrados, a ser ocupado individualmente por cada equipamento a ser analisado, a capacidade estática e a configuração do pátio foram obtidas em função das especificações técnicas e físicas de cada equipamento; foi gerada uma demanda tipo, proporcionalmente reduzida e representativa da movimentação encontrada no Porto brasileiro de Santos, distribuída em função do padrão de recebimento observado.

Tabela 3 – Características da demanda adotada

NAVIOS	3	(NAV1 - ETA 2 dias / NAV2 - ETA 7 dias / NAV3 - ETA 15 dias)
SPOD	4	Portos de estivagem para cada navio
PESO	3	classe de peso - L p <12 t / M 12 t < p < 18 t / P p > 18 t
TOTAL (Unidades)	500	contêineres
TOTAL (TEU)	700	TEU

O modelo oferece como primeiro resultado a visualização do pátio ocupado, de acordo com os parâmetros de segregação estabelecidos, mostrando cada grupo de segregação com sua cor e padrão específicos. Desta ocupação são calculados os índices e as taxas que irão avaliar a utilização e o comprometimento do pátio de armazenagem, e a capacidade dinâmica anual do pátio para cada solução analisada pelo modelo, formando o conjunto de resultados para o primeiro cenário. Para o segundo cenário, para a mesma demanda, com a aplicação das estratégias de segregação, armazenando em pilhas comuns contêineres destinados aos navios com data de chegada mais distante, permitindo melhor adensamento das pilhas e economia na ocupação dos espaços; novo conjunto de resultados é calculado estabelecendo a comparação para o uso de estratégias de armazenagem, avaliando a ocupação e capacidade do pátio de armazenagem para cada equipamento de retaguarda analisado pelo modelo.

A formulação matemática utilizada para a obtenção dos resultados e cálculos dos índices e taxas pode ser dividida em três etapas, sendo elas:

- **Cálculos de capacidade e ocupação** - Nesta etapa o modelo busca determinar a capacidade do pátio de armazenagem para a referida configuração de pátio e a quantidade de espaços ocupados, comprometidos e livres existentes no pátio de armazenagem. Um importante índice encontrado nesta etapa é a capacidade anual de armazenagem do pátio, muito utilizado para dimensionamento de recursos e área.
- **Cálculos de taxas e ocupação e fator de comprometimento** - São relacionados os percentuais de ocupação do pátio considerando tanto a ocupação física como a comprometida, também é obtido o fator de comprometimento do pátio que revela o índice de adensamento das pilhas para cada cenário.
- **Cálculos de índice de utilização da área e desempenho** – Nesta etapa a utilização da área é inserida e um importante índice é obtido, que relaciona os espaços ocupados com a área utilizada, também é encontrado o desempenho anual do pátio de armazenagem para cada sistema de movimentação.

Os resultados obtidos da aplicação do modelo reduzido podem ser visualizados nas tabelas a seguir.

TABELA 4 – RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO – COMPARAÇÃO ENTRE TIPOS DE EQUIPAMENTOS
CENÁRIO 1 – PARÂMETROS DE SEGREGAÇÃO BÁSICOS (SEM ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM)

	RS	RTG	RMG versão A	RMG versão B
ALTURA DE EMPILHAMENTO	5	6	6	6
LASTROS POR QUADRA	7	6	9	13
BAIAS POR QUADRA	10	10	10	10
QUANTIDADE DE QUADRAS	10	12	8	6
CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ano)	229.950	283.824	283.824	299.592
CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.500	4.320	4.320	4.560
CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.150	3.888	3.888	4.104
OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	698	698	698	698
DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	-	2.892	2.892	3.108
OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	2.452	298	298	298
TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	20	16	16	15
TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	22	18	18	17
TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	100	26	26	24
FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM	4,51	1,43	1,43	1,43
ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO (m2)	12.524	2.970	2.970	2.970
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE (TEU/m2)	0,070	0,086	0,086	0,091
(TEU/ha.)	700	864	864	912
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA (TEU/m2)	0,014	0,054	0,054	0,058
(TEU/ha.)	140	545	545	575
DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ha/ano)	11.323	44.201	44.201	46.657

TABELA 5 – RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO – COMPARAÇÃO ENTRE TIPOS DE EQUIPAMENTOS
CENÁRIO 2 – APLICANDO ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM E FORMAÇÃO DE PILHAS

	RS	RTG	RMG versão A	RMG versão B
ALTURA DE EMPILHAMENTO	5	6	6	6
LASTROS POR QUADRA	7	6	9	13
BAIAS POR QUADRA	10	10	10	10
QUANTIDADE DE QUADRAS	10	12	8	6
CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ano)	229.950	283.824	283.824	299.592
CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.500	4.320	4.320	4.560
CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.150	3.888	3.888	4.104
OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	698	698	698	698
DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	1.365	3.072	3.072	3.288
OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	1.087	118	118	118
TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	20	16	16	15
TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	22	18	18	17
TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	57	21	21	20
FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM	2,56	1,17	1,17	1,17
ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO (m2)	6.387	2.433	2.433	2.433
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE (TEU/m2)	0,070	0,086	0,086	0,091
(TEU/ha.)	700	864	864	912
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA (TEU/m2)	0,025	0,067	0,067	0,070
(TEU/ha.)	246	665	665	702
DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ha/ano)	19.982	53.951	53.951	56.949

6. Conclusões

A capacidade estática do pátio de armazenagem, que tem relação direta com as dimensões físicas e especificações dos equipamentos de retaguarda, pode-se notar nos resultados finais, não representam relevante variação entre os equipamentos avaliados; porém, ao analisar a ocupação dos espaços no pátio de armazenagem associando aos critérios de segregação necessários para atender ao planejamento de embarque do navio, a capacidade estática nominal e as especificações fornecidas pelo fabricante dos equipamentos passam a não representar a situação real da ocupação do pátio de armazenagem. Pode-se notar claramente que o efeito da demanda sobre a ocupação do pátio, decorrente dos grupos de segregação formados tem relevante impacto no planejamento e na definição das posições a serem ocupadas no terminal, devendo ser criteriosamente considerado no dimensionamento do pátio e na seleção do sistema de movimentação de retaguarda.

No tocante à formação das pilhas, fica nítido que a acessibilidade das empilhadeiras ("*Reach Stacker*"), somente pelas faces externas da pilha e não por sobre os lastros, associada à adoção de parâmetros de segregação, torna a ocupação total do pátio de armazenagem consideravelmente maior ao compararmos com os equipamentos de pórtico, cuja característica operacional permite a acessibilidade aos lastros internos da pilha, este fato pode ser confirmado pela análise do índice de comprometimento das pilhas, que define o adensamento atingido no pátio de armazenagem de acordo com os contêineres a serem armazenados, os parâmetros de segregação adotados e o tipo de equipamento utilizado.

Importante ressaltar que no primeiro cenário, a ocupação total do pátio de armazenagem para as empilhadeiras (ocupados + comprometidos) já atingiu a totalidade dos espaços existentes; portanto, a viabilidade da escolha do sistema de empilhadeiras está fortemente relacionada com as estratégias de armazenagem adotada no planejamento, sendo necessário reduzir o número de grupos de segregação e aumentar a mistura de contêineres de diferentes características nas pilhas, visando otimizar a ocupação do pátio. Já para os equipamentos de pórtico analisados, a aplicação de estratégias de armazenagem não representa vantagem relevante para a demanda avaliada, visto que a capacidade natural de adensamento das pilhas é consideravelmente satisfatória, formando pilhas com uma eficiente ocupação de espaço, mesmo seguindo os parâmetros básicos de segregação.

Um aspecto negativo da aplicação de estratégias de armazenagem é a quantidade de remoções geradas para posterior acerto da carga no pátio, assim que o espaço é desocupado decorrente do embarque do navio atual, devem ser programadas remoções para distribuir estes contêineres de acordo com os parâmetros de segregação desejados, esta prática certamente irá aumentar a quantidade de movimentos e a carga de trabalho dos equipamentos de retaguarda; ainda assim, a solução apresentada neste trabalho será facilmente viabilizada em situações de escassez de área disponível para expansão, atendimento à variação sazonal da demanda, reserva de espaço para atendimento à descarga de navios, entre outras razões.

Agradecimentos

Importante ressaltar a contribuição de grande valor oferecida pela Libra Terminais – T37 Santos, não apenas pelo auxílio na elaboração e confecção deste trabalho, mas principalmente pela possibilidade de conviver e trocar experiências com profissionais de elevado nível técnico tanto em seu quadro executivo quanto no operacional, especialmente aos Eng. José Eduardo Bechara e Henry James Robinson pelo conhecimento oferecido e ao companheiro Marcelo Patrício por "tocar o barco" em equipe.

Aos professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Marco Brinatti e Paulino e principalmente ao meu orientador Rui Carlos Botter; cujas observações e críticas repletas de objetividade e coerência, tanto contribuíram para a conclusão deste estudo.

Finalmente, aos meus familiares e amigos, Maurício Bailly de Sá Peixoto, pai, mestre e mentor da vida, minha mãe Ivonete, que no momento mais difícil de sua vida ainda teve a capacidade de dividir atenção, dando incentivo à continuidade deste trabalho e a Thelma pelo companheirismo e compreensão, nem sempre fácil de entender, para com os momentos ausentes.

Referências

ALDERTON, P.M. (1999) **Port Management and Operations**, Lloyd's Practical Shipping Guides - LLP Hong Kong

ATKINS, W.H. (1983) **Modern Marine Terminal – Operations and Management,** The Maritime Division of the Port of Oakland, Oakland, California.

BALLOU, R. H. (2001) **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial** – 4ª Edição – Bookman, 2001.

BONTEMPI, G., GAMBARDELLA, L.M., RIZZOLI, A.E. (1997) **Simulation and Optimization for Management of Intermodal Terminals**, trabalho apresentado na ESM'97, Istambul, Junho 1-4.

BOTTER, R.C. (1985) **Planejamento Portuário: Modelo para Análise Operacional do Sistema Porto Associado a Níveis de Serviço,** Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Naval. EPUSP.

BRUZZONE, A.G., GIRIBONE, P., REVETRIA, R. (1999) **Operative Requirements and Advances for the New Generation Simulators in Multimodal Container Terminals**, Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference.

CHEN, T. (1998) **Land Utilization in the container terminal: a global perspective**, Maritime Policy & Management vol.25 (4), 289-303.

CHEN, T. (1999) **Yard Operations in the container terminal – a study in the 'unproductive moves'**, Maritime Policy & Management. vol. 26 (1), 27-38.

CHEN, T. (2000) **Empirical studies on yard operations Part 2: Quantifying unproductive moves undertaken in quay transfer operations**, Maritime Policy & Management. vol. 27 (2), 191-207.

CHURCHMAN, C.W. (1971) **Introdução à Teoria dos Sistemas**, Editora Vozes Ltda. – Petrópolis, RJ – Brasil.
CONTAINERIZATION INTERNATIONAL (2004) – CI online – www.ci-online.co.uk
DALLY, H.K. et al. (1983) **Container Handling and Transport**, CS Publications Ltd, England.
De CASTILHO, B. , DAGANZO, C.F. (1993), **Handling strategies for import containers at marine terminals**, Transportation Research B27 (2), 151-166.

DREWRY SHIPPING CONSULTANTS Ltd. (2004) – www.drewry.co.uk

FERNANDES, M.G. (2001) **Modelo econômico-operacional para análise e dimensionamento de terminais de contêineres e veículos,** Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Naval. EPUSP.

GAMBARDELLA, L. M., RIZZOLI, A. E., ZAFFALON, M. (1998) **Simulation and Planning of an Intermodal Container Terminal** , Special Issue SIMULATION on Harbour and Maritime Simulation.
GUALDA, N. D. F. (1995) **Terminais de Transportes: Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional** – Tese apresentada à EPUSP para concurso de livre docência junto ao Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 1995.
HOLGUIN-VERAS, J., JARA-DIAZ, S. (1999), **Optimal pricing for priority service and space allocation in container ports**, Transportation Research B33, 81-106.

KIA, M., SHAYAN, E., GHOTB, F. (2002) **Investigation of Port Capacity under a new Approach by Computer Simulation**, Computers & Industrial Engineering 42, 533-540.
KIM, K.H. , KIM, H.B. (1999), **Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals**, International Journal of Production Economics 59, 415-423.

KIM, K.H. , BAE, J.W. (1998), **Re-marshaling export containers in port container terminals**, Computers & Industrial Engineering 35(3-4), 655-658.

KIM, K.H. , KIM, H.B. (1998), **The optimal determination of the space requirement and the number of transfer cranes for import containers**, Computers & Industrial Engineering 35(3-4), 427-430.

KIM, K.H. (1997), **Evaluation of the number of rehandles in containers yards**, Computers & Industrial Engineering 32(4), 701-711.

KIM, K.H. , PARK, Y.M. , RYU, K.R. (2000) , **Deriving decision rules to locate export containers in container yards**, European Journal of Operational Research 124, 89-101.

KIM, K.H. , KIM, H.B. (2002), **The optimal sizing of the storage space and handling facilities for import containers**, Transportation Research B36, 821-835

KIM, K.H. , PARK, K.T. (2002) , **A note on a dynamic space-allocation method for outbound containers**, European Journal of Operational Research in press.

MEERSMANS, P.J.M., DEKKER, R. (2001) **Operations Research supports container handling**, Econometric Institute Report EI 2001 – 22, Erasmus University Rotterdam.

MEERSMANS, P.J.M. (2002) **Optimization of Container Handling Systems**, Dissertação de doutorado, Erasmus University – Rotterdam, Abril de 2002.
MERKURYEVA, G. , MERKURYEV, Y. E TOLUJEV, J. (2000) **Computer Simulation and Metamodelling Of Logistics Processes At a Container Terminal**, Riga Technical University – Riga, Latvia. (http://www.ici.ro/ici/revista/sic2000_1/art06.html)
STEENKEN, D. , WINTER, T. e ZIMMERMANN, T.U. (2000) **Stowage and Transport Optmization in Ship Planning**, www.citeseer.com
TALEB-IBRAHIMI, M., De CASTILHO, B. , DAGANZO, C.F. (1993), **Storage space vs. handling work in container terminals**, Transportation Research B 27, 13-32.

THOMAS, B.J. , e ROACH, K. (1988) **Operating and Maintenance features of container handling systems,** United Nations Conference on Trade and Development UNCTAD.

TONDO, C. M. (1984) **Simulação e análise operacional do terminal de contêineres do Porto de Santos.** Dissertação apresentada à EPUSP para obtenção do título em mestre em Engenharia, São Paulo.

TURNER, S.H. (2000) **Evaluating seaport policy alternatives: a simulation study of terminal leasing policy and system performance**, Maritime Policy & Management vol.27(3), 283-301.
VEE, V., YE, R., SHAH, S.N. (1999) **Meeting Challenges of Container Port Operations for the Next Millennium,** CAIS-TR-99-25 Centre for Advanced Information Systems, School of Applied Science, Nanyang Technological University.
VIS, F.A.I. , de KOSTER, R. (2003) **Transshipment of containers at a container terminal: An overview**, European Journal of Operational Research 147, 1-16
WORLD BANK PORT REFORM TOOL KIT (2002) **The Evolution of ports in a Competitive World – Module 2.**

XIX COPINAVAL
Guayaquil, Ecuador
Octubre 2005

OPTIMIZACIÓN DE UNA FORMA HIDRODINÁMICA MEDIANTE ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Juan Antonio Clemente Fernández[1]
Luis Pérez Rojas[2]
Francisco Pérez Arribas[3]

Actualmente el arte de la simulación mediante ordenadores ha alcanzado una cierta madurez e incluso para problemas complicados y sin una solución adecuada, la ingeniería ha aprendido cómo obtener información útil y tendencias de comportamiento a través de burdas simulaciones. Herramientas computacionales que combinan los denominados CFD (Computational Fluid Dynamics) y métodos de optimización se utilizan en la fase de diseño en multitud de disciplinas obteniendo comportamientos muy positivos y reduciendo costes. Sin embargo, en la comunidad hidrodinámica marina estos desarrollos han sido introducidos en los últimos años.

El presente trabajo aborda el proceso de optimización de una forma hidrodinámica, una carena sencilla tipo wigley, mediante métodos de optimización multiobjetivo basados en algoritmos evolutivos. Un primera parte del trabajo está dedicada a una breve presentación de determinadas técnicas de optimización y a un análisis más detallado del método seleccionado.

El CFD utilizado se basa en el cálculo potencial a través de la técnica de paneles, desarrollado por el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (Universidad Politécnica de Madrid). Aunque el trabajo se desarrolla dentro de un ámbito académico, los resultados obtenidos ponen de manifiesto la validez del método propuesto obteniendo un conjunto de carenas optimizadas, respetando las restricciones impuestas y haberse comparado con carenas de referencia.

[1] Ingeniero naval, Jefe de Proyecto. Navantia S.A., Dirección Técnica, delegación de la Bahía de Cádiz.. UP San Fernando-Puerto Real. Ctra de la Carraca s/n, San Fernando 11080, Cádiz. ESPAÑA.
e-mail: jaclemente@navantia.es

[2] Dr. Ingeniero Naval. Director del Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. Universidad Politécnica. Avda. Arco de la Victoria s/n, 28040 Madrid. ESPAÑA.
e-mail: lperezr@etsin.upm.es

[3] Dr. Ingeniero Naval. Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. Universidad Politécnica. Avda. Arco de la Victoria s/n, 28040 Madrid. ESPAÑA.
e-mail:fperez@etsin.upm.es

1. INGENIERÍA, PROYECTO, OPTIMIZACIÓN

Optimización es un término que se utiliza amplia y frecuentemente en la descripción y realización de procesos de diseño para el desarrollo de productos. Hablando en términos generales, la optimización significa la mejora o afinamiento del proyecto en términos de uno o más de los aspectos de su desempeño. Por otra parte, existe un significado técnico muy específico del significado de optimización como un riguroso enunciado matemático, como veremos posteriormente. La suposición básica tras dicho enunciado es que el proceso de proyecto se percibe como un proceso de toma de decisiones por el cual se selecciona la forma funcional apropiada entre muchas alternativas. La realización concreta de una determinada configuración funcional se desarrolla entonces mediante la selección de valores apropiados para las variables de diseño que describen por completo dicha configuración. Los primeros trabajos sobre los formalismos de toma de decisiones aplicados a problemas de ingeniería aparecieron en la década de los 60 del siglo pasado. Una gran parte de esos trabajos se enfocaron hacia el proyecto de componentes mecánicos y de estructuras y los desafíos asociados a la resolución de los problemas matemáticos subyacentes. La construcción de modelos se limitó a modelos de análisis relativamente simples. Durante cerca de dos décadas esta área se consideró algo esotérica, principalmente circunscrita a los ambientes académicos y con poca penetración en la industria. En la última década, sin embargo, los avances en análisis numérico y en la capacidad de cálculo de los ordenadores, aunque más aún en técnicas de modelado avanzadas, han revolucionado el campo de aplicación de la optimización en ingeniería..

1.1. Motivación de la aplicación de procedimientos de optimización

En el entorno económico actual, una gran calidad, rápidas respuestas a las necesidades del mercado, productos innovadores, sostenibles y de bajo coste son características decisivas de los productos de ingeniería si se quiere ser capaz de competir en un mercado globalizado cada vez más competitivo [And04] . También toma cada vez mayor importancia el buscar y expresar los requisitos de los productos más exactamente de manera que se puedan identificar los correctos. Para adelantarse a la competencia en los mercados hacen falta también procesos de desarrollo rápido. El proyectista necesita, especialmente en la fases conceptuales iniciales de los proyectos, herramientas efectivas que le permitan comparar diferentes soluciones de diseño y analizar el sistema entero, no sólo partes aisladas. También se necesitan herramientas que ayuden a relacionar las decisiones en el proyecto con los requisitos de alto nivel del producto con objeto de asegurar la trazabilidad en el diseño. Los métodos de optimización a utilizar deben ser, en la medida de lo posible, robustos, tanto en términos de encontrar soluciones robustas como en ser capaces de aplicarse a un amplio abanico de problemas, siendo a la vez fáciles de manejar. En este aspecto existe todavía un gran camino que recorrer, aunque los desarrollos existentes se muestran cada vez más prometedores [Fron01] .

1.2. Optimización y simulación en el contexto del proyecto de buques

Como puede observarse en la sección anterior, existen amplias oportunidades para el desarrollo de las técnicas y metodologías relacionadas con la optimización y simulación en ingeniería. Ahora bien, si existe una disciplina de ingeniería donde se combinan las áreas anteriores, ésa es el proyecto de buques. En éste, deben converger una adecuada configuración externa (que influirá en el desempeño del proyecto, como en la velocidad o las características marineras), una multitud de subsistemas que dan funcionalidad al

conjunto y un proyecto orientado a considerar el sistema a lo largo de toda su vida útil, desde la concepción inicial hasta el desguace. Es por ello que el campo naval sea especialmente interesante para la aplicación de estas novedosas técnicas, pese a la tradicional resistencia de la profesión a la innovación. El proyecto conceptual del buque es, en gran medida, un proceso ad-hoc. La selección de conceptos de diseño para su evaluación está guiada principalmente por la experiencia, hojas o guías de proyecto (rules-of-thumb) y la imaginación. Los objetivos o atributos no se presentan ni están sintetizados adecuadamente para fundamentar, por regla general, decisiones eficientes o efectivas. Los atributos mencionados son con frecuencia cualitativos, inconsistentes o no se aparecen al proyectista de una manera sencilla de usar. El espacio de diseño es grande, no lineal, discontinuo y franqueado por una gran variedad de restricciones.

En este contexto ya se han realizado intentos de abordar, ya por instituciones de investigación, organismos relacionados con la defensa o consorcios internacionales, la problemática específica del proyecto de buques y la aplicación de metodologías de optimización y simulación. Un ejemplo reciente puede ser el proyecto FANTASTIC [FAN00] , donde se perseguía la optimización de formas mediante CFD, llevado a cabo por un consorcio de universidades y empresas europeas o trabajos como [Bro99] en el campo del proyecto de buques de guerra. Este último persigue un proceso de optimización del buque como sistema completo desde el punto de vista de los costes, riesgos y efectividad a lo largo del ciclo de vida.

2. OPTIMIZACIÓN MULTIOBJETIVO

Los problemas de optimización tienen una larga historia tanto en matemáticas como en ingeniería, por lo que se ha desarrollado una importante base teórica para la metodología asociada a su resolución. La intención de esta sección es realizar una breve introducción a la terminología y métodos de la optimización multiobjetivo tradicional. Lo que sigue toma principalmente como referencia [Mar04].

2.1. Introducción

La optimización multiobjetivo se desarrolla originalmente alrededor de tres áreas de conocimiento: el equilibrio económico y las teorías del bienestar, la teoría de juegos y la matemática pura. Por esta razón muchos de los términos e ideas fundamentales provienen de estos campos. El desarrollo en aquellas disciplinas, así como su aplicación práctica en otras como la ingeniería, ha causado multiplicidad de definiciones para muchos de los términos empleados. A continuación se presentan algunos de éstos términos junto con las definiciones más comunes y apropiadas.

- **Preferencias.** Las preferencias representan las opiniones del decisor sobre puntos del espacio de los criterios. El término preferencia es utilizado habitualmente en relación a la importancia relativa de las diferentes funciones objetivo.
- **Función de preferencia**. Una función de preferencia es una función abstracta de los puntos del espacio de los criterios y que incorpora de manera perfecta las preferencias del decisor.
- **Función de utilidad**. En el contexto de la economía, la utilidad, representada mediante una función de utilidad, representa el grado de satisfacción de un individuo. En los términos de la optimización multiobjetivo se define una función de utilidad individual para cada objetivo que representa la relativa importancia de

éste. La función de utilidad es una amalgama de las funciones individuales y es una expresión matemática que intenta representar las preferencias del decisor, aproximando así la función de preferencia, que generalmente no puede expresarse en forma matemática.

- **Criterio global**. Un criterio global es una función escalar que combina matemáticamente varias funciones objetivas. Esta función no involucra necesariamente utilidad o preferencias.
- **Teoría de juegos**. Según algunos autores, los acercamientos matemáticos y económicos a la optimización multiobjetivo se unieron eventualmente en el desarrollo de la teoría de juegos. En este marco, un juego es cualquier situación de conflicto o cooperación entre al menos dos jugadores con múltiples estrategias o movimientos posibles. La teoría de juegos representa una optimización multiobjetivo con múltiples decisores, cada uno controlando determinadas variables de diseño.

2.2. Definición de un problema de optimización multiobjetivo

El problema general de la optimización multiobjetivo suele presentarse de la siguiente manera:

$$\text{Minimizar } F(x) = [F_1(x), F_2(x), ..., F_k(x)]^T$$
$$\text{sujeta a: } g_j(x) \leq 0, j = 1,2,...,m \text{ y } h_l(x) = 0, l = 1,2,...,e,$$

donde k es el número de funciones objetivo, m es el número de restricciones de desigualdad y e las de igualdad. $x \in R^n$ es el vector de variables de diseño y n el número de variables independientes. $F(x) \in R^k$ es el vector de las funciones objetivo $F_i(x):R^n \rightarrow R$. Las F_i suelen denominarse también como objetivos, criterios o funciones de coste, entre otras. El espacio de los diseños viables X se define como el conjunto $\{x \mid g_j(x) \leq 0, j = 1, 2, ..., m; \text{ y } h_i(x) = 0, i = 1, 2, ..., e\}$. El espacio de los criterios viables Z (también denominado espacio de coste viable o conjunto alcanzable) se define como el conjunto $\{F(x) \mid x \in X\}$.

2.3. Óptimo de Pareto

En contraste con la optimización uniobjetivo, la solución a un problema multiobjetivo es más un concepto que una definición. Por regla general, no hay una única solución global y es necesario determinar un conjunto de puntos que cumplan una definición predeterminada de óptimo. El concepto predominante en la definición de este óptimo es el óptimo en el sentido de Pareto, que se define de la siguiente manera:

Definición 1 (Óptimo de Pareto) *Un punto $x^* \in X$, es un óptimo en el sentido de Pareto si y sólo si no existe otro punto $x \in X$, de manera que $F(x) \leq F(x^*)$ y $F_i(x) < F_i(x^*)$ para al menos una función.*

Todos los puntos óptimos de Pareto se encuentran sobre el contorno de espacio de los criterios Z. Con frecuencia, los algoritmos proporcionan soluciones que puede que no sean óptimos de Pareto, pero que pueden satisfacer otros criterios, haciéndolos apropiados para aplicaciones prácticas. Es por ello que se define el óptimo débil de Pareto como sigue:

Definición 2 (Óptimo débil de Pareto) *Un punto $x^* \in X$, es un óptimo en el sentido de Pareto si y sólo si no existe otro punto $x \in X$, de manera que $F(x) \leq F(x^*)$.*

Un punto es un óptimo débil de Pareto si no hay otro punto que mejore todas las funciones objetivo simultáneamente. Por el contrario, un punto es un óptimo de Pareto si no existe otro punto que mejore al menos una de las funciones objetivo sin empeorar cualquier otra de ellas. Los óptimos de Pareto son también óptimos débiles de Pareto, pero el recíproco no es cierto.

2.4. Eficiencia y dominación

La eficiencia, admisibilidad o no inferioridad, es otro concepto básico en el campo de la optimización multiobjetivo y suele definirse como sigue:

Definición 3 (Eficiencia e ineficiencia) *Un punto, $x^* \in X$ es eficiente si, y sólo si, no existe otro punto $x \in X$ tal que $F(x) \leq F(x^*)$ con al menos una $Fi(x) < Fi(x^*)$. En otro caso, x^* es ineficiente.*

Definición 4 (Frontera eficiente) *El conjunto de todos los puntos eficientes se denomina Frontera eficiente.*

De una manera similar se define el concepto de dominación:

Definición 5 (Puntos dominados y no dominados) *Un vector de funciones objetivo, $F(x^*) \in Z$, es no dominado si, y sólo si, no existe otro vector, $F(x) \in Z$ tal que $F(x) \leq F(x^*)$ con al menos una $Fi(x) < Fi(x^*)$. En otro caso, $F(x^*)$ es dominado.*

En la práctica, las definiciones 3 y 5 resultan equivalentes. Sin embargo, la eficiencia se refiere generalmente a un vector de variables de diseño en el espacio de los diseños mientras que la dominación lo hace a un vector de funciones en el espacio de los criterios. La definición de óptimo de Pareto es parecida también a la de eficiencia, de manera que un punto que es óptimo de Pareto en el espacio de los criterios se suele considerar con frecuencia como no dominado. El óptimo de Pareto es, en realidad, un sutil caso particular de eficiencia, pero su distinción es irrelevante en términos de aplicación práctica.

3. OPTIMIZACIÓN MULTIOBJETIVO BASADA EN ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Los métodos de optimización multiobjetivo clásicos involucran siempre formulaciones únicas que se resuelven mediante la utilización de métodos de optimización estándares, es decir, optimizadores de un sólo objetivo. Los algoritmos genéticos pueden adaptarse para resolver problemas multiobjetivo directamente. Además, al no requerir información sobre el gradiente, pueden ser efectivos independientemente de la naturaleza de las funciones objetivo y las restricciones. Los algoritmos genéticos son métodos globales de optimización, lo que significa que convergen a una solución global en lugar de a una local. La característica definitoria de los métodos de optimización multiobjetivo que optimizan globalmente es que determinan soluciones que son globalmente óptimas de Pareto, no únicamente localmente óptimas de Pareto. Las características más sobresalientes de los algoritmos genéticos y su aplicación en la optimización multiobjetivo se describen a continuación. Se han tomado como referencias principales [Mich99] y [Coe01] .

3.1. Algoritmos genéticos

La solución de problemas puede percibirse, como hemos visto con anterioridad, como una búsqueda a través de un espacio de soluciones potenciales. Como se pretende encontrar la mejor solución a un problema determinado podemos ver en esta tarea un proceso de optimización. Para espacios reducidos, los métodos exhaustivos clásicos suelen resultar suficientes. Para espacios mayores suele ser necesario acudir a técnicas de inteligencia artificial. Los algoritmos genéticos se encentran entre tales técnicas.

Los algoritmos genéticos son algoritmos estocásticos cuyos métodos de búsqueda modelan fenómenos naturales como la herencia genética y la lucha darwiniana por la supervivencia. Por esta razón, buena parte del vocabulario se ha tomado prestado de la genética y así hablamos de individuos (o genotipos) en una población. Cada genotipo representaría una solución potencial a un problema, mientras que un proceso evolutivo realizado sobre una población de individuos se corresponde con una búsqueda a través de un espacio de soluciones potenciales. Una búsqueda de este tipo requiere equilibrar dos objetivos aparentemente conflictivos: sacar partido de las mejores soluciones y explorar el espacio de búsqueda. Las técnicas de escalada (hillclimbing) son un ejemplo de técnicas que sacan partido de la mejor solución para una posible mejora. La búsqueda aleatoria es un ejemplo típico de una estrategia que explora el espacio de búsqueda ignorando el aprovechamiento de prometedoras regiones de este espacio. Los algoritmos genéticos representan una clase de métodos de búsqueda de propósito general (independientes del dominio de aplicación) que presentan un resaltable equilibrio entre la exploración y el aprovechamiento del espacio de búsqueda.

La estructura de un algoritmo genético simple puede observarse en la Figura 3 .1. Durante iteración *t*, un algoritmo genético mantiene una población de soluciones potenciales (cromosomas, vectores), $P(t)= \{x^t_1, ..., x^t_n\}$. Cada solución x^t_i se evalúa para proporcionar una medida de su capacidad (fitness). A continuación se forma una nueva población (iteración $t+1$) seleccionando a los individuos más capaces. Algunos de los miembros de esta nueva población sufren alteraciones mediante cruzamiento o mutación, para formar nuevas soluciones. El cruzamiento combina las características de dos individuos, que denominaremos padres, para formar dos nuevos individuos, hijos, mediante el intercambio de segmentos correspondientes de los padres. Por ejemplo, si los padres están representados por vectores pentadimensionales (cuyos elementos serían los genes) (a_1, b_1 , c_1, d_1, e_1)y (a_2, b_2 , c_2, d_2, e_2), el cruzamiento de los individuos después del segundo gen daría como resultado los hijos (a_1, b_1 , c_2, d_2, e_2) y (a_2 , b_2, c_1, d_1, e_1). La intuición detrás de la aplicación del operador de cruzamiento es el intercambio de información entre diferentes soluciones potenciales. La mutación altera de manera arbitraria uno o más genes de un individuo mediante un cambio aleatorio con una probabilidad igual a la tasa de mutación (que suele ser un parámetro de entrada típico a los algoritmos). En este caso, detrás de la aplicación del operador de mutación se encuentra el deseo de introducir una variabilidad extra dentro de la población.

Un algoritmo genético (o un programa evolutivo) aplicado a un problema particular debe contar con los siguientes cinco componentes:

- Una representación genética para las soluciones potenciales al problema.
- Una manera de crear una población inicial de soluciones potenciales.

- Una función de evaluación que juega el papel del entorno, y que clasifica las soluciones en términos de su capacidad.
- Operadores genéticos que alteren la composición de los individuos hijos.
- Valores para los diferentes parámetros que use el algoritmo genético (tamaño de la población, probabilidades de aplicación de los operadores genéticos, etc.).

```
procedure algoritmo genético
t ← 0
inicializar P (t)
evaluar P (t)
while (not condición de terminación) do
      t ← t + 1
      seleccionar P (t) a partir de P (t − 1)
      alterar P (t)
      evaluar P (t)
end while
```

Figura 3.1 algoritmo genético simple

3.2. Métodos evolutivos para optimización multiobjetivo

Los algoritmos genéticos per se evalúan, como hemos visto, a los individuos mediante una función que proporciona una medida de la capacidad de los mismos. Es decir, estamos evaluando una sóla función objetivo. Para tratar problemas de optimización multiobjetivo se han desarrollado diversos métodos que superan este inconveniente, manteniendo las características básicas de los algoritmos genéticos. En el contexto de este trabajo se ha utilizado el método NSGA-II que se describe a continuación.

3.2.1. NSGA y NSGA-II

Srinivas y Deb desarrollan en 1994 el Algoritmo Genético con Ordenación no dominada (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm, NSGA) basándose en la clasificación en varios niveles de los individuos. Antes de producirse la selección, se otorgan rangos a la población en base a la dominación (como en el método anterior): todos los individuos no dominados se clasifican en una categoría con una capacidad ficticia (dummy fitness) proporcional al tamaño de la población. Con objeto de mantener la diversidad de la población, estos individuos clasificados se distribuyen según los valores de sus capacidades ficticias, dependiendo de un parámetro de distribución (sharing parameter). Este grupo así clasificado se elimina de la población y la población restante se reclasifica por el mismo procedimiento. Este proceso continua hasta que todos los individuos de la población se han clasificado. Ya que los individuos del primer frente (o nivel) son los de mayor capacidad, siempre obtienen más copias que el resto de la población. Esto permite la búsqueda en las regiones no dominadas y resulta en la convergencia hacia esas áreas. En la práctica, este algoritmo tiene un desempeño general inferior a otros métodos como MOGA (Multi-Objective Genetic Algorithm, Fonseca y Fleming 1983) tanto en términos computacionales (mayor lentitud en avanzar hacia la frontera de Pareto) como en términos de la calidad de las fronteras de Pareto obtenidas. El método NSGA original ha sido criticado por tres razones principalmente:

(i) su complejidad computacional $O(MN^3)$, donde M es el número de funciones objetivo y N el tamaño de la población,
(ii) su carácter no-elitista y
(iii) la necesidad de especificar un parámetro de distribución.

Para remediar estos problemas Deb [Deb00] , ha propuesto una versión mejorada de este método, denominada NSGA-II. El método NSGA-II intenta remediar los problemas anteriores mediante:

- Un rápido mecanismo de ordenación no dominada con una complejidad computacional $O(MN^2)$.
- Un operador de selección que crea un fondo de "apareamiento" combinando las poblaciones de padres e hijos y seleccionando las N mejores soluciones, tanto por capacidad como por distribución en la frontera de Pareto.

En la Figura 3 .2 se presenta el procedimiento para el cálculo de una generación según este algoritmo NSGA-II. El algoritmo comienza con la generación aleatoria de una primera población padre, P_0.

$R_t \leftarrow P_t \cup Q_t$ {combinar las poblaciones de padres e hijos}
F = fast-nondominated-sort(R_t) {F = (F_1 ,F_2 ,...) todos los frentes no dominados de R_t}
$P_{t+1} \leftarrow 0$
$i \leftarrow 1$
while $|P_{t+1}| + |F_i| \leq N$ **do** {mientras no se llene la población padre}
crowding-distance-assignment(F_i) {calcular la distancia de superpoblación en F_i}
$P_{t+1} \leftarrow P_{t+1} \cup F_i$ {incluir el i-ésimo frente no dominado en la población padre}
$i \leftarrow i+1$ {Incluir próximo frente}
end while
Sort(F_i,$\angle$n) {ordenar mediante el operador de comparación de superpoblación}
$P_{t+1} \leftarrow P_{t+1} \cup F_i[1 : (N - |P_{t+1}|)]$ {elegir los primeros ($N - |P_{t+1}|$)elementos de F_i}
$Q_{t+1} \leftarrow$ make-new-pop(P_{t+1}) {utilizar los operadores de selección, cruzamiento y mutación para crear una nueva población Q_{t+1}}
$t \leftarrow t+1$ {pasar a la siguiente generación}

Figura 3.2 Estructura del algoritmo NSGA-II, tomada de [Deb00].

4. OPTIMIZACIÓN DE UNA FORMA HIDRODINÁMICA

El problema que vamos a tratar de resolver es la optimización desde el punto de vista de la resistencia al avance de una carena sencilla de tipo wigley, exigiendo a su vez que esta tenga unas características de desplazamiento y estabilidad. La velocidad que se ha escogido es de 10 nudos (5.144 ms^{-1}). Como herramienta de optimización se va a emplear el algoritmo evolutivo para múltiples objetivos NSGA-II descrito anteriormente. La herramienta de cálculo para determinar la resistencia por formación de olas será un CFD potencial tipo Dawson, proporcionado por el canal de experiencias de la ETSIN para la realización de prácticas de laboratorio.

4.1. Parametrización de la geometría

A la hora de realizar una optimización de la topología de alguna entidad geométrica, en este caso la carena de un barco, es esencial disponer de una parametrización adecuada que nos permita la variación sistemática de los mismos para obtener de manera relativamente fácil un gran número de diseños, lo que es básico para los procesos evolutivos de optimización. Para este trabajo se ha escogido una carena sencilla, definida mediante una expresión matemática y cuyos parámetros, dimensiones y coeficientes de forma, permiten una sencilla generación de las formas deseadas. Las carenas tipo Wigley se obtienen a partir de la expresión siguiente:

$$y = \frac{B}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{z}{T}\right)^2\right) \cdot \left(1 - \left(\frac{2x}{L}\right)^2\right) \cdot \left(1 - 0.6\left(\frac{2x}{L}\right)^2\right)$$

donde L es la eslora en la flotación, B la manga y T el calado. Los ejes coordenados tienen su origen en la mitad de la flotación, con lo que x varía de L/2 a −L/2 y z de 0 a T . Para el proceso de optimización que nos ocupa se va dejar fija la eslora en la flotación en 16 m y se variarán la manga y el calado mediante dos parámetros λ_y, λ_z que representan sendos factores de escala en ambas coordenadas.

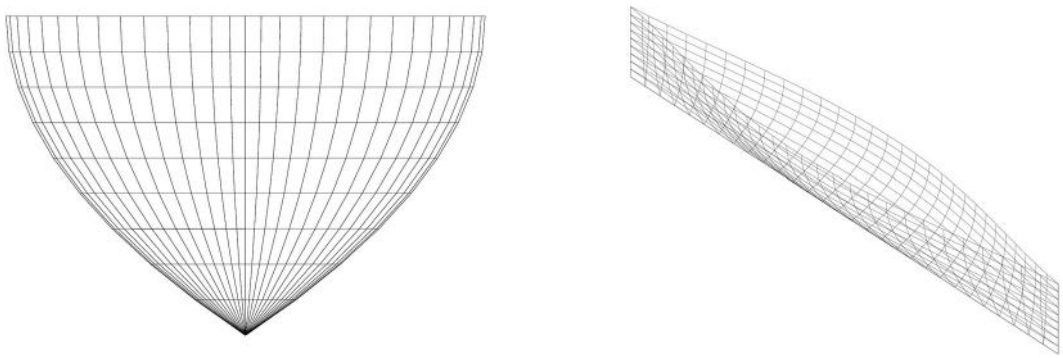


Figura 4.3 La carena Wigley

De manera adicional, se permite modificar la geometría (Figura 4 .4) de manera que se genera una suerte de proa de bulbo cuyos parámetros se van a incorporar también al proceso de optimización. El primero de ellos, T_{max}, define el calado del extremo del bulbo. El bulbo se genera realizando: una homotecia para las x de la carena original con origen en x_{pr} –L/8 (x_{pr} es la abcisa de la perpendicular de proa) y razones proporcionadas por dos leyes elípticas en función de z (una para las z desde la flotación al extremo del bulbo y otra para las restantes) y multiplicando las y por un factor $W \cdot e^{(x-xpr+L/8)/2}$ donde las x ya son las resultantes de la transformación descrita anteriormente. Estas transformaciones en z e y se rigen por los valores de otros dos parámetros, f_1 y f_2.

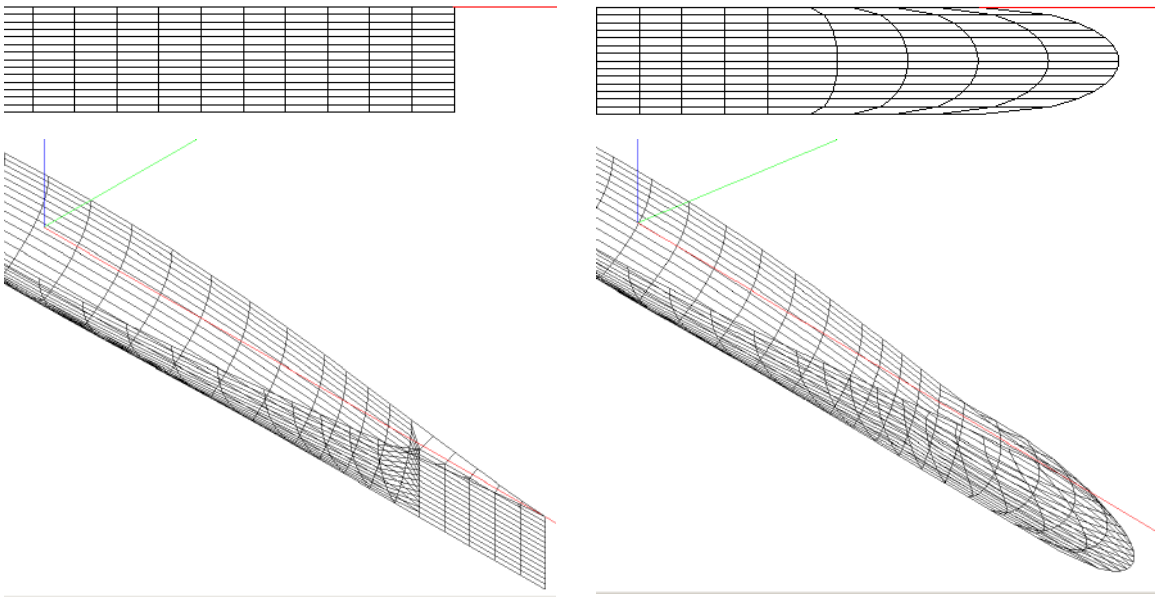


Figura 4.4 Modificaciones paramétricas de la carena Wigley

4.2. Generación automática de la geometría.

Una vez elegidos los valores de los parámetros, se hace uso de dos aplicaciones que acompañan al CFD anteriormente mencionado. La primera, Wigley.exe, genera las secciones de la carena en forma de un fichero de texto con las coordenadas de tantos puntos por línea de agua y tantas líneas de agua como se le haya indicado en el archivo de entrada. El segundo programa, que debe ejecutarse una vez generadas las secciones, proporciona un fichero con los paneles que conforman la discretización de la carena a proporcionar como entrada al CFD.

4.3. Selección de las funciones objetivo y las restricciones

Como el interés de este trabajo de optimización es mejorar la carena desde el punto de vista de la resistencia al avance, se han escogido dos funciones objetivo: la resistencia por formación de olas y la resistencia viscosa. La primera es proporcionada directamente por el CFD en forma del coeficiente adimensional C_w. Para la segunda, y dado que el CFD potencial, por su propia definición, no nos proporciona la resistencia de fricción, vamos a acudir a la simplificación de estimarla enteramente en base a la superficie mojada. De esta manera se tratará de minimizar la superficie mojada para así disminuir la resistencia de fricción, calculada posteriormente mediante una línea de fricción. Con la elección de sólo dos funciones objetivo se intenta simplificar, a efectos didácticos, el posterior postproceso de los resultados.

Las restricciones que vamos a imponer, de manera que hagan el problema algo más cercano a una posible aplicación más realista van a ser:

- Mantener el volumen de carena en un rango estrecho de valores, elegidos como reflejo de las condiciones de diseño, p.ej., transportar un determinado peso muerto. Esto es, de nuevo, una simplificación para facilitar el seguimiento del problema. En nuestro caso el desplazamiento debía estar comprendido entre 8 y 11 t.
- Se impone un valor de radio metacéntrico transversal siempre positivo. Esta es otra simplificación de cómo podrían imponerse restricciones a la estabilidad.

4.4. Selección de la estrategia de optimización

Como se ha comentado anteriormente, vamos a emplear el algoritmo NSGA-II. El propio algoritmo se encarga de generar de manera aleatoria una población inicial de diseños con los que comenzar el proceso de evolución, evaluando las funciones objetivo para posteriormente aplicar las restricciones, elegir a los más aptos y realizar los cruces entre ellos que den lugar a la siguiente generación. Como regla aproximada, se estima que la población inicial debe tener, por lo menos, 2 × (Num. funciones objetivo) × (Num restricciones) individuos, para asegurar una buena exploración del espacio de diseño.

4.5. Evaluación de las funciones objetivo: Herramienta CFD

Para la estimación de la resistencia por formación de olas se ha acudido un CFD que resuelve el problema potencial con superficie libre mediante elementos de contorno. El CFD empleado es el CHECHENIC, proporcionado por el canal de experiencias de la ETSIN para las prácticas de laboratorio con CFD. CHECHENIC es una implementación del método de Dawson modificado e incluye las condiciones de contorno de Bruzzone para el cálculo de la superficie libre. Se ha elegido por estar libremente disponible y por la simplicidad de los archivos de entrada/salida, lo que ha facilitado la integración de las diversas aplicaciones involucradas en el proceso de optimización.

4.6. Implementación del bucle automático de optimización

El proceso de optimización se ha implementado en forma de bucle y se presenta en la Figura 4 .5. Todo este bucle está dirigido por una aplicación, scheduler que implementa el algoritmo de optimización anteriormente mencionado y se encarga de las labores de escritura y lectura de ficheros con parámetros y resultados, así como de ir ejecutando en el orden previsto las diversas aplicaciones del bucle (el generador de la geometría, el mallador del casco, el mallador de la superficie libre, el CFD y el programa de cálculo de los valores hidrostáticos)

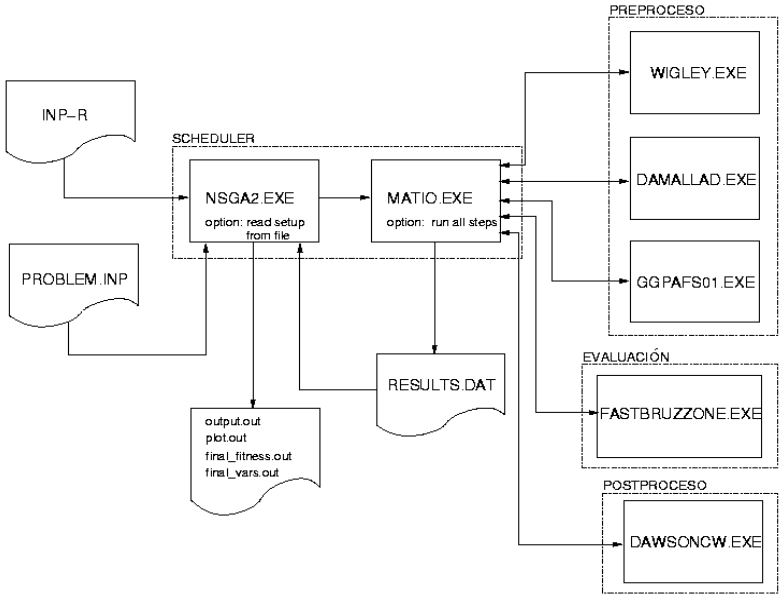


Figura 4.5 Bucle automático de optimización empleado.

4.7. Procedimiento de selección del diseño óptimo

Después de haber llevado a cabo la preparación y realización del proceso de optimización multiobjetivo, se obtendrán, por regla general más de una solución realizable y no dominada. Todas ellas cumpliendo los objetivos que nos hemos propuesto alcanzar, respetando las restricciones impuestas. Sin embargo debemos decantarnos por un solo diseño o, a lo sumo, con un número pequeño de alternativas. Debemos, por tanto, elegir entre todas ellas cuál preferimos.

De entre la variedad de métodos de toma de decisiones multicriterio, se ha aplicado para este caso particular el método de jerarquía analítica (AHP, Analytic Hierarchy Process) Este método de toma de decisiones multicriterio fue introducido por Saaty en 1977 y mejorado en 1994 [Tri95] y sus mayores atractivos son sus buenas propiedades matemáticas y el hecho de que los datos de entrada son bastante fáciles de obtener. Utiliza una estructura jerárquica de múltiples niveles de objetivos, criterios, subcriterios y alternativas. Los datos necesarios para la aplicación del método se derivan de un conjunto de comparaciones uno-a-uno. Estas comparaciones se utilizan para obtener las importancias ponderadas de los criterios de decisión y las medidas de desempeño (performance) relativo de las alternativas en términos de cada uno de dichos criterios de

decisión. Las comparaciones uno-a-uno se cuantifican mediante una escala que se presenta en la Tabla 4 .1. Una discusión detallada del método se puede encontrar en [Tri95] .

Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
3	Débil importancia de uno sobre otro	La experiencia favorece ligeramente una actividad sobre otra
5	Importancia fuerte o esencial	La experiencia favorece fuertemente una actividad sobre otra
7	Importancia demostrada	Una actividad es fuertemente favorecida y su dominación se demuestra en la práctica
9	Importancia absoluta	La evidencia que favorece una actividad sobre otra tiene el orden de afirmación más alto posible
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Donde se necesita un compromiso
Valores recíprocos	Si la actividad i tiene asignado uno de los valores mencionados arriba cuando se compara con la actividad j, entonces a j se le asigna el valor recíproco cuando se compara con i.	

Tabla 4.1 Tabla de cuantificadores de comparación para el método de jerarquía analítica.

5. RESULTADOS DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN

5.1. Descripción del proceso de optimización

A continuación se presentan los resultados de un proceso de optimización realizado con 30 individuos durante 30 generaciones. El cálculo se llevó a cabo en un PC con un procesador Pentium III a 750 MHz y con 256MB de memoria RAM. Se llevaron a cabo algunas pruebas de tiempo dependiendo del número de generaciones, midiendo únicamente el tiempo de cronómetro (wall clock time) y no el de procesador. Los resultados se muestran en la Tabla 5 .2. Todos los casos se corrieron discretizando la carena en 15 líneas de agua de 30 puntos cada una, de manera que el casco se panelizaba mediante 406 paneles (1/2 modelo). La superficie libre se discretizó en 30 nodos longitudinales y 20 transversales, lo que arroja un total de 551 paneles. En total, cada cálculo se llevó a cabo para 957 paneles. Esta discretización, bastante grosera, se mantuvo intencionadamente así para no elevar excesivamente los tiempos de cálculo. Hay que señalar al respecto que la aplicación CFD es un desarrollo académico y no está optimizada en velocidad como pudieran estarlo aplicaciones comerciales similares.

Generaciones	Tiempo (h)
30	23.38
50	52.80

Tabla 5.2 Tiempos de cálculo (tiempo de cronómetro).

Diseño	λ_y	λ_z	T_{max}	f_1	f_2

1	1.382607	0.606377	31.228989	0.071514	113.950073
2	1.388071	0.603845	34.16341	0.131231	114.078033
3	1.454501	0.579566	36.603539	0.927049	100.081573
4	1.426470	0.591426	34.801914	0.392424	101.211967

Tabla 5.3 Parámetros de las soluciones viables no dominadas en la última generación.

Diseño	Cw	Superficie mojada
1	0.001108	30.435053
2	0.001105	30.443533
3	0.001052	30.519197
4	0.001069	30.457708
Referencia	0.001837	33.776582

Tabla 5.4 Vector de funciones objetivo viables no dominadas

5.2. Diseños óptimos obtenidos

Una vez ejecutado el proceso de optimización descrito en la sección anterior, se han obtenido cuatro diseños no dominados que deben estar en la Frontera de Pareto o muy cercanos a ella. La Figura 5 .6 muestra un diagrama de dispersión con una gran parte de los diseños generados representados por pares (Cw, Superficie Mojada). Los diseños en color amarillo son los diseños viables y no dominados resultantes de las 30 generaciones.

Los datos de estos diseños se presentan en la Tabla 5 .3. Los valores de las funciones objetivo se presentan, a su vez en la Tabla 5 .4. A modo de comparación, se incluyen los valores correspondientes a la carena Wigley de referencia, sin bulbo.
Finalmente, la Tabla 5 .5 muestra los valores tomados por las restricciones en cada uno de los diseños obtenidos.

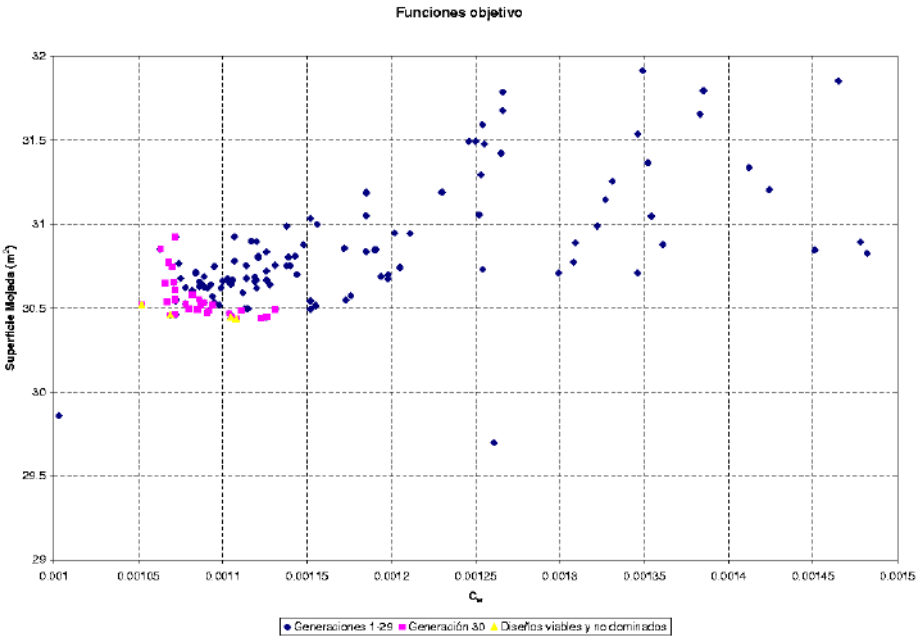


Figura 5.6 Espacio de diseño.

Diseño	GMT	Volumen de carena
1	0.159228	8.00595
2	0.166888	8.00500
3	0.261263	8.00322
4	0.219395	8.01038
Referencia	-0.016312	9.64346

Tabla 5.5 Vector de restricciones

5.2.1. Selección de la carena óptima

Obtenidos del proceso de optimización cuatro diseños diferentes, todos cumpliendo las funciones objetivo y las restricciones, nos queda por resolver el problema de la selección del diseño a escoger. Debido a la simplicidad del problema, las funciones objetivo y el pequeño número de soluciones obtenidas en la frontera de Pareto, esta selección es casi trivial y se podría realizar mediante una simple inspección. Vamos a aplicar, si embargo, el método AHP presentado en la Parte I para escoger el diseño que mejor incorporaría los criterios del proyectista. En nuestro caso particular elegiremos como criterios de evaluación una de las restricciones, la altura metacéntrica, y la suma de las funciones objetivo, que representarán la resistencia de remolque total. La matriz de evaluación de los diseños para el primer criterio se presenta en la Tabla 5 .6 y la correspondiente al segundo criterio en la Tabla 5 .7. La asignación de las importancias relativas para los diseños según los criterios escogidos se realiza de manera sencilla por ser ambos cifras de mérito numéricas en las que se prefiere la menor (caso de la resistencia de remolque) o la mayor (caso de la altura metacéntrica). Más involucrada resulta la asignación de las importancias relativas entre los propios criterios de decisión, ya que es en esta asignación donde se reflejan más claramente las preferencias del proyectista. Para el ejemplo que nos ocupa se ha otorgado mayor importancia a la resistencia de remolque que a la altura metacéntrica al considerarse que la estabilidad quedaba asegurada de manera suficiente por el límite inferior impuesto a esta restriccíón. Los valores escogidos se presentan en la matriz de evaluación de criterios se presenta en la Tabla 5 .8.

Una vez construida la matriz de decisión (Tabla 5 .9), los resultados obtenidos determinan que nuestro diseño óptimo es, en este caso, el número 4. La Figura 5 .7 muestra la carena de referencia y la correspondiente al diseño 4, respectivamente.

Altura metacéntrica	D1	D2	D3	D4	Vector de prioridad
D1	1	1/3	1/9	1/7	0.0424
D2	3	1	1/7	1/5	0.0850
D3	9	7	1	3	0.5824
D4	7	5	1/3	1	0.2903

Tabla 5.6 Matriz de evaluación para la altura metacéntrica transversal.

Resistencia-de-remolque	D1	D2	D3	D4	vector-de-prioridad
D1	1	1/3	1/9	1/8	0.0398
D2	3	1	1/8	1/7	0.0734
D3	9	8	1	1/3	0.3376
D4	8	7	3	1	0.5492

Tabla 5.7 Matriz de evaluación para la resistencia de remolque.

Evaluación de criterios	RT	GMT	Vector de pesos
RT	1	3	0.7500
GMT	1/3	1	0.2500

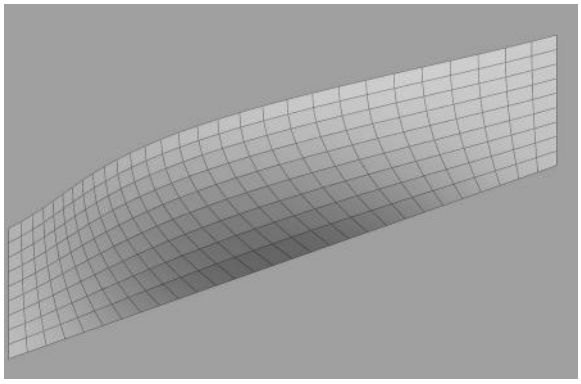
Tabla 5.8 Matriz de evaluación de los criterios de decisión.

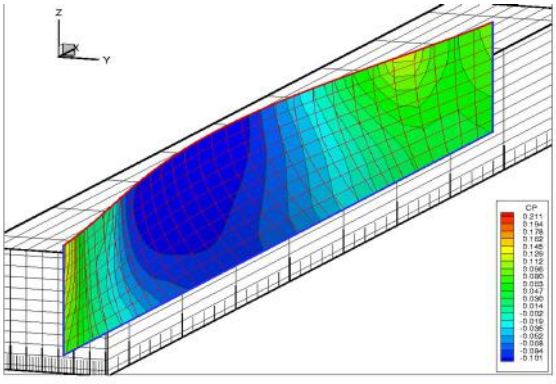
	Criterio		
	RT	GMT	
Alt.	**0.7500**	**0.2500**	**Prioridad final**
D1	0.0398	0.0424	0.040
D2	0.0734	0.0850	0.076
D3	0.3376	0.5824	0.399
D4	0.5492	0.2903	0.484

Tabla 5.9 Matriz de decisión. El diseño D4 resulta el mejor según los criterios adoptados

5.2.2. Postproceso de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos del postproceso de los resultados arrojados por el CFD, donde se puede observar el mejor comportamiento hidrodinámico de la carena 4 frente a la carena original. La Figura 5 .7 muestra también la distribución del coeficiente de presión hidrodinámica adimensional C_p sobre los cascos respectivos. Este coeficiente se define como $C_p=p/½\rho V^2$. Las mejores características hidrodinámicas de la carena seleccionada pueden observarse de manera cualitativa tanto en los mapas de elevación de la superficie libre (Figura 5 .8 y Figura 5 .9) como en los cortes longitudinales de ola (Figura 5 .10), realizados a una distancia de 0.556B al costado, donde se puede apreciar una apreciable disminución de las elevaciones de la superficie libre en la carena optimizada respecto a la de referencia. Las leyendas de las figuras mencionadas se encuentran expresadas en metros.





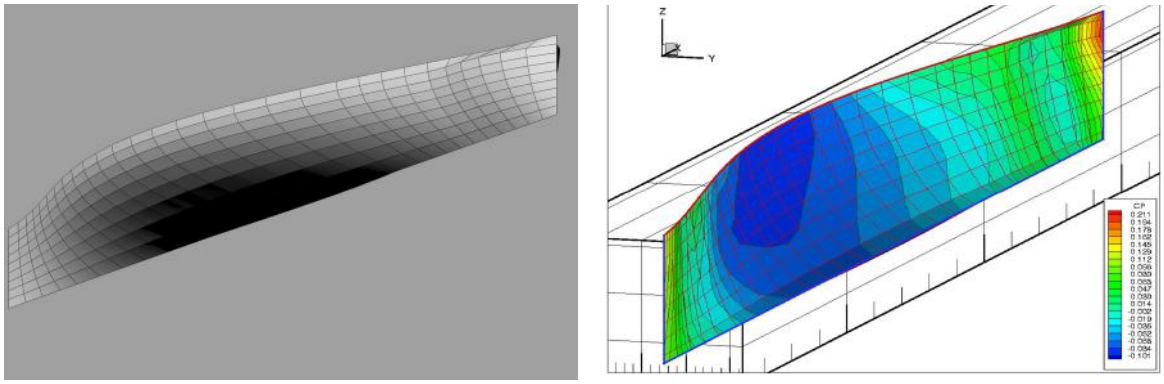


Figura 5.7 Carena de referencia (arriba) y optimizada (abajo). Geometría y distribución de C_p.

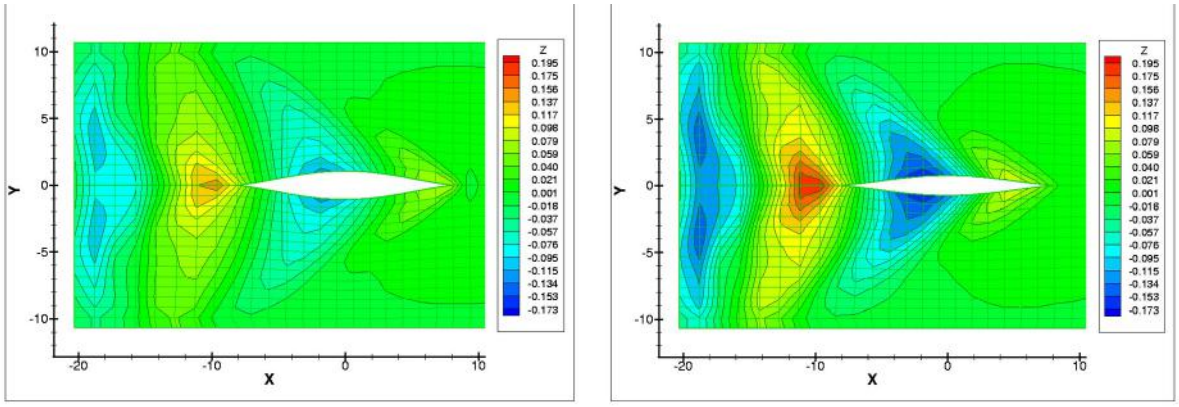


Figura 5.8 Mapas de olas. Izquierda: carena optimizada. Derecha: carena de referencia.

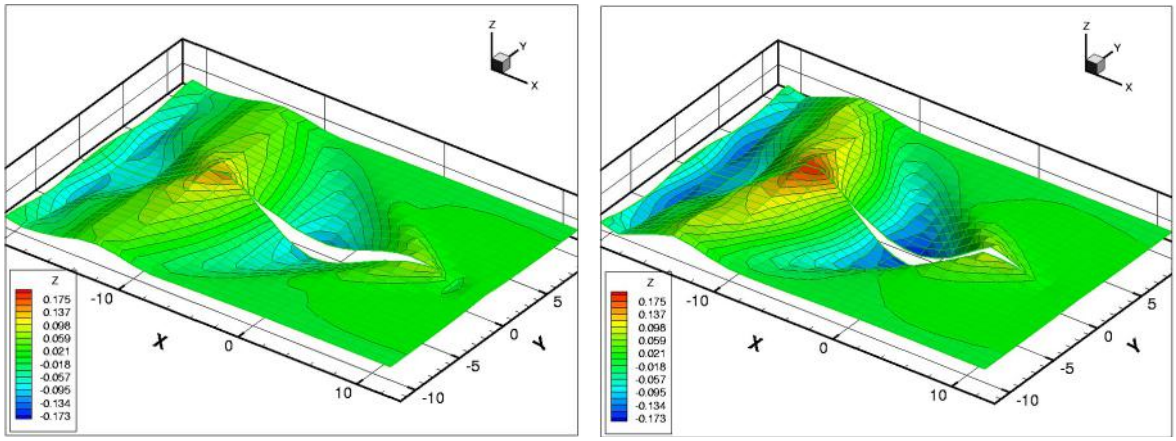


Figura 5.9 Elevación de la superficie libre. Izquierda: carena optimizada. Derecha: carena de referencia.

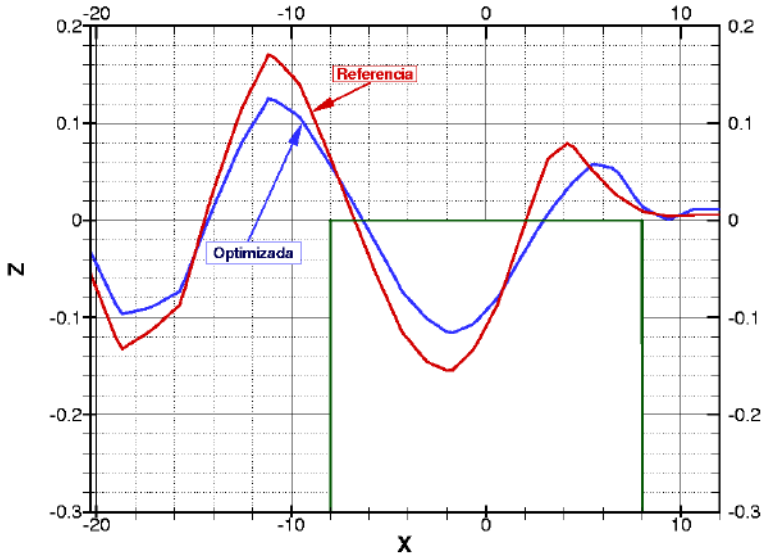


Figura 5.10 Comparación de cortes longitudinales de ola a y=0.556B.

5.2.3. Efecto del bulbo de proa

Para completar la comparativa, se ha querido aislar el efecto del bulbo resultante en el diseño escogido sobre las olas generadas. Para ello se ha generado una nueva carena wigley de las mismas dimensiones que la carena optimizada 1, pero sin añadirle la deformación en la proa en forma de bulbo. Esta carena se presenta en la Figura 5 .11, junto con la original con bulbo. La Figura 5 .12 presenta, por otro lado, la comparación de los cortes de ola a y = 0;556B para ambas carenas. Se observa, efectivamente, una ligerísima disminución de la cresta de la ola de proa, así como la de popa, que aparece más retrasada. La profundidad del seno a popa de la maestra también se ve reducida respecto a la carena sin bulbo. En definitiva se observa, de manera cualitativa, el beneficioso efecto del bulbo de proa. La Tabla 5 .10 resume los valores obtenidos para ambas carenas optimizadas, con y sin bulbo, para las funciones objetivo y las restricciones.

Bulbo	Cw	SuperficieMojada	GMT	VolumendeCarena
No	0.001648	29.951280	0.164758	8.05410
Si	0.001108	30.435053	0.159228	8.00595

Tabla 5.10 Resultados de la carena optimizada con y sin bulbo.

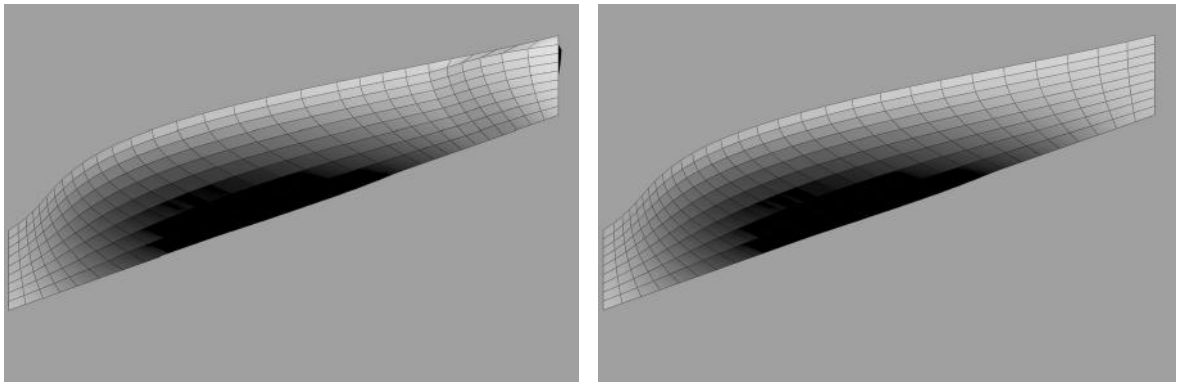


Figura 5.11 Carena optimizada con bulbo (izqda.) y sin bulbo (dcha.).

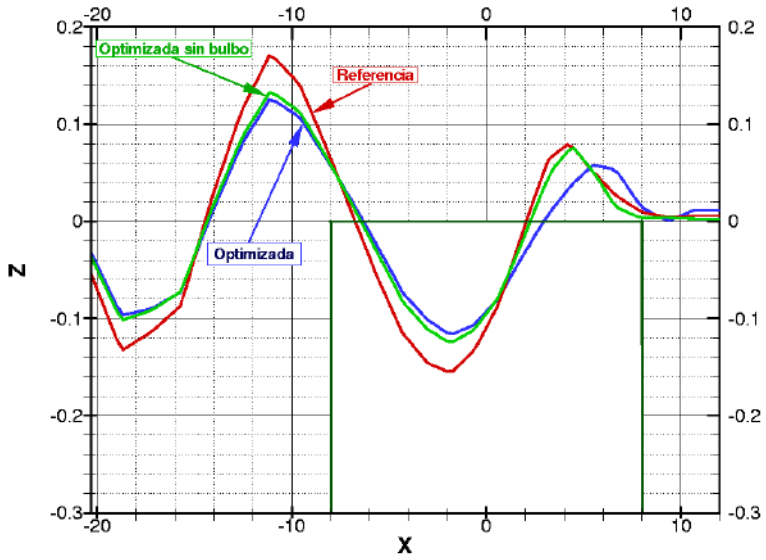


Figura 5.12 Comparativa de cortes longitudinales de ola entre carenas optimizadas con y sin bulbo y la carena de referencia.

6. CONCLUSIONES

- Se ha presentado una visión general de la optimización multiobjetivo, para posteriormente presentar en mayor detalle una metodología novedosa como son los algoritmos evolutivos.
- Como prueba de concepto de las técnicas de optimización presentadas, se ha implementado una mínima infraestructura para la optimización de una forma hidrodinámica sujeta a varias restricciones.
- Los resultados obtenidos, aunque rigurosamente académicos, muestran con claridad la validez del método al haberse obtenido un conjunto de carenas muy optimizadas, respetando las restricciones impuestas, y haberse comparado con carenas de referencia.

Entre las ventajas identificadas podemos destacar:

- Facilidad de obtención de varias alternativas igualmente buenas que proporciona una gran flexibilidad a la hora de encajar diseños según las necesidades.

- Posibilidad de explorar soluciones de diseño difíciles de considerar por otros medios.
- Posibilidad de acoplar diversos estudios de manera simultánea: científicos (estructurales, mecánica de fluidos), económicos (costes de explotación, costes de ciclo de vida, de identificación de ruta óptima), etc.
- Permite el aprendizaje sobre el comportamiento de los diseños así como la posterior generación de modelos.
- Facilita la consecución de un mejor diseño en menor tiempo, aplicando el método de una manera correcta según la fase de diseño en que nos encontremos. En cualquier caso puede influir positivamente en el reducir el periodo hasta la terminación del producto (time to market).
- Es un medio para aprender, y mejorar la manera en que diseñamos. Obliga desde el principio a preparar un modelo paramétrico de nuestro problema, lo que requiere, a su vez, una reflexión previa sobre que información es necesaria o superflua para la caracterización de nuestro diseño, o sobre la necesidad de preparar más de un modelo del mismo diseño físico para su evaluación.

Por otro lado, entre los inconvenientes previsibles podemos citar:

- Factores limitantes del uso extensivo de los métodos evolutivos. Podemos enumerar:
  - (i) El coste de realizar una evaluación de diseño, contando con los posibles pre/postprocesos.
  - (ii) El número de evaluaciones requeridas para la obtención de unos diseños satisfactorios.
  - (iii) Las limitaciones impuestas por los medios de modelado y de cálculo disponibles.

En lo que respecta a los dos primeros puntos, deben evaluarse los recursos necesarios para llevar a cabo la búsqueda deseada, y considerar alternativas de reducido coste computacional si es posible. En caso necesitar evaluaciones de gran coste computacional, estudiar con detenimiento la influencia de los parámetros con objeto de reducirlos al mínimo y no aumentar de manera excesiva el número de individuos a evaluar en cada generación.

- La dificultad inicial de hallar los valores de los parámetros que controlan el proceso de optimización. Su determinación no tiene porque ser intuitiva y pueden depender del problema en cada caso.

6.1. Vías de trabajo futuro identificadas

El trabajo desarrollado hasta el momento ha permitido identificar varias líneas de trabajo que amplían el campo de aplicación de los procedimientos descritos.

- Los algoritmos evolutivos, al ser métodos de búsqueda globales, corren el riesgo de no perseguir diseños prometedores. Por ello es frecuente combinar en un mismo proceso optimizador una primera fase global utilizando un algoritmo evolutivo seguido de una segunda fase a cargo de un algoritmo clásico de escalada (hillclimbing) que capture un óptimo prometedor.
- Es necesario contar con un modelo paramétrico de nuestro diseño así como, en determinadas ocasiones, de la aplicación que transforme ese conjunto de parámetros en un diseño evaluable.

- El acoplamiento de códigos existentes, junto con el modelador paramétrico si es necesario, puede traer importantes problemas de intercambio de datos.
- Su uso actual en el entorno de una oficina de proyectos se ve limitado al necesitarse conocimientos no sólo del área de conocimiento del diseño sino también de las técnicas de optimización y de los algoritmos evolutivos en particular. No puede usarse como "caja negra", aunque puede ser discutible si una herramienta de este tipo debiera usarse así.

El campo de aplicación de las técnicas estudiadas es tan amplio como el propio campo de la ingeniería. A continuación se enumeran unas pocas vías de trabajo en el entorno de la ingeniería naval.

- Ampliar el número de funciones objetivo para la incorporación de cifras de mérito [Ber98] para:
  - peso en rosca (peso de acero, maquinaria, equipos, etc.)
  - evaluación más completa de la estabilidad.
  - Eficiencia de transporte.
  - Comportamiento en la mar.
  - Evaluación de costes de construcción.
- Implementar un modelador paramétrico de formas más realista.
- Realizar estudios sobre la influencia de diversos parámetros típicos del proyecto de formas.
- Aplicación a un estudio preliminar de optimización de la compartimentación mediante esloras inundables. Evaluación de la estabilidad de buque intacto y en averías.
- Inclusión de un código de rebanadas para evaluar el comportamiento en la mar.
- Llevar a cabo un estudio sobre la aplicación específica de estas técnicas en el proyecto conceptual de un buque llevado a cabo en una oficina técnica.

Como balance final, la utilización de herramientas de optimización multiobjetivo computacionales resulta muy beneficiosa desde el punto de vista del proyectista al permitirle la exploración de diseños en formas y en extensión difícilmente alcanzables únicamente por la experiencia o por métodos más tradicionales. Esto abre nuevas maneras de abordar el proceso de diseño, lo que redunda, en definitiva la obtención con mayor rapidez de mejores y más eficientes diseños.

BIBLIOGRAFÍA

[Mar04] R.T. Marler y J.S. Arora: *Survey of multiobjective optimization methods in engineering*, Structural Multidisciplinary Optimization 26, 369-395, Springer-Verlag 2004.

[Coe01] Coello Coello, Carlos A. y Toscano Pulido, Gregorio: *A Short Tutorial on Evolutionary Multiobjective Optimization*, First International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science No. 1993, pp. 21-40, Marzo 2001 (artículo invitado), Zurich, Suiza.

[EMOO] Evolutionary Multi-Objective Optimization home page: http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO.

[Mich99] Zbigniew Michalewicz: *Genetic algorithms + data structures = evolution programs*, 3ª Ed.,Springer-Verlag 1999.

[Fron01] modeFRONTIER v. 2.5.0 User's Manual, ES.TEC.O. S.r.l 2001

[Deb00] Kalyanmoy Deb, Amrit Pratap, Sameer Agarwal y T. Meyarivan: *A Fast and Elitist Multi-Objective Genetic Algorithm: NSGA-II*, Kanpur Genetic Algorithms Laboratory (KanGAL) Report No 200001, Indian Institute of Technology Kanpur, India.
[Tri95] Evangelos Triantaphyllou y Stuart H. Mann: *Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges*, International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.
[Har98] Stefan Harries: *Parametric design and hydrodynamic optimization of ship hull forms*, Mensch & Buch Verlag, ISBN 3-933346-24-X, 1998.
[Pap02] Panos Y. Papalambros: *The Optimization paradigm in engineering design: promises and challenges*, Computer-Aided Design 34 (2002), pp 939951, Elsevier Science Ltd.
[Agu03] Francisco Aguayo González y Víctor M. Soltero Sánchez: *Metodología del diseño industrial. Un enfoque desde la ingeniería concurrente*, Editorial RA-MA 2003.
[Ber98] Volker Bertram, H. Schneekluth: *Ship design for efficiency and economy 2Ed*, Butterworth-Heinemann 1998.
[And04] CENIIT project 03.15, *Computational Design Optimization Techniques for Engineering Design Problems*, Main researcher: Johan Andersson, Division of Machine Design, Division of Fluid and Mechanical Engineering Systems, Linköping University. http://www.machine.ikp.liu.se/index.html?/staff/johan/computational_design.html
[FAN00] FANTASTIC: FUNCTIONAL DESIGN AND OPTIMISATION OF SHIP HULL FORMS, EC GROWTH Project GRD1-1999-10666/G3RD-CT 2000 00096, http://www.ec-nantes.fr/sirehna/fantastic/fantastic.htm
[Bro99] Alan Brown and LCDR Mark Thomas, *Reengineering the Naval Ship Concept Design Process*, 1999

Comisión Técnica Organizadora del Congreso XIX COPINAVAL

PLAN DE ESTUDIO DE LA CARRERA INGENIERÍA DEL TRANPORTE

Dr. Pedro A. Rodríguez Ramos, Prof. Titular - Director Abastecimiento, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría. Calle 114 #11901 entre 119 y 127. Marianao 15. Ciudad de La Habana. Cuba. Teléfono: (537) 266-3880, (537) 266-3639.
E-mail: pedro@economia.cujae.edu.cu, pedro_jandro@yahoo.com

RESUMEN

A partir del análisis de la situación internacional y de los planes de estudio que hoy se aplican en muchos países se define el proyecto de la carrera de Ingeniería del Transporte para formar profesionales con una sólida formación básica, con habilidades para la solución de los problemas más generales y frecuentes de su profesión, que incluyan la apropiación de los modos de actuación profesional que caracterizan esta profesión y la diferencian de otras y que posea además un conjunto de habilidades generales que le permitan alcanzar una formación integral cultural y educativa en el sentido más amplio de estos términos. En la elaboración y perfeccionamiento de la carrera se deben enfrentar las exigencias de los inicios del siglo XXI y la proyección que se plantea por las instituciones que marcan punta en el desarrollo.

Se presentan en el trabajo las definiciones y orientaciones que se utilizaron para la elaboración del programa de la carrera y se incluyen las disciplinas y asignaturas de la carrera, además se presentan los siguientes aspectos: forma de enseñanza, tiempo total y distribución por tipo de actividad lectiva, forma de evaluación, objetivos generales, objetivos educativos, objetivos instructivos, sistema de conocimientos, sistema de habilidades, bases de matrícula, exigencias de los profesores participantes (obligaciones), sedes, bibliografía, tipo de diploma, entre otros aspectos de interés.

PLAN DE ESTUDIO DE LA CARRERA INGENIERÍA DEL TRANPORTE

INTRODUCCION

El concepto de Perfil Amplio, que últimamente viene fortaleciéndose se sustenta en una profunda formación básica.

Sus ideas rectoras principales son:

- La unidad entre los aspectos educativos e instructivos
- El vínculo entre el estudio y el trabajo

Los logros principales que deben ser alcanzados en el diseño curricular son:

- La unidad entre centralización y descentralización
- El enfoque en sistema del proceso de formación

Para lograr transformar la personalidad del estudiante, logrando niveles cualitativamente superiores en su cultura general integral se requiere alcanzar:

- Una sólida formación humanística.
- Una elevada competencia profesional.

Es objetivo principal de este trabajo presentar los principales lineamientos metodológicos que deben tenerse en cuenta, actualmente, para la preparación de una carrera universitaria y ejemplificarlos sobre la base de una propuesta concreta: la Carrera de Ingeniería del Transporte

DESARROLLO

Fundamentación de la carrera

Caracterización de la profesión. El ingeniero en transporte es un profesional con conocimientos, habilidades y valores que le permiten poner al servicio de la humanidad el desarrollo de la ciencia y la tecnología, con racionalidad económica, optimización del uso de los recursos humanos y materiales, preservando los principios éticos de la sociedad, minimizando el consumo de la naturaleza y el deterioro al medio ambiente.

El Ingeniero en el desarrollo de su actividad profesional según las esferas de actuación, debe tener dominio profesional de las siguientes acciones.

1- Proyectar, 2- Construir, 3- Mantener, 4- Explotar

Otras tareas no menos importantes y que aparecen en los campos de acción son:

- La evaluación técnica y económica de las tareas que desarrolla
- La comunicación oral y escrita, en idioma materno y un idioma extranjero.

- La comunicación, interpretación y redacción de documentos.
- El empleo de la gráfica como técnica de ingeniería.
- El empleo de las técnicas de cómputo, incluyendo el trabajo en redes.
- El dominio y empleo de técnicas de dirección, contabilidad y economía.
- El dominio y empleo de las leyes sobre protección y defensa de las instalaciones industriales y el medio ambiente.
- El desarrollo de un nivel de conocimientos en humanidades
- El empleo de métodos y técnicas experimentales y de investigación científica.

Su actividad profesional la desarrolla fundamentalmente en las esferas de actuación siguientes:

- Los procesos de transportación.
- Las máquinas de transporte.

Modelo del Profesional:

Es la expresión ideal del profesional que se requiere, de sus características, de los conocimientos y habilidades que debe poseer el egresado de una carrera y normalmente se expresa en forma de objetivos terminales que debe alcanzar el nivel de enseñanza correspondiente.

Elementos que tiene en cuenta el Modelo del Profesional:

- Dar respuesta a los problemas del entorno.
- Dar respuesta al nivel de formación del profesional en el ámbito internacional.
- Dar respuesta a las direcciones de desarrollo de la ciencia y la tecnología en los campos de acción de la profesión.

Con vistas a dar respuesta al encargo social del ingeniero en transporte para el primer decenio del tercer milenio, se ha definido el modelo como el siguiente sistema de objetivos.

1.-Lograr el nivel de habilidades técnicas y profesionales que le permitan dar respuesta a los problemas que se presentan a nivel de base desde el momento en que se gradúa.

2.-Lograr un profesional de perfil amplio con una formación sólida en las ciencias naturales, las matemáticas, las ciencias sociales y las ciencias de la ingeniería que le permitan insertarse en el desarrollo de las ciencias y la tecnología a partir de esos conocimientos y su auto superación.

3.-Formar profesionales de perfil amplio en los que los valores: respeto a la naturaleza y la ética formen parte de su modo de actuación profesional

4.-Con elevado concepto de la responsabilidad y dignidad que le permitan recibir y enviar este mensaje al colectivo donde se desenvuelven

5.-Formar en el profesional una conciencia económica que se sustente en el dominio de los aspectos económicos, la gestión empresarial y la contabilidad más vinculados a su gestión profesional.

6.-Desarrollar en el profesional una elevada capacidad de comunicación, que le permita insertarse en el desarrollo contemporáneo, con el empleo de una lengua extranjera y habilidades en el uso de las redes informáticas

7.-Desarrollar capacidades en diseño de máquinas, redes técnicas, procesos tecnológicos y sistemas de mantenimiento que le permitan la explotación de las máquinas, equipos e instalaciones navales.

8.-Desarrollar habilidades en el trabajo en la aplicación de las técnicas de protección y conservación de las instalaciones y medios que atiende.

Principales características del plan de estudio.

• Total de años	5
• Total de horas (general – bloque - tesis)	3876+ 200+200 = 4276
• Porcentaje de horas dedicadas a la práctica laboral investigativa	20%
• Total de disciplinas	X
• Total de asignaturas	Y
• Culminación de los estudios	Trabajo de Diploma

Definiciones y orientaciones para la elaboración

Conjunto de aspectos que deben caracterizar los planes de estudio:

- Los conceptos de perfil amplio y formación básica.
- Una mejor precisión de los objetivos y los contenidos esenciales, de forma descentralizada.
- El tiempo de duración de los estudios de la carrera.
- Los niveles de presencialidad, con una tendencia a la disminución de la carga lectiva semanal.
- Una mayor racionalidad en el empleo de los recursos humanos y materiales.

- El fortalecimiento del vínculo laboral en la carrera, la relación de las clases y la actividad investigativa.
- Las transformaciones relacionadas con la virtualización del proceso de formación.
- Sistemas de evaluación más vinculados a la profesión, más cualitativos e integradores.
- El fortalecimiento de formación humanística.
- El establecimiento de un sistema de créditos.

Formación básica profunda a partir de tener en cuenta:

- Una presencia mayor de los aspectos básicos específicos de la profesión.
- Incorporar aspectos generales que también resultan necesarios (Gestión de la Calidad, del Conocimiento y del Medio Ambiente, Marketing, Habilidades de Dirección, entre otras)
- Incluir materias obligatorias, además de optativas/electivas

Tiempo de duración de la carrera.

La tendencia mundial es a la reducción brusca, signada por el mercado del trabajo. Es demasiado rígido preestablecer cinco años obligatorios en la carrera. Durará cinco años o menos tiempo, en dependencia de los objetivos previstos a alcanzar.

La presencialidad.

Hasta hoy los cursos han estado caracterizados por un elevado número de horas de clases, que se traduce en sobrecargas excesivas. La tendencia tiene que ser la de reducir gradualmente esos niveles desde el primer año.

Deben caracterizar los nuevos planes.

Métodos que centren la atención principal en el autoaprendizaje,

- La virtualización, para logra un mayor asincronismo en la relación estudiante-profesor.
- Las disciplinas, deben evidenciar un mayor nivel de esencialidad, centrando su atención en los contenidos que realmente son fundamentales para cada carrera.

Actividad investigativo-laboral.

- Lograr una mayor integración entre las clases, el trabajo científico y la práctica laboral, de modo que se asegure, el adecuado equilibrio entre ciencia y profesión..
- Establecer una disciplina integradora, cuyo carácter responde a las especificidades de la carrera y que integra en el proceso de formación lo académico con la realización de las prácticas laborales y el trabajo científico estudiantil.

Desarrollo de la Virtualización

Nuevos roles que deberán desempeñar los profesores y los estudiantes, como consecuencia de la generalización del empleo de la computación.

- Nuevas habilidades para desarrollar, tales como la navegación y la vinculación interactiva, entre otras.
- Presencia de métodos de aprendizaje más colaborativos en las formas organizativas del proceso docente.
- Desarrollo e instrumentación, a un nivel superior, de laboratorios virtuales; empleo generalizado de plataformas interactivas y otras herramientas similares.
- Amplia utilización de las INTRANET y de otras redes informáticas, lo que garantiza un mayor nivel de habilidades informáticas, a partir de los niveles superiores de actividad que se alcancen.

Evaluación del aprendizaje

Transformar la evaluación, logrando que sea más cualitativa e integradora y que se vincule más con el desempeño profesional. Las evaluaciones frecuentes y parciales deben jugar el papel principal en la evaluación del aprendizaje.

- Deben reducirse los exámenes finales de las asignaturas en su forma tradicional y, en consecuencia, centrarse en el desempeño del estudiante, durante el curso
- Los trabajos y proyectos de curso deben incrementarse, integrando contenidos de varias materias, siempre que sea posible.
- En algunos casos, simplemente, medir competencias adquiridas de forma independiente por el estudiante.

El resultado final de esas transformaciones debe ser que la evaluación no sea un elemento añadido, importado, y se convierta en algo consustancial a la ejecución del proceso,

Formación humanística

- Fortalecer la formación en Idioma Inglés y en Historia.
- Incorporar otros contenidos:

  -Historia de la profesión.

  -Cultura medioambiental.

  -Aspectos legales de la profesión.

  -Competencias relacionadas con la comunicación.

  -Ética.

Créditos académicos:

- El concepto clásico, eminentemente cuantitativo, debe cambiar.
- El Sistema de Transferencia de Créditos de la Unión Europea,

Estructura de los Planes de estudio

- Se estructuran horizontalmente por año académico y verticalmente por disciplinas.
- Cada año se estructura en periodos lectivos cuya duración depende de las características de la carrera. (trimestre, semestre)
- Cada disciplina se estructura internamente en asignaturas y pueden desarrollarse en todos o en parte de los años de la carrera.
- Las disciplinas deben integrar todos los contenidos que tengan un hilo conductor común, con una tendencia a la reducción del número total.
- Las disciplinas y cada una de sus asignaturas deben estar presididas por objetivos generales a alcanzar en ellas.
- Los contenidos de las disciplinas y de sus asignaturas deben precisar conocimientos, habilidades y valores que desarrolla.
- En el plan de estudio deben quedar precisados los trabajos y proyectos de curso, las asignaturas que tienen examen final y la forma de culminación de los estudios.
- La forma de culminación de los estudios es el Trabajo de Diploma.

Plan del proceso docente:

- Todas las disciplinas, desglosadas por asignaturas
- Su tiempo total y por formas de enseñanza, en cada año
- Los trabajos de curso
- Los exámenes finales

Formato de presentación de la disciplina:

- Programas de las disciplinas:
- Datos preliminares y fundamentación de la disciplina
- Objetivos generales educativos e instructivos
- Contenidos esenciales de la disciplina
- Indicaciones metodológicas para su organización.
- Bibliografía

Otras consideraciones:

- La carga lectiva semanal deberá disminuir desde los primeros años hasta los años superiores.

- La carga lectiva semanal máxima será de 26 horas en los tres primeros años y de 20 en los restantes.
- Las asignaturas optativas y electivas, en su conjunto, deben abarcar, como mínimo, un 10 % del total del plan de estudios.
- El número máximo de exámenes finales en los tres primeros años ha de ser de 6 en cada uno de esos años y de 4 en cada uno de los restantes.
- Diseñar las disciplinas básicas tales como Física, Matemática, Química, entre otras, que puedan ser comunes a grupos de carrera.

Cuerpo de la Carrera por Disciplina (ver anexo 1).

Formato para la formulación de las disciplinas

Ejemplo. - Matemática

Se estudian los contenidos del cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales, series, matemática numérica, álgebra lineal, probabilidades y estadística necesarios para que los estudiantes puedan interpretar modelos ya creados, o modelen problemas de índole técnico, aplicando los conocimientos de los temas antes señalados y haciendo un uso adecuado de las técnicas de cómputo.

Se incluirán elementos de matemática que se cursarán como optativas o facultativas que desarrollen capacidades en modelación, análisis y solución de problemas de ingeniería.

La disciplina se estructura de la siguiente forma.

Matemática.			
No	Asignatura	Año y Sem.	Horas
1	Matemática Básica.	1ro – 1ro Sem	64
2	Álgebra Lineal y Geometría Analítica.	1ro – 2do Sem 2do – 1er Sem	28 32
3	Matemática I	1ro – 2do Sem	56
4	Matemática II	2do – 1ro Sem	64
5	Matemática III	2do – 2do Sem	56
6	Probabilidades y Estadísticas	3ro- 1ro Sem 3ro - 2do Sem	64 56
Total de horas la Disciplina			420

Ejemplo. - Gestión Económica y Empresarial

Estudia la gestión empresarial integral, la gestión del negocio, los contenidos fundamentales de economía, contabilidad financiera y administración (logística, mantenimiento–producción, gestión del capital humano, etc.) necesarios para que el futuro profesional pueda desempeñar sus funciones con mayor eficiencia. Se estudia la situación actual de la economía y se analizan los indicadores del control y el análisis técnico-económico. Se introduce la Dirección por Objetivos (valores, negocio) y se refuerza el uso de la informática y la contabilidad como instrumentos de gestión.

La disciplina se estructura de la siguiente forma.

Gestión Económica y Empresarial.			
No	Asignatura	Año y Sem.	Horas
1	**Gestión Económica**	3ro-1er Sem 3ro-2do Sem	64 56
2	**Gestión Empresarial**	5ro-1er Sem	64
Total de horas la Disciplina			184

Formato para la formulación de las asignaturas

El programa de la asignatura debe tener la siguiente estructura:

- Datos preliminares de la asignatura.
- Objetivos generales de la asignatura (valores fundamentales a los que tributa).
- Conocimientos esenciales para adquirir.
- Habilidades principales para dominar.
- Bibliografía

Ejemplo: Programa de la asignatura: Gestión Económica

Datos preliminares

Carrera: Ingeniería del Transporte.

Forma de enseñanza: Conferencias y Clases Prácticas

Tiempo total: 120 horas (2 semestres)

La asignatura tiene examen final.

Objetivos generales

Educativos

Contribuir a desarrollar en el estudiante:

- El rigor científico en la solución de los problemas sobre la base de la aplicación de los conceptos, leyes y principios así como de los métodos y formas de trabajo.
- La capacidad de razonamiento mediante el incremento de su participación en el proceso de enseñanza aprendizaje, con el análisis y solución de situaciones de forma que llegue a conclusiones por él bajo la dirección del profesor.
- Constancia en el estudio mediante el diseño, organización, desarrollo y control de un sistema de tareas y evaluaciones que permitan al estudiante notar su avance en la asignatura o grado de cumplimiento de los objetivos de forma sistemática, con el fin de estimular su actuación.
- Motivación por su profesión haciendo que la asignatura sea interesante, que se sienta estimulado a estudiarla con la demostración de la utilidad que tiene para la sociedad la solución de los problemas planteados, la correcta selección de los métodos de enseñanza y evaluaciones en las cuáles el estudiante pueda actuar de forma similar a como trabaja el profesional.
- Hábitos de trabajo independiente desarrollando contenidos por auto preparación del estudiante con la adecuada selección, motivación y orientación de los mismos, ayudado por los textos, la literatura científico-técnica y la consulta planificada y desarrollada con calidad.
- Pensar y actuar como un profesional, a través de las diferentes actividades, haciendo hincapié en cuanto a eficiencia económica, ahorro, uso racional de la energía y de los recursos materiales y laborales, aumento de la productividad y cumplimiento de las normas de trabajo y la preparación para todas las actividades, la entrega en tiempo y con calidad de informes, tareas y evaluaciones.

Instructivos

- Comprender el contenido de la Contabilidad Financiera, objeto y método de ésta y su utilización tanto por la dirección de la organización como por entidades ajenas.
- Comprender las técnicas de registro de las operaciones económicas y la necesidad de la utilización de los libros básicos de la contabilidad y sus características.
- Comprender los métodos para la consolidación de los estados financieros.
- Comprender el contenido y alcance de la contabilidad de costos.

- Establecer el contenido y alcance de los conceptos de gasto y costo. Clasificar los gastos de acuerdo con diferentes criterios para la obtención de las relaciones costo-volumen-beneficios y establecer el punto de equilibrio.
- Evaluar la eficiencia económica de los proyectos.

Conocimientos

- Contabilidad financiera. Documentos primarios. Las cuentas. Registro y operaciones de cuentas. Los estados financieros. Consolidación de estados financieros. Análisis financiero. Contabilidad de costos. Definición de gastos y de costos. Clasificación de los gastos. Sistemas de costo. Centros de costo y áreas de responsabilidad. Punto de equilibrio. Eficiencia Económica, indicadores económicos. Evaluación de proyectos.

Habilidades

- Identificar, comprender, analizar y sacar conclusiones de los estados financieros (Balance General y Estado de resultados)
- Aplicar sistemas de costeo directo.
- Analizar y sacar conclusiones sobre el comportamiento real de los costos de la empresa y sus desviaciones en relación con lo previsto.
- Identificar, comprender, analizar y sacar conclusiones a través del cálculo de las razones financieras.
- Aplicar el método de punto de equilibrio.
- Aplicar y evaluar los proyectos de presupuesto de capital utilizando el PR, VAN y la TIR y ΔTIR.
- Interpretar y resumir artículos en idioma Inglés.

Bibliografía.

Texto Básico. - Por declarar.

CONCLUSIONES

1. Con todos los aspectos expuestos durante el desarrollo de esta ponencia, se ha podido conformar una visión clara de los principales aspectos a tener en consideración al preparar el programa de una carrera
2. Respetando las indicaciones anteriores, se ha presentado una primera versión del

plan de la carrera de Ingeniería del Transporte.

3. La propuesta presentada recoge los valores más genuinos de la formación profesional integral de los egresados en el ramo del transporte.

RECOMENDACIONES

Conformar un grupo multidisciplinario y multinacional que conforme el Comité Académico Internacional de Carrera (CAIC), para la revisión detallada de esta versión y presentar una versión definitoria en el XX COPINAVAL de Brasil.

BIBLIOGRAFIA

Dr. Perdomo Dester (Presidente de la Comisión Nacional de la Carrera Ingeniería Mecánica. Materiales del Plan de la carrera de Ingeniería Mecánica. Plan D, 2004.

Congreso Panamericano de Ingeniería Naval
Transporte Marítimo e
Ingeniería Portuaria

PLANIFICACIÓN PORTUARIA Y APLICACIÓN DE LÍNEAS DE ESPERA

Hugo Tobar Vega

Profesor ESPOL
Capitán de Fragata (sp)
Doctor en Ingeniería Marítima MIT
(Ex Gerente e Ingeniero Jefe de Autoridad Portuaria de Guayaquil)

Guayaquil, octubre del 2005

CONTENIDO

Carátula	Pág. 1
Contenido	2
A. Introducción	3
B. La Capacidad de un Puerto	3
C. Análisis del Tráfico	4
D. Optimización de Terminal con Una Estación	10
E. Optimización de Terminal con Varias Estaciones	11
F. Proyección Futura	18
G. Dimensinamiento de Atracaderos	24
H. Instalaciones y Equipos	25

A. INTRODUCCIÓN

La planificación de un terminal portuario, para satisfacer al tráfico marítimo que generará en el futuro su zona de influencia o "hinterland", es de primordial importancia en la economía de un país, porque tiene que ver con su desarrollo y las tendencias de su producción y consumo.

La planificación para la disponibilidad de las facilidades portuarias, es uno de los objetivos principales de la gestión gerencial. Las malas o buenas decisiones tienen un efecto profundo y permanente en su futuro en especial en su zona de influencia; por lo tanto, la planificación de un puerto debe ser hecha por gente especializada con información, experiencia y conocimiento de esta materia.

Para una adecuada planificación portuaria, es necesario que su actividad diaria genere la información estadística que llegue a los responsables de la planificación y de la gestión administrativa, como parte de su "sistema de información gerencial". Esta información debe incluir lo siguiente:

a) La magnitud de las operaciones expresadas en toneladas o unidades de contenedores TEUs.; movilizadas.
b) Los factores básicos que afectan a los ingresos, salidas, características y dimensiones de las naves, durante el período actual comparando con períodos en el pasado; y
c) La magnitud y tendencia de ciertos criterios especializados que miden la calidad y cantidad del rendimiento del puerto expresadas en cantidades y tipo de carga y mercaderías movilizadas.

Esta información debe ser generada en forma rápida y regular; ya semanal, mensual o anual. Estos reportes deben ser representados también en forma gráfica, porque es una forma fácil y eficiente de darse cuenta lo que está pasando, para así proyectarse al futuro.

B. LA CAPACIDAD DE UN PUERTO.

La capacidad de un puerto, es la habilidad de movilizar en carga y descarga mercaderías o productos desde y a las naves que llegan al puerto. Esta capacidad se mide en TEUs (de sus siglas en inglés, twenty feet equivalent unit,) por año, o en toneladas métricas por año; dependiendo del tipo de puerto y del tipo de carga o mercadería, si acaso tenga diferentes terminales de contenedores; carga al granel liquida, sólida o de carga general.

Un terminal que sirve para diferentes tipos de carga se llama multipropósito; el terminal multipropósito es conveniente en países que por su condición económica no pueden construir terminales especializados; pero su análisis y planificación deben ser hechos para cada tipo diferente de carga. No se puede comparar el rendimiento de un terminal de contenedores en TEUs, con el rendimiento de carga general o al granel, en toneladas métricas, en metros cúbicos o en barriles.

1. Instalaciones y Parámetros

Un terminal portuario debe tener varios factores o parámetros e instalaciones, que determinan la magnitud de su capacidad, estos son:

a) La disponibilidad de una bahía de fondeo para naves en espera o en operaciones especiales; o porque simplemente, quieren permanecer en la bahía del puerto.
b) La disponibilidad de atracaderos (estaciones de servicio) para recibir naves en carga y descarga de mercaderías; incluyendo los equipos para la manipulación.
c) La disponibilidad de patios y áreas de estacionamiento de contenedores, vehículos y carga; que pueden ser almacenados al aire libre, en tráfico internacional o en cabotaje.
d) La disponibilidad de bodegas de tránsito, silos, etc. para importación o exportación;
e) La disponibilidad de zonas para el desarrollo de actividades industriales u otras relacionadas con la actividad portuaria; incluyendo zonas libres y de maquila.; por último
f) La disponibilidad de vías de comunicación, desde el puerto hacia los centros de producción y consumo, es decir su "hinterland"; incluyendo carreteras, ferrocarriles o vías náuticas como canales, esteros o ríos.

2. Los Criterios de Eficiencia del Puerto

Para unas condiciones dadas de facilidades físicas, hinterland, tráfico y más parámetros que inciden en la eficiencia de un puerto; su capacidad y eficiencia dependen únicamente de la habilidad y del "rendimiento" del manejo y movilización de la carga en embarque y desembarque. Esto se lo mide en toneladas de carga manejada u otra unidad equivalente, como el caso de los contenedores en TEUs. Este factor es de mayor importancia e interés para los navieros, por cuanto afecta a la economía de las naves; ya que las demoras de un puerto lento, causa pérdidas y desequilibrio en el itinerario de las naves.

Un parámetro que se deriva del rendimiento, es el costo por tonelada manejada; este incluye no solamente el costo de los servicios portuarios; sino también el costo de seguros por pérdidas y averías que regularmente ocurren; además se debe incluir el costo de la nave en puerto.

Por otra parte, el criterio que se ha establecido para medir la eficiencia de un puerto, es la tonelada movilizada por día o por hora por nave; este criterio sirve principalmente para determinar el costo de la nave por el tiempo que permanece en puerto. Este criterio proyectado al futuro año a año, sirve para establecer una comparación de la variación del rendimiento del puerto y por tanto su eficiencia.

Este valor que se conoce como el índice de rendimiento portuario, es igual a las toneladas por nave movilizadas por día; debe ser proyectado gráficamente mes a mes, año a año; si se quiere establecer un control del rendimiento total.

C. ANÁLISIS DEL TRÁFICO

1. Espectro del Tráfico de Naves.

El tráfico de naves a un terminal portuario es un elemento importante para conocer su capacidad y eficiencia; se debe determinar para cada terminal especializado de un puerto, el "espectro" de su tráfico. Es necesario analizar en los reportes de pilotaje y las operaciones en la bahía, la distribución y arribo de naves en un periodo que generalmente es un año. En esta forma se puede determinar un parámetro importante, la razón de llegada o arribo de naves o sea el número de naves que llegan por día, que se lo designa como "λ". Es necesario reconocer que hay días que no llegan naves; otros una, otros 2, otros 3, otros 4, etc.; así se origina una distribución, que por la naturaleza de este tráfico se ha determinado por su comportamiento real es la distribución probabilística de Poisson; dada por la siguiente formulación matemática:

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda T}.(\lambda T)^x}{x!}$$

De igual forma el tiempo de servicio a la nave que se lo designe como "μ", es el número de horas o días que una nave permanece en el terminal en operaciones de carga o descarga; se conoce como la razón de servicio, que es igual al número de naves que son servidas por día, que también tiene un comportamiento dado por la distribución probabilística exponencial dada por la formulación matemática:

$$f(x) = \mu T\ e^{-\mu T}.$$

2. Aplicación de Distribución de Poisson

Los datos de la Tabla 1, son los datos reales en tres terminales diferentes, estos valores son comparados con la respectiva distribución de Poisson, para representar el espectro de arribo de naves, tienen una gran coincidencia que se da en términos de porcentaje, llegando a ser en la mayoría de casos más del 85%.

TABLA 1
Distribución de Arribo de Naves

Número de naves (n) que llegan por día	Número de días que llegan (n) naves		
	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3
X	Y1	Y2	Y3
0	78	7	2
1	112	44	11
2	102	79	36
3	52	78	42
4	16	70	75
5	5	42	60
6	1	27	54
7	0	16	45
8	-	2	26
9	-	1	10
10	-	0	4
11	-	-	1
12	-	-	0
λ = Promedio anual	1.55	3.35	4.90

Se representa a continuación en la Tabla 2 los datos reales y teoréticos para el Terminal 3 de la Tabla 1, con un valor medio de arribo por día de $\lambda = 4.90$.

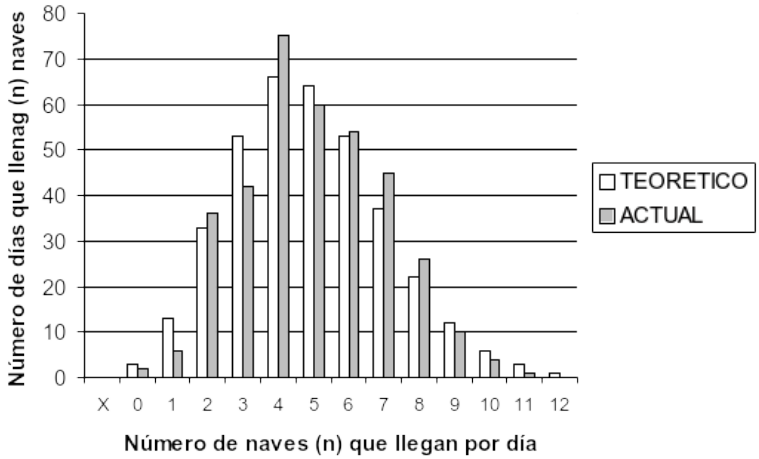
Nota Especial: El Terminal 3, corresponde a los datos reales del puerto marítimo de Guayaquil, Ecuador en un año específico. Los Terminales 1 y 2 representan los datos de dos puertos en Centroamérica.

TABLA 2
Comparación del Valor Teorético con el Real
Terminal 3

Número de naves (n) que llegan por día	Número de días que llegan (n) naves	
	TEORETICO	REAL
X	Y1'	Y1
0	3	2
1	13	6
2	33	36
3	53	42
4	66	75
5	64	60
6	53	54
7	37	45
8	22	26
9	12	10
10	6	4
11	3	1
12	1	0

En la Figura 1 a continuación, se representa en forma gráfica los valores de esta tabla, en la que se puede ver la gran coincidencia entre los valores teoréticos y los reales; de tal forma que el análisis teórico en la planificación portuaria, es totalmente aplicable y confiable.

FIGURA 1
Comparación del Trafico Valor Teorético con el Actual
Terminal 3



3. Análisis

La teoría de las líneas de espera, es aplicada en la planificación portuaria, para determinar el número óptimo de estaciones de servicio; es decir atracaderos, que sirven a las naves que llegan.

La teoría de línea de espera, que se aplica en la planificación portuaria; tiene la representación grafica típica de esta teoría que se presenta más adelante en la Figura 2 y define los siguientes parámetros:

a) Se trata de un sistema con una población infinita; las naves de todo el mundo que pueden llegar a un terminal especifico.
b) Tiene un múltiple número de estaciones de servicio o atracaderos de un tipo de tráfico determinado; ya sea de carga general, contenedores, granel, etc.
c) El arribo de unidades; naves que solicitan el servicio de carga y descarga de mercadería, es una variable aleatoria con una distribución de Poisson.
d) El tiempo de servicio de las naves; la carga y descarga de mercaderías, también son una variable aleatoria en una distribución Exponencial.
g) Las naves salen de la población (del mar), ingresan a la línea de espera (fondean en la bahía) hasta entrar a las estaciones de servicio (atracaderos).

FIGURA 2
Representación de un Puerto

4. Tratamiento Estocástico

Con estas condiciones el análisis matemático de este sistema de líneas de espera, es como sigue:

λ : Razón diaria de arribo de naves al terminal de tráfico específico.
μ : Razón diaria de servicio a las naves en el terminal.
n : número de naves en el sistema, el tiempo t.
$P_n(t)$: Probabilidad que n naves estén en el terminal al tiempo t.

Bajo estas condiciones, la probabilidad que una nave llegue en el tiempo t y $t + \Delta t$, es $\lambda \Delta t$. Del mismo modo la probabilidad que una nave termine su servicio en el tiempo t y $t + \Delta t$, es $\mu \Delta t$, por lo tanto se tiene:

Evento 1: n naves en el terminal al tiempo t + Δt; o también, n naves en el terminal al tiempo t, no arribos ni servicios durante Δt.

Evento 2: n+1 naves en el terminal al tiempo t, no arribos en Δt, pero 1 en servicio durante Δt.

Evento 3: n-1 naves en el terminal al tiempo t, 1 arribo en Δt, pero no servicios durante Δt.

Estos tres eventos (1,2 y 3); son mutuamente exclusivos; por lo tanto, la probabilidad de que existan n naves en el terminal al tiempo t + Δt, es igual a la suma de probabilidades de estos tres eventos.

Siendo que: $1 = p_0 + p_1 + p_2 + \ldots$ (1)

Donde; p_0 es la probabilidad de no arribo o servicio en Δt.

Además; λ ΔT o μ ΔT son las probabilidades de un arribo o un servicio en $\Delta T = p_1$; por otra parte, λ ΔT^2 y μ ΔT^2 son las probabilidades de 2 arribos o 2 servicios en $\Delta T^2 su..probabilidad = 0$; por cuanto es producto de dos infinitesimales.

Se tiene:

$p_0 = 1 - \lambda \cdot \Delta T$, probabilidad de no arribos en ΔT

$p_0 = 1 - \mu \cdot \Delta T$, probabilidad de no servicio en ΔT; por lo tanto:

$$P_n(t + \Delta t) = P_n(t)(1 - \Delta t)(1 - \mu\Delta t) + P_{n+1}(t)(1 - \lambda\Delta t) \cdot \mu\Delta t + P_{n-1}(t)(1 - \mu\Delta t) \cdot \lambda\Delta t$$

Arreglando la ecuación en ambos lados:

$$\frac{P_n(1 + \Delta T) - P_n(T)}{\Delta T} = -(\lambda + \mu) \cdot P_n(t) + \mu P_{n+1}(t) + \lambda P_{n-1}(t)$$

ΔT en el límite tiende a 0; se tiene:

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = -(\lambda + \mu) \cdot P_n(t) + \mu P_{n+1}(t) + \lambda P_{n-1}(t) \quad (2)$$

Esta ecuación se transforma luego de procesos algebraicos en:

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = -\lambda \cdot P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (3)$$

Del mismo modo:

(4)

$$(\lambda + \mu) \cdot P_n = \mu P_{n+1} + \lambda P_{n-1}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \therefore P_n = \rho P_{n-1} = \rho^n P_0, \text{ además}$$

$$\sum_0^\infty P_n = 1$$

$$1 = \sum_0^\infty \rho^n P_0 = P_0 \sum_0^\infty \rho^n$$

Usando series infinitas:

$$1 = P_0\left[\frac{1}{1-\rho}\right]$$

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

$$P_n = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \qquad (5)$$

Ejemplo: si $\lambda = 1/10$; y $\mu = 1/4$

$P_0 = (0.6)\ (0.4)° = 0.600$
$P_1 = (0.6)\ (0.4)^1 = 0.240$
$P_2 = (0.6)\ (0.4)^2 = 0.096$
.
$P_7 = (0.6)\ (0.4)7 = 0.001$

5. Parámetros Resultantes

Determinando los parámetros importantes y con los datos del anterior ejemplo:

a) n_m : Número medio de naves en el terminal

$$n_m = \sum nP_n = \sum n(1-\rho)\rho^n \qquad (6)$$

y luego de varios pasos algebraicos:

$$n_m = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$n_m = \frac{0.10}{0.25 - 0.10} = 0.667$$

b) l_m : Longitud media de la cola (naves en espera); es igual al número de naves en el terminal, menos los que están en servicio.

$$l_m = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda^2}{\mu \cdot (\mu - \lambda)} \qquad (7)$$

$$l_m = \frac{0.10^2}{0.25 \cdot (0.25 - 0.10)} = 0.267$$

c) w_m : Tiempo medio de espera

$$w_m = \frac{\lambda}{\mu \cdot (\mu - \lambda)} \qquad (8)$$

$$w_m = \frac{0.10}{0.25 \cdot (0.25 - 0.10)} = 2.667$$

d) t_m : El tiempo medio en el terminal; es igual al tiempo en espera más el tiempo en servicio

$$t_m = l_m + \frac{1}{\mu} \qquad (9)$$

$$t_m = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$$t_m = \frac{1}{0.25 - 0.10} = 6.667 \text{ períodos}$$

D. OPTIMIZACIÓN DE TERMINAL CON UNA ESTACIÓN (UN ATRACADERO)

1. Factor Costos

Un buen terminal portuario, es aquel que mantiene una relación óptima entre los costos de las naves en espera y el de los atracaderos vacíos; de tal forma que esta combinación de costos que representan pérdidas, sea lo menos posible; en referencia a los parámetros operativos particulares del terminal. Con las condiciones anteriores se tiene lo siguiente:

WC_w : Costo de espera de la nave por periodo de tiempo.
FC_f : Costo del atracadero vacío por periodo de tiempo.
TC : Costo total.

De tal forma que:

$$TC = WC_w + FC_f \qquad (10)$$

WC_w es igual al: costo de la nave esperando por unidad de tiempo C_w,, multiplicado por el número medio de naves que llegan λ y por el tiempo medio que permanece en el terminal t_m. Se tiene de las anteriores ecuaciones:

$$WC_w = C_w.\lambda.t_m = \frac{C_w\lambda}{\mu - \lambda} \qquad (11)$$

Del mismo modo, el costo del atracadero es igual al: costo del atracadero vacío por unidad de tiempo C_f, por la razón de servicio μ.
Se tiene:

$$FC_f = C_f.\mu \qquad (12)$$

El costo total será por lo tanto:

$$TC = C_w \frac{\lambda}{\mu - \lambda} + C_f\mu \qquad (13)$$

2. Optimización

Considerando que C_w y C_f, son valores fijos y que λ depende del tipo de terminal y su tráfico, la variable que se puede controlar es μ, o sea la razón de servicio. El costo mínimo que puede obtener el planificador portuario es encontrar el valor óptimo de la razón de servicio μ; por lo tanto se tiene:

$$\frac{dTC}{d\mu} = 0$$

$$diferenciando:$$

$$C_w \lambda (\mu - \lambda)^{-2} + C_f = 0$$

$$\mu = \lambda + \sqrt{\frac{\lambda C_w}{C_f}}$$

Aplicando los datos del ejemplo:

C_w = \$ 0.100
C_f = \$ 0.165
λ = 0.125
Por lo tanto:

$$\mu = 0.125 + \sqrt{\frac{0.125 \times 0.100}{0.165}} = 0.400$$

En la Tabla 3 a continuación se calculan todos estos valores, donde se comprueba que para **μ = 0.400, es el valor óptimo** según ecuación (3); correspondiendo a un TC = \$0.115, $FC_{f=}$ \$0.0660 y $FC_{f=}$ 0.0455**.**

TABLA 3
Calculo del Costo Total

μ	**WC_w**	**FC_f**	**TC**
0.125	\$∞	\$0.0206	\$∞
0.150	0.5000	0.0248	0.5248
0.200	0.1667	0.0330	0.1997
0.150	0.1000	0.0413	0.1413
0.300	0.0714	0.0495	0.1209
0.400	**0.0455**	**0.0660**	**0.1115**
0.500	0.0333	0.0825	0.1158
0.600	0.0263	0.0920	0.1253
0.800	0.0185	0.1320	0.1505
1.000	0.0147	0.1650	0.1793

E. OPTIMIZACIÓN DE TERMINAL CON VARIAS ESTACIONES (ATRACADEROS)

Este es el caso común de un terminal portuario con varias estaciones de servicio para atraque de las naves que llegan al puerto, para efectuar las operaciones de carga y descarga; estas estaciones son los atracaderos por tipo de nave; ya sea contenedores, carga general, carga al granel liquida y sólida.

1. Análisis

El análisis introduce otra variable c, que representa el número de atracaderos; su optimización será por lo tanto determinar el óptimo valor de c, para valores establecidos de λ y μ, las razones de llegada y servicio. Se tiene:

$P_{m,n}(t)$: Probabilidad que n naves estén presentes en el terminal y m atracaderos estén ocupados en el tiempo t.

La variable m es un valor íntegro entre 0 y c; se define:

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$$

De la relación matemática de la ecuación (5), se tiene:

$$P_{c,n} = P_{0,0}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{c}\frac{1}{c!}\rho^{n}$$

$$P_{m,0} = P_{0,0}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{m}\frac{1}{m!} \qquad (14)$$

Por lo tanto:

$$P_{0,0} = \frac{1}{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{c}\left(\frac{1}{c!}\right)\left(\frac{1}{1-\rho}\right) + \sum_{0}^{c-1}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{r}\left(\frac{1}{r!}\right)}$$

Donde: $1 \le r \le c$

Se calculan así mismo los parámetros importantes para encontrar los valores óptimos.

2. Parámetros

Para el caso de $\lambda = 0.5$; $\mu = 0.25$ y un terminal de 3 atracaderos; c = 3 se tiene:

a) lm : longitud media de la cola, naves en espera de atracadero para recibir servicio

$$lm = \frac{P_{0,0}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{c+1}}{(c-1)!\left(c-\frac{\lambda}{\mu}\right)^{2}} \qquad (15)$$

$$P_{0,0} = \frac{1}{\left(\frac{0.50}{0.25}\right)^{3}\left(\frac{1}{3!}\right)\left(\frac{1}{1-\frac{2}{3}}\right) + \sum_{0}^{3-1}\left(\frac{0.50}{0.25}\right)^{r}\left(\frac{1}{r!}\right)} = \frac{1}{9} = 0.11$$

$$lm = \frac{0.11\left(\frac{0.50}{0.25}\right)^{3+1}}{(3-1)!\left(3-\frac{0.50}{0.25}\right)^{2}} = 0.89 \text{ naves}$$

b) nm : naves en el terminal, igual a naves en espera más las naves en servicio:

$$nm = lm + \frac{\lambda}{\mu} \tag{16}$$

Para este caso:

$$nm = 0.89 + \frac{0.50}{0.25} = 2.89 \text{ naves}$$

c) wm : Tiempo medio de espera

$$wm = \frac{lm}{\lambda} \tag{17}$$

En este caso:

$$wm = \frac{0.89}{0.50} = 1.78 \text{ horas}$$

d) tm : Tiempo medio en el terminal; es igual al tiempo medio de espera, más el tiempo de servicio.

$$tm = wm + \frac{1}{\mu} \tag{18}$$

$$tm = 1.78 + \frac{1}{0.25} = 5.78 \text{ horas}$$

e) La probabilidad que una nave que llega tenga que esperar es:

$$Pr(w > 0) = \sum P_{c,n} = P_{0,0}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{c} \frac{1}{3!}\left(1 - \frac{2}{3}\right) \tag{19}$$

En este ejemplo:

$$Pr(w > 0) = 0.11\left(\frac{0.50}{0.25}\right)^{3} \frac{1}{3!}\left(1 - \frac{2}{3}\right) = 0.444$$

3. Factor de Costos.

Para este caso como el anterior, se mantiene el principio del costo mínimo de las naves en espera y los atracaderos vacíos; el mismo modo se aplica en la ecuación (10):

$$TC = WC_w + FC_f$$

Pero para este caso esos valores son diferentes, ya que se aplican los parámetros encontrados para varias estaciones de servicio; por lo tanto:

$$TC = C_w lm + C_f\left(c - \frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad (20)$$

Donde: lm es el número medio de naves en espera; y $(c - \frac{\lambda}{\mu})$ representa el número de atracaderos vacíos.

4. Optimización

Para un terminal en particular, si está establecida λ la razón de arribo al terminal y también la razón de servicio μ; la optimización consiste en determinar el optimo número de atracaderos c, en este terminal. Esto es la base para la planificación de un puerto, pero teniendo en cuenta lo siguiente:

a) El cambio en el tráfico futuro al puerto por el desarrollo de su hinterland; que es el crecimiento natural de su producción y consumo, que se traduce en una variación de λ, la razón de arribo de naves al terminal.

b) El mejoramiento o cambios en los sistemas y tecnología de servicio a las naves, que incluye nuevos y mejores equipos, métodos operacionales y una eficiente acción administrativa que incrementará el valor μ, la razón de servicio.

Con estos antecedentes la determinación de la optimización de la ecuación (18), está dada por:

$$\frac{\partial TC}{\partial c} = 0 \qquad (21)$$

Significa que la derivada del costo total TC con respecto al número de atracaderos c, está en su punto de inflexión; es decir igual a 0.

El manipuleo matemático de esta ecuación es muy complicado y está fuera del alcance de este análisis, por lo tanto la resolución de esta ecuación para encontrar el mínimo se realiza en forma iterativa.

5. Caso Típico

Se tiene un terminal con los siguientes parámetros operacionales y se quiere encontrar su número óptimo de atracaderos, c:

Razón media de arribo de naves	λ = 3.35 naves / día
Razón media de servicio a las naves	μ = 1.24 naves / día
Costo medio de nave por día	Cw= $ 2.500/día
Costo medio de muelle por día	Cf= $ 750/día

Se tiene los siguientes valores operacionales:

$$\frac{\lambda}{\mu} = 2.7 \; ; \quad \rho = \frac{2.7}{c}$$

a) Cálculo de $P_{0,0}$, de la ecuación (14):

$$P_{0,0} = \frac{1}{2.7^3 \frac{1}{3!}\left(1 - \frac{2.7}{3}\right) + \sum_{0}^{2} 2.7^r \frac{1}{r!}}$$

Además lm por la ecuación (15):

$$lm = P_{0,0} \frac{(2.7)^4}{2!(3 - 2.7)^2}$$

Para encontrar el número óptimo de atracaderos en este caso, se aplica la ecuación (10); o sea que el costo total de perdidas, ya por naves en espera y por atracaderos vacíos, sea el mínimo posible; ya que tanto las naves como los atracaderos son productivos, mientras se está ejecutando el servicio de carga y descarga.

En este caso $TC = C_w P_{0,0} \frac{(2.7)^4}{2!(3 - 2.7)^2} + C_f(3 - 2.7)$

La diferenciación de esta ecuación con respecto a c, como se indicó anteriormente dará el valor óptimo de c; este cálculo se lo realiza en la tabla siguiente:

TABLA 4
Calculo del Parámetro $P_{0,0}$

c	$(2.7)^c$	1/c!	1-2.7/c	$\Sigma (2.7)^r(1/r!)$	$P_{0,0}$
3	19.683	0.1670	0.100	7.3450	0.130
4	53.154	0.0420	0.325	10.625	0.088
5	143.489	0.0800	0.460	12.839	0.075
6	387.420	0.0014	0.550	13.105	0.074
7	1046.035	0.0002	0.614	13.643	0.073

a) Cálculo de TC:

Una vez calculado $P_{0,0}$, se procede a calcular el costo óptimo o mínimo de las naves en espera y los atracaderos vacíos, en la siguiente tabla y para diferentes valores de c, desde 3 hasta 7.

TABLA 5
CALCULO del Costo Total, TC

c	$P_{0,0}$	$(2.7)^{c+1}$	(c-1)!	$(c-2.7)^2$	Cw.lm	Cf(c-2.7)	TC
3	0.130	53	2	0.09	95.955	225	$96.180
4	0.088	143	6	1.69	3.113	975	4.088
5	**0.075**	**387**	**24**	**3.29**	**572**	**1.725**	**2.297**
6	0.074	1046	120	10.89	148	2.475	2.623
7	0.073	2484	720	18.49	39	3.225	3.264

De los datos de esta tabla, se comprueba que el número óptimo de atracaderos es 5 para un valor TC de $ 2.297; donde el costo de naves en espera es de $ 572 y el de atracaderos vacíos $ 1.725.

A continuación en la Tabla 6, se detallan los valores de los costos óptimos con el objeto de encontrar el comportamiento en forma gráfica de cada uno de estos valores.

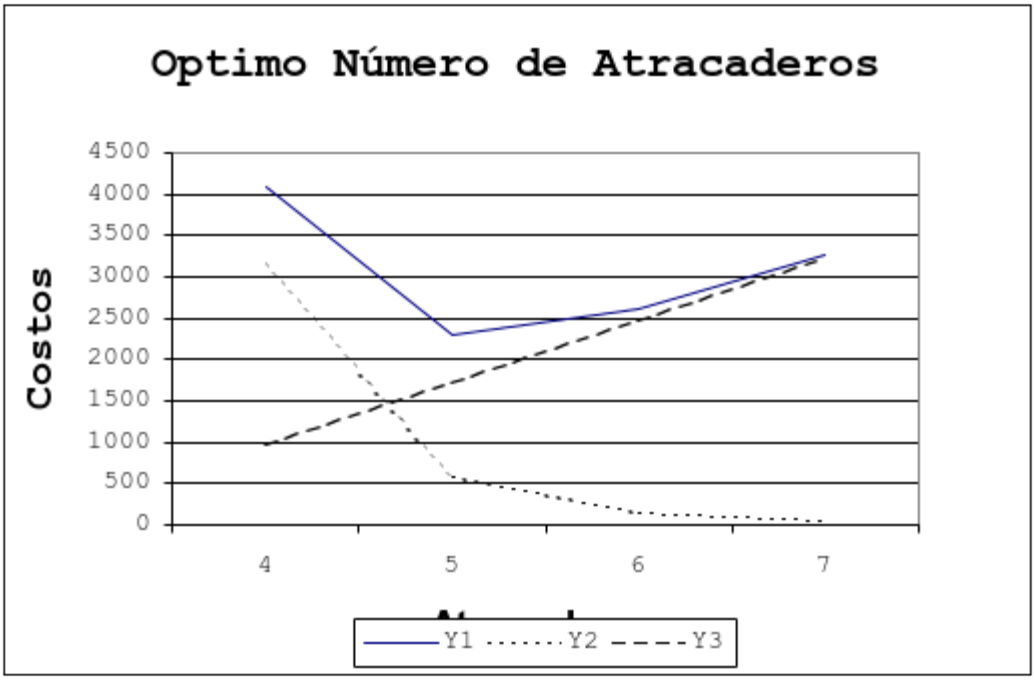
TABLA.6
Comportamiento de los Costos

c	**TC**	**WC_w**	**FC_f**
x	y1	y2	y3
3	$ 96180	$ 95955	$ 225
4	4088	3113	975
5	**2297**	**572**	**1725**
6	2623	148	2475
7	3264	39	3225

Como conclusión, se tiene que para este terminal con tráfico anual de 1233 naves (365 x 3.35), que llegan al terminal solicitando servicio de carga y descarga, el número óptimo de atracaderos es 5; para que las pérdidas por naves en espera y muelles vacíos sea el mínimo.

Los resultados del comportamiento de costo de la Tabla 5-6, se indican a continuación en la Figura 2 en la que se indica el comportamiento del costo aplicable a las naves, el costo aplicable a los atracaderos y el costo total como función del número de atracaderos que tiene a disposición este terminal.

FIGURA 2



4. Porcentaje de Utilización

Este algoritmo que se ha establecido para determinar el óptimo número de atracaderos, es hasta cierto punto empírico; por cuanto en muchos trabajos similares, los planificadores portuarios no utilizan estas herramientas matemáticas y operacionales, sino que aplican valores del porcentaje de utilización de los atracaderos, que no son una medida exacta del óptimo uso de un terminal; son una referencia aproximada que en muchos casos puede dar resultados ligera o apreciablemente equivocados.

El porcentaje de utilización, que se utiliza como parámetro para la determinación del número óptimo de atracaderos, lo fijan alrededor del 60%. Esto quiere decir que si este valor es menos de 60; puede ser 50, 45, etc., se trata de un puerto poco utilizado; hay atracaderos vacíos. Por otro lado, si un puerto tiene un porcentaje más de 60%, puede ser 65, 70, etc., significa que el puerto está sobre utilizado y existe mucha congestión, con castigo para las naves que tendrán que esperar.

El porcentaje de utilización de un puerto no es otra cosa que dividir el número total de horas o fracción de tiempo que los atracaderos están ocupados en un periodo que puede ser un año, para el número total de horas que los atracaderos están disponibles. De los valores anteriores, la relación es la siguiente:

$$\text{Fracción de tiempo que los atracaderos están vación} = c - \frac{\lambda}{\mu}$$

c es la disponibilidad total de los atracaderos.

Con estos valores se calcula el porcentaje de utilización, referidos en la Tabla 5.6; por lo tanto el porcentaje de utilización (PU) será igual a:

$$PU = \left(c - \frac{\lambda}{\mu} \right) \times 100 \qquad (22)$$

De los datos de la Tabla 6 se tiene:
Atracaderos vacíos = c-2.7
Fracción atracaderos vacíos = (c-2.7)/c
Fracción atracaderos ocupados = 1 – (c-2.7)/c
Porcentaje de utilización P.U. = 1-(c-2.7)/c 100

Estos valores se indican en la Tabla 7 a continuación.

TABLA 7
Determinación del Porcentaje de Utilización del Puerto (Pu)

c	c-2.7	(c-2.7)/c	1-(c-2.7)/c	PU (%)	
3	0.3	0.10	0.90	90	
4	1.3	0.32	0.68	68	
5	**2.3**	**0.46**	**0.54**	**54**	**óptimo**
6	3.3	0.55	0.45	45	
7	4.3	0.61	0.39	39	

Como se puede ver el porcentaje de utilización, para este caso es diferente del 60%; y dependiendo de las características del tráfico y de la magnitud del puerto, este porcentaje de utilización sirve como una medida referencial, pero no como un parámetro adecuado y preciso para determinar un programa de planificación de más atracaderos si acaso el tráfico lo requiere.

F. PROYECCIÓN FUTURA

El número óptimo de atracaderos encontrados en el análisis anterior es el **número óptimo actual,** en esta fecha; pero si se va a ser una planificación futura y verdadera, se debe determinar cuantos atracaderos debe disponer un terminal para un período operacional, que puede ser de 15 ó 20 años. Por este motivo, es indispensable determinar una proyección adecuada del comportamiento de tráfico de naves al puerto y los programas del servicio a las naves que determinan la razón de servicio; es decir, se debe conocer la proyección de los valores de λ y μ; o sean las proyecciones de arribo y de servicio.

1. Parámetros Operacionales.

Como ejemplo se analiza el caso para un período de 20 años y sus las proyecciones de **λ y μ.** Con el objeto de presentar esta herramienta técnica se procede como sigue:

Se asume un incremento porcentual anual constante del incremento del trafico **λ del 3.5%,** considerando además que las naves aumentan en tamaño y capacidad de carga; del mismo modo también se considera que los mejores métodos de movilización y manejo de carga en el puerto,

producirán una reducción en la estadía de las naves; por lo tanto aumentando la razón de servicio **μ en 1%** anual.

Los otros parámetros C_w y C_f, se mantienen constantes; es decir se asume que sus valores son unidades de valor constantes (UVC); ya que el poder adquisitivo actual en relación con los proyectados, compensan la inflación futura. De todos modos se puede proyectar estos valores, pero en este caso se mantienen en C_w =$ 2500 y C_f = $250, como se indica a continuación en la Tabla 8.

TABLA 8
Proyección Futura de los Parámetros Operacionales del Puerto

Año	λ	μ	C_w $	C_f $	λ/μ
Actual	3.35	1.24	2500	750	2.70
+5	3.94	1.30	2500	750	3.03
+10	4.52	1.36	2500	750	3.32
+15	5.10	1.43	2500	750	3.57
+20	5.70	1.49	2500	750	3.83

Con los valores aquí indicados, el siguiente paso es calcular el óptimo número de atracaderos para los años 5, 10, 15 y 20; por cuanto solo se conoce para el año actual el valor de c es 5. Con este objeto se procede en forma iterativa, para cada uno de los periodos indicados como sigue a continuación.

2. Parámetros de Cálculo

a) En la Tabla 9 siguiente se presenta el parámetro $P_{0,0}$

TABLA 9
Parámetro Po,o

Año	$P_{0,0}$ Ecuación (14)
5	$1/(3.03)^c(1/c!)(1-3.03/c)+\Sigma(3.03)^r(1/r!)$
10	$1/(3.32)^c(1/c!)(1-3.32/c)+\Sigma(3.32)^r(1/r!)$
15	$1/(3.57)^c(1/c!)(1-3.57/c)+\Sigma(3.57)^r(1/r!)$
20	$1/(3.83)^c(1/c!)(1-3.83/c)+\Sigma(3.83)^r(1/r!)$

b) En la Tabla 10 siguiente se presenta el parámetro TC

TABLA 10
Parámetro TC

Año	TC: Ecuación (20)
5	$C_w.P_{0,0}(3.03)^{c+1}/(c-1)!(c-3.03)^2+ C_f(c-3.03)$
10	$C_w.P_{0,0}(3.32)^{c+1}/(c-1)!(c-3.32)^2+ C_f(c-3.32)$
15	$C_w.P_{0,0}(3.57)^{c+1}/(c-1)!(c-3.57)^2+ C_f(c-3.57)$
20	$C_w.P_{0,0}(3.83)^{c+1}/(c-1)!(c-3.83)^2+ C_f(c-3.83)$

3. Optimización

Con los parámetros determinados, se debe proceder a calcular el óptimo número de atracaderos para los años 5, 10, 15 y 20 como se indica a continuación; utilizando valores de c, el numero de atracaderos desde 5,que es el óptimo actual.

a) Año 5. Para este año se calcula primero el valor Po,o en la Tabla 11 a continuación usando la ecuación (14).

TABLA 11
Calculo $P_{0,0}$ (Año 5)

C	$(3.03)^c$	1/c!	1-(3.03/c)	$\Sigma(3.03)^r(1/r!)$	$P_{0,0}$
5	255	0.008300	0.394	16.77	0.0568
6	774	0.001390	0.495	18.90	0.0515
7	2.348	0.000200	0.567	19.97	0.0494
8	7.105	0.000025	0.621	20.44	0.0487

Conociendo el valor de Po,o; se puede calcular el valor de TC de la ecuación (10) en la Tabla 12 a continuación.

TABLA 12
Calculo TC (Año 5)

C	$P_{0,0}$	$(3.03)^{c+1}$	(C-1)!	$(C-3.03)^2$	C_w.lm	$C_f(c-3.03)$	TC
5	0.0568	774	24	3.88	$ 1180	$ 1477	2657
6	**0.0515**	**2.348**	**120**	**8.82**	**286**	**2227**	**2513**
7	0.0494	7.105	720	15.76	77	2977	3054
8	0.0487	21.528	5040	24.70	21	3727	3748

Como se partió del valor c de 5 que es el óptimo en el año actual; por lo tanto c igual 6 es el óptimo para el año 5, por ser el menor valor de TC; se tiene por lo tanto los valores óptimos de costos.

Año 5

C_w.lm : $ 286

C_f(c-2.82) : $ 2227
TC : $ 2513
Optimo c : 6

b) Año 10. Se calculan los valores de $P_{0,0}$ en la Tabla 13

TABLA 13
Calculo Po,o (Año 10)

C	$(3.32)^c$	1/c!	1-(3.32/c)	$\Sigma(3.32)^r(1/r!)$	$P_{0,0}$
5	391.4	0.008300	0.340	20.676	0.0459
6	645.8	0.001300	0.450	23.937	0.0405
7	1898.6	0.000200	0.529	25.731	0.0382
8	5581.9	0.000025	0.586	26.576	0.0373

En la Tabla 14 a continuación se calcula TC para el año 10

TABLA 14
Calculo TC (Año 10)

C	$P_{0,0}$	$(3.32)^{c+1}$	(C-1)!	$(C-3.32)^2$	C_w.lm	Cf(c-3.32)	TC
5	0.0459	1291.5	24	2.89	2137	1275	3412
6	**0.0405**	**4261.8**	**120**	**7.29**	**493**	**2025**	**2518**
7	0.0382	14064.1	720	13.69	136	2775	2911
8	0.0373	46411.5	5040	22.09	39	3525	3564

Se tiene por lo tanto que el óptimo c para el año 10 también es 6, por ser otra vez el menor valor de TC; se tiene por lo tanto los valores óptimos de costos.
Año 10
C_w.lm : $ 493
C_f(c-3.32) : $; 2025 y
TC : $ 2518
Optimo c : 6

c) Año 15. Se calculan los valores de $P_{0,0}$ en la Tabla 15.

TABLA 15
Calculo $P_{0,0}$ (Año 15)

C	$(3,57)^c$	1/c!	1-(3.57/c)	$\Sigma(3.57)^r(1/r!)$	$P_{0,0}$
5	579.9	0.008300	0.286	25.294	0.0375
6	2070.2	0.001300	0.405	30.126	0.0320
7	7390.6	0.000200	0.490	33.001	0.0296
8	26384.3	0.000025	0.554	34.468	0.0287

En la Tabla 16 a continuación, se calcula TC para el año 15

TABLA 16
Calculo TC (año 15)

C	$P_{0,0}$	$(3,57)^{c+1}$	(C-1)!	$(C-3.57)^2$	C_w.lm	C_f(C-3.57)	TC
5	0.0395	2070.2	24	2.04	$ 3964	1073	5037
6	**0.0320**	**7390.6**	**120**	**5.90**	**835**	**1823**	**2638**
7	0.0296	26384.3	720	11.76	231	2573	2804
8	0.0289	94191.9	5040	19.76	68	3323	3391

También se tiene que también en el año 15; el número de estaciones óptimas sigue siendo 6; estos valores son:

Año 15
C_w.lm : $ 835
C_f(c-3.57) : $ 1823; y
TC : $ 2638
Optimo c : 6

d) Año 20. Se calcula el valor de Po,o. en la Tabla 17.

TABLA 17
Calculo $P_{0,0}$ (año 20)

C	$(3,83)^c$	1/c!	1-(3.83/c)	$\Sigma(3.83)^r(1/r!)$	$P_{0,0}$
5	824.1	0.008300	0.234	30.49	0.0312
6	3156	0.001300	0.361	37.36	0.0257
7	12089	0.000200	0.453	41.75	0.0233
8	46301	0.000025	0.521	44.14	0.0223

En la Tabla 18 a continuación, se calcula TC para el año 20

TABLA 18
Calculo TC (año 20)

C	$P_{0,0}$	$(3,83)^{c+1}$	(C-1)!	$(C-3.83)^2$	C_w.lm	C_f(C-3.83)	TC
5	0.0312	3156	24	1.369	$ 7492	878	8370
6	0.0257	12089	120	4.709	1374	1628	3002
7	**0.0233**	**46301**	**720**	**10.049**	**373**	**2378**	**2751**
8	0.0223	177333	5040	17.389	112	3128	3240

Se tiene que para el año 20; el número óptimo de estaciones es 7; estos valores son:

Año 15
C_w.lm : $ 373
C_f(c-3.57) : $ 2378; y
TC : $ 2751
Optimo c : 7

3. Resultado

Una vez encontrado el número optimo de atracaderos para las condiciones actuales y las proyecciones para los años específicos: 5, 10, 15 y 20; se tiene que definir las condiciones de esta optimización; es decir un proyecto que se inicia, debe ser valido para un período de 20 años o puede ser menos; pero no se puede estar construyendo cada vez que se determine cual es el óptimo en las condiciones actuales del tráfico de naves.

Si se inicia la construcción de un número de atracaderos o estaciones de servicio, los valores encontrados por las proyecciones sirven para definir lo siguiente:

Cuantos atracaderos se deben construir hoy, para que el proyecto sea lo más optimo en este caso en los próximos 20 años; de acuerdo al análisis del lugar y las condiciones óptimas se determinó el tiempo de duración del proyecto.

En este caso se tienen 20 años y se encontró lo siguiente:

Año	No. óptimo de Atracaderos
Actual	5
5	6
10	6
15	6
20	7

La pregunta resultante es: ¿si se conocen esas proyecciones, cuantos atracaderos se construyen hoy: 5, 6 o 7?. Para resolver esta pregunta se tiene que determinar como se comportaría el terminal, si durante este lapso de 20 años; si hoy se construyen: 5, 6 o 7 atracaderos.

Esta optimización final se encuentra en la Tabla 19, donde se presenta la suma de los **costos totales óptimos (Tc)** bajo estas diferentes circunstancias.

TABLA 19
Suma del Costo Total TC en Periodo de 20 Años

c	Actual	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20	Suma Total En 20 años
5	$ 2297	$ 2657	$ 3412	$ 5037	$ 8370	$ 21773
6	**2623**	**2513**	**2518**	**2638**	**3002**	**13294**
7	3264	3054	2911	2804	2751	14784

En esta tabla se encuentra que: el **menor valor de las perdidas** totales en estos años es de $ 13.294, con un valor de c igual a: 6, el numero optimo de atracaderos para todo el periodo de 20 años. Es decir que, este número de atracaderos igual a 6, sería la optimización total y definitiva para la duración del proyecto hasta un periodo de 20 años a partir de la fecha actual.

4. Conclusiones

Con los resultados obtenidos, se puede comprobar que los algoritmos definidos son concretos y reales y no se usan aproximaciones, como generalmente se lo presenta en manuales, textos o escritos, utilizando aproximaciones y criterios personales del porcentaje de utilización de los atracaderos; que no es otra cosa que una aproximación totalmente empírica de algo que puede ser bien definido, usando esta poderosa herramienta de "las líneas de espera"; que proporciona la investigación de operaciones y los cálculos matemáticos.

E. DIMENSIONAMIENTO DE ATRACADEROS

La planificación del terminal es un proceso completo que se realiza como consecuencia del tamaño del puerto; es decir del número de atracaderos. El dimensionamiento o longitud de cada uno de los atracaderos, se realiza de acuerdo a las características especificas operativas del terminal en particular; sin embargo, existen estándares o valores aproximados que sirven de guía para dimensionar los elementos que integran el terminal; ya sea de cada uno de los atracaderos, de las instalaciones y de los equipos que van a operar en un terminal.

1. Valores Estándar de la Longitud.

Para un terminal de contenedores de acuerdo a las características de las naves actuales que llegen, se han establecido ciertos estándares de dimensionamiento, que deben tomarse en cuenta en la planificación y diseño del terminal en particular. Por ejemplo, la longitud de atracadero estándar es de 180 metros; que corresponde para una nave de 150 metros de eslora, la longitud del atracadero es por lo tanto igual a la eslora de la nave típica que recibe el terminal más un 20% para efectuar las maniobras de atraque y desatraque.

En lo que corresponde al ancho del terminal, los valores son de: 300 m, de tal forma que un atracadero para una nave de 1.500 TEUs, tendrá una longitud de 200 m. y de ancho 300 metros.

Este procedimiento se utiliza cuando el terminal portuario se lo planifica para un determinado y especifico tipo se nave; pero no es el caso cuando se trata de un terminal que debe dar servicio a todos los tipos de naves que llegan a un terminal del comercio marítimo mundial. En este caso se usa el procedimiento analítico que sigue.

2. Valores Reales de la Longitud.

Para un terminal portuario internacional, los valores analíticos reales se encuentran de la siguiente forma:

a) De las estadísticas de las naves que arriban al terminal analizando, se determinará la distribución de la eslora de las naves que llegan al terminal y su proyección año tras año, en rangos de eslora de 10 metros. Esto generará un espectro parecido al arribo de naves de la Figura 1.

b) Usando técnicas de la estadista, se calcula el valor termino medio (μ) y el desvió estándar ( ) de esta distribución y su proyección en el año que se determino corresponde al óptimo número de atracaderos de la sección anterior.

c) Del valor medio calculado, por ejemplo 135 metros, con el desvió estándar que puede ser aproximadamente 10 metros; se determina la zona aceptable, será igual al valor termino medio más dos desviaciones estándar, 20 metros; que será aproximadamente igual a 155 metros; esta será la eslora del diseño; y más el 20% para las maniobras de amarre, se tiene un atracadero de 190 metros.

3. Consideraciones del Análisis.

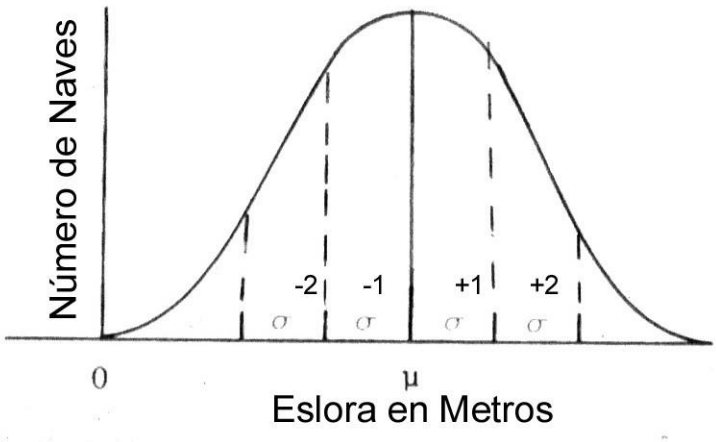
Este procedimiento es producto del análisis estadístico real del tráfico a este terminal, por cuanto clasifica a los diferentes tipos y tamaños de naves que llegan a este terminal en particular, de la siguiente forma:

a) Del valor medio menos y más una desviación estándar, son las esloras de las naves típicas que llegan al terminal. En este caso desde 125 hasta 145 metros.
b) Entre más una y dos desviaciones estándar del valor medio, son las esloras de las naves grandes que llegan al terminal, desde 145 hasta 155 metros
c) Así mismo, más tres desviaciones estándar son las esloras de las naves más significativas que pueden llegar al terminal; hasta 165 metros. Las naves con mayor eslora que esta última serán pocas; y que el terminal no pueda diseñarse exclusivamente para ellas.
d) En lo que se refiere al calado, se lo determinará de acuerdo a la eslora de la nave de diseño, por cuanto el caldo de las naves es un valor casi constante en referencia a la eslora. La determinación del calado de diseño tiene que ver con la profundidad del canal de acceso al terminal y en la zona de los atracaderos, por el costo del dragado de mantenimiento de su bahía y canal.

En la Figura 8 a continuación, se presenta un diagrama de una distribución de las esloras que llegan a un terminal hipotético, y las diferentes zonas de los tipos de naves.

FIGURA 8

Distribución de Esloras
y Zonas de Tipos de Naves



H. INSTALACIONES Y EQUIPOS

El elemento fundamental en la planificación de un terminal portuario, constituye su sistema de atracaderos, cuya planificación y proyección ha sido analizada; pero luego que se ha determinado el óptimo número de atracaderos con sus características y dimensiones, es de vital importancia también determinar las características operativas y especificas de todas las otras instalaciones y del equipamiento de ese terminal.

1. Instalaciones Complementarias y de Almacenamiento de carga

Teóricamente la carga ya sea al granel, liquida, sólida, la carga general o en contenedores debe llegar al puerto e inmediatamente salir a su destino, de igual forma para su exportación; pero este no es el caso y mucha mercadería y contenedores llenos o vacíos permanecen en el terminal; ya sea esperando los trámites aduaneros para la salida, vehículos disponibles para su transportación o simplemente sus dueños toman al puerto como un lugar de almacenamiento; lo que constituye una mala práctica.

Por lo tanto las áreas de almacenamiento de carga y contenedores sean cubiertas o al aire libre; deben ser hechas en base de las estadísticas del tiempo y del espacio medio que ocupan por peso o volumen; incluyendo en este caso las unidades, los contenedores llenos o vacíos; de esta forma usando un proceso estándar similar al cálculo de la eslora, se podrá calcular los espacios requeridos incluyendo áreas de recepción, áreas de entrega y zonas de control.

Las instalaciones portuarias que complementan al sistema de atracaderos, están integradas por una cantidad de elementos importantes, que tienen que ser dimensionados y planificados en relación con el número de atracaderos determinado como óptimo. Estos elementos son los siguientes:

- Rampas para carga roll-on roll-off.
- Patios para de contenedores, incluyendo: áreas con tomas de poder para contenedores refrigerados, áreas para cabezales roll-on roll-off, etc.
- Patios abiertos para almacenamiento de carga que puede soportar la intemperie.
- Bodegas cerradas para el almacenamiento de carga suelta y para consolidación y desconsolidación de carga unitizada (en contenedores).
- Áreas de trabajo para el manejo temporal y clasificación de carga.
- Patios para la recepción y entrega de carga de importación y exportación.
- Patios para comprobación y control a la entrada y la salida.
- Zonas de estacionamiento para vehículos de transporte intermodal
- Áreas y edificios para oficinas administrativas, talleres de mantenimiento y zonas de control de peso de vehículos al sistema vial al interior del país
- Áreas segregadas para el almacenamiento y control de cargas peligrosas; y
- Zonas para desarrollo industrial y zonas libres

2. Equipos

Los equipos que el terminal necesita para sus operaciones se dividen en las siguientes tipos::

a) Grúas porta contenedores y montacargas para movilización y almacenamiento de contenedores.
b) Equipos para cargar y descargar las naves mediante sistema de arreada e izada de carga.
c) Equipos para cargar y descargar, usando procedimientos Roll-on Roll-off; es decir sistemas de cabezales sobre ruedas.
d) Equipos para movilizar y almacenar la carga en bodegas de almacenamiento.
e) Equipos para recepción y entrega de mercadería que entra y sale en camiones o trenes.

A más de todas estas instalaciones y equipos descritos, el terminal deberá tener los métodos informáticos adecuados para la debida administración y control del terminal y el uso de equipos; incluyendo, sistemas informáticos de operación automática en la entrega y recepción de la carga.

Los equipos fueron identificados por su gestión en el puerto y conociendo el rendimiento otorgado por el fabricante, se determinará el número de unidades para cada equipo. Entre estos equipos se pueden considerar los siguientes:

a) Grúas corredizas que sirven para movilizar contenedores desde y a las naves con tamaño máximo "Post – Panamax", con capacidad para contenedores de 40 pies con un alcance máximo del delantal del muelle de 33 m. y una altura bajo el "spreader" de más de 25 m. Estas grúas son además propulsadas generalmente con su propio motor diesel.

b) Grúas Multipropósito: Son de alta capacidad para movilizar contenedores de hasta 40 pies con un alcance máximo del delantal del muelle de 31 m., capaz de movilizar contenedores en 13 filas en buques Panamax.

c) Grúas convencionales: Para movilizar cargas de hasta 15 toneladas que sirven para carga general, bobinas de acero, etc.

d) Grúas móviles: Van montadas en un vehículo y son instaladas en soportes, previa cada operación de carga y descarga. Pueden ser usadas para movilizar carga general, bobina de hierro, etc.

6. Equipos Auxiliares

Entre los quipos varios que se usan en un puerto se integran los trailers de plataforma baja, de plataforma normal y de plataforma hidráulica; estos sirven para movilizar contenedores y carga suelta de acuerdo a los requerimientos.

Además de las plataformas, se tienen equipos auxiliares para entrega y recepción de carga incluyendo tractores de arrastre, tractores de horquilla, etc.

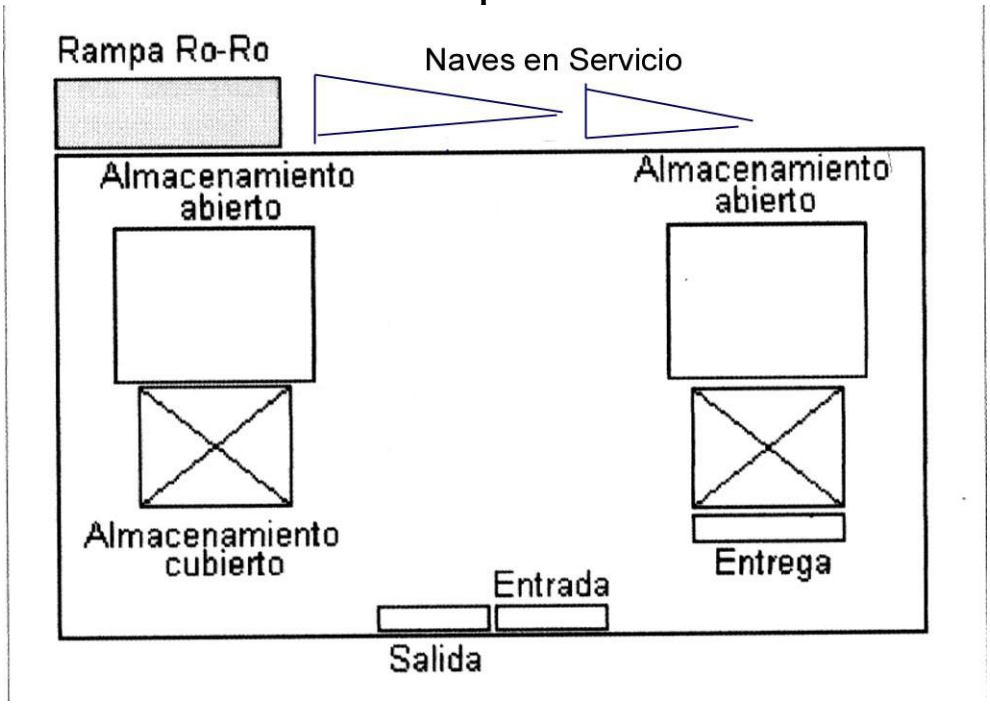
Es importante anotar que en cada puerto se debe establecer las normas o metodología de determinación de los equipos requeridos y la cuantificación de estos en base a las del terminal, por cuanto todos estos equipos son extremadamente caros y los que se quiere es que no haya exceso de equipos o que haya escasez y los consiguientes embotellamientos en las operaciones o cuellos de botella por la carencia de estos.

En el caso de un terminal de carga al granel, de planificaran los sistemas de carga o descarga del tipo de carga; sea esta sólida, liquida, granos e incluso petróleo y sus derivados

7. Instalaciones Varias

Entre las instalaciones varias en un terminal se tienen las áreas de oficinas, las áreas de trámite, las áreas de usuarios, las áreas de operadores, incluyendo además las áreas de mantenimiento de equipos y de suministros. En la Figura 4 se presenta el diagrama de un terminal portuario típico.

FIGURA 4
Terminal Típico de Contenedores



XIX CONGRESO PARAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA

Preparación y Contratación de Marinos Cubanos. Tendencias y Oportunidades.

Autores

Cap. Timochenko Fernández Maillo.

Capitán de La Marina Mercante de Cuba.
Consultor Marítimo del Ministerio del Transporte de Cuba.
Profesor Adjunto del Centro de Formación y Preparación Marítima de Cuba.

Lic. María Eugenia Viera de Hoyos.
Psicóloga e Investigadora.
Especialista Principal de la Agencia Selecmar Ship Management.
Profesora Adjunta del Centro de Formación y Preparación Marítima de Cuba.

I. Cronología de los principales sucesos de la Contratación de Marinos Cubanos

Siglo XVII.

Se crea la Armada de Barlovento.

Siglo XIX.

Comienza la formación marítima en Cuba.

Siglo XX.

1916 Se crea la Academia Naval de Cuba.
1924 La Empresa de Vapores Munson S. S Lines tenía establecida dos líneas marítimas fijas semanales, una Nueva Orleáns-Habana y otra New York-Habana. Además, tenían dos líneas quincenales cuyos itinerarios eran Baltimore, Mobile, Alabama, La Habana.
1930 Las compañías United Fruti, Standard Fruti, Ward Line y Grace Lines operaban semanalmente con tráficos procedentes igualmente de los Estados Unidos.
Funcionaba el Ferry Cayo Hueso y la línea de pasaje y carga entre La Habana y Miami con los vapores Florida y Cuba, también de propiedad norteamericana.
1929 Se crea el Centro Náutico de Cuba. Hoy Centro de Formación de Marinos Aracelio Iglesias.
Hasta el año 1958 Los Navieros Norteamericanos controlaban los negocios de las actividades marítimas y portuarias en La Habana, desplazando los intereses de los navieros españoles. Ocasionalmente había tráfico de buques alemanes, ingleses, belgas y de otras nacionalidades.
1959 Los buques existentes hasta entonces eran operados por compañías de intereses foráneos. Ej: Naviera NAVA, VACUBA, Golfo Cuba, DALPHA.
Se crea el Departamento de Fomento Marítimo Cubano bajo la Dirección del Capitán de Corbeta Andrés González Lines.
1961 Se funda la Empresa de Navegación Mambisa de Cuba, para ejercer las funciones de Marina Mercante Estatal.
En este año es construido en Alemania RDA el buque insignia de la Marina Mercante Cubana llamado Sierra Maestra.

1962 Llega a Cuba el buque carguero Sierra Maestra. 1er buque adquirido por la naciente Marina Mercante.

1966 Cuba se incorpora como país miembro de la OMI.

1970 Se incorporaron los primeros banqueros de gran porte a nuestra flota.

1973 Se incorporan los dos primeros buques escuela de nuestra Marina Mercante.

1975 Se incorporan los primeros buques graneleros de gran porte.

Durantes estos años se incorporaron buques de procedentes de España, URSS, Polonia, RDA, y Suecia a la Flota Nacional.

En este año existían 53 buques procedentes de países socialistas con un Tonelaje de Peso Muerto de 571 086. La tasa de crecimiento Anual de 1958 a 1975 fue de 14,4%. El resto de los buques proceden de países capitalistas. (50)

1987 Se crea la entidad para los Servicios Médicos Marítimos.

1993 Creación de Guincho Crewing Agency para la contratación de tripulantes en navieras extranjeras.

1995 Entra en vigor el Código de Formación, Titulación y Guardia.

1995 Comienzan a llegar a puertos cubanos los primeros buques cruceros con la compañía Costa. Buque Costa Playa. Nacionalidad Italiana.

1995 Creación de Selecmar con el objetivo de contratar personal para trabajar a bordo de buques cruceros.

1996 Inauguración de la Terminal de Cruceros de La Habana.

1997 Creación de Antares. (Asociación de Navieras de Cuba) que incluía las Agencias Agemarca y Guincho. Dentro del Ministerio de la Pesca.

1999 Comienza a operar el buque crucero Riviera 1.

Siglo XXI

2000. Ocurren cambios estratégicos en la actividad de contratación de personal para cruceros.

2001 Certificación de la calidad. Normas ISO 9000 de las Agencias de Contratación Guincho y Selecmar.

2001 Por decisiones estratégicas la Asociación Antares retorna al Mitrans.

2002 Se certifica la Academia Naval con las Normas ISO 9001-95

2002 Se certifica la Academia Naval con las Normas ISO 9001-95.

2002 Creación del Grupo de Negocios y Análisis Estratégico de Selecmar.

Febrero 2003 Comienzan las actividades de Crew Management and Ship Management.
Agosto 2003 Firma del Acuerdo Selecmar-Kanapé Marine) Cuba- Alemania.
Enero 2004 Elaboración de las estrategias de contratación de marinos 2004-2010.
Marzo 2004 Delegación de altos funcionarios de la actividad de contratación de tripulantes presentan estrategias 2005-2010 en Europa, Brasil, Argentina, Ecuador.
Marzo-Mayo 2004 Delegación cubana visita Brasil, Argentina para evaluar los temas de contratación de tripulantes, con representación de la Cámara de Comercio y el Ministerio de Comercio Exterior.
Abril 2004 Firma del Acuerdo Selecmar- Cubatecnica para la contratación de Especialistas Marítimos y portuarios.
Septiembre 2004. Celebración del 1er Evento Internacional Cuba Manning and Training.
Octubre 2004 El buque crucero Holiday Dreams comienza el Puerto Madre en el Puerto de La Habana.
Diciembre 2004 Record de Contratación de 1500 marinos a bordo de buques de Navieras Extranjeras.
Enero 2005 Fusión de las Agencias de Contratación Selecmar-Guincho.
Febrero 2005. Acuerdos Selecmar-Kapar (Chipre-Cuba)

II. Acerca de la historia de la contratación de marinos

Los primeros colonizadores que llegaron a Cuba, a finales del siglo XV, encontraron toda una comunidad de indígenas que desarrollaban un grupo de actividades para garantizar su subsistencia y la de su colectividad. Sin dudas una de estas actividades, vinculadas al mar, la constituía la pesca, para la cual estaban destinados un grupo de hombres fuertes y ágiles, que llegaron a especializarse en la misma.

Para muchos, quizás, no resulte relevante iniciar la leyenda desde el referido siglo, pero para otros, como es nuestro caso, si. Y el hecho es que, a partir del arribo a tierras cubanas de aquella flota de conquistadores procedentes del Viejo Mundo, “vapuleada por un océano desmesurado y por las urgencias audaces y codiciosas” de sus tripulantes, se producía inevitablemente, una mezcla de razas y culturas que provocarían cambios irreversibles en nuestra historia, y que, con el tiempo, dieron origen a nuestra nacionalidad.

Siguiendo la línea que constituye nuestro interés en la presente ponencia: la identidad y tradición del marino cubano, resulta importante mencionar una serie de hechos e incluso alguna que otra leyenda, enmarcados en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX, que constituyeron, sin dudas, los antecedentes del surgimiento de nuestros hombres de mar.

A finales del siglo XVI, se destaca la participación del "criollo", que más tarde se nacionalizaría cubano, en la actividad del "corso", siendo sus protagonistas los llamados corsarios, quienes se dedicaron a atesorar las mayores riquezas para la corona. Y fue precisamente en esta actividad que se fueron gestando los primeros marinos en la Isla.

Complementando estas acciones, en aquel entonces, se inicia el comercio con otras colonias españolas e inglesas del área; la actividad del contrabando, en la que se unían criollos y españoles; y se retoma también la pesca artesanal.

En la segunda década del siglo XVII, aparece la Industria Naval en Cuba, cuyos antecedentes datan de la firma de un contrato para la construcción de balajes en la Habana, firmado en 1622 por la Junta de Guerra de la corona española con Don Diego Ferrera, uno de los Armadores más importantes de su época, pero no es hasta un siglo después, en 1724, que se realiza, con el lanzamiento del navío "San Juan", la apertura oficial del Astillero y Arsenal de la Habana, reconocido como el primero de su tipo en América.

A partir de aquí se fabricaron embarcaciones de variado porte, producción que fue frustrada por decisiones de la metrópoli, siendo el "Cristóbal Colón" el último buque lanzado al mar en 1852. Hasta 1861, la flota pesquera de la Habana se componía de 48 barcos viveros para la pesca, de 6 u 8 tripulantes y 130 embarcaciones menores. Otros 20 barcos de escaso porte operaban en los puertos de Matanzas y Casilda.

Durante esta etapa se generaron fuentes de empleos para muchas personas, que se acogieron a la vida del mar, y llegaron a convertirse en las tripulaciones de pescadores de aquella época.

En el siglo XX, se inicia la etapa de la pseudo república en nuestro país y se producen cambios en la vida de los hombres del mar.

Comienzan a navegar las primeras goletas para el cabotaje y para la pesca en aguas mexicanas, introduciéndose la captura del camarón, y desarrollándose la de la langosta, se inicia también de manera incipiente el desarrollo de la marina mercante; se oficializa la marina de guerra y la Cátedra Náutica, creada ya desde la época de la colonia, continua accesible para la preparación de oficiales miembros de la "élite social", por lo que la gran mayoría tenía que continuar su preparación aprendiendo de las experiencias

que le reservaba la vida a bordo. Dicha Cátedra fue adscripta, mediante un decreto, a la Academia Naval en 1929, constituyéndose de esta forma la Escuela Náutica para la marina mercante.

Durante toda esta época, la vida del marino cubano era muy difícil, dadas las deshumanizadas condiciones de vida existentes y los nada merecidos salarios que percibían por su esfuerzo.

Ser marino en aquella época también tenía sus implicaciones sociales, eran vistos como hombres rudos vinculados al alcohol, las mujeres, el contrabando, el peligro, el hambre, y las guerras.

Además de algunas realidades, esta mirada y prejuicios sociales estaban claramente permeados por las leyendas antiguas de corsarios y piratas. Y una de las más legendarias la constituye la de Diego Grillo (siglo XVI), considerado el primer pirata cubano y titulado el "ladrón de los mares", quien llegó a recibir los honores de la corte inglesa por sus innumerables contribuciones a la corona.

No obstante, en el micro mundo de aquellos hombres, se transmitía a los más jóvenes, las más arraigadas costumbres del marino, inculcando en ellos el amor a sus naves, al punto de llegar a considerarlas su casa.

Con el triunfo de la Revolución Cubana en el año 1959, las condiciones de vida y de trabajo del marino comenzaron a cambiar, a partir de las múltiples acciones a favor de humanizarlas, incluyendo la industrialización del sector.

Se produjo un considerable incremento de la construcción naval, ocurriendo el 7 de Enero de 1960 el lanzamiento de la primera embarcación en el Puerto de Manzanillo, denominada "Sigma", con 10 metros de eslora y motor 35 hp. No obstante, aunque los buques de la marina mercante y de pesca de altura se adquirían en el exterior, los cubanos encontraron soluciones competentes para conformar sus propias flotas de pesca de plataforma y de altura para la transportación de carga, el cabotaje y otras.

La preparación y formación de los marinos fue una de las direcciones fundamentales que siguió la Revolución, ofreciendo la posibilidad de obtener estudios en la Academia Naval abierta, ahora, para el pueblo, sin discriminación de raza o nivel social, iniciándose, paralelamente un proceso de certificación y homologación a nivel internacional (OMI) del marino.

Otras líneas de trabajo priorizada, que constituyeron verdaderas escuelas para nuestros hombres de mar, han sido la defensa de la patria y la práctica del internacionalismo.

Si bien en el siglo XVII se crea la llamada Armada de Barlovento, con la misión de defender a la flota existente contra el ataque de corsarios y piratas, y, en siglo XIX nuestros marinos conformaron las tripulaciones de los buques que participaron en las guerras mundiales, ahora se hace vital defender a la naciente revolución cubana y las prácticas internacionalistas.

Referente a la práctica del internacionalismo, puede citarse un ejemplo muy particular que marcó además una pauta en la tradición del marino cubano. A finales de la década del 70 se produce el primer enrolo de tripulantes cubanos (bajo los principios de la colaboración internacionalista), en buques de bandera extranjera, en este caso de Libia, lo cual les permitió aprender de la convivencia con otras culturas, y tradiciones.

Ya en la década de los 80 Cuba poseía una flota nacional de más de 140 buques lo que permitía tener empleados a más de 5000 marinos debidamente calificados y preparados para enfrentar las altas exigencias en estas funciones, llegando a ocupar el 5to lugar como suministrador de personal subalterno, y el 4to en suministro de oficialidad con relación al resto de los países del área.

Por esta época, las demandas de contratación de marinos estaban satisfechas por las navieras nacionales.

Con la caída del campo socialista en la década del 90 nuestra flota algo envejecida comenzó progresivamente a deteriorarse, por falta de financiamiento, reparaciones e imposibilidad de cumplir el ciclo de mantenimiento de los buques, razón por la cual más de 4000 tripulantes quedaron sin empleo o subempleados y muchos de ellos pensaron en buscar nuevas alternativas de trabajo con el pesar de dejar atrás una ocupación milenaria.

A partir de este momento, en el año 1995, surge la necesidad de emplear a los marinos disponibles y competentes. Comienza aquí también una nueva etapa en la vida del marino a bordo, con la exigencia de nuevas formas de comunicación y costumbres: la contratación con armadores extranjeros.

En función de enfrentar este reto, entre los años 1993-1995, se crean las Agencias de Comercialización y Contratación de tripulantes para trabajar a bordo de buques extranjeros, las que comenzaron un proceso de reorganización y certificación para ofrecer a los clientes un servicio de excelencia, comenzando en el oficio de reclutamiento, selección, formación y evaluación pre y post enrolo.

Demostrando una gran flexibilidad, nuestros marinos enfrentaron esta nueva etapa, reorientándose inmediatamente al aprendizaje de idiomas, y asumiendo las

consecuencias que la misma traería en el orden de la realización y la satisfacción profesional y laboral.

A partir del año 1996 la contratación de tripulantes cubanos en buques de diferentes pabellones ha crecido sustancialmente por años, el tiempo que media entre la solicitud y la entrega del marino al cliente no excede las 48 horas como promedio, por cada pedido se entregan 3 candidatos para que el solicitante analice el currículo al detalle, los procesos de mejora sostenida a partir de la implementación de los sistemas de gestión de calidad han favorecido la organización y planificación del trabajo.

En la actualidad las Agencias reflexionan con relación a su estructura y funcionamiento, el trabajo en equipos flexibles y la estructura aplanada caracterizan en línea general la actividad, se mantiene por debajo del 4% la interrupción de los contratos, la contabilidad está certificada y el análisis de mercado es permanente.

Al mismo tiempo se trabaja en la automatización de los sistemas de modo tal que los clientes puedan tener acceso a la base de datos de los marinos cubanos con el nivel de detalle que requieren.

De 5 principales clientes en el año 1996, hoy podemos hablar de más 40 y de ellos podemos distinguir como los clientes que más han solicitado nuestra nacionalidad a bordo a las compañías Trimar Boluda, IMS, Pullmantur, entre otras.

Por ubicación geográfica los países que más solicitan tripulantes cubanos son: España ocupa el 1er lugar seguida por Italia y Grecia. Una vez que se elimine el bloqueo a Cuba esta actividad crecerá indiscutiblemente por nuestra condición de Isla, interés de los turistas de todo el mundo de visitar Cuba y porque si observamos los itinerarios actuales de los buques que navegan por nuestra región más del 90 % bordean nuestros mares.

A mediados del pasado año la cifra de tripulantes a bordo se incrementó a 600, hoy existe la expectativa de cierre en diciembre de más de 2000 tripulantes, según pronósticos.

Hasta aquí hemos reflejado la historia de como se gestaron y evolucionaron nuestros marinos, tratando de no obviar en ella, los hechos más relevantes, que, hasta la actualidad, dieron origen a su identidad, que aun fomentan una cultura y refuerzan una tradición que hace posible insertar al tripulante cubano en el crewing internacional.

III. Preparación y Formación de los marinos en Cuba

La formación marítima en Cuba se remonta al siglo XIX. En 1916 por decreto presidencial se crea la Academia Naval y se comienza a desarrollar el cuerpo normativo de la institución.

En 1929 igualmente por decreto presidencial, la Escuela de Náutica anexa al Instituto de la Habana se incorpora a la Academia Naval y en 1930 se Promulga el Reglamento del funcionamiento de la Escuela de Náutica.

En 1972 se adopta en Cuba el Convenio 53 de 1936 de la Organización Internacional del Trabajo, primera normativa internacional antes de la creación de la Organización Marítima Internacional, sobre el mínimo de capacidad profesional de los Capitanes y Oficiales de la Marina Mercante correspondiendo a la Academia Naval la implementación de este.

Cuba es miembro de la Organización Marítima Internacional desde el año 1966, al ponerse en vigor el Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la gente de Mar en 1978. Al adoptarse las enmiendas de 1995 que constituyeron un vuelco para la formación marítima al asumirse un nuevo enfoque en esta enseñanza con la entrada en vigor del Código de Formación, la Academia Naval formó parte del grupo interministerial que trabajó para implantar el Convenio de Formación en Cuba.

El Ministerio de Educación Superior reconoce en 1977 a la Academia Naval como un centro de nivel superior, perfeccionándose desde entonces los reglamentos y manuales, el proceso docente educativo y el desarrollo científico técnico de la Institución.

Desde 1960 hasta el 2004 la Academia Naval ha graduado en cursos de formación regular 4550 oficiales en las siguientes especialidades:

Cubierta	1921
Máquina	1932
Electroradioelectrónica	402
Electricidad	295

En igual fecha se han expedido las siguientes cantidades de títulos profesionales marítimos:

Capitán	1785
Primer Oficial de Puente	1425
Oficial de Puente	2984
Capitán de AB inferior a 500	3489
Jefe de Maquinas	839
Primer oficial de Maquinas	1246
Oficial de Maquinas	1246

La Academia Naval "Granma", es la institución de nivel superior de la República de Cuba, destinada a la formación y superación en carreras vinculadas al sector marítimo y forma profesionales comprometidos con la sociedad, portadores de sólidos valores humanos y elevada competencia profesional, capaces de actuar con dinamismo y creatividad en las más complejas y difíciles situaciones.

La Academia Naval "Granma" realiza la formación de Oficiales para la Marina Mercante, en los niveles de Gestión y Operacional, aplicando planes y programas de estudios aprobados para cada especialidad, teniendo en consideración los requisitos del Código de Formación y la debida evaluación de la competencia.

El principal objetivo de la formación y educación marítima es dotar a los buques con gente de mar competente, teórica y prácticamente preparados para ejercer con seguridad y alta calidad las funciones propias del cargo y contribuir a la seguridad de la vida humana en el mar, así como prevenir su contaminación.

Las carreras y titulaciones que se ofertan en cursos regulares son:

NIVEL DE GESTIÓN	Duración del Curso
Primer Oficial de Puente – Capitán	11 meses
Primer Oficial de Máquinas – Jefe de Máquinas	11 meses

NIVEL DE OPERACIÓN

- Licenciado en Ciencias Náuticas (Oficial de Puente): 4 Años + 1 año de formación a bordo.
- Ingeniero en Explotación de las Instalaciones Energéticas Navales:
- 4 Años + 1 año de (Oficial de Máquinas) formación a bordo.

MODALIDAD DE CURSOS A DISTANCIA.

- Oficial de Puente de buques de arqueo bruto igual o superior a 500.
- Oficial de Máquinas de buques cuya máquina propulsora principal tenga una potencia igual o superior a 750 Kw.
- Capitán de embarcaciones de arqueo inferior a 500, dedicadas va viajes próximos a la costa.

La Academia Naval "Granma" realiza la revalidación de la formación de acuerdo con las exigencias del Convenio de Formación y Titulación Enmendado y para ello facilita a los interesados los cursos siguientes en interés de la revalidación:

- ✓ Navegación por Radar a nivel operacional y de gestión
- ✓ Búsqueda y Salvamento
- ✓ Convenios Marítimos Internacionales
- ✓ Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima
- ✓ Formación Básica y Avanzada en lucha contra incendios
- ✓ Primeros Auxilios y Cuidados Médicos
- ✓ Computación
- ✓ Automatización
- ✓ Técnicas de Supervivencia Personal
- ✓ Código Internacional de Gestión de la Seguridad
- ✓ Protección del Buque
- ✓ Entrenamiento en simuladores (Cuarto de Máquinas, Radar de navegación, cargas líquidas, etcétera).

El claustro docente de la institución posee vasta experiencia profesional y una alta preparación pedagógica y realiza sistemáticamente la actualización de sus conocimientos de acuerdo con los adelantos de la ciencia y la tecnología.

La excelencia del claustro está en poseer:

- 10 Doctores en Ciencia y 20 más en proceso de formación.
- 26 Master en Ciencias y 14 más en procesos.
- 13 Capitanes, 6 Primeros Oficiales, 17 Oficiales de Puente y 10 Oficiales de Máquinas unido a 25 Profesores Adjuntos.

La Institución dispone de las siguientes facilidades:

- Simuladores virtuales para las especialidades de Cubierta y Máquinas.

- Laboratorios y aulas especiales dotadas con los instrumentos y medios técnicos necesarios para la experimentación y el desarrollo de habilidades prácticas.
- Polígono de control de averías y contra incendios, planetario y buques de instrucción.

Los alumnos desarrollan sus actividades prácticas en plena travesía a bordo del Buque Escuela Carlos M. De Céspedes el cual tiene instalado los medios de ayuda electrónica a la navegación y comunicaciones de última generación (con navegadores por Carta Electrónica, radar ARPA, sistema GMDSS). Anualmente este buque navega de 5000 a 6000 millas náuticas en travesías de instrucción.

En la impartición de clases a los alumnos, nuestros profesores se auxilian de las posibilidades que brinda el empleo de la computación y técnicas de multimedia. En este ámbito, la Academia Naval ha creado una variedad de softwears que dan respuesta a las necesidades de la instrucción y a los fines de la navegación.

La Academia Naval "Granma" realiza la gestión de todos sus procesos en el marco de una filosofía de Calidad que contribuye al mejoramiento continuo de la institución en el logro de su misión y visión de futuro.

Desde el año 2002 se certificó por la Oficina Nacional de Normalización a la Academia Naval "Granma" de conformidad con la norma NC COPANT ISO 9001:95 y en el 2003 con la norma ISO 9001: 2001 que se fundamenta en el enfoque de procesos.

Cuba ha cumplido con la aplicación plena del convenio de formación, prueba de ello es que integra la Lista Blanca, incluyéndose entre los primeros 71 países seleccionados por la OMI.

IV. Características del tripulante cubano

Atendiendo a los resultados de las investigaciones realizadas en el periodo de Junio del 2001 a Mayo 2005, con relación a las características que identifican al tripulante cubano podemos señalar lo siguiente.

A partir de la aplicación de un conjunto de técnicas de investigación que a continuación se detallan se lograron conclusiones preliminares de una muestra de 500 tripulantes. El 60% correspondió a tripulantes de Hotel y el 40% a tripulantes de Cubierta y Máquina.

Las técnicas aplicadas fueron:

- Dinámica de Grupos.
- Entrevistas individuales.

- Entrevistas familiares.
- Análisis de los resultados de trabajo a través de las evaluaciones que realiza la compañía que contrata.
- Análisis comparativos con tripulantes de otras nacionalidades.

De este modo podemos concluir que las características más sobresalientes de los tripulantes cubanos son:

- El tripulante cubano es comunicador por excelencia, lo cual ha generado gran aceptación al llegar a los diferentes puertos del mundo y transmitir historias, hechos, elementos de nuestra cultura, la música, el arte, la poesía y el amor por sus raíces. De hecho, son conocidos en el mundo por su alegría, tenacidad y fuerza para enfrentar situaciones de alta peligrosidad.
- De forma general se relacionan con facilidad y están acostumbrados a ofrecer lo mejor de si en su empeño, lo que hace que puedan insertarse con facilidad en tripulaciones multinacionales.
- Se distinguen por su alta preparación, deseos de superación profesional, y afán de triunfar en su trabajo (cualidades estas que han sido reconocidas por nuestros clientes), lo que facilita su aprendizaje en aquellas materias en las que requiere continuar su superación, como son el idioma, y el manejo de conflictos.
- Es sacrificado, multifacético y suele ser creativo para resolver situaciones difíciles que se le presenten dentro o fuera de ese marco.
- Logra adaptarse a los cambios de mando, y estilos de vida de un buque a otro, demostrando flexibilidad, capacidad emprendedora, y mostrando un alto índice de permanencia.
- Posee un conjunto de valores positivos, personales y sociales, como son la seriedad y responsabilidad en el trabajo, la solidaridad, la no adicción a las drogas y alcohol, y el rechazo al robo, a la piratería y el terrorismo.
- Tiene aptitudes físicas y mentales adecuadas, se caracteriza por su fortaleza física y mental. La revisión de los exámenes preempleo y periódicos que realizan los médicos a través del chequeo internacional a sí lo afirman de modo que no es significativo el nivel de rechazo por este concepto.
- En su mayoría, (especialmente los jóvenes) consideran los puestos de trabajo a bordo muy atractivos desde el punto de vista social y económico en comparación con los puestos de trabajo en tierra y en contraste con tripulantes de otras nacionalidades que consideran que los buques modernos cuentan con una

tripulación reducida, a menudo de diversas nacionalidades y lenguas y se sienten en condiciones de aislamiento social. De igual modo la familia del tripulante considera este trabajo como muy bien remunerado, de alta exigencia en la formación y disciplina en los jóvenes y se sienten satisfechos con los resultados, atención y facilidades adicionales que reciben.

Proyecciones

- Se investiga para perfeccionar el perfil profesional del marino cubano, teniendo en cuenta el Código de Ética, y sin obviar su temperamento, en función de establecer las conductas que lo guíen a ser un tripulante de éxito, y ofrecer un servicio de excelencia. Esto a su vez, fortalece el concepto de nacionalidad cubana, distinguiendo las características que nos identifican, diferencian y resaltando los valores de la tradición marinera.
- Se trabaja en la identificación de los estilos particulares de comportamiento del tripulante cubano, efectuando entrevistas y ofreciendo información preenrolo, enfatizando lo que se espera de su comportamiento a bordo, y sobre los estilos de enfrentamiento ante las situaciones que se presentan en la convivencia con otras nacionalidades durante los periodos de contratos que oscilan entre 8 a 10 meses. Nuestros comerciales transmiten experiencias sobre casos de interrupción de contratos, efectos individuales, empresariales y los daños que esto ocasiona a estos servicios.
- Se intensifica la preparación del tripulante en el Idioma, se enfatiza en aumentar su especialización técnica, y en manejo de recursos para el manejo de conflictos a bordo, sobre todo en el factor colaboración en el trabajo en equipo.
- Desarrollo de una estrategia para entrenar personal de navieras nacionales en el exterior, lo que ofrece la oportunidad de detectar fallas actuales en el servicio a los clientes y proponer mejoras posibles a la dirección de la empresa, diagnosticando el estado actual de los procesos de la agencia, y a su vez permite proponer nuevas acciones para satisfacer las crecientes necesidades de capacitación del personal.
- Se trabaja en función de resolver los problemas más agudos que afectan la calidad del servicio. En este caso, nos referimos a la implantación por nuestro país de los convenios relativos al seamanbook y al documento de identificación

(ID). Ambos documentos son decisivos en el contexto de la lucha contra el terrorismo, en el que se requiere por los armadores y las autoridades migratorias de documentos que faciliten la verificación inmediata de la información de identidad.

- Apertura a nuevos mercados y consolidación de los existentes. Las facilidades que ofrece Cuba de trabajar con tripulaciones multinacionales, de apoyar en la preparación y formación de jóvenes centro, suramericanos y del Caribe se considera una propuesta en el campo de la contratación como parte de la Alternativa Bolivariana para Las Américas. Para ello Cuba cuenta con Centros de Formación y Entrenamiento Marítimos homologados internacionalmente, con más de 40 años de servicio.
- Con el objetivo de incrementar el negocio de contratación en el área sería prudente formar a los tripulantes en las relaciones con otras nacionalidades, hoy es un hecho que los sorprende esta característica del trabajo durante su ejecución lo que consideramos hace complejo el proceso de inserción del tripulante a bordo.
- Como parte del programa de formación sería muy favorable realizar las dinámicas de grupos y ampliar el conocimiento de costumbres, religiones y tradiciones desde los inicios.

V. Tendencias y Oportunidades que ofrece el mercado de contratación

- **Relación Oferta – Demanda**

Según estadísticas, existen 1,2 millones de puestos de trabajo en la flota mundial y 1,5 millones de marinos, lo que constituye un excedente de 300 000 puestos para personal subalterno y un déficit de 50 000 puestos para oficiales hasta el 2010.
Se considera que no habrá déficit de oficiales en el caso de buques cruceros debido a que este tipo de buque representa la máxima aspiración de trabajo en estas especialidades.

- **Dinamismo y rapidez en la respuesta a las solicitudes de los clientes**

Este requisito es fundamental. Teniendo en cuenta el crecimiento de la oferta de marinos a nivel mundial pueden perderse puestos de trabajo si el tiempo que media entre la

solicitud del cliente y la respuesta de la agencia se dilata. En la actualidad este es un importante indicador para medir la eficiencia del trabajo de las agencias de crewing.

- **Internacionalización de los negocios**

Las principales Agencias de contratación a nivel mundial están diseminadas por las distintas áreas geográficas que constituyen fuentes de suministro de marinos. A excepción de Filipinas donde el sistema de contratación es dirigido por el Estado y constituye la primera fuente de ingresos del país, así como China, Vietnam y Cuba, todos los demás contratan tripulantes de diferentes nacionalidades. Ej. Barber Shipping, que tiene cientos de oficinas en el mundo.

- **Agresividad en el posicionamiento en el mercado**.

Como consecuencia del crecimiento del suministro de marinos en comparación con la demanda, las agencias de contratación luchan intensamente por lograr más puestos de trabajo a bordo. Por otra parte, se percibe una fuerte tendencia a la administración de las tripulaciones. De hecho, el negocio de crewing tiende a la administración de tripulaciones de diferentes nacionalidades, como factor que contribuye a disminuir los costos y a garantizar la estabilidad de la contratación, entre otros factores positivos.

- **Principales nacionalidades en el mercado de crewing.**

La nacionalidad se ha convertido en un factor importante en las Agencias de Colocación. Ej.: La CTI, agencia responsable de la contratación de tripulantes para la Carnival tiene una red de oficinas en Asia, Europa y Sudamérica, pero ninguna en el Caribe.
Los líderes del mercado de contratación de tripulantes emplean fundamentalmente filipinos, hindúes, pakistaníes, hondureños, peruanos, europeos del este y latinos para las posiciones subalternas; noruegos, alemanes, griegos, estadounidenses, españoles e italianos para las posiciones de alta oficialidad.
Este fenómeno se conoce como segregación étnica. Algunas compañías de cruceros dan empleo a ciudadanos de más de 50 países en un solo barco.
Los tres primeros países de suministro de fuerza de trabajo son Filipinas, con más de 200 000 puestos de trabajo; la India y Pakistán.
Filipinas es el país mayor exportador de mano de obra del mundo con un total estimado en más de 4,2 millones de trabajadores en el extranjero en más de 130 países. Como

información de interés está que el programa de gobierno filipino concibe como la principal cualidad de un ciudadano la movilidad**.**

China graduará este año 6 000 oficiales. Los chinos vienen preparándose e imponiéndose en el mercado de contratación. En la actualidad los sistemas de aprendizaje de idioma ingles se han perfeccionado y han desarrollado una fuerte política de publicidad para dar a conocer sus competencias.

Existe una presencia significativa de croatas, rusos y ucranianos a bordo, aunque a estos se le señala por su adicción al alcoholismo y comportamiento violento.

En América, Honduras es el primer suministrador de personal subalterno y Perú, de oficiales. En el área, la principal competencia son los marinos hondureños que han llegado a la cifra de 45 000 a bordo.

Los países del Tercer Mundo son los que más están aportando fuerza de trabajo a este sector. Europeos occidentales, norteamericanos, canadienses, japoneses y surcoreanos, han ido cediendo estos empleos, por diversas razones, pero principalmente porque no quieren navegar.

En el caso de los jóvenes, por considerarlas poco atractivas desde el punto de vista social y económico en comparación con los puestos de trabajo en tierra, ni siquiera los elevados niveles de desempleo juvenil parece contrarrestar esta tendencia. La gente joven es cada vez menos propensa a pasar largos períodos de tiempo en el mar, lejos de su familia, hijos o amigos.

Incluso la parte más atractiva del trabajo, es decir, la posibilidad de explorar el mundo y visitar lugares exóticos, parece haber desaparecido como motivación por las actuales prácticas de navegación, en las que los buques atracan en puerto sólo por cortos períodos o permanecen fuera del puerto para sus transacciones comerciales.

Además, los buques modernos cuentan con una tripulación reducida, a menudo de diversas nacionalidades y lenguas, lo que puede dar lugar al aislamiento social. Un importante indicador del hecho de que la gente joven no considera el trabajo marítimo como una ocupación interesante es el elevado índice de abandono registrado en la educación y formación marítimas.

La contratación de tripulantes cubanos está aproximadamente en 1670, cifra actual de enrolo de SELECMAR, lo que reporta más de 5 millones de dólares en ingresos anuales por concepto de remesa y honorarios al país.

Cuba cuenta con un alto potencial de marinos debidamente calificados y certificados que requieren ser entrenados según las exigencias del mercado actual con relación al dominio

del idioma inglés, de la profesión (técnica), y adaptación a los estilos de dirección en los buques de diferentes pabellones donde se requiere convivir con múltiples nacionalidades.
Los problemas actuales que limitan la competitividad del marino son los referentes a la implantación por nuestro país de los convenios relativos al seamanbook y al documento de identificación (ID), ambos aspectos son decisivos en el contexto actual de lucha contra el terrorismo, en que se requiere por los armadores y las autoridades migratorias de documentos que faciliten la verificación inmediata de la información de identidad.
Los principales mercados a acceder por los cubanos son España e Italia por su afinidad cultural y facilidades de comunicación y convivencia. Grecia demanda gran cantidad de marinos calificados y constituye una alternativa importante de empleo.

- **Tendencia de Salarios y Honorarios de Agencia**

Los honorarios (fee) de las Agencias de contratación tienden a bajar considerablemente, en la actualidad por Ej Barber Shipping una de las Agencias Lideres en contratación de fuerza de trabajo calificada cobra 70 usd el primer mes y posteriormente el fee mensual baja a 15.00 usd por tripulante.
En la actualidad los principales armadores están obligados a acordar con los sindicatos el nivel de salario. Todos los años cambian los niveles salariales, ya sean OIT o ITF con tendencia marcada al incremento, sin embargo, los niveles excesivamente altos de salario exigidos provocan que las nacionalidades con más presencia en el crewing mundial sean desplazadas experimentando crecientes niveles de desempleo, ejemplos marinos filipinos e indios.

- **Otras Características de las Nacionalidades que marcan pautas en el mercado**

<u>Tripulantes chinos</u>

China posee un total de 280 000 marinos, sirviendo en mas de 1300 buques nacionales, y mas de 20 000 han sido empleados a bordo de buques de otras nacionalidades desde que comenzaron las reformas políticas en 1979. Mantiene relaciones comerciales con más de 80 compañías navieras. Actualmente 4000 marinos chinos trabajan a bordo de buques de otras nacionalidades. El promedio de edad de los marinos es de 41 años y el de los

oficiales de 39. En la actualidad más de 24 mujeres se encuentran estudiando en la universidad temas marítimos.

La falta de competencia en el idioma inglés ha sido siempre reconocida como la principal barrera de los marinos chinos en el momento de insertarse en tripulaciones internacionales. Con el interés de resolver esta situación se han creado programas de inserción y entrenamiento en cooperación con la Asociación de Armadores Noruegos, se revisan los programas actuales de enseñanza del idioma y se inserta a los cadetes en buques en Singapur donde en la actualidad hay empleados mas de 300.

De acuerdo con estudios oficiales realizados para el año 2010 el suministro de marinos chinos para ser empleados en buques extranjeros se incrementará a 60 000 de los que 32 000 serán oficiales de alta calificación.

Tripulantes Hindúes

En la actualidad no se publica la cantidad exacta de tripulantes hindúes a bordo. La Dirección General Marítima de la India estima que hay alrededor de 24 000 oficiales, 13 000 de cubierta y 11 000 de máquina. Solo 12 000 son miembros de la unión Marítima de la India ya que se asocian a otras uniones o grupos.

De ellos se estima que el 70% esta empleada en buques de bandera extranjera y el 30% en buques de bandera de la India.

El total de marinos se estima en 80 000, las 5 instituciones de registro asumen cifras diferentes.

El empleo de los oficiales en buques extranjeros es más atractivo para ellos, ya que al estar trabajando fuera del país por 182 días o más, no son considerados para pagar los impuestos sobre salario. Esto por lo tanto es una desventaja para los que trabajan en buques de bandera India.

A pesar de todo no existe escasez de oficiales, ya que los salarios son altos en comparación con el resto de los salarios de la India. Lo que si hay es una potencial escasez de buenos oficiales ya que ellos buscan la posibilidad de emplearse en buques de bandera extranjera. La principal respuesta para ello sería el incremento de los salarios para los buques de bandera India, ofrecerle la misma aplicación para el impuesto, o alternativamente emplear oficiales extranjeros.

La competencia en el mercado laboral internacional de marinos se incrementa, no obstante, las organizaciones como gobierno, armadores y grupos enfatizan que los indios deben hacer hincapié en la alta calidad y disciplina en el trabajo, la desenvoltura en el

idioma ingles es también un punto importante, ya que armadores hindúes con banderas extranjeras han experimentado con oficiales de otras nacionalidades y los resultados no han sido los esperados.

Tripulantes Filipinos

Filipinas es el país que suministra mayor cantidad de fuerza de trabajo para laborar a bordo de los buques con un estimado de 470 000 marinos registrados, esta es una de las ocupaciones mejor remuneradas en este país y atractivas, miles de filipinos han emigrado hacia otros países y envían sus remesas de forma obligatoria. Se calcula que en estos momentos 200 000 filipinos no poseen empleos.

El Gobierno Filipino le da máxima prioridad a la contratación de marinos considerada como principal fuente de ingresos del país. Mantienen relaciones con las Organizaciones Internacionales, Centros de entrenamiento y con las principales compañías Armadoras, trabajando el tema a través del Comité de Promoción del Marino Filipino, creado a estos efectos.

La contratación de marinos filipinos en el extranjero se incrementa cada día muy vinculada a la capacidad de los tripulantes de sobreponerse a las barreras sociales, institucionales y económicas.

VI. Posibilidades de acciones conjuntas de nuestros países en el mercado

Las principales acciones para desarrollar de conjunto son:

- Participación en Eventos Especializados de Manning and Training en otras áreas;
- Desarrollar eventos latinoamericanos sobre formación y contratación de marinos;
- Intercambio entre los Centros de Entrenamiento Marítimos;
- Coordinación para la conformación de tripulaciones multinacionales;
- Administración de Tripulaciones;
- Administración de Buques;
- Transferencia de Know How de la actividad;
- Detección de posibilidades de Acción Conjunta a partir de las necesidades y condiciones particulares de los países;
- Intercambio de Bibliografía Especializada;
- Integración y Recuperación de las Flotas Nacionales.

Conclusiones

Dadas las condiciones del Mercado Laboral Marítimo, la preferencia de miles de jóvenes latinoamericanos por la profesión del mar, la capacidad técnico profesional y docente para su formación y adiestramiento, podemos afirmar que Latinoamérica está en condiciones de aportar importantes servicios a la Flota Mercante Mundial, manteniendo la Seguridad de la Navegación y la Protección del medio Ambiente.

Con orgullo consideramos que las condiciones están creadas para trazar estrategias de conjunto con relación a la formación, entrenamiento y contratación de Marinos Latinoamericanos a partir de los lazos comunes que nos identifican como es la cultura, idiosincrasia, historia y tradición.

Este mensaje de unidad de conocimientos y valores en el servicio facilita la rápida adaptación del tripulante a la vida a bordo que de por sí tiene que vencer el factor aislamiento familiar y la nostalgia del calor de casa.

Las estrategias que trazamos a diario están fundamentadas en los hombres que han decidido dedicar su vida a las aventuras del mar y se esperanzan en que la actividad florezca como ellos sueñan.

La Marina Mercante deberá ocupar el lugar que corresponde como parte integrante de nuestras naciones soberanas y libres**.**

Para concluir consideramos que, si bien en Cuba el crewing es una actividad que recién comienza, el esfuerzo y dedicación del equipo de trabajo de las Agencias, el apoyo a esta actividad del Ministerio del Transporte, las Comisiones de Capitanes, y de la Comisión Gubernamental creada a estos fines, demuestran alto sentido de pertenencia y dirección por valores individuales y grupales, regidos por la consigna fundamental: **LO MEJOR NO TIENE LÍMITES.**

VII. Bibliografía

El Desarrollo de la Flota Mercante Cubana. 1958-1975.

Informes de Balance de la Actividad Comercial de Selecmar y Guincho. 2001-2005.

Informes de la Actividad de Estrategia y Desarrollo de Selecmar. 2001-2005.

Estudio de la Flota Mundial.

Ponencias Evento Cuba Manning and Training 2004.

Informes de Viajes de Gestión de Mercado. 2001-2005.

IDAD Y COHESIÓN DE NUESTROS PAÍSES PARA LA SELECCIÓN, FORMACIÓN, ENTRENAMIENTO Y CONTRATACIÓN DE LOS MARINOS.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL (IPIN)

XIX CONGRESO DE INGENIERIA NAVAL,

TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA

COPINAVAL 2005

Guayaquil – Ecuador

Octubre 2005

PREVENCIÓN Y RESPUESTA A POLUCIONES CON HIDROCARBUROS Y SEGURIDAD OPERACIONAL MARITIMA

Ing. José A. Villacís G.
Capitán de Corbeta (SP)
VILLQUEV CIA LTDA

CONTENIDO **PAGINA**

1	**INTRODUCCIÓN**		**3**
2	**PREVENCION Y RESPUESTA A LA CONTAMINACIÓN CON HIDROCARBUROS**		**4**
	2.1	**EL ARMADOR**	**5**
	2.2	**EL DUEÑO DE LA CARGA**	**8**
	2.3	**EL ESTADO DE LA BANDERA DEL BUQUE**	**8**
	2.4	**EL ESTADO COSTERO**	**8**
	2.5	**LOS SALVADORES**	**9**
	2.6	**LOS ASEGURADORES**	**9**
3	**COMBATE DE DERRAMES CON HIDROCARBUROS**		**10**
4	**RESPONSABILIDAD BAJO LAS CONVENCIONES INTERNACIONALES**		**12**
5	**LOS ESQUEMAS VOLUNTARIOS TOVALOP-CRISTAL**		**13**
6	**RESPONSABILIDAD POR CONTAMINACION CON HIDROCARBUROS EN USA**		**14**
7	**SEGURO DE RESPONSABILIDAD FINANCIERA POR CONTAMINACIONES**		**16**
8	**LA SEGURIDAD OPERACIONAL MARÍTIMA**		**17**
	8.1	**PLANES DE CONTINGENCIAS**	**17**
	8.2	**PLANES DE RESPUESTA A EMERGENCIAS**	**18**
	8.3	**PLANES DE RESPONSABILIDAD FINANCIERA**	**18**

1. INTRODUCCIÓN

La Organización Marítima Internacional OMI, a través de varias de sus Convenciones Internacionales, ha venido instrumentando por muchos años, diversas medidas y procedimientos encaminados a reducir las descargas de petróleos al mar. Una vez que MARPOL 73/78 se haya implementado totalmente se debería lograr una substancial reducción de las contaminaciones con petróleos por derrames accidentales, particularmente desde tanqueros. La reducción del riesgo de derrames desde buques y la protección de la vida en el mar han sido significativas, mediante la aplicación de los estándares operacionales y seguridades, impulsados por la Convención SOLAS 74 y su Protocolo 1978.

Los derrames de petróleo tienen un serio impacto en las actividades costeras y en quienes utilizan o se benefician de los recursos del mar. En la mayoría de los casos el daño es temporal creando condiciones fastidiosas y peligrosas debido a las características físicas del petróleo contaminante. En algunas situaciones se pueden requerir muchos años para la recuperación de los daños, o en ocasiones se tornarán irreparables. El impacto en la vida marina está compuesto por efectos tóxicos y venenosos resultantes de la composición química del petróleo contaminante, tanto como de la diversidad y variabilidad de los sistemas biológicos y su sensibilidad a la contaminación con petróleos.

Durante los últimos años se han intensificado los esfuerzos para lograr un perfil regulatorio aplicable al desarrollo de la seguridad marítima operacional y a los requerimientos sobre nuevos diseños para la construcción de tanqueros, a fin de prevenir los derrames de petróleos. Tales esfuerzos fueron impulsados por la Oil Pollution Act OPA 90 en los Estados Unidos, y tratados con profundidad en el seno de la Organización Marítima Internacional, a través de la denominada Convención Internacional sobre Preparación, Respuesta y Cooperación en Contaminaciones con Petróleos (OPRC).

Esta Convención reconoce que el ambiente marino contaminado por derrames de hidrocarburos, involucra a tanqueros, unidades de perforación y explotación petrolera costa afuera, puertos marítimos y terminales petroleros. Da mucha importancia a la asistencia mutual y cooperación internacional, incluyendo el intercambio de información respecto de las capacidades actuales de los Estados signatarios para responder a incidentes de contaminación con hidrocarburos, preparar planes de contingencia, intercambiar reportes sobre incidentes de significación que puedan afectar al ambiente marino, así como investigar y desarrollar medios para combatir contaminaciones de este tipo.

Relieva la importancia del principio de que "el contaminador paga" como principio general internacional, así como lo hacen las otras Convenciones IMO, SOLAS 74/78, MARPOL 73/78, CLC 1.969, CF 1.971 y sus Protocolos subsiguientes. Estipula procedimientos para reportar contaminaciones, normalizar las acciones a ser tomadas, emitir requerimientos para los sistemas nacionales y regionales para la preparación y respuesta a incidentes de contaminación, incluyendo localización de equipo de combate, entrenamiento de grupos de respuesta y comunicaciones. Estimula la cooperación internacional para investigaciones y desarrollo en las

áreas de combate, a través de la cooperación en entrenamiento, sistemas de información, asistencia técnica, transferencia de tecnología, equipamientos y facilidades.

El análisis de los accidentes marítimos que han ocurrido en las últimas décadas ha motivado a la Comunidad Marítima Internacional, (ICS, OCIMF, IAPH, IACS) y Autoridades Marítimas Gubernamentales, para establecer diversas regulaciones técnicas que deben ser observadas en el diseño, construcción y operación de una nave. Últimamente se reconoce la importancia primordial que tiene el factor humano, pues a pesar de las innovaciones tecnológicas al respecto, han ocurrido accidentes importantes en el mar. De ahí la necesidad percibida por la Comunidad Marítima, de relievar la influencia y rol del factor humano, mediante la implementación del Código Internacional de Gestión de Seguridad ISM, para la operación segura de los buques y la prevención de contaminaciones, involucrando en sus procedimientos documentados al personal administrativo y embarcado. Su vigencia y certificación fueron previstas para el 1º de julio de 1998 en el capítulo IX incorporado en SOLAS 1974.

2. PREVENCION Y RESPUESTA A LA CONTAMINACIÓN CON PETROLEOS

A partir del año 1989 se intensificaron los esfuerzos de la Comunidad Marítima, encaminados a documentar guías y procedimientos que permitieran solventar la necesidad de que la Empresa Naviera responda con eficacia ante los problemas del personal embarcado y mantenga elevados estándares en materia de seguridad y prevención de la contaminación con petróleos. La Organización Marítima Internacional (OMI) a través de su Comité de Protección del Medio Ambiente Marino (MEPC), asistido por un sinnúmero de expertos internacionales ha venido consolidando el espíritu de las guías, procedimientos, disposiciones, regulaciones y estándares emitidas al respecto, para publicar el Manual sobre Polución con Petróleos, que consiste de cinco secciones: Prevención (1983), Planeamiento de Contingencias (1995), Salvamento (1997), Combatiendo derrames con Petróleos (1988), Aspectos Administrativos sobre Respuesta a Poluciones con Petróleos(1998).

Con tal propósito también se han consolidado varias enmiendas a SOLAS 74/78 en edición 1997, a MARPOL 73/78 en edición 1997, a STCW 95 y su Código 1996, Código ISM 1998, y a varios Requerimientos Mínimos del Foro Internacional de Compañias Petroleras OCIMF sobre seguridad marítima en ediciones 1997, entre otras publicaciones disponibles. Sin embargo, aún no se ha logrado plenamente el efecto deseado, lo cual se evidencia por la cantidad y magnitud de desastres marítimos ocurridos en la última década, habiéndose determinado que al menos en un 80% se debieron a error humano. Los costos y repercusiones de poluciones mayores se extienden en grande, hacia miembros de la tripulación, administradores navieros, servicios de emergencia, aseguradores, intereses comerciales y públicos.

La legislación para proteger el medio ambiente marino, el elemento humano y las iniciativas de gestión, incluyen básicamente:

- Regulaciones que afectan al Capitán y otras operaciones administrativas en el ambiente marino

- Requerimientos de la administración marítima para aceptación, mantenimiento e inspección de los planes de contingencias a bordo.
- Requerimientos OPRC para un plan nacional de respuesta, planes de instalaciones costa afuera, para puertos y terminales, y una infraestructura de equipo de respuesta pre -posicionado.

Alguien en algún lugar debe tener un plan de respuesta en pie y alguien debe inmediatamente tomar en forma oficial a cargo, con poder legislativo completo y la convención internacional detrás de ellos para encargarse con el buque agresor. Para comprender los requerimientos de la "Respuesta del buque a Emergencias" entonces, debemos primero entender todas las partes de legislación y de las convenciones que están produciendo un acercamiento a requerimientos estándares para planeamiento y entrenamiento.

Es primordial proporcionar al comando unificado en el escenario de la respuesta a contaminaciones, organismos directivos y otros involucrados en la administración de respuesta a una polución, una apreciación de los varios intereses involucrados en la emergencia y sus secuelas, tanto como una visión general de los regímenes internacionales que gobiernan la limitación de responsabilidades y compensación por daños ocasionados por la polución.

2.1 EL ARMADOR

El Armador quien toma las decisiones operacionales del tanquero, es responsable de la operación del buque. Su primera preocupación en una polución marina será ver que el buque y todas las vidas estén preservados, y tanto como sea posible, velará porque la carga que ha sido tomada para entregar a su destino, se mantenga conforme a la notificación de embarque. Su responsabilidad es proteger su interés en la propiedad del buque y sus obligaciones contractuales concernientes con la carga. Si el buque se ha varado deseará arreglar la reasumida del viaje tan pronto como sea practicable, antes de producir daños sobre el mar o la costa, por una polución ocasionada o por amenaza de la misma. Puesto que será responsable de pagar compensación por la polución causada, se espera que el Armador tenga enlace con quienes están directamente comprometidos con la posición del buque en la emergencia.

Son obligaciones específicas del Armador:

- Desarrollar un documento, entenderlo y aplicarlo mediante ejercicios para prevenir poluciones y responder eficientemente a la emergencia
- Notificar de la emergencia de polución al Estado Costero más cercano.
- Responder a la polución y actividades de limpieza
- Pagar compensación

La Federación INTERTANKO de TOVALOP emitió, durante su vigencia, guías para elaborar planes de contingencias, indicando los pasos que pueden ser tomados antes e inmediatamente después de derrames con petróleos, tanto como la información general que debería estar contenida en el plan, a fin de proporcionar a los oficiales y tripulantes de un tanquero, el mejor entendimiento de las varias consecuencias involucradas en este tipo de siniestros. Se da énfasis a las acciones prácticas que deberían ser tomadas por el personal de abordo, a fin de asistir a

aquellas personas que intervienen en el evento, para asegurar la efectividad de la respuesta y mitigación de cualquier daño a los recursos costeros sensibles y al medio acuático en general. Se ha puesto de relieve, sin embargo, que la prioridad del Capitán en el evento de un derrame, es tomar las medidas que fortalezcan la seguridad de la Tripulación y del buque, a fin de prevenir una escalada del incidente.

a) PLAN DE RESPUESTA "VRP - OPA 90"

El Armador de un tanquero bajo los requerimientos OPA 90, para el ingreso a aguas jurisdiccionales y puertos de los Estados Unidos de Norteamérica, a partir del 18 de febrero de 1993 tiene la obligación de implementar abordo el Plan de Respuesta del Buque (VRP) destinado a ser bien entendido por todo el personal y utilizado como su documento de trabajo.

El objetivo es producir una acción pronta y apropiada en el evento de cualquier emergencia operacional o derrame con petróleos a fin de mitigar el daño al medio ambiente, sea grande o pequeño. Este plan está destinado a cubrir todos los eventos de emergencia, sea que resulten en una mera amenaza, un derrame de mayores proporciones, o cualquier otro de accidente o contingencia, que atente contra la seguridad de la tripulación, el buque, o el medio ambiente.

El plan VRP que debe ser escrito en inglés y si es aplicable, en el lenguaje que los miembros de la tripulación puedan entenderlo, contiene al menos las siguientes secciones:

- Información General e Introducción
- Procedimientos de Notificación
- Procedimientos para mitigar derrames abordo
- Actividades de respuesta basada en tierra
- Lista de contactos
- Procedimientos de entrenamiento
- Simulacros
- Procedimientos de revisión del plan y actualización
- Apéndices para cada zona en la cual opera el buque

El Acta OPA 90 requiere que el Armador responda "a la máxima extensión practicable, para el peor caso de derrame y para una substancial amenaza de tal derrame", lo cual para propósitos prácticos es casi una imposibilidad; por lo que los Clubes de P & I concluyeron que la forma más eficiente y efectiva de someterse a los requerimientos del Acta sería tener planes de contingencia basados en tierra, para que los buques puedan integrar sus planes de respuesta.

b) EL PLAN DE EMERGENCIAS A BORDO "SOPEP"

El SOPEP (Shipboard Oil Pollution Emergency Plan) es uno de los documentos requeridos abordo para prevención y respuesta a poluciones, conforme a MARPOL 73/78, Regulación 26 del Anexo I y de la OPRC 1990 de IMO, aplicables desde el 4 de abril de 1995 a nivel mundial.

El plan incluye en:

- Procedimiento a ser seguido por el Capitán u otras personas para reportar un incidente de polución con petróleos.
- Lista de autoridades o personas a ser contactadas en el evento de una polución.
- Descripción detallada de la acción a ser tomada inmediatamente por las personas abordo, para reducir o controlar el derrame de petróleo después del incidente.

c) MANUAL DE GESTION DE SEGURIDAD "CODIGO ISM"

El Código ISM, que enmienda SOLAS en mayo de 1994 con el nuevo capítulo IX, establece que el medio más importante para prevenir las contingencias marítimas y poluciones del mar es diseñar, construir, equipar y mantener buques y su operación con tripulaciones apropiadas en cumplimiento con las convenciones internacionales y estándares relacionados con la seguridad marítima y prevención de polución. El capítulo IX de SOLAS 1974, se aplica para buques de pasajeros no más tarde del 1° de julio de 1.998, para petroleros, quimiqueros, graseros, graneleros, no más tarde del 1° de julio de 1.998 y para otros buques de carga el 1° de julio del año 2.002

Los elementos del Código ISM son los siguientes:

- Requerimientos Generales y Objetivos
- Política de Seguridad y Medio Ambiente
- Responsabilidad y Autoridad en la Empresa
- Persona Designada
- Responsabilidad y Autoridad del Capitán
- Recursos y Personal
- Desarrollo de Planes para las Operaciones de Abordo
- Alistamiento para Emergencias
- Informes y Análisis de No Conformidades, Accidentes y Situaciones Peligrosas
- Mantención del Buque y sus Equipos
- Documentación
- Verificación, Revisión y Evaluación de la Empresa

Los objetivos del Código son asegurar la vida en el mar, prevenir los daños o pérdidas de vidas y evitar el daño al medio ambiente y a la propiedad. Los objetivos de la Gestión de Seguridad en la Empresa deben ser proveer las prácticas de seguridad en las operaciones abordo, establecer resguardos contra todos los riesgos identificados, mejorar continuamente las habilidades de gestión de seguridad del personal de tierra y de abordo y preparar el buque para enfrentar emergencias en materias que afecten o puedan afectar la seguridad o la protección del medio ambiente. El Sistema de Seguridad debe garantizar el cumplimiento de todas las reglas y regulaciones tomando en cuenta los códigos aplicables, guías y estándares recomendados por la Empresa, la Administración, la Sociedad Clasificadora y los Organismos de la Industria Marítima.

Existen dos certificados vinculados y que deben obtenerse en el siguiente orden que se indica:

DOC (Document of Compliance) que acredita la implementación del Código ISM en la oficina de la Empresa que opera el buque.
SMC (Safety Management Certificate) que acredita la implementación del Código ISM en cada buque que opera la Empresa

2.2 DUEÑO DE LA CARGA

El Dueño de la Carga normalmente no sería responsable para compensar a ninguna persona que ha sufrido daños por polución, y ciertamente no hay ningún régimen internacional legal que establezca tal responsabilidad. Su interés será principalmente asegurar como sea posible que su carga sea entregada en el puerto de destino, tarea delegada al Armador por el contrato de flete, latente a través de toda la emergencia a menos que abandone el viaje. La responsabilidad del dueño de la carga se limita a su contribución en avería gruesa y salvamento, y ejercitar cuidados para prevenir o minimizar daños al medio ambiente.

2.3 ESTADO DE LA BANDERA DEL BUQUE

El Estado de la Bandera tiene su primordial ingerencia antes de la emergencia de polución, por ser responsable de establecer y obligar a cumplir los estándares sobre diseño y equipos, seguridad, certificación de la Tripulación y entrenamiento, acorde con las Convenciones Internacionales, prevención de poluciones y colisión, tanto como ejerciendo jurisdicción y control sobre el buque mientras está en alta mar.

Tiene importantes obligaciones después de que ocurre un siniestro marino. Según MARPOL 73/78 el Estado de la Bandera está obligado a descubrir los hechos en los cuales uno de sus buques ha sido involucrado, si la contingencia ha ocasionado efectos destructivos al ambiente marino, a fin de determinar si se requiere algún cambio en el régimen regulatorio. Debe cooperar con los otros estados en la detección de violaciones a la Convención MARPOL 73/78 y SOLAS 74-78.

2.4 EL ESTADO COSTERO

El Estado Costero según la OPRC 1.990, tiene obligaciones específicas para:

- Establecer un sistema nacional para responder pronta y efectivamente a incidentes de polución con petróleos que permita desarrollar un plan nacional de contingencias, con indicación de las autoridades nacionales designadas y los puntos operacionales focales responsables para preparación y respuesta a poluciones con petróleos.

- Establecer un nivel mínimo de pre-posicionamiento del equipo para respuesta a derrames de petróleo, proporcional al riesgo involucrado y programas para su empleo, dentro de sus capacidades individuales o a través de cooperación bilateral

o multilateral como sea apropiado, en cooperación con las industrias del petróleo y transporte y de otras entidades relevantes.

- Cooperar y prestar asistencia a las entidades que requieran asistencia para enfrentar incidentes de polución, sujeto a la capacidad y disponibilidad de sus recursos relevantes.

Cuando la emergencia de polución marina está actualmente dentro de la jurisdicción y control de un Estado Costero, debe considerar el efecto que podría ocasionar a los Estados vecinos y tomar las acciones apropiadas, para notificarlos a los que podrían ser afectados y mantenerlos informados. El derecho a intervenir en incidentes de alta mar debe estar precedido por la debida consulta con los Estados o personas cuyos intereses están afectados, excepto en casos de extrema urgencia.

El Estado Costero será capaz de recuperar como compensación solo los costos de medidas de respuesta que fueron considerados razonables a las circunstancias. Hay compensación por daños a la propiedad y en ciertas condiciones por pérdidas económicas causadas por el derrame. En general hay cobertura para:

- Medidas para prevenir o minimizar la polución
- Operaciones de limpieza en el mar y en la costa
- Desecho del petróleo recuperado y sus residuos
- Limpieza o reemplazo de propiedad dañada
- Pérdidas económicas sufridas como resultados de la contaminación que afectan a las actividades relacionadas.

2.5 LOS SALVADORES

La mayoría de Salvadores profesionales son miembros de la Unión Internacional de Salvamento (ISU). Sus compañías comprometidas para asistir una contingencia marina serán capaces de traer expertos y especialistas para su tarea, la cual es única en la industria marina. La Convención de Salvamento 1.989 entró en vigencia el 14 de julio de 1.996, e introdujo cambios sustanciales a la industria de salvamento.

La base tradicional de “no cure – no pay” tiene una nueva estipulación en la convención 1.989, la recompensa será fijada con la perspectiva de alentar las operaciones de salvamento, tomando en consideración criterios que están presentes en el escenario de la emergencia. . El premio no podría exceder el valor de la propiedad salvada. El formato de contrato normalmente ofrecido será la nueva versión corriente de la forma estándar de Lloyds LOF 1.995, gobernada por la Ley Inglesa.

2.6 LOS ASEGURADORES

Las responsabilidades del Armador, charteador y administrador operador contra terceros, generalmente están cubiertas por asociaciones de seguro mutual de Protección e Indemnidad,

normalmente referidas como Clubes P & I. Se trata de un seguro de responsabilidades aplicables a las siguientes coberturas:

- Lesiones personales, enfermedad o pérdida de vida de las tripulaciones y pasajeros, y pérdida de sus pertenencias
- Responsabilidad por Colisión
- Exceso de responsabilidad por colisión, y exclusiones de las pólizas marítimas, como polución con petróleos, daños a muelles, remoción de escombros y pérdidas de vida, lesión personal y enfermedad
- Responsabilidades por poluciones con hidrocarburos
- Daños a la propiedad, a otros buques, a sus cargas sin colisión, y al muelle
- Responsabilidades del contrato de remolque
- Remoción de escombros del buque protegido
- Defensa legal por reclamos sobre fletes y demorajes

3. COMBATE DE DERRAMES CON HIDROCARBUROS

Las medidas prácticas de respuesta disponibles para enfrentar a derrames con petróleos se han desarrollado en gran número, particularmente con relación al diseño y construcción de flotadores de contención, técnicas de recuperación del petróleo, químicos dispersantes para petróleos y sus métodos de aplicación.

Se han publicado manuales preparados por el Comité de Protección del Medio Ambiente Marino (MEPC) de la IMO, que describen varias opciones de respuesta disponibles para asistir a aquellas personas de gobiernos que tienen a cargo la respuesta a derrames marinos de hidrocarburos, en la selección de las medidas de limpieza más apropiadas aplicables a una localidad en particular. Reconocen que cada derrame presenta sus propios problemas particulares a las Administraciones, dependiendo de las condiciones del tiempo atmosférico, tipo de hidrocarburo, localización y recursos en riesgo.

En los procedimientos iniciales a ser considerados al preparar planes de contingencias, se deberán considerar las siguientes actividades que requieren ser ejecutadas simultáneamente después de un derrame:

- Tomar apropiadas medidas de seguridad
- Tomar medidas para control del derrame
- Alertar a las autoridades responsables
- Predecir cómo la mancha de hidrocarburos cambiará con el tiempo atmosférico, a fin de escoger la respuesta más apropiada
- Plotear el movimiento de la mancha para definir las áreas que están bajo inminente amenaza por el derrame
- Determinar las prioridades de la respuesta y las estrategias aplicables

La respuesta a derrames en los trópicos difiere de las aplicables en regiones frías, no solo porque los trópicos contienen habitats únicos sino también porque el comportamiento del petróleo es diferente en aguas calientes. Las regiones tropicales contienen ecosistemas únicos con una alta diversidad de organismos, la mayoría de los cuales son conocidos por ser sensitivos a los derrames con hidrocarburos y pueden tener efectos en detrimento para la ecología y la economía.

En los trópicos el peligro de vapores se incrementa y como consecuencia el riesgo de explosiones y de presencia de gases tóxicos es alto. Los equipos de radio y radar podrían constituir un peligro. Es menester efectuar un monitoreo del punto de inflamación y concentración de gases inflamables en el área del derrame. Si hay presencia de sulfuro de hidrógeno, se debe evaluar el área inmediatamente por ser altamente tóxico, incoloro y con olor a huevo podrido.

Será necesario efectuar todos los esfuerzos para detener o reducir el derrame y aplicar técnicas de limpieza apropiadas mientras el área del derrame es todavía pequeña y antes de que llegue a áreas sensitivas o de recreación. La respuesta inmediata es esencial , puesto que la mayoría de petróleos tienden a dispersarse rápidamente y la mancha a decrecer en su espesor, lo cual dificulta el proceso de recuperación. La eficiencia de los químicos dispersantes decrece rápidamente con el petróleo a la intemperie.

El tamaño del derrame y su localización determinan la necesidad de alertar a una o más de las siguientes Autoridades que podrían estar involucradas:

- Responsables para acciones de respuesta a derrames
- Responsables para informar a otros Estados que pueden ser afectados, o cualquier acuerdo regional y a IMO, si el caso es una severa polución
- Responsables para transmisión y procesamiento de reportes urgentes al respecto.

La predicción de cómo la mancha cambiará en el medio ambiente marino es indispensable. Los cambios se deberán a dispersión, evaporación, emulsificación, esparcimiento, disolución, oxidación, sedimentación o biodegradación, según el caso.

Las prioridades de la respuesta necesitan decidirse luego de consultas a organizaciones relevantes como departamentos de pesca, turismo y conservación del medio. Los mapas de sensibilidad proporcionan información esencial para los respondedores sobre las moradas y especies presentes, características físicas de las áreas de mar y costa, factores socio-económicos y las incidencias de la estación del año.

Los efectos del petróleo sobre los recursos marinos y costeros, pueden afectar a las playas y áreas del mar, puertos y marinas, instalaciones industriales, pesquerías, aves marinas, comunidades de corales y ecosistemas y reservas naturales y parques marinos

Para una evaluación de la situación y opciones de respuesta requerida, se tomarán en consideración la identificación del origen y detalles sobre el incidente, la prevención o

reducción del derrame, vigilancia aérea, estimación de la amenaza y opciones de respuesta y sus limitaciones

Para el refrenamiento o contención y recuperación del petróleo derramado, se empleará equipo especializado que incluye flotadores de contención, dispositivos mecánicos de recuperación, embarcaciones recuperadoras, barrido con flotadores y substancias sorbentes.

Los dispersantes tienen que ser de tipo aprobado, y su utilización depende de la identificación de los recursos sensitivos, la efectividad prevista del plan de contingencia, la selección del dispersante apropiado para el tipo de petróleo derramado y su dispersabilidad, y la efectividad esperada en la estrategia de aplicación.

Para el depósito del petróleo recuperado y los despojos aceitosos, se tomarán en cuenta el sitio temporal para separación del líquido y sólidos, transporte terrestre, métodos de desecharlos, estabilización de materiales oleosos de la playa, desechos directos, destrucción e incineración.

Finalmente estas operaciones para combate de poluciones requieren de un entrenamiento práctico sobre operación y manipuleo del equipo para mantenimiento y el almacenamiento adecuado para su rápida utilización.

4. RESPONSABILIDAD BAJO LAS CONVENCIONES INTERNACIONALES

La responsabilidad del Armador o del Operador de un buque por daños de contaminación con hidrocarburos, depende de la ley que se aplica en la Corte que tiene jurisdicción sobre el lugar donde ocurrieron los daños y perjuicios. Las leyes de muchos países están basadas en una o ambas de las dos Convenciones de la Organización Marítima Internacional, la Convención Internacional de Responsabilidad Civil por Daños por Poluciones 1967 ("CLC") y el Fondo Internacional para Compensación por daños por Poluciones 1971 ("FC")

Las Convenciones Internacionales OMI se aplican a daños por contaminación resultantes de derrames desde buques cargados, sufridos en el territorio de un Estado Signatario. La bandera del tanquero y la nacionalidad del Armador, por tanto, son irrelevantes en la aplicación de las convenciones. Las Convenciones no se aplican a daños ocasionados por hidrocarburos no persistentes tales como gasolina, diesel liviano o Kerosén, ni tampoco a "medidas de remoción por pura amenaza" denominadas medidas preventivas, las cuales impiden un derrame actual de hidrocarburo desde el tanquero involucrado.

La CLC impone "responsabilidad rigurosa" sobre el Armador registrado del tanquero cargado, comprometido en daños por contaminación resultante de un derrame. La responsabilidad CLC no se aplica si el Armador puede probar que:

- Los daños ocasionados son resultado de un acto de guerra, hostilidades, guerra civil, insurrección o un fenómeno natural inevitable.

- Fue totalmente causado por un acto de omisión hecho sin la intención de ocasionar daños a tercero, o
- Fue totalmente por negligencia o acto erróneo de un gobierno o autoridad responsable para el mantenimiento de luces u otras ayudas de navegación.

En algunos Estados se establece penalidad personal en casos de simple negligencia, privándole al Armador del derecho de limitar su responsabilidad hasta la cantidad estatuida. Todos los tanqueros que hacen escala en un Puerto o Terminal de un Estado Signatario deben llevar a bordo un certificado que confirme que el buque está asegurado hasta por un monto equivalente al límite máximo estipulado en la CLC.

El FC proporciona compensación adicional para reclamantes quienes no están en capacidad de obtener una compensación total y adecuada bajo la CLC, por una de las siguientes razones:

- el Armador invoca una de las exenciones,
- es financieramente incapaz de cumplir sus obligaciones bajo la CLC y su seguro es insuficiente para satisfacer los reclamos de compensación por daños de contaminación, o
- los daños exceden la responsabilidad del Armador bajo la CLC.

Los pagos de compensación e indemnización son hechas por el Fondo Internacional de Compensación por Poluciones (International Oil Pollution Compensation Found "IOPCF"). Esta compensación está sujeta a un límite máximo de US 81 millones, inclusive la suma pagada por el Armador, bajo la CLC. Dos Protocolos que enmendaban la CLC y FC, adoptados en 1984, para incrementar los limites de compensación pagables por el Fondo, a montos que fueron considerados ser de un nivel realístico, extendiendo así sustancialmente el ámbito y límites de responsabilidad, no tuvieron la aceptación internacional y fueron abandonados en 1.990.

Posteriormente en 1.992 se adoptaron los Protocolos a la CLC 69 y CF 71, los cuales entraron en vigencia el 30 de mayo de 1.996. Los nuevos regímenes incrementan el límite de compensación a US$ 135 millones, extienden su aplicación geográfica para incluir la zona de exclusividad económica establecida bajo UNCLOS, cubren derrames ocasionados por tanqueros cargados y descargados, se aceptan recuperos por gastos en medidas preventivas aún cuando no se haya producido un derrame, y finalmente se clarifica que los costos incurridos para mitigar daños al medio ambiente serán por la aplicación de medidas razonables.

En adición a la responsabilidad civil bajo las Convenciones IMO o bajo las leyes nacionales aplicables en Estados no signatarios, muchas jurisdicciones también imponen responsabilidad criminal por daños por contaminaciones; por lo cual, cuando los Armadores analicen su potencial responsabilidad por daños debido a poluciones, deben estar alerta sobre las sanciones criminales que pueden ser impuestas en ciertas jurisdicciones; y, lo más prudente será requerir un asesoramiento de parte de abogados locales, sobre las sanciones estipuladas en su jurisdicción en particular y los pasos que se deberían tomar para minimizar la potencial exposición de la responsabilidad criminal.

5. LOS ESQUEMAS VOLUNTARIOS TOVALOP- CRISTAL

Los Esquemas Voluntarios instituidos por la industria del transporte marítimo, denominados TOVALOP (Tanker Owners Voluntary Agreement concerning with Liability for Oil Pollution) y CRISTAL (Contract Regarding an Interim Supplement to Tanker Liability for Oil Pollution), coexistieron por más de 25 años con las dos Convenciones sobre responsabilidad, desarrolladas bajo auspicio de la IMO, CLC 1.969 y Fondo 1.971. Sin embargo en noviembre de 1.995, las industrias decidieron que ya no eran necesarios TOVALOP y CRISTAL y estos acuerdos terminaron el 20 de Febrero de 1.997.

Los Esquemas se pusieron en vigencia en octubre-1969 y fueron enmendados en febrero-1987 para incrementar sustancialmente los límites de responsabilidad, a través del Suplemento al Acuerdo TOVALOP existente (nominado Acuerdo Vigente) y un incremento en las cantidades de compensación disponible bajo CRISTAL. Tuvieron esferas de aplicación muy similares a aquellas de las Convenciones Internacionales, pero los Esquemas estipulaban también ciertos riesgos no cubiertos en las Convenciones; pues TOVALOP y CRISTAL cubrieron "situaciones de amenaza pura" en adición a aquellas donde ha ocurrido actualmente un derrame, incluyendo derrames desde tanqueros en lastre.

El suplemento CRISTAL fue introducido para incrementar las cantidades de compensación disponibles para demandantes a nivel mundial, pero su aplicación estuvo restringida a incidentes donde el tanquero involucrado en un siniestro de contaminación estaba transportando una "carga" de propiedad de un miembro de CRISTAL.

Después de la terminación de TOVALOP y CRISTAL el 20 de febrero de 1.997, los Armadores de banqueros, aseguradores P&I, dueños de carga y primordialmente los gobiernos y reclamantes, quienes sufren daños por polución de petróleos como resultado de un derrame, tendrán que referirse a las Convenciones Internacionales CLC 69, FC 71 y sus Protocolos 1.992.

Es muy importante que todos los Estados Marítimos, resuelvan ratificar los Protocolos 1.992 a la CLC y FC sin más retraso, puesto que ellos ofrecen ventajas adicionales sobre las dos Convenciones originales y los fenecidos Acuerdos Voluntarios, incluyendo cantidades significativamente más altas de compensación.

Los Administradores de TOVALOP, denominados ITOPF no emiten más los Certificados TOVALOP para tanqueros, pero mantienen la asistencia técnica requerida. Consecuentemente las Autoridades Marítimas de los Estados necesitan enmendar sus procedimientos y adoptar en su lugar las CLC.

6. RESPONSABILIDAD POR CONTAMINACION CON PETROLEOS EN USA.

Los Estados Unidos de N.A. como un país de gran importancia en relación con la responsabilidad por contaminación con hidrocarburos, tiene leyes muy rigurosas cuyas responsabilidades van

más allá de aquellas estipuladas en las CLC, FC, TOVALOP & CRISTAL, ya que imponen penalidades no solo a los Armadores y Operadores sino a terceros, quienes tuvieren alguna conexión con el siniestro; tal responsabilidad puede recaer bajo ambas leyes, Federal y Estatal, la última de las cuales puede ser particularmente desagradable para los implicados. En adición a la responsabilidad bajo los Estatutos

Federales, todos los cuales continúan en vigencia a pesar de la promulgación de la nueva legislación, los responsables de contaminaciones con petróleos pueden también enfrentarse a reclamos bajo la legislación Estatal individual, o bajo la ley común del principio de agravio sin razón.

El Acta Federal USA contra Poluciones con Petróleos, aprobada en Agosto de 1990, rechaza las Convenciones IMO, incrementa la responsabilidad a nivel Federal y permite a los Estados Federados continuar promulgando leyes que imponen responsabilidad ilimitada por poluciones. Se aplican a cualquier persona "propietario, operador o charteador por sucesión del buque", que sea responsable por un incidente de polución; y la responsabilidad por derrames se extiende a las aguas navegables (3 millas) y a las de la Zona Exclusiva Económica (hasta 200 millas)

Antes de que un buque pueda entrar a las aguas navegables de los Estados Unidos, el Armador debe establecer y mantener una evidencia de suficiente seguridad financiera para cumplir con la cantidad "limitada" de su responsabilidad; la cual es usualmente obtenida, mediante la demostración que se dispone de una cobertura adecuada mediante el seguro de responsabilidad financiera. La falla en someter tal evidencia puede conducir a la captura del buque y de su carga.

La limitación de la responsabilidad puede ser retirada cuando se determina que el derrame fue causado por negligencia o mala conducta premeditada o fue debido a una violación a la seguridad Federal, construcción o regulaciones operativas. La responsabilidad por los daños se extiende a costos de remoción, daños por perjuicio a, destrucción de, pérdida de, o pérdida de uso de los recursos naturales. El Acta está diseñada para asegurar que los reclamos sean pagados tan pronto como sea posible. Si el responsable niega su responsabilidad ante un reclamo, el demandante está facultado para iniciar inmediatamente una acción ante la Corte pertinente.

En el aspecto técnico, impone el nuevo diseño de tanqueros con doble casco a partir de 1.995 para buques de nueva construcción y en forma escalonada desde el año 2.001 hasta el año 2015 para todos los tanqueros existentes. Incluye una variedad de requerimientos sobre administración, licencias profesionales, sistemas de tráfico y otras consideraciones, como el control de estándares para tanqueros de bandera extranjera, relativos a la seguridad.

Una de las mayores inquietudes para aquellas navieras dedicadas al transporte marítimo como los Estados Unidos, es la habilidad de un reclamante para obtener juzgamientos no solo en contra del Armador de un buque, el cual se ha visto involucrado en incidente de polución, sino también en contra de las entidades corporativas, las cuales tiene alguna conexión con el buque o su Armador.

A partir de noviembre de 1.997, la ley Federal estipulada responsabilidad criminal para el Capitán del tanquero que haya ocasionada la muerte de una vida silvestre o humana como consecuencia de un derrame que polucione aguas americanas. Pueden estar comprometidos también los

ejecutivos administrativos del Armador como resultado de las investigaciones que estarán a cargo del FBI.

Será menester entonces, aprender a sobrevivir con las nuevas regulaciones, precautelando los intereses de las navieras que en particular tienen un tráfico significativo hacia los Estados Unidos, obligadas a satisfacer requerimientos tales como:

- Pago de recargos de primas P&I por cada viaje a USA.
- Obtener apropiados Certificados de Responsabilidad Financiera por Poluciones
- Elaborar y mantener actualizados sus Planes de Contingencias para cada tanquero.
- Analizar en su verdadera dimensión la imposición de contribuciones por daños a los recursos naturales y contaminación del medio acuático.
- Mantener seguimientos sobre las legislaciones Estatales individuales y sus nuevos requerimientos.

7. SEGURO DE RESPONSABILIDAD FINANCIERA POR CONTAMINACIONES

El seguro de responsabilidad financiera contra contaminaciones, en cumplimiento con las Convenciones Internacionales está disponible en los Clubes P & I , que proporcionan este seguro para alrededor del 95% de la flota petrolera mundial.

Frente al riesgo de un reclamo excesivo por daños de polución hay la demanda de las compañías petroleras de que los Armadores de los buques charteados, para transportar sus productos, deberán proporcionar una garantía expresa en el contrato de flete, sobre la cobertura del seguro de responsabilidad para poluciones, por el monto de USD. 700 millones, la cual se la deberá mantener vigente a través del período del flete .

Estas demandas han impulsado a los Clubes en el Grupo Internacional a emitir advertencias a sus Miembros para no aceptar y dar garantías, las cuales les sometan a mantener cobertura en niveles específicos más allá del período para el cual tal cobertura está disponible corrientemente. Además los Clubes han prevenido a sus Miembros para no garantizar en un contrato de flete, que ellos cumplirán con requerimientos futuros imprevistos, relacionados con certificados de responsabilidad financiera por poluciones.

En todos los casos, el Armador deberá evidenciar que la indemnidad requerida está cubierta por un seguro de responsabilidad adecuado y que tal cobertura del seguro será mantenida en todo tiempo. En este contexto, los Armadores deberían estar bien asesorados para exigir las pruebas de renovación oportuna que evidencia la disponibilidad del seguro P & I.

La primera reacción visible para todos los Armadores de tanqueros fue la decisión de los Clubes en el Grupo Internacional de imponer un recargo en las primas para todos los buques que transportan petróleo persistente hacia o desde puertos de USA. o su Zona Económica Exclusiva; esto, en respuesta a que a la luz de la nueva legislación, esta comercialización con los Estados Unidos ya no era un "riesgo mutual".

Los Clubes en el Grupo Internacional han rehusado consistentemente a comprometerse a emitir Certificados de Responsabilidad Financiera (COFRS) bajo la O.P.A. 90. La decisión de los Estados Unidos de apartarse del Sistema internacionalmente acordado de compensación por poluciones (CLC,CF y Protocolos) ha creado un "riesgo también no mutual", ya que los Clubes han concluido que no es apropiado emitir lo que podría en efecto ser una garantía anticipatoria, puesto que el seguro P & I es un seguro indemnizatorio, en otras palabras que el Armador debe primero pagar y solamente si su situación como Miembro del Club está en orden (contribuciones pagadas, buque con clasificación, etc.) tendrá derecho a ser indemnizado por el Club.

El Certificado de entrada al Club P & I en realidad no es una garantía de que el Armador tiene derecho a los beneficios de la membresía. Él puede estar atrasado en sus pagos de primas, sus buques pueden estar fuera de Clasificación, o puede aun haber cancelado su cobertura y no devuelto el certificado. El certificado significará entonces lo que claramente estipula: "cobertura de acuerdo con las reglas y los términos de entrada acordados".

Complementando los aspectos mencionados, será menester entonces analizar profundamente la situación individual de cada naviera, en lo que a protección de riesgos por responsabilidades se refiere, para identificar aquellos factores críticos que deberán ser controlados a fin de mantener una apropiada membresía en el Club PANDI, con los beneficios de pagar contribuciones razonables y ser atendido positivamente en las indemnizaciones por reclamos.

Tales ventajas son el resultado de una buena administración de las pólizas, soportada por acciones conjuntas y razonablemente coordinadas, mediante inspecciones de seguridad operativa de las naves**,** instructivos bien entendidos por las Tripulaciones para casos de siniestros y reclamos, así como un soporte oportuno de los niveles administrativos empresariales, que permitan evidenciar diligentemente todos los gastos indemnizables.

8. LA SEGURIDAD OPERACIONAL MARÍTIMA

Su objetivo primordial es proteger al Miembro de la Comunidad Marítima, sea Naviero, Portuario, Industrial Costero o Insular, Operador Marítimo, etc.

Vincula los tres elementos indispensables para salvaguardar a una empresa, independientemente de que se cumpla apropiadamente o no con las regulaciones, normas o estándares en vigencia, lo cual se incluye en el adjunto y se explica brevemente a continuación:

8.1 PLANES DE CONTINGENCIAS

Acciones preventivas para precautelar la Vida, el Ambiente y la Propiedad.

8.2 PLANES DE RESPUESTA A EMERGENCIAS

Acciones para mitigar o minimizar los daños ocasionados por el hecho dañoso, a la Vida, al Ambiente y a la Propiedad, cuando la prevención ya no fue capaz de controlar el riesgo.

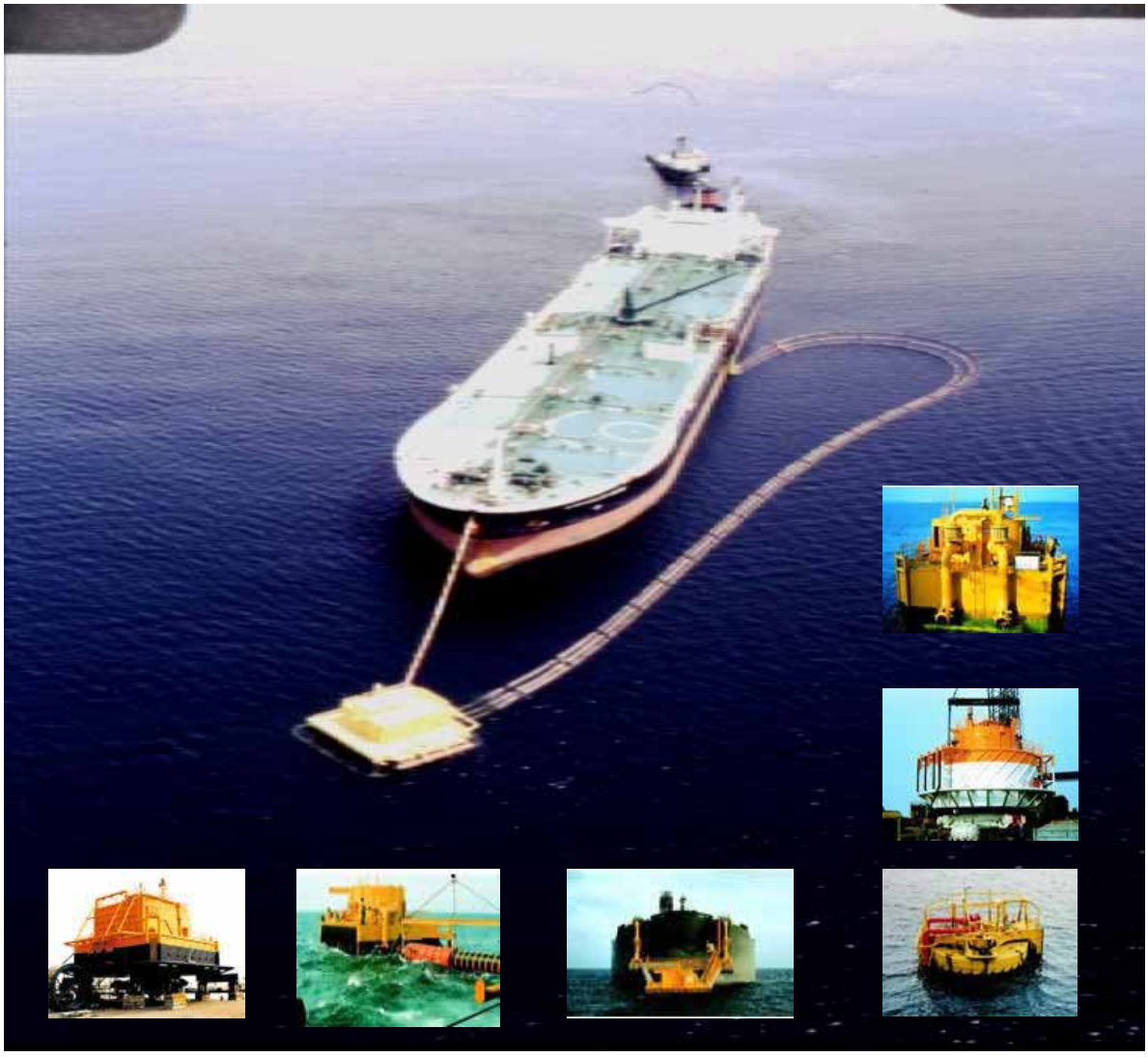
8.3 PLANES DE RESPONSABILIDAD FINANCIERA

Coberturas de seguros para los egresos y gastos para reparar, restaurar o indemnizar los daños ocasionados a la Vida, el Ambiente y la Propiedad de Uno mismo y de Terceros. Incluye Responsabilidad Civil para Terceros

De esta manera, se aplican todas las Regulaciones, Normas, Estándares, Nacionales e Internacionales que implican y vinculan las actividades mencionadas, mediante estipulaciones de SOLAS, MARPOL, CLC, ISM, ISPS, OSHA, ISOs 9.000-2.000, ISO14.000, ISO 18.000, USCG, OCIMF, OPA 90 y otras al respecto.

JVG.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS MONOBOYA



XIX COPINAVAL – GUAYAQUIL, ECUADOR

Capitán de Altura de la Marina Mercante Colombiana - Ricardo Izquierdo González.
Consultor Marítimo y Portuario

Octubre 2005

INDICE

TABLA DE CONTENIDO

1 - INTRODUCCIÓN 1:1

2 - DEFINICIONES 2:1

3 - DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA SPM 3:1

4 - ORGANIZACIÓN DE LAS OPERACIONES MARINAS DEL TERMINAL SPM 4:1

4.1 - .. ORGANIGRAMA OPERACIONES MARINAS PARA MONOBOYA 4:1

5 - EQUIPOS DE APOYM,.-O MARÍTIMO 5:1

5.1 - .. REMOLCADOR DE MANIOBRA Y MANTENIMIENTO.....5:1

5.2 - .. REMOLCADOR MENOR DE BAHÍA 5:11

5.3 - .. BOTE PARA TRANSPORTE DE PERSONAL 5:13

5.4 .... CARACTERÍSISTICAS BÁSICAS DE LOS EQUIPOS RECOMENDADOS PARA SPM. (PARA BUQUE TANQUES DE HASTA 250 KDWT) (ESTAS CARACTERÍSTICAS PUEDEN VARIAR DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS DE CADA PUERTO) 5:15

6 - OPERACIONES Y MANTENIMIENTO DE LA MONOBOYA 6:1

6.1 - .. PROCESO GENERAL DE OPERACIÓN DE LA MONOBOYA.....6:1

6.2 - .. PROCEDIMIENTO PARA AMARRE DE BUQUE TANQUES.....6:2

6.3 - .. OPERACIONES DE CARGA.....6:11

6.4 - .. OPERACIONES DEL LASTRE.....6:12

6.5 - .. OPERACION DE DESAMARRE.....6:13

6.6 - .. COMBINACIÓN DE RECURSOS PARA ATENDER BUQUES EN DOS Y TRES MONOBOYAS SIMULTANEAMENTE.....6:16

6.7 - .. ATENCIÓN A EMERGENCIAS 6:17

6.8 - .. TRABAJOS ESPECIALES EN LA MONOBOYA 6:18

7 - SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE 7:1

7.1 - .. PERMISO DE TRABAJO.....7:2

INDICE

7.2 - .. ÁREA CLASIFICADA.....7:3
7.3 - .. AISLAMIENTO.....7:4
7.4 - .. FUNCIONES Y RESPONSABLES 7:5
7.5 - .. AUDITORÍA 7:5
7.6 - .. CUMPLIMIENTO 7:5
7.7 - .. SEGURIDAD EN OPERACIÓN DE CARGUE.....7:6
7.8 - .. EMERGENCIAS RELACIONADAS CON LA SPM 7:10
7.9 - .. MEDIO AMBIENTE.....7:12
7.10 - PLAN DE CONTINGENCIA.....7:17

8 - ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA SPM 8:1
8.1 - .. ETAPAS DEL PROCESO ADMINISTRATIVO 8:2
8.2 - .. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.....8:4
8.3 - .. MANTENIMIENTO SPM 8:6
8.4 - .. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PLANEACIÓN.....8:17
8.5 - .. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD 8:18
8.6 - .. LISTAS DE CONTROL 8:18
8.7 - .. PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN 8:19
8.8 - .. PROGRAMA GENERAL DE INSPECCIÓN CON EQUIPO INVOLUCRADO 8:24
8.9 - .. LAS MANGUERAS MARINAS.....8:25
8.10 - RUTINAS DE MANTENIMIENTO TIPICAS DE UNA SPM 8:36
8.11 - AREAS TÍPICAS A SER CUBIERTAS POR EL SISTEMA DE REGISTROS 8:37

9 - LEGISLACIÓN MARÍTIMA APLICABLE 9:1
9.1 - .. INSTITUCIONES INTERNACIONALES RELACIONADAS CON EL MANEJO DEL MEDIO AMBIENTE MARINO 9:1
9.2 - .. CONVENIOS IMO CON INFLUENCIA EN TERMINALES COSTA AFUERA.....9:3
9.3 - .. NORMAS APLICABLES EN LA OPERACIÓN MARINA.....9:4

9.4 - .. CONVENIOS REGIONALES DE LOS PAÍSES DE LA CPPS VINCULADOS AL PLAN DE ACCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO Y ZONAS COSTERAS DEL PACIFICO SUDESTE 9:31

9.5 - .. OCIMF (OIL COMPANIES INTERNATIONAL MARINE FORUM) 9:35

9.6 - .. NORMAS DE CLASIFICACIÓN. 9:36

10 - BIBLIOGRAFIA 10:1

10.1 - EL AUTOR 10:1

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 - Buque Tanque amarrado y en operación en Monoboya 1:1
Fotografía 2 - Mangueras flotantes. 3:4
Fotografía 3 - Estructura interna de una Monoboya 3:5
Fotografía 4 – Prototipo de Remolcador de maniobra y mantenimiento para Monoboyas. 5:1
Fotografía 5 – Remolcador de maniobra amarrado en la popa de buque tanque. 5:2
Fotografía 6 - Principio de cabo seco. 5:3
Fotografía 7 - Espacio en cubierta principal del remolcador de maniobras y mantenimiento. 5:5
Fotografía 8 - Inspección de manguera en remolcador de maniobra 5:6
Fotografía 9 - Almacenamiento de equipos para atención de emergencias en remolcador. 5:7
Fotografía 10 - Monitores del sistema contraincendio del remolcador. 5:8
Fotografía 11 - Mangueras sobre cubierta a popa del remolcador 5:9
Fotografía 12 - Winche o cabrestante principal del remolcador. 5:10
Fotografía 13 - Grúa en cubierta del remolcador. 5:11
Fotografía 14 – Prototipo de Remolcador menor de bahía. 5:12
Fotografía 15 - Remolcador menor de bahía en monoboya. 5:13
Fotografía 16 – Prototipo de Bote para transporte de personal. 5:14
Fotografía 17 - Remolcador menor de bahía entregando manguera para conexión en buque. 6:9
Fotografía 18 - Mangueras conectadas en múltiple de buque tanque. 6:11
Fotografía 19 - Operación de izaje de manguera hacia la cubierta del buque tanque. 6:14
Fotografía 20 - Manipulación de mangueras en la costa. 6:20
Fotografía 21 - Manejo de mangueras en pallets. 6:21
Fotografía 22 - La protección del ser humano, principal objetivo de la seguridad industrial. 7:1
Fotografía 23 - Planeación de los trrabajos diarios. 7:2
Fotografía 24 - Toda actividad requiere permiso de trabajo y análisis de riesgos. 7:6
Fotografía 25. Organización de Mantenimiento. 8:1

Fotografía 26 - Trabajos de mantenimiento submarino 8:5
Fotografía 27 - Manipulación de manguera con barra especial 8:9
Fotografía 28 - Almacenaje de mangueras en patio sobre pallets 8:11
Fotografía 29 - Manejo de mangueras flotantes en playa. 8:13
Fotografía 30 - Elementos para prueba hidrostática. 8:15
Fotografía 31 - Trabajos de mantenimiento submarino. 8:22
Fotografía 32 - Mangueras submarinas y collares flotadores sobre cubierta del remolcador 8:26
Fotografía 33 - Pruebas e inspecciones a mangueras. 8:32
Fotografía 34 - Cadena "Chafe Chain" para amarre de buques 8:41
Fotografía 35 - Cadena "Chafe Chain" asegurada en el "bow stopper" del buque tanque 8:41
Fotografía 36 - Buque tanque cargando hidrocarburos en monoboya. 9:1
Fotografía 37- Defensas en la proa de un remolcador O.S.V. 9:26
Fotografía 38 - Remolcador O.S.V. en "stand by" a la popa del buque tanque. 9:32
Fotografía 39 - Manguera conectada en múltiple del buque tanque. 9:34
Fotografía 40 - Buque amarrado en monoboya. 9:35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Amarre de buque tanque a la monoboya. 3:1
Figura 2 - Estructura de la monoboya. 3:2
Figura 3 - Sistema de anclaje de la monoboya. 3:3
Figura 4 - Mangueras submarinas bajo la SPM. 3:5
Figura 5 - Monoboya tipo SALM (Single Anchor Leg Mooring) 3:6
Figura 6 - Organigrama Operaciones Marinas para Monoboya 4:1
Figura 7- Configuración del amarre del buque tanque a la monoboya. 6:7
Figura 8 - Configuración del amarre del buque tanque a la monoboya. 6:8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Características básicas de los equipos recomendados para atender buques en monoboya 5:15
Tabla 2 - Almacenamiento de repuestos recomendado. 6:22
Tabla 3 - Acciones en Caso de Incendio en el Tanquero. 7:10
Tabla 4 - Acciones en Caso de Incendio en el Terminal. 7:10
Tabla 5 - Acciones en Caso de Incendio en SPM. 7:11
Tabla 6. Acciones en Caso de Ruptura del Hawser. 7:11
Tabla 7 - Acciones en Caso de Hombre al Agua. 7:11
Tabla 8 - Acciones en Caso de Derrame. 7:12
Tabla 9 - Riesgo de derrame de Petróleo asociado a Operaciones en Monoboya. 7:17
Tabla 10 - Programa de Prueba de Mangueras. 8:14

Tabla 11 - Programa General de Inspección con Equipo Involucrado. 8:24
Tabla 12 - utinas de Mantenimiento Típicas de una SPM 8:36
Tabla 13 - Número de Ciclos permitidos para Cabos de Polipropileno. 8:40
Tabla 14 - Valores para NWBS de Cabos Sintéticos. 8:40
Tabla 15 - Capítulo III. Dispositivos de salvamento y su disposición-s – Solas.....9:21
Tabla 16 - Capítulo IV. Radiocomunicaciones - Solas 9:21
Tabla 17 - apítulo VI. Transporte de Carga - Solas.....9:22

1 - INTRODUCCIÓN

El presente documento pretende dar una idea general de lo que es un Terminal Marítimo Costa Afuera con SPM (single point mooring) o Monoboya (estructura marina especial para la atención de buque tanques para el transporte de hidrocarburos), su organización administrativa, su esquema de operación y mantenimiento. Adicionalmente, se ilustra la aplicación de la legislación marítima internacional en este tipo de operaciones.

A lo largo del documento se explica cómo es el prototipo de organización que se debe tener, teniendo en cuenta las experiencias de otros Terminales Marítimos similares.

Se menciona algunos términos aplicables sólo a monoboya, los cuales son explicados en el glosario.

Este documento es una guía general, la cual puede servir de referencia para su aplicación, considerando algunas variables importantes o características de cada lugar en particular como condiciones oceanográficas, tamaño de los buques que se espera atender, proyección de los volúmenes de hidrocarburos y su tipo a manejar, legislación marítima del puerto, recursos de la región, entre otros.

El incremento en el consumo de hidrocarburos en el mundo creó la necesidad de aumentar su transporte por vía marítima, lo cual también se reflejó en el aumento del tamaño de los buques, tamaños que requirieron instalaciones portuarias apropiadas que facilitaran su atención en cualquier condición de mar y teniendo en cuenta las limitaciones de los Puertos. Asimismo, los mayores yacimientos de petróleo no están cerca de los grandes consumidores, lo cual demanda un alto servicio de transporte de hidrocarburos por vía marítima.

Este incremento en el tamaño de la flota mundial de los buque tanques trajo consigo el incremento de los riesgos asociados a su operación en áreas de alta densidad de población y zonas de alto tráfico marítimo.

Se impuso entonces, la necesidad de adoptar otros sistemas de transferencia de hidrocarburos que permitieran que los grandes buque tanques no entraran hasta el puerto, pero que llegaran cerca de él, reduciendo así el tráfico marítimo en aguas restringidas, los riesgos de contaminación marina y fluvial y permitiendo que estos grandes buques fueran atendidos en aguas profundas, condición necesaria por sus grandes calados.

Para ello se desarrollaron varias tecnologías como los Terminales multiboya, puertos artificiales con grandes rompeolas (alternativa muy costosa), islas artificiales en altamar (alternativa de alto costo y alto riesgo) y las SPM (single point mooring), entre otras.

El desarrollo de las monoboyas o SPM se inició en la década de los años 1920 pero fue sólo hasta la década de 1950 que se registro la primera patente.

Fotografía 1 - Buque Tanque amarrado y en operación en Monoboya

2 - DEFINICIONES

Aleta	Afinamiento del casco en la popa del buque.
Amarre	Operación física de recoger el cabo de amarre y asegurarlo al buque.
Amura	Afinamiento del casco en la proa del buque.
Atraque	Proceso de poner un buque en posición correcta y estacionaria, en relación a la boya y preparado para el amarre.
Babor	Lado izquierdo de una embarcación.
Bollard pull (BP)	Se expresa en toneladas iguales a 1000 kgf. y se refiere a la capacidad de halada del remolcador, al estar asegurado a punto fijo en muelle o en el mar.
Bow Thruster	Hélice lateral que esta hacia la proa de una embarcación, la cual sirve para desplazamiento lateral, hacia estribor o babor.
Brake hourse power (BHP)	Potencia desarrollada por la máquina de un remolcador.
Buque Tanque	Nave de gran tamaño propia para la navegación de altura, destinada al transporte de hidrocarburos.
CALM	"Catenary Anchor Leg Mooring", sistema de amarre de la monoboya al fondo marino por medio de cadenas con configuración de catenaria cada una.
Capitán	Comandante del Buque responsable por su seguridad y Operación.
Chafe Chain	Cadena del sistema de amarre a una monoboya, que se iza abordo de la cubierta del buque y se asegura con un "bow stopper" (freno de cubierta.)
CLM	Cargo Loading Master, representante del Terminal durante las operaciones de cargue de buque tanques.
Embarcación menor	Cualquier remolcador, buque tanque, gabarra u otro buque cuyo desplazamiento no sea mayor de 100 toneladas netas de registro.
Eslora	Se refiere al largo total de una embarcación.
Estribor	Lado derecho de una embarcación.

CAPITULO 2
DEFINICIONES

Gas Inerte	Gas como el Nitrógeno o el Dióxido de Carbono, o una mezcla de gases, como los gases de chimenea en donde la concentración de oxígeno es insuficiente para fomentar la combustión de hidrocarburos. Se considera gas inerte cuando la concentración de oxígeno es menor al 10%.
GPM	Galones por minuto de agua o agua / espuma que bombea un sistema contraincendio de un remolcador.
Luces al descubierto	Los fuegos o llamas abiertas, los cigarrillos, las pipas o materiales encendidos y similares para fumar, cualquier otra fuente no restringida de ignición, los bombillos sin protección, los equipos eléctricos y de otra índole que puedan producir chispas mientras están en uso.
Manga	Se refiere al ancho total de una embarcación.
Milla náutica	Medida de distancia, equivalente a 1,82 kilómetros.
Monoboya	Estructura auto flotante que sirve para que se amarren los buque tanques y a través de ella se carga o descarga hidrocarburos.
Nudo	Medida de velocidad a la que se desplaza una embarcación. *Nudo = Milla/hora.*
OCIMF	"Oil Companies International Marine Forum". Publica documentos técnicos para diseño, operación y mantenimiento de monoboyas y sus componentes.
Operaciones	El cargue, descargue o trasiego de petróleo o lastre, la limpieza de tanques, la liberación de gases, el muestreo y todas las demás actividades auxiliares.
Operaciones cerradas	Es el estado de seguridad de todas las escotillas y accesos de los tanques de carga o combustible sobre cubierta durante la operación de cargue o descargue de combustible, las cuales deben permanecer cerradas.
Petróleo	Líquido oleoso constituido por una mezcla de hidrocarburos y otros compuestos orgánicos.
Piloto Práctico	Persona encargada de asesorar al Capitán en la maniobra de acercamiento a la monoboya y quién dirige la maniobra de amarre del buque tanque a ésta.
PLEM	Múltiple del extremo del oleoducto submarino (Pipeline End Manifold), donde se conecta el oleoducto y las mangueras submarinas que conectan la monoboya.

Popa	Parte de atrás de una embarcación.
Proa	Parte de adelante de una embarcación.
Regulaciones	Normas nacionales o internacionales que se aplican a La operación marítima.
Remolcador	Embarcación menor que se utiliza para apoyar en las maniobras de atraque y zarpe de los buques y para dar soporte marítimo.
Shaft horse power (SHP)	Potencia desarrollada observada en el eje de las hélices (aproximadamente 97% del BHP).
SPM	Amarre de punto único (Single Point Mooring).
SWL	Carga Límite de seguridad (Safe Working Load) de grúas y aparejos de carga.
Buque Tanque	Buque diseñado para transportar hidrocarburos al granel, es decir en tanques, lo que incluye buques graneleros cuando se están usando para este fin.
VHF	"Very High Frequency", banda de radio de comunicaciones.

3 - DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA SPM

Una monoboya es una estructura autoflotante que permite amarrar un buque tanque y al mismo tiempo entregar o recibir, a través de ella, cualquier tipo de hidrocarburo.

Las monoboyas permiten la atención de grandes buques con grandes calados, ya que pueden ser instaladas en cualquier profundidad, siendo su conexión a tierra a través de un oleoducto submarino.

La monoboya o “Single Point Mooring” (punto sencillo de amarre) permite al buque amarrado a ella girar libremente alrededor de su estructura, ubicándose en la misma dirección del viento y la corriente marina, de tal forma que el buque amarado a la SPM ofrece la menor resistencia a las fuerzas de las olas, corrientes y vientos.

Figura 1 - Amarre de buque tanque a la monoboya.

CAPITULO 3
SISTEMA SPM

La SPM se utiliza ampliamente, dado su costo operativo relativamente bajo, su seguridad de funcionamiento y su flexibilidad de utilización.

Una monoboya básicamente se compone de una boya circular cuyo diámetro varía de 10 a 17 metros, anclada en el fondo de mar por medio de 6 u 8 cadenas de amarre, las cuales están aseguradas al fondo por anclas o pilotes enterrados.

Sobre la boya hay una estructura giratoria montada sobre cojinetes de rodillos que permite la rotación de 360 grados. Esta estructura giratoria esta equipada con tuberías, válvulas, conexiones, instrumentos de navegación y control y a ella están conectadas las mangueras flotantes.

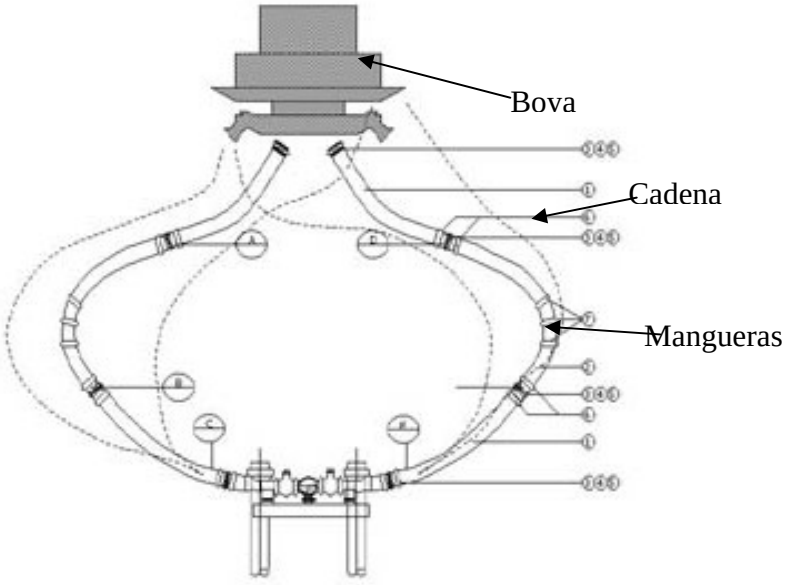


Figura 2 - Estructura de la monoboya. (Configuración de mangueras submarinas "Linterna China")

En el centro del cuerpo de la boya esta el pivote central, componente fundamental para poder transferir el fluido entre las partes fijas y las partes giratorias.

La conexión de la boya con el oleoducto submarino se hace por medio de mangueras flexibles, las cuales son instaladas con collares flotadores para mantener la configuración submarina adecuada.

Los siguientes tipos de SPM (single point mooring) son los más comunes y comerciales:

- CALM (catenary anchor leg mooring), consiste en la boya de amarre, cadenas y anclas, elementos de amarre para buques, mangueras submarinas y mangueras flotantes.

  La boya de amarre es normalmente de acero y su tamaño típico es de 12m de diámetro por 5m de alto. El cuerpo de la boya provee la flotabilidad suficiente para todos los componentes, válvulas y tuberías que la conforman.
  Una cubierta giratoria es montada en la parte superior de la boya y está diseñada para transmitir las fuerzas recibidas en el sistema de amarre por los buque tanques y por las mangueras flotantes hacia las cadenas y anclas del sistema de sujeción al fondo marino.

  El sistema de anclaje de la monoboya consiste en 6 u 8 cadenas, que se extienden desde el cuerpo de la monoboya en forma radial hasta llegar a quedar aseguradas a las anclas o pilotes.

Figura 3 - Sistema de anclaje de la monoboya.

El buque se amarra a la boya por medio de uno o dos cabos denominados “hawser” asegurados a la cubierta giratoria.

Las mangueras flotantes están instaladas en la cubierta giratoria a una tubería que se ubica por fuera del cuerpo de la boya. La longitud de estas mangueras está determinada por el tamaño del buque, ubicación de los múltiples y equipo de amarre disponible.

Fotografía 2 - Mangueras flotantes.

Las mangueras submarinas bajo la SPM, permite la conexión entre el cuerpo de la boya y el oleoducto submarino en el PLEM (pipe line end manifold).

Figura 4 - Mangueras submarinas bajo la SPM, configuración Linterna China.

Las mangueras submarinas pueden ser instaladas en varias configuraciones conocidas como “lazy s”, “steep s” o “linterna china”.

Fotografía 3 - Estructura interna de una Monoboya

- SALM (single anchor leg mooring), consiste en una boya de amarre asegurada al fondo marino por un pilote o una cadena sencilla de sujeción.

Figura 5 - Monoboya tipo SALM (Single Anchor Leg Mooring)

La boya de amarre es normalmente de acero y mide aproximadamente 4m de diámetro y 12m de alto. Los buques se amarran a la boya SALM, a uno o más cabos de amarre hawser.

El sistema de amarre de la boya al fondo marino comúnmente es una cadena larga con un elemento giratorio incorporado para permitir la rotación de la boya y prevenir el torque de la cadena.

Los grupos de mangueras de SALM se extienden desde la unidad giratoria en el PLEM hasta el múltiple del buque tanque, por medio de una configuración combinada de mangueras submarinas y flotantes.

4 - ORGANIZACIÓN DE LAS OPERACIONES MARINAS DEL TERMINAL SPM

Para la operación de una Terminal Marítima Monoboya, se requiere básicamente de cuatro grupos principales: la administración, operaciones on-shore (de tierra), operaciones off-shore (costa afuera u operaciones marinas) y grupo de mantenimiento.
En cada uno de estos grupos se presenta recursos directos o empleados directos de la compañía dueña u operadora de la Terminal y recursos suministrados por contratistas especializados en algunos servicios.
A continuación se da una explicación detallada de lo que puede ser la estructura básica para la operación y mantenimiento de una monoboya.

4.1 - ORGANIGRAMA OPERACIONES MARINAS PARA MONOBOYA

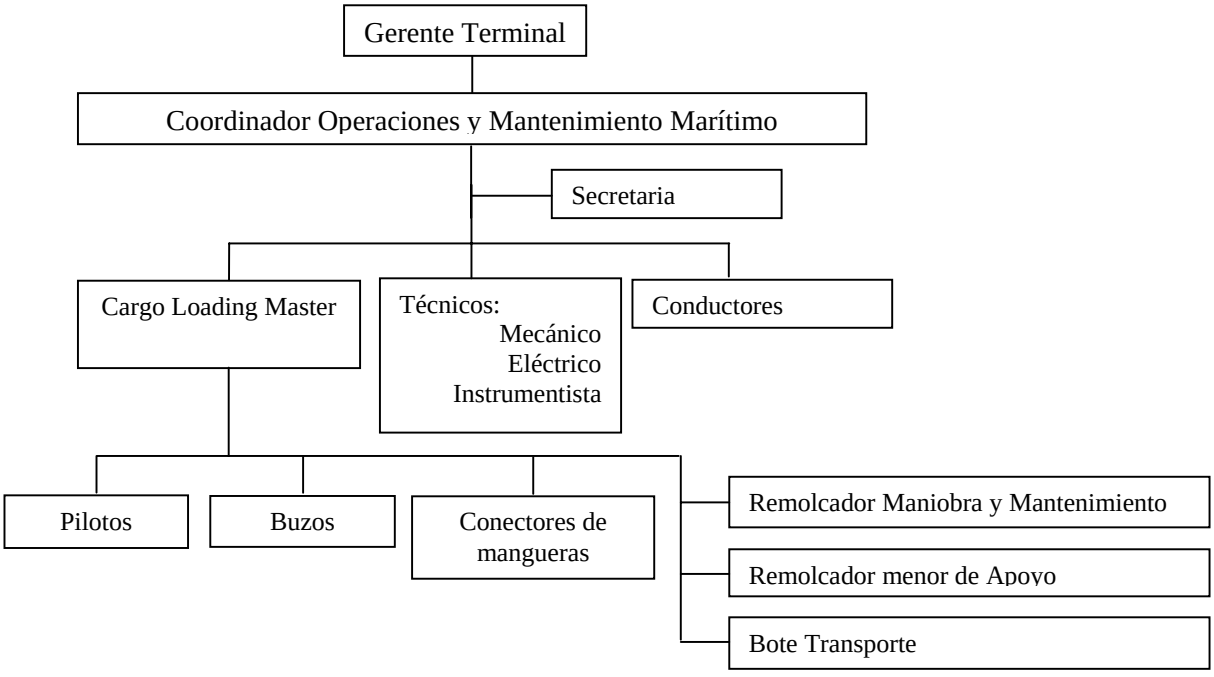


Figura 6 - Organigrama Operaciones Marinas para Monoboya

5 - EQUIPOS DE APOYO MARÍTIMO

Durante la operación normal y de emergencia se requiere de equipos que presten el apoyo en las maniobras de cargue, atención de incidentes etc, para lo cual se debe contar con el equipo que a continuación se describe.

5.1 - REMOLCADOR DE MANIOBRA Y MANTENIMIENTO

Remolcador de maniobra y soporte marítimo que se caracteriza por tener una cubierta espaciosa hacia popa, lo cual facilita los trabajos de mantenimiento de las monoboyas, así como el transporte de repuestos, almacenamiento de equipos de buceo, almacenaje temporal de residuos aceitosos y almacenaje de equipos para la respuesta a derrames de hidrocarburos. Es un remolcador con potencia y capacidad de maniobra suficiente para apoyar en las operaciones marinas con buque tanques de gran tamaño.
Para este estudio analizaremos solamente los remolcadores de maniobra del tipo convencional, con dos hélices en la popa de la nave.

Fotografía 4 – Prototipo de Remolcador de maniobra y mantenimiento para Monoboyas.

5.1.1 Maniobrabilidad.

El remolcador de maniobra y mantenimiento es un remolcador del tipo convencional que se caracteriza por tener su sistema de propulsión a popa y punto de remolque cerca del centro de la nave. Se ha tenido muy buena experiencia con el uso de este tipo de nave en maniobras en monoboyas, considerando que en una monoboya el buque tanque esta amarrado a un sólo punto por la proa de éste y cualquier operación de remolque se hace por la popa del buque y en sentido longitudinal o en el mismo sentido a la línea de crujía, lo cual no requiere que el remolcador tenga mucha maniobrabilidad y gran potencia.

Para que un remolcador de maniobra y mantenimiento trabaje en monoboya se requiere modificar su proa la cual termina normalmente en punta. Se requiere que la proa sea redonda con el propósito de colocarle defensas y que ésta sirva para empujar a los buque tanques. La proa deberá estar protegida por muy buenas defensas de tal forma que la borda de la proa no vaya a golpear con el casco del buque durante la maniobra de empujar.

Fotografía 5 – Remolcador de maniobra amarrado en la popa de buque tanque.

Durante la operación de atención del buque tanque, y una vez éste está amarrado por su proa a la Monoboya, el remolcador deberá estar amarrado por la popa del buque, con el propósito de mantener el buque siempre alejado de la monoboya.

Esto se consigue aplicando el principio de “cabo seco”, que se refiere a mantener siempre el cabo que amarra el remolcador al buque fuera del agua, consiguiendo también que el cabo “hawser”, que amarra el buque por su proa a la monoboya, también esté por fuera del agua.

Con la aplicación de este principio, se puede asegurar que en caso de cambios intempestivos de la dirección del viento/corriente la posibilidad de rotura de estas líneas de amarre es menor, así como también se asegura que se mantiene el posicionamiento adecuado del buque con respecto a la monoboya.

Fotografía 6 - Principio de cabo seco.

Las experiencias de algunos Terminales han demostrado que se ha roto el cabo “hawser” que amarra el buque a la monoboya por haber estado laxo en el

momento de haberse presentado cambios bruscos de dirección de viento/corriente o se han presentado dificultades operativas al haberse acomodado el buque en posiciones peligrosas para la integridad de la monoboya y mangueras flotantes.

5.1.2 Potencia.

Los remolcadores de maniobra normalmente están en el grupo de las naves con potencia cercana y superior a los 4000 BHP (break horse power), lo cual consiguen con la eficiencia de dos máquinas ubicadas en su popa. Durante la maniobra de aproximación del buque a la monoboya, el remolcador asiste desde la posición de amarrado por la amura de estribor o de babor, de tal forma que el remolcador pueda empujar o halar, a órdenes del Piloto Práctico, dependiendo de cómo se desarrolle la aproximación del buque a la monoboya.

Se requiere un “Bollard Pull” de por lo menos 60 toneladas, lo cual asegura un buen remolque del buque tanque por su popa en caso de requerirse.

Para el caso del Terminales Marítimos Costa Afuera, que atienden buque tanques por encima de los 100.000 DWT (dead weight tons) es recomendable que el remolcador de maniobra no sea menor de 4500 BHP por las siguientes razones :

- Influencia del viento, corriente y olas sobre el casco del buque tanque durante la maniobra de aproximación del buque a la monoboya.

- Influencia de las mismas variables durante la operación de zarpe de la monoboya, en caso de requerirse asistencia del remolcador.

- En caso de zarpe de emergencia del buque tanque y éste requiera ser remolcado.

5.1.3 Espacios Disponibles

El espacio en cubierta que tiene el remolcador es muy útil para adelantar trabajos de mantenimiento e inspecciones a la monoboya y sus componentes.

- ***Para Mantenimiento:***

La cubierta principal a popa del remolcador, permite la colocación de mangueras marinas abordo con el propósito de adelantar trabajos de reemplazo de mangueras, cambio de conectores “camlock”, cambio de válvulas mariposa, reemplazo de sistemas de cadenas de izado y soporte de las mangueras “tanker rail”, inspecciones visuales y reparaciones a carcasas de flotación de las mangueras flotantes.

Fotografía 7 - Espacio en cubierta principal del remolcador de maniobras y mantenimiento.

Asimismo, y gracias a que posee grúa en cubierta principal, estas operaciones de manejo de mangueras se facilitan mucho, así como las operaciones de cambio de las cadenas del sistema de amarre, cambio de cabo “hawser” o cambio de boya de soporte de la cadena “chafe chain”.

El espacio en cubierta también favorece el almacenamiento de los equipos de los buzos, tales como compresores, cámara hiperbárica, herramientas especiales, bote “zodiac” y banco de botellas de oxigeno, entre otros.

Los tanques de recepción de residuos aceitosos son muy útiles al momento de tener que hacer drenajes de petróleo cuando se va a reemplazar una manguera marina o se va a hacer una reparación. La capacidad minima recomendada de estos tanques es de aproximadamente 30.000 galones.

Fotografía 8 - Inspección de manguera en remolcador de maniobra

La capacidad de almacenamiento de agua potable y combustible le permite una importante autonomía que garantiza que el remolcador de maniobra podrá estar mucho tiempo adelantando trabajos de mantenimiento sin necesidad de reabastecimiento.

Su capacidad de alojamiento permite alojamientos adicionales para buzos o técnicos, cuando los trabajos de reparación y mantenimiento así lo requieren.

- ***Para Atención de Emergencias***:

La cubierta principal de este tipo de remolcador también sirve para el almacenamiento de barreras de contención, ubicadas estratégicamente para ser lanzadas desde la posición de almacenamiento, estiba y disposición para uso inmediato de equipos de dispersión química, almacenamiento de buena cantidad de tambores de dispersante químico,

así como de otras barreras y otros equipos que pueden ser entregados a otras embarcaciones menores durante una emergencia.

Fotografía 9 - Almacenamiento de equipos para atención de emergencias en remolcador.

El remolcador podrá contar con un tanque para almacenamiento de espuma contraincendio y con dos monitores entre 1.500 gpm y 3.000 gpm (galones por minuto) cada uno.

Fotografía 10 - Monitores del sistema contraincendio del remolcador.

El remolcador puede contar con tanque disponible para el almacenamiento de dispersante químico para la atención de derrames de hidrocarburos.

- ***Equipos abordo***

El remolcador debe contar con un rodillo de popa que permita el izaje de mangueras marinas, barreras, cadenas y otros, a la cubierta del remolcador. Para que este rodillo funcione en forma óptima, no debe haber borda en este punto y debe estar ligeramente más alto que la cubierta principal.

El remolcador debe contar con un winche o cabrestante principal con por lo menos 100 toneladas de capacidad.

Fotografía 11 - Mangueras sobre cubierta a popa del remolcador

Este remolcador debe tener abordo por lo menos dos (2) winches menores, los cuales son una excelente ayuda para las maniobras necesarias durante trabajos de mantenimiento o reemplazo de partes o componentes en la monoboya.

Estos winches deben estar ubicados hacia la popa de la superestructura o hacia la proa de la cubierta principal y preferiblemente en la cubierta 01 (una cubierta arriba de la principal de popa), con el propósito de dar apoyo a cargas que se subirían abordo de la cubierta principal por el rodillo de popa, como mangueras marinas, boyas de amarre, cabos de amarre, barreras de contención de derrames, cadenas y otros.

Fotografía 12 - Winche o cabrestante principal del remolcador.

El remolcador debe contar con la grúa en cubierta principal popa, sobre la popa misma del remolcador, por donde está ubicado el rodillo de popa.

Esta grúa, que preferiblemente debe ser operada localmente, debe contar con freno de seguridad que no le permita izar la carga si se está pasando de su capacidad de levante. La grúa deberá poder girar 360° sobre su eje de trabajo y debe contar con por lo menos 180 metros de guaya.

El remolcador debe contar con conexión en cubierta del sistema contraincendio que permita la conexión de mangueras flotantes de 16" para poder adelantar operaciones de desplazamiento del crudo con agua de mar, para trabajos especiales de reemplazo de mangueras marinas o pruebas hidráulicas.
Esta conexión puede ser una brida de 8" en la tubería del sistema contraincendio, reducción 16x8 y válvula de 8" de control en cubierta.

Fotografía 13 - Grúa en cubierta del remolcador.

5.2 - REMOLCADOR MENOR DE BAHÍA

Remolcador menor de maniobra y soporte que se utiliza para la maniobra de entrega de la línea mensajera del sistema de amarre al buque, para entregar la caja de herramientas de conexión de mangueras y para la operación de conexión de las mangueras flotantes en el buque tanque. Asimismo, estos equipos sirven también para el almacenaje y operación de equipos para la respuesta a derrames de hidrocarburos, como skimmers y equipos para la dispersión química.

El remolcador debe ser de aproximadamente 600 BHP y debe tener una cubierta no muy alta, especialmente en las amuras de estribor y babor, con el propósito de facilitar la operación de conectar el gancho de la grúa del buque con la cadena de izado de las mangueras. Debe ser de casco de acero, teniendo en cuenta que debe operar debajo de las amuras y a los costados del buque tanque cuando está en la maniobra de aproximación a la monoboya.

El remolcador debe contar con equipo para aplicación de dispersantes químicos. Este dispersante es aplicado directamente de tambores dispuestos en la cubierta del bote.

CAPITULO 5
EQUIPOS MARITIMOS

Fotografía 14 – Prototipo de Remolcador menor de bahía.

El remolcador debe contar con mínimo dos máquinas, con el propósito de facilitar su maniobrabilidad durante atención de buque tanque.

En la cubierta de esta nave se puede mantener estibada la caja de herramientas para la conexión de mangueras, ya que este bote es el que entrega esta caja al buque antes que este llegue a la monoboya.

Fotografía 15 - Remolcador menor de bahía en monoboya.

5.3 - BOTE PARA TRANSPORTE DE PERSONAL

Bote para el transporte de Pilotos Prácticos, Cargo Loading Master y conectores de mangueras. Da asistencia para el soporte logístico en caso de emergencias y transporta y opera equipos de control de contaminación como aplicadores de dispersantes químicos.

Transporte de visitantes y operaciones de rescate y salvamento.

El bote debe tener capacidad para por lo menos 20 pasajeros, sentados y en acomodación con aire acondicionado.

En lo posible la cabina del piloto del bote debe estar independiente del espacio para pasajeros. El bote debe contar con mínimo dos máquinas y desarrollar una velocidad no inferior a los 15 nudos.

Fotografía 16 – Prototipo de Bote para transporte de personal.

El bote debe tener puesto de control hacia popa de tal forma que las operaciones de desembarco de personas y movimiento de cargas o equipos de control de contaminación se hagan en forma segura.

La cubierta de popa de este bote debe ser amplia, de tal forma que se facilite el transporte de pequeños equipos y repuestos y el transporte de equipos de control de contaminación.

Eventualmente este espacio también podrá servir para operaciones de rescate y salvamento y para acomodar equipos de buzos para llevar a cabo inspecciones especiales como “caminatas” de buzos sobre el oleoducto submarino.

5.4 CARACTERÍSISTICAS BÁSICAS DE LOS EQUIPOS RECOMENDADOS PARA SPM. (PARA BUQUE TANQUES DE HASTA 250 KDWT) (ESTAS CARACTERÍSTICAS PUEDEN VARIAR DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS DE CADA PUERTO)

CARACTERíSTICAS PROMEDIO	REMOLCADOR de MANIOBRA y MANTENIMIENTO	REMOLCADOR MENOR de BAHÍA	LANCHA TRANSPORTE de PERSONAL
Cantidad	1	1	1
Eslora	60 m	15 m	20 m
Manga	15 m	5 m	5 m
Cantidad mínima de máquinas	2	2	2
BHP total mínimo	4500	800	1200
Velocidad máxima	15 nudos	8 nudos	15 nudos
Espacio disponible en cubierta de popa y capacidad carga	150 m2 500 tons	NO	20 m2 10 tons
Rodillo de popa	SI	NO	NO
Capacidad del sistema contraincendio para asistencia externa	3000 GPM en dos (2) monitores	NO	NO
Cantidad de monitores contraincendio para asistencia externa	2	NO	NO
Facilidades para aplicación de espuma contraincendio y capacidad del tanque	SI 30 m3	NO	NO
Capacidad de transporte de pasajeros	NO	NO	20
Capacidad de alojamiento adicional para buzos o técnicos	4 camas	NO	NO
Grúa en cubierta en la popa Capacidad de carga (Longitud guaya)	SI 15 toneladas (160 m de guaya)	NO	NO
Bow thruster y HP	Opcional	NO	NO
Sistemas de navegación : 2 radares GPS 2 VHF banda marina base Giro Compás Compás Magnético SSB Radio	 SI SI SI SI SI SI	 1 radar SI SI NO SI NO	 1 radar SI SI NO SI NO
Cantidad de anclas	2	2	2
Winches principales en cubierta principal popa, capacidad y longitud de guaya	1 100 tons (1000 m guaya 2 ¼")	NO	NO
Bollarpull (minimo)	60 tons	NO	NO
Winches auxiliares y capacidad	2 6 toneladas cada uno	1 2 toneladas	NO
Capacidad de almacenamiento de residuos aceitosos	30.000 gls	NO	NO
Capacidad de agua potable	25.000 gls	500 gls	500 gls
Capacidad almacenamiento combustible	45.000 gls	5.000 gls	1.500 gls

Tabla 1 - Características básicas de los equipos recomendados para atender buques en monoboya

6 - OPERACIONES Y MANTENIMIENTO DE LA MONOBOYA

6.1 - PROCESO GENERAL DE OPERACIÓN DE LA MONOBOYA

Los siguientes son los pasos a seguir durante la atención de un buque tanque en una monoboya:

1. Confirmación del ETA (Estimated Time Arrival) del buque por parte de la Agencia Marítima, representante del buque en el Puerto. El Cargo Loading Master programa la hora de salida del muelle hacia el buque, dependiendo del ETA de éste y del tiempo que se requiera para llegar desde el muelle hasta la zona de Piloto Práctico del Puerto.

2. Salida del muelle en el bote de transporte. En este viaje van el Piloto Práctico, el Cargo Loading Master, los Conectores de Mangueras, los Inspectores de Calidad y Cantidad.

3. El Cargo Loading Master ha coordinado el desplazamiento hacia la monoboya de un remolcador de maniobra y del remolcador menor de bahía.

4. Se aborda el buque tanque en la zona de Piloto Práctico. Mientras que el Piloto le explica al Capitán del buque el procedimiento de la maniobra de aproximación y amarre del buque a la monoboya, el Cargo Loading Master va llevando a cabo la inspección de seguridad al buque en compañía del primer oficial. Mientras esto sucede, el buque que ha sido abordado aproximadamente a dos millas de la monoboya, se va desplazando lentamente hacia ella.

5. El remolcador menor de bahía entrega al buque la caja de herramientas y los Conectores de Mangueras preparan la operación de conexión en el múltiple del tanquero, con la asistencia de la tripulación del buque.

6. Una vez terminada la inspección de seguridad por parte del Cargo Loading Master, se procede a la maniobra de aproximación final a la monoboya, para lo cual el bote de transporte de personal abre las mangueras flotantes para despejar la entrada del buque.

7. Mientras que el remolcador de maniobra está asegurado por la amura de estribor o babor del buque, apoyando al Piloto Práctico en la aproximación del buque tanque a la monoboya (empujando o halando dependiendo de las órdenes recibidas del Piloto Práctico), el remolcador menor de bahía se prepara a entregar la línea mensajera por la proa del buque para que por medio del cabrestante de proa éste ice el sistema de amarre, el cual se asegurará en el "bow stopper" ubicado en la cubierta de proa del buque llamada "castillo de proa".

8. Una vez asegurado el tanquero a la monoboya por medio del sistema de amarre y cabo "hawser", el remolcador de maniobra pasa a amarrase por la popa del buque tanque, para cumplir con el "principio de cabo seco".

9. Una vez asegurado el remolcador de maniobra a la popa del tanquero, el remolcador menor de bahía le recibe las mangueras flotantes al bote de transporte y procede a entregarlas al buque para su conexión. El remolcador menor de bahía entrega una por una cada grupo o "string" de mangueras flotantes, para que éstas sean izadas a cubierta del buque por medio de la grúa de éste, para luego ser conectadas al múltiple por lo conectores de mangueras.

10. Terminadas todas las conexiones, el buque tanque está listo para recibir la carga.

11. El remolcador menor de bahía queda "stand by" en la monoboya durante la operación de cargue del buque y el remolcador de maniobra queda asegurado a la popa del buque tanque durante todo el tiempo que éste permanezca amarrado a la monoboya.

12. El Cargo Loading Master permanecerá todo el tiempo abordo del buque tanque, mientras esté amarrado a la monoboya.

6.2 - PROCEDIMIENTO PARA AMARRE DE BUQUE TANQUES

Antes de la llegada del Buquetanque es esencial que se establezcan las líneas de comunicación adecuadas entre el Terminal, la agencia marítima, los inspectores y el buque. El Terminal debe suministrarle a la agencia marítima un formato de "pre-arrival check List" establecido por el terminal donde se le informa de la

configuración del sistema del amarre, detalles de la conexión de la manguera, requerimientos del puerto, etc.

El "pre-arrival check list" igualmente contiene los detalles de la brida de conexión, de calado del buque de llegada, configuración del amarre, diámetros de las bridas de conexión, distancia de la proa del tanquero a la brida de conexión, SWL (Carga de Trabajo Segura) del equipo de levantamiento de carga y capacidad para cumplir con las normas de prevención de contaminación y regulaciones internacionales.

Después del intercambio de información (de preferencia al menos 72 horas antes de la llegada) el terminal debe garantizar que el buque pueda entrar con seguridad y amarrarse a la monoboya.

La mayoría de las bridas de los buques se ajustan, o casi siempre se ajustan a las Recomendaciones para Bridas de Conexiones de Buques tanques de acuerdo a normas Equipo Asociado de OCIMF, 4ta. Edición, 1991. Esta publicación especifica la posición y adaptaciones de la brida de carga del buque, la cual es usualmente diseñada muy cerca de la cuaderna maestra de estribor y/o babor del buque tanque y adaptado con bridas de acuerdo a BS 1650 o ANSI B16.5.

La distancia de las bridas del múltiple sobre la cubierta principal del buque desde la borda, varía dependiendo del tamaño del buque. El documento de OCIMF "Recommendations for oil tankers manifolds and associated equipment", 4th edición de agosto de 1991, especifica estas distancias.

6.2.1 Inspección y Medidas Previas al Atraque en la Monoboya

Antes del atraque del buque tanque se debe hacer una inspección de la configuración general de la monoboya, con el bote de trabajo y todo el equipo auxiliar que va a ser utilizado para el amarre del buque y las conexiones de las mangueras.

Los siguientes párrafos describen los chequeos requeridos antes del atraque.

CAPITULO 6
OPERACIÓN SPM

Boya: El Cargo Loading Master y su tripulación de amarre deben realizar un chequeo general de la boya para asegurar que todo el equipo está en condiciones adecuadas de trabajo.

En ciertas circunstancias se puede preferir incluir la inspección de las mangueras submarinas y válvulas PLEM utilizando buzos durante la inspección previa al atraque, siempre y cuando se requiera verificar algo específico, porque en condiciones normales no es necesario revisar las mangueras submarinas en la revisión pre-arribo.

Mangueras: Las mangueras flotantes deberán ser inspeccionadas por la lancha para asegurar que están en condición normal y que están flotando libremente. Se debe dar especial atención a la configuración de las mangueras para asegurarse de que éstas no se enreden. En caso necesario, las luces marcadoras de manguera deben ser chequeadas para asegurar que están operando.

Sistema de Amarre: El equipo de amarre se debe inspeccionar cuidadosamente para revisar que está en buenas condiciones. Las boyas de soporte de cadenas y cabos de levante deben ser chequeadas para asegurar que se están moviendo libremente.

Una manera simple de hacer esta verificación es halando el sistema de amarre por el “pick up rope” o cabo mensajero de levante, con un bote menor. Se debe poner especial atención a la conexión entre el cabo mensajero de levante y la cadena de amarre o “chafe chain”.

Equipo conexión mangueras : Las condiciones del siguiente equipo de conexión de manguera auxiliar deberá ser inspeccionado, en la caja de herramientas:

- Reductores.
- Empaques.
- Tornillos.
- Herramientas para conectar mangueras a reductores y colectores.
- Diversos estrobos de cabo y de cadena.
- Cabos para la retención de manguera.
- Cadenas de levante de las mangueras de cargue.
- Indicadores de presión.
- Material de limpieza de derrame de petróleo.
- Cintas para manipulación de mangueras.

6.2.1.1 Medidas para Abordar el Buque

Se deben tomar las siguientes medidas para abordar el buque:
La escala que se debe usar es la combinada, tal como lo regula la norma de abordajes de piloto en mar afuera, ésta debe estar lista para el acceso en el costado seleccionado por el Piloto Práctico, uno o dos metros arriba del nivel del agua de mar, dependiendo del tamaño del bote de Piloto. Este requerimiento le es informado, por radio, al Capitán del buque por la Agencia o por el mismo Piloto Práctico.

6.2.1.2 Equipos Abordo del Buque

La pluma, o grúa, debe estar lista para el levantamiento de la caja auxiliar de herramientas, donde se encuentran las herramientas de conexión de mangueras y el equipo para el manejo de la manguera, por el mismo costado donde se conectarán las mangueras de cargue.

Las bridas de conexión en el múltiple deberán estar listas e identificadas para la inspección inicial del Cargo Loading Master durante su inspección inicial de seguridad.
Un cabo mensajero de por lo menos 100 m de longitud deberá estar listo en el castillo de proa para facilitar la izada del “pick up rope” del sistema de amarre a la monoboya.
Los accesorios del bow stopper deben estar listos, así como los cabrestantes o winches de proa para izar las facilidades de amarre.

6.2.2 Operación de Amarre

Los procedimientos recomendados para el amarre son mostrados en las figuras 7 y 8.

Una operación típica de amarre es como sigue:
Cuando se hace contacto con un B/T que se aproxima, el Piloto Práctico debe confirmar su hora de embarque con el Capitán del buque tanque el cual debe estar esperando en el área de Pilotos asignada por la autoridad marítima e identificada en las cartas de navegación del Puerto de Esmeraldas.

CAPITULO 6
OPERACIÓN SPM

Utilizando uno de los botes de transporte o un remolcador, el Piloto Práctico, el Cargo Loading Master y los Conectores de Mangueras deben abordar el buque antes de que se acerque a la monoboya. En este mismo momento se entrega al buque la caja de herramientas para conexión de mangueras, la cual puede ser entregada por el mismo bote de transporte o por otra embarcación.

El Cargo Loading Master, en compañía del primer oficial del buque, lleva a cabo la inspección de seguridad utilizando el "Safety Check List". Cuando se han revisado los asuntos más relevantes, el Cargo Loading Master le da la autorización al Piloto Práctico para que continúe con la maniobra de aproximación a la monoboya.

El acercamiento del buque a la monoboya debe hacerse a velocidad muy baja y orientando la proa del buque hacia la dirección del viento, de tal forma que durante la aproximación, el viento esté siempre soplando por la proa para garantizar un mejor control de la aproximación. Para evitar daños al oleoducto submarino y a cadenas de anclaje de la SPM, las anclas del buque no se deben dejar caer dentro del área de maniobras, excepto en caso de extrema emergencia.

Durante el acercamiento, el equipo de amarre se debe preparar en la proa del buque de acuerdo a la manera en que éste vaya a ser amarrado. En este momento, una lancha debe abrir las mangueras flotantes, alejándolas de la dirección de acercamiento del buque para asegurar que los cabos de manguera son mantenidos libres de los propulsores del buque durante el atraque.
Para su acercamiento final, el buque debe tomar un rumbo paralelo a la monoboya, es decir dejar la monoboya por la amura, de tal forma que en caso de requerir abortar la operación se minimice el riesgo de golpear con el buque la monoboya.
A una distancia segura y conveniente desde la SPM, y cuando el Piloto Práctico lo indique, la tripulación del buque debe bajar la línea mensajera por el escoben de proa, para izar el cabo mensajero del sistema de amarre de la monoboya o "pick up rope". La tripulación del bote menor se encarga de asegurar el "pick up rope" al cabo mensajero bajado desde la proa del buque.

Cuando la conexión entre las líneas ha realizado, la tripulación del buque debe comenzar a izar el "pick up rope" utilizando el winche principal en el castillo de proa. El "pick up rope" debe ser transferido al malacate y cobrarlo hasta que la cadena de amarre o "chafe chain" pase a través del "bow stopper".

Una vez que la cadena de amarre “chafe chain” está en la posición correcta, se debe asegurar en el freno de proa o “bow stopper” lo más pronto posible y antes que el sistema de amarre se tensione. Si dos cabos de amarre van a ser utilizados, la segunda cadena de amarre o “chafe chain” debe ser levantada a bordo utilizando el mismo procedimiento.
Ambos sistemas de amarre deben quedar de la misma longitud cuando están asegurados. Se recomienda asegurar primero la cadena que está más cerca de las mangueras flotantes, o sea, la cadena de adentro.
Mientras que los sistemas de amarre están siendo asegurados, el buque debe mantener la posición para facilitar su aseguramiento con la mínima tensión posible. Cuando los sistemas de amarre están asegurados hay que dejar que el buque se estabilice con la influencia de los elementos externos como viento, corriente, marea, etc.

La operación de amarre a una monoboya puede ser realizada de día o de noche. Durante el atraque nocturno, los reflectores de los botes menores son de gran ayuda para mostrar al Piloto Práctico la ubicación de mangueras flotantes y sistema de amarre.

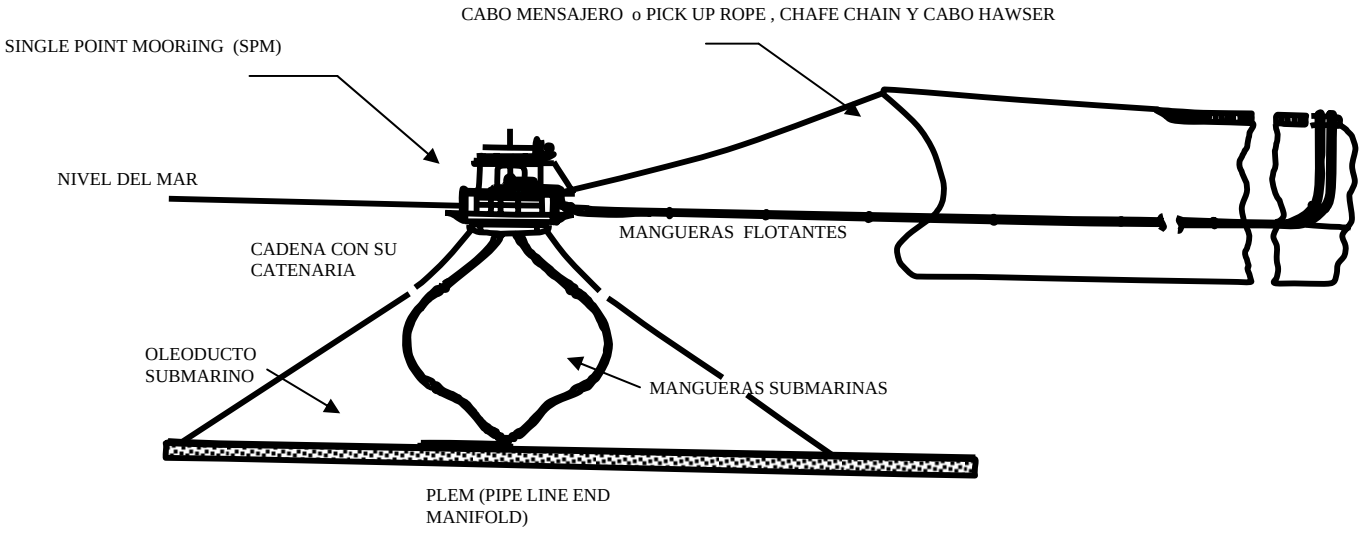


Figura 7- Configuración del amarre del buque tanque a la monoboya.

En la figura 7 y en la figura 8 se puede observar la configuración del amarre del buque tanque a la monoboya.
Las cadenas de la monoboya la sujetan al lecho marino y son seis (6) cadenas que tienen una configuración de catenaria, lo que permite un poco de flexibilidad en el amarre de la SPM al fondo. Cada cadena está sujeta al fondo marino por anclas y, en algunos casos, por pilotes enterrados en el lecho marino.
El PLEM (pipe line end manifold), es el sitio donde termina el oleoducto submarino y se conectan las mangueras submarinas que permiten la interconexión entre el oleoducto submarino y la monoboya. En el PLEM hay válvulas que facilitan el aislamiento de sistemas para reemplazo y mantenimiento.
Las mangueras flotantes interconectan la monoboya con el múltiple del buque tanque. Cuando no hay buque estas mangueras se mantienen flotando libremente.
El “pick up rope”, cadena “chafe chain” y cabo “hawser” son parte del sistema de amarre que sirve para amarrar el buque a la monoboya.
El “pick up rope”, o cabo mensajero, sirve para guiar la cadena de amarre o “chafe chain” hacia el freno de proa o “bow stopper” en el buque; y el cabo “hawser” es el componente flexible de sistema de amarre.

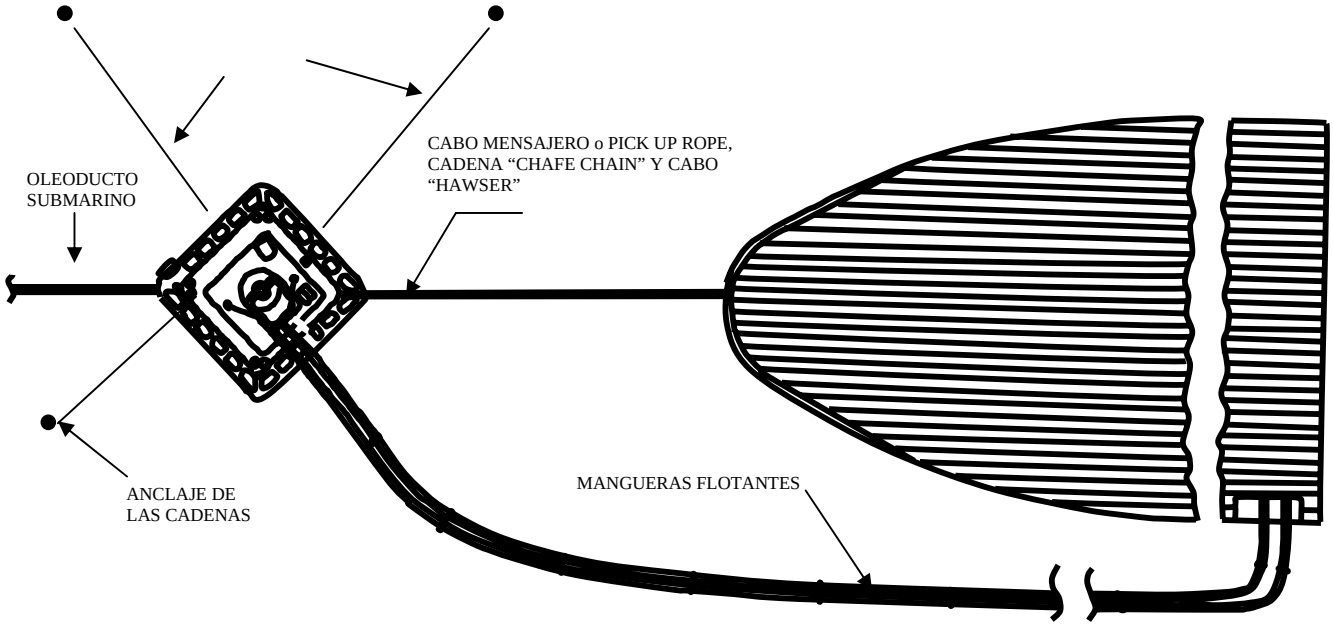


Figura 8 - Configuración del amarre del buque tanque a la monoboya.

6.2.3 Conexión de Manguera

Después de que el buque es amarrado en forma segura, el Cargo Loading Master dará instrucciones al bote de apoyo de remolcar los extremos de la manguera flotante, por el cabo instalado para ello, a la posición por debajo de la pluma o grúa del buque por el costado de conexión. Las mangueras flotantes deben ser manejadas una por una para la conexión, por lo tanto, se debe remolcar cada grupo de mangueras en forma independiente.

Fotografía 17 - Remolcador menor de bahía entregando manguera para conexión en buque.

Es esencial que la manguera más cercana al buque sea conectada primero, o sea, la manguera que quedará conectada en el múltiple del buque más hacia la proa, y la segunda será remolcada hacia la posición de izaje una vez termine la conexión de la primera.

El Cargo Loading Master coordinará con la tripulación del buque el apoyo que se requiere de la grúa de cubierta para izar las mangueras hasta el múltiple del buque. La grúa o pluma de levantamiento de manguera del buque debe ser posicionada de tal manera que la manguera pueda ser levantada verticalmente fuera de la borda del lado del buque.

La tripulación del buque debe bajar el gancho de la pluma o grúa hasta el nivel donde la tripulación del bote, que está dando el apoyo, pueda conectar la cadena de levante (pick up chain) de las mangueras flotantes al gancho. La manguera debe ser entonces levantada fuera del agua para permitir que la boya de marcación sea desconectada.

En este momento la condición y seguridad de los diversos componentes del aparejo de levante de la manguera deben ser inspeccionadas visualmente para verificar que no esté enredado y que todo está normal.

La manguera debe ser levantada para permitir que la cadena de soporte o "snubbing chain" sea asegurada a la bita de la cubierta frente al múltiple, para facilitar la conexión de la manguera. Una vez que esta cadena está asegurada se arría la manguera hasta quedar a la altura adecuada.

La manguera se debe bajar para transferir todo el peso a la cadena de soporte o "snubbing chain" de la manguera. La pluma o grúa debe ser ajustada, de tal forma que se facilite la operación de izaje y la conexión de la manguera.

La altura de la manguera debe ser suficiente para permitir que ésta se doble sobre el riel de la borda del buque y para que la brida de la manguera y la brida del múltiple sean alineadas. Es prudente permitir una pequeña altura adicional ya que es más fácil aflojar el sistema de soporte un poco para obtener el alineamiento preciso.

Luego, la manguera se debe doblar hacia abajo de manera que la brida ciega en la manguera pueda ser retirada por el personal de conectores de mangueras del Terminal. Antes de retirar la brida ciega, se debe verificar que la manguera está despresurizada y que la brida de la manguera está sobre la bandeja colectora del múltiple del buque, para que cualquier pequeño residuo proveniente de la manguera sea contenido allí.

La manguera debe ser, entonces, conectada a la brida del múltiple, utilizando la unidad "camlock" o dispositivo de acoplamiento rápido. Todos los "cams" de la unidad "camlock" deben quedar bién ajustados contra la brida del buque tanque. Se debe usar el empaque ("o" ring) en la unidad "camlock" recomendado por el fabricante.

Fotografía 18 - Mangueras conectadas en múltiple de buque tanque.

Una vez conectada la manguera al múltiple, la válvula mariposa puede ser operada a la posición de abierto, colocando el seguro respectivo para evitar que se pueda cerrar.
Cuando la conexión de la manguera al múltiple ha terminado, un estrobo especial de cinta ancha se debe colocar en el cuerpo de la manguera, de modo que sirva para suspender o colgar la manguera a la grúa o pluma del buque.
Asimismo, otra banda o cinta ancha debe ser colocada el la parte vertical de la manguera que está conectada para minimizar el movimiento lateral de las mangueras inducido por oleaje sobre el grupo de mangueras flotantes.
Durante el levantamiento de la manguera y la operación de conexión, se debe tener cuidado de mantener sostenido el peso de la manguera siempre por la cadena de soporte o “snnubing chain”. Las cintas de soporte nunca deben sostener solas el peso de la manguera.

6.3 - OPERACIONES DE CARGA

Los procedimientos básicos para el manejo de carga en una monoboya (SPM) son los mismos que para un cargue en muelle convencional.

CAPITULO 6
OPERACIÓN SPM

Antes de que el buque llegue a la monoboya para cargar, se debe llevar a cabo un chequeo de seguridad al buque (Safety Check List) para verificar que éste cumple con las normas de seguridad internacional y de prevención de contaminación. A la llegada del buque, éste debe ser inspeccionado por el "Cargo Loading Master" en compañía del Primer Oficial del Buque. El plan de carga debe establecerse, así como la secuencia de cargue de tanques.

Las operaciones de transferencia de crudo no deben comenzar hasta que todos hayan determinado que las mangueras están correctamente conectadas, y que todas las válvulas necesarias en el buque y la costa han sido revisadas para recibir la carga.

La transferencia debe ser iniciada lentamente al principio hasta que se ha verificado que el petróleo está llegando a los tanques designados y que todo el sistema está operando satisfactoriamente. Las mangueras flotantes y el área alrededor de la boya de amarre deben ser inspeccionadas desde un bote de soporte para revisar que no haya indicio de derrame de petróleo.

Cuando se ha establecido que todo el sistema está operando correctamente, la rata de cargue puede ser incrementada a la máxima acordada durante la reunión previa al inicio de la operación.

Durante las operaciones de carga, se deben realizar inspecciones periódicas de las conexiones en el múltiple, todo el sistema de mangueras, las áreas alrededor del buque y la boya de amarre. Todos los problemas, malos funcionamientos, discrepancias, etc. deben ser registrados e investigados inmediatamente.

Las válvulas del buque deben permanecer abiertas hasta que el flujo haya cesado completamente. El Cargo Loading Master debe esperar la confirmación desde tierra, de que la operación de cargue ha terminado, antes de ordenar cerrar las válvulas del buque tanque.

6.4 - OPERACIONES DEL LASTRE

Los buques adaptados con sistemas de tanques de lastre separado de los tanques de carga, SBT (segregated ballast tank), deben siempre iniciar las operaciones de deslastre conjuntamente con las operaciones de transferencia de carga con el fín

de evitar que la maniobra de aproximación se haga con el buque sin lastre, lo cual hace que el barco esté muy liviano y no maniobre adecuadamente durante la aproximación a la monoboya.

La operación de deslastre será supervisada por la tripulación del buque, el Cargo Loading Master y por la autoridad marítima / portuaria del puerto.

En Monoboya se recomienda no atender buques del tipo CBT (Clean Ballast Tank) dada la dificultad de manejar agua de lastre contaminada y para darle cumplimiento a lo establecido por MARPOL.

6.5 - OPERACION DE DESAMARRE

6.5.1 Desconexión de Manguera Flotante

La desconexión de las mangueras puede ser una operación peligrosa, por lo que se debe tener cuidado de mantener la manguera siempre asegurada a la pluma o grúa del buque, hasta que éstas son bajadas al nivel del mar para liberarla.

Antes de la desconexión de las mangueras, éstas deben ser despresurizadas y las válvulas del múltiple del buque y las válvulas de mariposa, en el extremo final de la manguera, deben ser cerradas y debe ser limpiado cualquier residuo aceitoso que haya podido quedar en la parte externa de la manguera, después de la operación de cargue.

Es importante desconectar primero el grupo de mangueras flotantes que da hacia la popa del buque y luego las mangueras que dan hacia la proa.

En otras palabras, se desconectan primero las mangueras de afuera y por último las mangueras de adentro, teniendo como referencia el casco del buque.

Para desconectar cada manguera, su peso debe estar suspendido sobre la pluma o grúa del buque para poder desconectar la unidad “camlock” con seguridad.

Al ser desconectada la manguera, debe ser sellada utilizando una brida ciega y un empaque de alta calidad y en buen estado. Todos los “cams” deben ser apretados contra la brida ciega y es costumbre en algunos Terminales poner por lo menos

cuatro tornillos adicionales bien apretados, para evitar goteos de petróleo por pase en la válvula mariposa y por el afloje de los “cams” debido al movimiento del mar.

Fotografía 19 - Operación de izaje de manguera hacia la cubierta del buque tanque.

Cuando la brida ciega está segura, el gancho de la pluma o grúa debe ser transferido del estrobo de cinta al aparejo de izaje de manguera. La manguera debe ser levantada lenta y verticalmente. Cuando la manguera cuelga verticalmente y la grúa del buque tiene todo el peso, la cadena de soporte (snubbing chain) de la manguera puede ser desconectada.

La manguera debe ser bajada hasta que la cadena de levante (pick up chain) esté al nivel con el riel del buque. La boya marcadora debe ser conectada a la cadena de levante de la manguera en este momento.

Un cabo se debe pasar a través de la cadena de levante o “pick up chain” y asegurarlo de manera que puede ser usado como una cuerda de deslizamiento hacia el agua de la última manguera. Se debe tener cuidado en asegurarse que el cabo utilizado sea lo suficientemente largo para bajar la manguera al nivel del mar. El cabo entonces sostendrá el peso de la manguera y el gancho de la grúa del

buque puede ser desconectado. La manguera, entonces, se arría hacia el mar lentamente con el cabo retenido sobre el riel de la borda del buque.

Este procedimiento se hace con cada una de las dos mangueras conectadas.

Las mangueras deben ser bajadas lentamente, primero la que da hacia de la popa y por último la que da hacia proa, para que la lancha pueda remolcarlas libremente y así despejar el área para el zarpe del buque.

En una situación de emergencia, las mangueras pueden ser bajadas utilizando el mismo procedimiento, teniendo en cuenta que se puede hacer sin el apoyo del bote. Esto sólo en casos de emergencia. No obstante, siempre se debe revisar que el área de la hélice del buque está despejada antes de dar marcha atrás con las máquinas del buque. El riesgo de que las mangueras flotantes sean dañadas por la hélice del buque es alto.

6.5.2 **Liberación Sistema de Amarre.**

Antes del desamarre, la conexión entre el “pick up rope” y la cadena de amarre “chafe chain” debe ser revisada.
El bote de soporte debe venir a remolcar las mangueras para abrirlas y dejar el área despejada para que el buque tanque pueda salir libre y sin riesgos para las mangueras.

El cabo mensajero debe ser cobrado en el malacate o winche en la proa para levantar el pasador del “bow stopper” y liberar suavemente la cadena de amarre o “chafe chain”. La cadena de amarre debe ser arriada aflojando lentamente el cabo mensajero o “pick up rope” hasta que la cadena esté en el agua. El cabo “pick up rope” debe ser, entonces, arreado lentamente a través de la guía de cabos hasta que este totalmente en el agua.

En caso de que se tengan dos sistemas de amarre, estos deben ser liberados, si es posible, simultáneamente; pero si estos deben ser liberados por separado, el más cercano a la manguera flotante debe liberarse primero. Mientras que el (los) cabo (s) mensajeros o “pick up rope” están siendo bajados, el buque tanque debe ir hacia atrás lentamente hasta estar libre de la Monoboya.

Después de que el buque tanque ha partido, se debe hacer una inspección de los cabos de las mangueras flotantes, y en general, del sistema de amarre de la SPM.

6.6 - COMBINACIÓN DE RECURSOS PARA ATENDER BUQUES EN DOS Y TRES MONOBOYAS SIMULTANEAMENTE.

Hay que tener en cuenta las condiciones meteorológicas de la zona donde está ubicado el puerto y el tamaño de los buques que son atendidos en una monoboya para formular las combinaciones posibles de atención de dos (2) buque tanques en dos monoboyas instaladas y con capacidad de operación simultaneas, es decir, que las facilidades instaladas permitan el bombeo simultaneo desde o hacia dos buque tanques.

Al contar con dos monoboyas se pueden dar las siguientes combinaciones:

- Atención de Un (1) Buque Tanque en Una (1) Monoboya
- Atención de Dos (2) Buque tanques en las Dos monoboyas.
- Atención de Un Buque Tanque en Una Monoboya y Cambio de Mangueras ó Trabajos Especiales y de mantenimiento en la otra.

Para que estas combinaciones sean posibles con dos monoboyas se requiere contar con personal adicional como Cargo Loading Master, Pilotos Prácticos y Conectores de Mangueras, un remolcador adicional de maniobra y se requiere un remolcador menor de bahía adicional, cuando la operación en las dos monoboyas es de atención simultanea de buque tanques.

Para la atención de buques en tres (3) monoboyas, con operación simultanea en todas ellas, se pueden dar las siguientes combinaciones:

- Atención de Un (1) Buque Tanque en Una (1) Monoboya y mantenimiento a las otras dos.
- Atención de Dos (2) Buque tanques en dos monoboyas y mantenimiento a la tercera.

- Atención de Tres (3) Buque Tanques en las tres Monoboyas.

Para que estas combinaciones sean posible con tres monoboyas se requiere contar con personal adicional, dos remolcadores adicionales de maniobra y se requiere dos remolcadores menores de bahía adicionales, cuando la operación en las tres monoboyas es de atención simultanea de buque tanques

6.7 - ATENCIÓN A EMERGENCIAS

6.7.1 Derrame de Hidrocarburos

En caso de presentarse emergencia por derrame de hidrocarburos, la combinación de los botes ofrecerá una eficiente respuesta.

El remolcador de maniobras y mantenimiento tendrá la misión de desplegar barreras de contención para ser entregadas a las embarcaciones menores. Asimismo, desde su grúa de cubierta podrá dar asistencia con skimmers y almacenamiento temporal de residuos aceitosos. El remolcador menor de bahía soportará barreras de contención y podrá operar equipos de dispersión química. El bote de transporte dará soporte logístico y relevos de tripulaciones y trabajadores, así como también podrá asistir en la operación de aplicación de dispersante químico.

6.7.2 Incendio en Buque.

El remolcador de maniobra y mantenimiento podrá dar apoyo al Piloto Práctico para el zarpe del buque de la monoboya y podrá ofrecer enfriamiento del casco del buque con sus monitores del sistema contraincendio. El remolcador menor de bahía podrá dar soporte ayudando a abrir las mangueras flotantes en el momento de la operación de zarpe del buque. El bote de transporte dará soporte logístico.

6.7.3 Incendio en Monoboya

El remolcador de maniobra y mantenimiento podrá dar apoyo al Piloto Práctico para el zarpe del buque de la monoboya y podrá ofrecer enfriamiento del casco del

buque o de la monoboya con sus monitores del sistema contraincendio. El remolcador menor de bahía podrá dar soporte ayudando a abrir las mangueras flotantes en el momento de la operación de zarpe del buque. El bote de transporte dará soporte logístico transportando la brigada a la monoboya.

6.8 - TRABAJOS ESPECIALES EN LA MONOBOYA

Trabajos especiales como cambios de mangueras, reparaciones o reemplazos de accesorios, son trabajos que se podrán realizar desde el remolcador de maniobras y mantenimiento, con el soporte del remolcador menor de bahía.

Estos trabajos también abarcan las inspecciones periódicas al oleoducto submarino e inspecciones a la obra viva (parte sumergida) de la monoboya.

La utilización de la grúa del remolcador así como el uso del rodillo de popa, facilita los trabajos de inspección de mangueras marinas, izaje de cadenas y boyas y revisión de equipos de control de contaminación. Asimismo, el reemplazo de sistemas de amarre, cadenas, cabos “hawser” e inspecciones a componentes de conexión de mangueras a múltiples de tanqueros, como unidades “camlock”, válvulas mariposa, lámparas del sistema de señalización nocturna, etc.

6.8.1 Necesidades de Soporte Local

Para la realización de una operación y mantenimiento óptimo en instalaciones Costa Afuera, es imprescindible contar con un excelente apoyo logístico. La selección de las facilidades en tierra y el apoyo de las embarcaciones en gran parte dependen de las necesidades físicas de cada Terminal dependiendo de las condiciones del tiempo dominante, medio ambiente y regulaciones Internacionales y Locales.

6.8.2 Facilidades en Tierra para Mantenimiento.

Hasta qué punto se requieren recursos para facilitar el mantenimiento especializado en tierra, será determinado a través de las necesidades de un Terminal costa afuera. Los factores determinantes incluyen:

- Localización.
- Disponibilidad del equipo necesario y personal calificado.
- El Puerto.
- Número de SPMs (Monoboyas).
- Ocupación del Muelle.
- Frecuencia de Cambio de Mangueras y componentes de la SPM.

Facilidades de Almacenamiento.

Las siguientes facilidades en tierra son requeridas para el soporte de la operación de una SPM. El grado de sofisticación o tamaño depende del número de SPMs y el tiempo disponible para la realización de los mantenimientos.

- ***Almacenamiento de repuestos***

El almacenamiento apropiado de algunos repuestos es necesario para resguardarlos de condiciones de tiempo severas, las cuales pueden causar degradación rápida de algunos componentes como cabos de amarre, sellos, junturas de expansión de caucho, mangas de caucho, boyas de apoyo de cadena sintéticas y boyas de cabos.

Un número suficiente de repuestos deben guardarse en la bodega del Terminal para asegurar funcionamiento ininterrumpido de la SPM. La cantidad de partes de repuesto requerida dependerá de la vida de servicio y tiempo de entrega de cada parte o repuesto.

Fotografía 20 - Manipulación de mangueras en la costa.

- ***Pruebas de Mangueras, Reparación y Almacenamiento***.

Las pruebas de mangueras y su almacenamiento apropiado debe realizarse de acuerdo con OCIMF . "Guidelines for the Handing, Storage and Inspection of Hoses in the Field".

Todas las pruebas deben quedar debidamente registradas en los formatos suministrados por los fabricantes.

Fotografía 21 - Manejo de mangueras en pallets.

6.8.3 Stock de Repuestos Recomendados por OCIMF

Se debe garantizar suficiente cantidad de repuestos para realizar una operación ininterrumpida en la SPM.

El siguiente listado de las cantidades de repuestos que debe mantenerse en stock, recomendado por OCIMF (Oil Companies International Marine Forum), está basado los requerimientos para la operación de una SPM.

Los elementos enunciados están generalizados debido a los diferentes tipos de SPMs.

Submarine and Floating Hoses System.	
Hose couplings, spreaders, spool pieces and gaskets.	100%
Hoses, both submarine and floating	100%
Buoyancy tanks or floats	100%
Tanker Rail hoses and first off the buoy hoses	200%
Valves and flanges	20%
Lifting chains, shackles, etc	200%
Hose Lights, battery packs, etc.	100%
Associated bolts	200%
Pick – up buoys	200%

Mooring Assemblies	
Mooring Hawser	200%
Chain support, buoy shackles, pins, thimbles and links	100%
Triangular plate	100%
Chafing chain	200%
Hawser floats	100%
Messenger lines	200%
Marker buoy	100%

PLEM	
Valves	50%
Associated bolts and gaskets	200%
Purge fittings	100%
Control System	Necesarios
Spool pieces	50%
Anodes	50%

Tabla 2 - Almacenamiento de repuestos recomendado.

6.8.4 Facilidades para Trabajos Mayores.

El operador de SPM debe poseer o debe tener acceso a una grúa capaz de levantar la SPM para sacarla del agua con el fin de realizar los mantenimientos mayores que se requieran, o tener acceso a un dique seco. Adicionalmente, una barcaza con espacio para poner la SPM mientras se está reparando. Para la reparación de la pieza giratoria del producto se debe tener suficiente área sobre cubierta.

6.8.5 Espacios en Muelle para Servicio de Embarcaciones.

Para el mantenimiento y el amarre de las embarcaciones de apoyo de la operación, debe considerarse mantener espacio suficiente y permanente. Los servicios del muelle a ser considerados deben incluir agua, combustible, electricidad y un tanque de lodos para bombear agua de sentinas de las embarcaciones.

6.8.6 Equipos, Talleres y Almacenamiento y Recepción de residuos.

- ***Camión grúa de 10 toneladas SWL para***:
    - Movimiento equipos de contingencia.
    - Movimiento equipos de Mantenimiento.
    - Movimiento Repuestos.
- ***Grúa de 20 toneladas SWL para***:
    - Movimiento de mangueras.
- ***Camión de plancha de 40 toneladas SWL de carga para***:
    - Movimiento de Mangueras.
- ***Carro tanque de 10.000 galones de capacidad para***:
    - Suministro de combustible para embarcaciones.
- ***Carro tanque de 5.000 galones de Capacidad para***:
    - Suministro de agua potable para Embarcaciones.
- ***Carro tanque de 10.000 galones de Capacidad para***:
    - Retiro de Aguas de sentinas de Embarcaciones.
    - Retiro de agua de desplace de líneas en trabajos de mantenimiento.

- ***Talleres***:

    - Metalmecánica.
    - Soldadura.
    - Fundición.

Se recomienda contar con un almacenamiento de combustible en tierra de por lo menos 30.000 galones, para un período de 30 días.

7 - SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE

Los Capitanes de los remolcadores, botes y sus armadores, así como el personal involucrado en las Operaciones Marinas o que por cualquier razón visiten las instalaciones marinas del Terminal Petrolero, deben informarse sobre todos los reglamentos del Puerto y del Terminal, observarlos y respetarlos, dando especial atención a la seguridad de las operaciones y a la protección contra la contaminación del medio marino, ya sea hidrocarburos, desechos, basuras, lastre o cualquier otra sustancia contaminante. El hecho de utilizar las facilidades marinas del Terminal constituye aceptación tácita de las normas establecidas.

Fotografía 22 - La protección del ser humano, principal objetivo de la seguridad industrial.

La ubicación en donde se realizan las Operaciones es una zona especial, según lo definen diferentes convenios para la prevención de la contaminación, como MARPOL.

Está expresamente prohibido arrojar todo tipo de desechos, basuras, aguas negras en general, cualquier sustancia en forma líquida o sólida que pueda ser considerada como contaminación de acuerdo al convenio MARPOL 73/78 y sus enmiendas.

Las embarcaciones al servicio del Terminal deberán utilizar los servicios de empresas dedicadas al manejo de basuras, las cuales deberán demostrar su idoneidad y ser debidamente aprobadas por las autoridades competentes.

Todos los trabajos relacionados con las instalaciones y los equipos marinos del Terminal, sin excepción, se realizarán previa emisión de una orden de trabajo y su correspondiente permiso de trabajo, los cuales serán tramitados ante el Coordinador de Operaciones Marinas por el Cargo Loading Master, el personal de Técnicos y/o el Supervisor de Buzos.

Los trabajos de mantenimiento que requieran efectuar los diversos contratistas a sus equipos y/o embarcaciones al servicio del Terminal, serán responsabilidad del respectivo Capitán o supervisor. Sin embargo, Operaciones Marinas se reserva el derecho de exigir y verificar el estricto cumplimiento de las normas de Seguridad Industrial.

7.1 - PERMISO DE TRABAJO.

El permiso de trabajo es una herramienta de comunicación y control, con la cual se certifica que los métodos y el sitio para realizar un trabajo ofrecen condiciones seguras para el personal y para las instalaciones, equipos y maquinaria que intervienen.

Fotografía 23 - Planeación de los trrabajos diarios.

Dentro del sistema de arranque de cualquier labor, el permiso de trabajo es el elemento central de control sobre el cual un trabajo puede ser llevado a cabo de una manera y con absoluto control de todos los métodos a emplearse.

El correcto uso de este documento es por consiguiente imperativo para la iniciación de cualquier trabajo. Quien firma la autorización del permiso será responsable de ello.

El objetivo de éste, es garantizar que en todo trabajo que se efectúe en las instalaciones costa afuera exista una planificación y coordinación entre los departamentos involucrados con el propósito de crear un ambiente seguro para ejecutar un trabajo. Se tienen que analizar todos los riesgos y usar el permiso como herramienta para minimizarlos.

El hecho de diligenciar un permiso de trabajo sólo garantiza la realización segura del mismo cuando se tiene un alto grado de compromiso en seguridad de todas las personas involucradas.

7.1.1 Tipos de Permisos de Trabajos

- ***Permisos para trabajo en caliente***

  Se requiere para todo trabajo que genere fuentes de ignición y se realice en áreas clasificadas (soldaduras, oxicortes, esmerilado, perforado, cincelado, martillo, limpieza con chorro de arena).

- ***Permisos para trabajo en frío***

  Se requiere para todo trabajo en áreas clasificadas que no generen fuentes de ignición; igualmente para trabajos en altura superior a 1.20m para excavaciones.

- ***Permisos para trabajos eléctricos***

  Se requiere para todo trabajo que se realice en equipos eléctricos energizados o completamente desenergizados (aislados) y que requieran o no de energía eléctrica.

7.2 - ÁREA CLASIFICADA

Es un área donde existe el peligro de fuego o explosión, debido a la presencia de gases, vapores, líquidos inflamables, polvo combustible, fibra o partículas en suspensión que puedan incendiarse o es una área donde por la falta de oxigeno puede ser peligroso para la vida humana.

7.3 - AISLAMIENTO

Consiste en preparar adecuadamente el equipo para realizar un trabajo de mantenimiento aislado positivamente de las fuentes de energía eléctrica o mecánica.

7.3.1 Clases de Aislamientos

- ***Aislamiento mecánico***

Consiste en cerrar y bloquear el paso de fluido hacia los equipos y tuberías que tengan relación directa o indirecta con los trabajos a realizar. Para garantizar un aislamiento mecánico, se requiere bloquear las válvulas con candado y cadena y las tuberías con platinas o bridas ciegas.

- ***Aislamiento eléctrico***

Consiste en desenergizar y bloquear positivamente todo equipo eléctrico que tenga relación directa o indirecta con trabajo a realizar.

Para garantizar un aislamiento eléctrico, se requiere bloquear con candado los interruptores de suministro de energía hacia los equipos o sistemas a intervenir.

- ***Aislamientos prolongados***

Consiste en mantener aislado un equipo o sistema, cuando después de cerrar el permiso de trabajo, el equipo no puede regresar a su condición normal de operación.

- ***Aislamiento de equipos de seguridad***

Los aislamientos de los equipos de contraincendio deben ser coordinados previamente por el supervisor del área y el departamento de seguridad Industrial.

7.3.2 Retiro de aislamiento

Los aislamientos sólo podrán ser retirados cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Cuando el trabajo haya terminado.
- Cuando el trabajo no haya terminado y el permiso haya sido suspendido pero se requiere tener el equipo disponible.
- Para efectuar pruebas de funcionamiento al equipo previas a la entrega definitiva.

7.4 - FUNCIONES Y RESPONSABLES

La función primordial de todos los participantes es:

- Saber de que se trata el trabajo.
- Identificar los peligros involucrados.
- Tomar las precauciones.
- Efectuar los aislamientos requeridos.

7.5 - AUDITORÍA

El procedimiento de permiso de trabajo, incluye la realización de auditorías permanentes con el objetivo de revisar y verificar el cumplimiento de los requisitos del mismo y de las condiciones de seguridad en las cuales se realiza el trabajo.

7.6 - CUMPLIMIENTO

Todos los procedimientos de Seguridad, serán estrictamente respetados y todas las señales obedecidas.

Cualquier infracción a los procedimientos será causa de sanción e invalidación de los permisos.

Cuando existan riesgos eminentes en la ejecución de los trabajos, los permisos quedarán sin validez.

Fotografía 24 - Toda actividad requiere permiso de trabajo y análisis de riesgos.

7.7 - SEGURIDAD EN OPERACIÓN DE CARGUE.

7.7.1 Inspección Previa al Atraque de la SPM

Antes del atraque del buque tanque, se debe hacer una inspección de la configuración general de la SPM, revisando el equipo auxiliar que va a ser utilizado para el amarre del buque y las conexiones de las mangueras. Los siguientes párrafos describen los chequeos requeridos antes del atraque.

- El Supervisor de buceo y los buzos deben realizar un chequeo general de la boya para asegurar que todo el equipo está en condiciones adecuadas de trabajo.

- En ciertas circunstancias se puede preferir incluir la inspección de las mangueras submarinas y válvulas PLEM utilizando buzos durante la inspección previa al atraque.

- Las mangueras flotantes deberán ser inspeccionadas por la lancha para asegurar que no están dañadas y que están flotando libremente. Se debe dar especial atención a la configuración de recolección de manguera para asegurarse de que estas no se enreden.

- El sistema de amarre se debe inspeccionar cuidadosamente para revisar su condición antes del amarre del buque. Las boyas de soporte de cadenas y cabos de levante deben ser revisadas para asegurar que éstas se están moviendo libremente.

- El siguiente equipo auxiliar de amarre debe ser inspeccionado para ver sus condiciones antes del amarre:
  - Cabos.
  - Grilletes.
  - Viradores.
  - Retenedores.

- Las condiciones del siguiente equipo de conexión de manguera auxiliar deberán ser inspeccionadas:

  - Reductores.
  - Empaques.
  - Tornillos.
  - Herramientas para conectar mangueras a reductores y colectores.
  - Diversos estrobos y largos de cadena.
  - Cabos para la retención de manguera.
  - Cadenas de levante de las mangueras de cargue.
  - Indicadores de presión.
  - Material de limpieza de derrame de petróleo.
  - Configuración para la recolección de manguera.

- Para abordar el buque tanque, la escala que se debe usar es la combinada, tal como lo regula la norma de abordajes de piloto en mar afuera; ésta debe estar lista para el acceso en el costado de estribor dos metros arriba del nivel del agua de mar y convenido con el capitán del buque.

- La pluma o grúa del buque debe estar lista para el levantamiento de la caja auxiliar de herramientas donde se encuentra las herramientas de conexión de mangueras y equipo para el manejo de la manguera.

- Las bridas de conexión deberán estar listas e identificadas para la inspección inicial de seguridad del Cargo Loading Master.

- Antes que el buque llegue para cargar o descargar, se debe conducir un chequeo de la condición del buque para cumplir con normas de seguridad internacional de buques y de prevención de contaminación. Los planes de carga, de bombeo, planes de activación de válvulas, etc. deben ser definidos y convenidos por todos y completar la lista de chequeo de seguridad tal como es requerido.

- Las operaciones de transferencia de crudo no deben comenzar hasta que todos hayan determinado que las mangueras están correctamente conectadas, y que todas las válvulas del buque involucradas en la operación y las válvulas en el Terminal han sido alineadas para recibir o descargar los hidrocarburos.

- La transferencia de crudo debe ser iniciada lentamente al principio, hasta que se ha verificado que el petróleo está llegando a los tanques designados en el buque y que todo el sistema está operando satisfactoriamente. Las líneas de mangueras flotantes y el área alrededor de la boya de amarre deben ser inspeccionadas desde la lancha de amarre por cualquier indicio de derrame. Cuando ha sido establecido de manera firme que todo el sistema está operando correctamente, el caudal del bombeo puede ser incrementado a la relación máxima especificada. Durante las operaciones de carga, se debe realizar inspecciones periódicas al múltiple del buque tanque (conexiones, relación de flujo, presión), todo el sistema de mangueras y las áreas alrededor del buque y la boya de amarre. Todos los problemas, malos funcionamientos, discrepancias, etc. deben ser registrados e investigados inmediatamente.

- Las válvulas del buque deben permanecer abiertas hasta que el flujo haya cesado completamente.

- Los buques adaptados con sistemas de lastre separados o sistema de lastre limpio (SBT- segregated ballast tank), deben siempre iniciar las operaciones de lastre conjuntamente con las operaciones de transferencia de carga con el fin de evitar ser asegurado a la SPM en una condición de “buque liviano” (totalmente vacío de carga y lastre), lo que puede hacer difícil la maniobra.

7.7.2 Identificación y Evaluación de Riesgos

En esta sección se hace una identificación y evaluación de riesgos teniendo en cuenta los siguientes factores que contribuyen a establecer su categoría:

Factores internos: (Controlables)

- Capacitación del Personal.
- Equipos de protección personal.
- Régimen de operación del Terminal.
- Aceptación del buque.
- Sistemas de control. Aplicación de las cláusulas de la Lista de Chequeo de Seguridad para Buques/Tierra.
- Cantidad y tipo de crudo que se maneja.
- Almacenamiento, trasiego y transporte.
- Equipo de protección contra incendios, control de averías, contención, recuperación y limpieza.

Factores externos (ajenos al control interno):

- Climáticos y oceanográficos.
- Servicios y equipos externos.
- La tripulación del buque y el buque mismo.
- El público ajeno al proyecto.

Asimismo se analiza el riesgo y consecuencias que presenta:

- Al personal.
- Al público.
- Al ambiente.
- A la propiedad.

7.8 - EMERGENCIAS RELACIONADAS CON LA SPM

7.8.1 Tipo de Emergencia

7.8.1.1 Incendio en el Tanquero

EVENTO	EJECUTA
1.1. Sonar la alarma del buque con toque largo de pito y sirena en forma continua.	Buque
1.2. Avisar a Control en tierra.	Loading Master
1.3. Parar cargue y cerrar válvulas en tierra.	Control tierra
1.4. Cerrar válvulas de salida en Monoboya.	Buzos- R / Apoyo
1.5. Cerrar válvulas mariposas.	Operad. Marinos
1.6. Cerrar múltiple del tanquero.	Operad. Marinos
1.7. Confirmar necesidad de desamarre del tanquero - Avisar a remolcadores para asistencia.	Loading Master
1.8. Desconectar mangueras.	Operad. Marinos
1.9. Soltar hawser.	Operad. Marinos
1.10. Desplazar buque a sitio seguro por sus propios medios o remolcado.	Buque R/ de Marinos
1.11.Apoyo de contraincendio	R/ de Maniobra
1.12. Rescate de personal.	R/ de Apoyo Bote de Servicio.

Tabla 3 - Acciones en Caso de Incendio en el Tanquero.

7.8.1.2 Incendio en el Terminal

EVENTO	EJECUTA
1.1. Sonar alarma de sirena con toque largo y seis cortos.	Control Tierra
1.2. Parar el cargue y cerrar válvula de tierra.	Control Tierra
1.3. Avisar al cargo Loading Master y confirmar si hay necesidad de desamarrar el buque.	Control tierra
1.4. Cerrar válvulas de salida en monoboya	Buzos- R/ Apoyo
1.5.Cerrar válvula mariposas.	Operad. Marinos
1.6. Cerrar múltiple del tanquero.	Tripulc. Buque
1.7. Desconectar mangueras.	Operad. Marinos
1.8. Soltar hawser.	Tripulc. Buque
1.9. Desplazar el tanquero al área de fondeo.	Tripulc. Buque

Tabla 4 - Acciones en Caso de Incendio en el Terminal.

7.8.1.3 Incendio en SPM

EVENTO	EJECUTA
1.1. Suena alarma de gases.	Automático
1.2. Parar el cargue.	Loading Master
1.2.1. Avisar a control tierra, Piloto y Capitán Buque.	Loading Master
1.2.2. Cerrar válvula de tierra	Control Tierra
1.3. Combatir incendio con extintores.	R/ de Apoyo
1.4.Cerrar válvula mariposas.	Operad. Marinos
1.5. Cerrar múltiple del buque.	Tripul. Buque
1.6. Desconectar Mangueras	Operad. Marinos
1.7. Soltar hawser	Tripul. Buque
1.8. Desplazar tanqueros a lugar seguro	Piloto

Tabla 5 - Acciones en Caso de Incendio en SPM.

7.8.1.4 Ruptura del Hawser

EVENTO	EJECUTA
1.1. Parar el cargue.	Loading Master
1.1.1. Avisar al Piloto, al Capitán y al R/ de Maniobra.	Loading Master
1.1.2. Prender maquinas y recoger cabo de popa	Buque
1.1.3. Asegurar R/ de Maniobra en proa . del buque.	Piloto R/ de Maniobra
1.2. Cerrar válvula de salida Monoboya.	R/ de Apoyo
1.3. Cerrar válvula mariposa.	Operad. Marinos
1.4. Cerrar múltiple del buque.	Tripul. Buque
1.5. Desconectar mangueras.	Operad. Marinos
1.6. Desplazar tanquero a zonas de fondeo.	Piloto

Tabla 6. Acciones en Caso de Ruptura del Hawser.

7.8.1.5 Hombre al agua

EVENTO	EJECUTA
1.1. Gritar dando voz de alarma.	Primer enterado
1.2. Arrojar aros salvavidas.	Primer enterado
1.3. Disponer vigías en parte elevadas.	Loading Master Capitanes Botes
1.4. Proceder al rescate de la persona con botes disponibles.	Botes Disponibles

Tabla 7 - Acciones en Caso de Hombre al Agua.

7.8.1.6 Derrame

EVENTO	EJECUTA
1.1. Parar cargue de emergencia (ESD).	Loading Master
1.2. Ejecutar Plan de Contingencia de Derrames.	Terminal

Tabla 8 - Acciones en Caso de Derrame.

7.9 - MEDIO AMBIENTE

El Terminal como Operador de la Monoboya para cargue de Petroleros, es el responsable por garantizar que toda las operaciones de cargue de crudo dentro de las instalaciones costa afuera se desarrollen en total cumplimiento de los términos y condiciones de la licencia de operación y de las regulaciones y normas vigentes.

Es de vital importancia en las responsabilidades del Terminal, el suministro de un ambiente seguro de trabajo que proteja la salud de sus empleados, servidores, contratistas y agentes, así como la protección del medio ambiente contra derrames de crudo o emisión excesiva de vapores de hidrocarburos.

- ***Daños al Medio Ambiente***

Para evaluar el riesgo de contaminación por crudo asociado con cada parte del sistema del Terminal costa afuera, se examinan separadamente cada uno de los elementos:

- Tubería submarina desde tierra hasta la SPM.
- Petrolero amarrado en la SPM, Petrolero zarpando de la SPM .
- Riesgo del buque - Petrolero entrando/saliendo de puerto.
- Riesgo de una motonave - Remolcador/embarcación de apoyo.
- General.

- ***Tubería submarina desde tierra hasta la SPM***

La tubería permanece llena entre operaciones de cargue. Para efectos de un incidente mayor involucrando la tubería submarina, el contenido de la tubería y el contenido de las mangueras submarinas se deben tener en cuenta.

Normalmente, se llega a un acuerdo con las autoridades marítimas para que la zona por donde se emplaza el oleoducto submarino sea un área de tráfico restringido y de operaciones de fondeo de anclas prohibidas, lo cual se refleja en que el riesgo de ruptura de la tubería submarina se considera muy bajo.

- ***Petrolero amarrado en la SPM, petrolero zarpando de la SPM***

Todo movimiento del petrolero dentro del área del Terminal o durante su permanencia amarrado a la SPM, es asistida por un Piloto Práctico y remolcadores. Por estas consideraciones, se estima que el riesgo de perforación de un Petrolero por colisión con la SPM es muy bajo.

Al zarpar un petrolero de la SPM, es fundamental que las mangueras flotantes y las líneas de amarre se recojan en contra del viento y la marea para mantenerlos alejados del buque. Se han presentado casos de mangueras flotantes enredadas en las hélices de un petrolero saliendo.

La posibilidad de contaminación en una SPM proveniente del rebose de un tanque del petrolero debe ser considerada como alta (potencial en cada cargue), aunque una cantidad del crudo rebosado permanecerá a bordo.

Esta cantidad dependerá de un número de factores, tales como la velocidad del rebose, la comba de la cubierta, la altura de la barra de guarnición y la velocidad de reacción de la tripulación.

- ***Riesgo del buque – petrolero entrando / saliendo de puerto***

La recalada al puerto y al área de fondeo de petroleros, exige cuidados por parte del Capitán, pero son operaciones relativamente sencillas y libres de grandes peligros a la navegación. Sin embargo, debe prestarse especial atención a Buques maniobrando dentro del Puerto.

- ***Riesgo de una motonave - remolcador/embarcación de apoyo***

Adicionalmente al riesgo obvio de contaminación a gran escala proveniente de las operaciones de cargue a granel, existe la posibilidad de contaminación a menor escala por parte de los remolcadores y las embarcaciones de apoyo del Terminal.

Además, debido a la naturaleza del trabajo de estas embarcaciones (maniobras en cercanía de la SPM), son las más posibles causantes de daños mecánicos directos a los componentes de la SPM.

7.9.1 Escenarios de Derrames de Crudo Costa Afuera

Los derrames de crudo que se podrían presentar durante una operación de cargue se calculan así:

- ***Rebose en el buque***

Con una rata de cargue de 30,000 barriles por hora (4,300 toneladas/hora) al final de las operaciones de llenado, y asumiendo un tiempo de demora de cierre de un minuto, esto podría resultar en un derrame potencial de 500 barriles (70 toneladas) por rebose de un tanque. Sin embargo, esta rata de cargue se dividiría entre un número de tanques diferentes que estarían siendo cargados simultáneamente, y una gran cantidad del crudo derramado quedaría retenida a bordo. La cantidad real dependerá de la escora del buque en ese momento y de la construcción e integridad del imbornal. Se estima que un rebose podría resultar en una pérdida de unos 50 barriles a esta rata de bombeo.

- ***Daño de mangueras a bordo y/o escapes provenientes de conexiones defectuosas en los múltiples***

Son pequeños escapes de menos de un barril (menos de 0.2 toneladas) en cada cargue de un petrolero. Sin embargo, estas fugas serán visibles en el comienzo de las operaciones de cargue, a ratas de cargue reducidas. Es más probable que ocurran pequeños derrames a raíz de las operaciones de conexión y desconexión, aunque estos no serán mayores a algunos pocos

barriles. En la mayoría de los casos, estos derrames se contendrán en las bandejas de goteo de los múltiples, siendo poco probable que lleguen a cubierta. El contenido de las bandejas se transferirá posteriormente a los tanques de carga, a los tanques de aguas sucias o a otros espacios vacíos en el Petrolero.

- ***Fractura o daño de la tubería submarina o las mangueras flotantes***

Podría resultar en derrames similares en volumen a los de un rebose en un petrolero. Se debe también tener en cuenta el contenido de las líneas de conducción, dado que, en el improbable caso de un escape masivo de las tuberías, podrían escapar importantes cantidades de crudo. Este volumen dependerá directamente de la presión hidrostática sobre el crudo dentro de la tubería, del gradiente de la tubería y de otros factores dinámicos, pero en general será menor que el contenido total.

- ***Las válvulas submarinas, los componentes giratorios de la SPM y las conexiones y bridas de las mangueras***

Se pueden producir escapes en estos elementos como resultado de picos de presión o procedimientos de mantenimiento deficientes. Los escapes de las válvulas Submarinas y de las conexiones de las mangueras pueden producir importantes cantidades de crudo derramado si no se detectan a tiempo. Es normal mantener una cuidadosa vigilancia sobre el lado del buque que está siendo cargado para detectar posibles signos de derrame de crudo.

La tripulación del buque y el personal a bordo de los remolcadores y embarcaciones de apoyo se encargan de esto, se estima que con estos controles se reducirá un posible derrame a un máximo de 10 barriles, antes de que la situación sea detectada.

- ***Un petrolero en proceso de cargue en la SPM***

Un petrolero podría embestir la SPM y perforar sus tanques laterales 1 ó 2 después de concluido su cargue. Bajo estas circunstancias, se presentaría una súbita e inmediata pérdida de crudo de estos tanques, pudiéndose derramar unas 3,500 toneladas (unos 20-30,000 barriles) de crudo. Se considera que la posibilidad de una ocurrencia así es muy baja. Se asume que un posible daño involucraría los tanques de carga, pero se debe reconocer que una perforación

en el casco hacia adelante del tanque lateral 1 podría resultar en un derrame importante de combustible.

La práctica de mantener un remolcador a popa del petrolero para retirarlo de la boya mientras que carga, disminuye el riesgo de un incidente por esta causa. La utilización de petroleros de doble casco reduce significativamente o elimina este riesgo, ya que el impacto con la boya no sería suficiente para perforar ambos cascos.

Bajo condiciones extremas, posiblemente debido a condiciones repentinas de oleaje, un petrolero podría separarse de la SPM y ejercer presión excesiva sobre las mangueras flexibles. Sin embargo, dada la presencia de un remolcador a popa durante las operaciones de cargue, es probable que este último pueda asistir en esta situación.

La capacidad que tienen las mangueras de resistir esfuerzos importantes, significa que las operaciones de cargue podrían suspenderse antes de la ruptura de una manguera, limitándose así el potencial de pérdida al de su contenido.

- ***Petrolero saliendo del puerto***

Al finalizar el cargue en la SPM, un petrolero saliendo del puerto podría encallar, cuando las condiciones del puerto presentan riesgos de aguas restringidas, con los consecuentes daños al casco. En el peor de los casos, esto podría significar la perdida total del buque, aunque no es probable que esto signifique una pérdida total de la carga debido a las subdivisiones entre los tanques del buque.

7.9.2 Resumen del Riesgo Estimado de Derrames

Las estadísticas de ITOPF, provenientes de la operación de terminales en todo el mundo, reportan que más de un 80% de todos los incidentes de derrames de crudo involucran cantidades menores de 50 barriles, y en muchos casos dicha cantidad es menor de 2 barriles.

Los riesgos de derrame de hidrocarburos se minimizan cuando se cumple con los procedimientos operativos, planes de manejo y se realiza una selección de los petroleros nominados, estableciéndose un sistema de rechazo para aquellos que no cumplan con los estándares establecidos, reduciéndose significativamente los factores de riesgo. Cualquier contravención a los procedimientos o reglamentos del terminal significará la inmediata suspensión de las operaciones de cargue hasta que las deficiencias o problemas hayan sido solucionados.

En la tabla 10 se identifican los posibles riesgos, estimándose la cantidad factible de crudo derramado en las diferentes instalaciones de un Terminal costa afuera.

ELEMENTO DE RIESGO	RIESGO	CANTIDAD
Contenido de tubería submarina (ruptura)	Muy bajo	≤60.000 bbls
1 minuto de bombeo a capacidad de diseño	Medio	≤ 1.000 bbls
1 Minuto de bombeo a velocidad reducida	Bajo	≤ 400 bbls
Escape en la línea submarina (Pequeña perforación)	Bajo	< 10 bbls
Escape de brida de tubería	Bajo	< 10 bbls
Escape/ruptura de mangueras submarinas (Linterna china)	Bajo	< 10 bbls
Escape de brazo rígido/uniones giratorias	Bajo	< 1 bbls
Escape de mangueras flotantes	Medio	< 1 bbls
Daño de mangueras flotantes	Bajo	3.000 bbls
Escape de conexión del múltiple	Alto	< 1 bbls
Reboce de tanques en el petrolero	Alto	≤ 50 bbls
Ruptura del petrolero en el amarre	Muy Bajo	≤ 2,000 bbls
Colisión con la SPM (petrolero perforado)	Muy Bajo	≤30.000 bbls
Contacto del remolcador con el petrolero	Medio	≤10,000 bbls

Tabla 9 - Riesgo de derrame de Petróleo asociado a Operaciones en Monoboya.

(los valores en la columna “Cantidad” variaran de acuerdo con cada Terminal)

7.10 - PLAN DE CONTINGENCIA

Todo Terminal debe tener un plan para combatir la contaminación por petróleo y este debe tener en cuenta la legislación local pertinente impuesta por los Organismos de gobierno. Se puede obtener directrices de las publicaciones siguientes:

- Manual on Oil Pollution, IMO, Section II (Contingency Planning), Section IV (Practical information on means of dealing with oil spillages).

- Modelo API de plan de contingencias.

- Informe Concawe No. 9/81 – Guía de campo de control y Técnicas de Limpieza de derrames de petróleo en costa.

- Informe Concawe No. 9/80 – Técnicas de eliminación de petróleo derramado.

Los principales componentes de un plan de contingencia se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Definición de políticas de la empresa, propósito y cubrimiento del plan.
- Organización del plan para responder a emergencias por derrame de hidrocarburos.
- Definición de responsabilidades y parámetros para delegación de autoridad.
- Procedimientos para notificación y alerta de la emergencia.
- Estrategias de respuesta y prioridades de protección y limpieza.
- Puntos de control y planes de acción.
- Clasificación y evaluación de la emergencia.
- Optimización del uso de equipos, personal y recursos.
- Lista de contactos o directorios.
- Parámetros de seguridad física y seguridad industrial.
- Documentación, registros y control de costos.
- Relaciones públicas y manejo de los medios de comunicación.

8 - ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA SPM

El objeto del presente capítulo, es dar a conocer el campo de acción de los sistemas de mantenimiento bajo los cuales puede regirse la estrategia del Terminal para ser aplicados a una SPM.

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Como es evidente, debido a la incapacidad para que los equipos e instalaciones se mantengan en buen funcionamiento por si mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de esto y se constituya así una " Organización de Mantenimiento".

Fotografía 25. Organización de Mantenimiento.

Desde el punto de vista de quien administra el mantenimiento, el objetivo principal es la conservación del servicio. Esto es, la máquina debe recibir un mantenimiento no por ella misma, sino por su conservación y para garantizar que la función que

ella realiza dentro del proceso productivo se cumpla a cabalidad y se mantenga la capacidad productiva en el nivel deseado.

Lo anterior se debe basar siempre en el equilibrio de los siguientes factores:

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones.
- Minimizar la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos, aumentando así su vida útil.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento, para aumentar los beneficios de la actividad industrial.

Es también una función del mantenimiento garantizar la seguridad Industrial.

En la función del mantenimiento es de vital importancia tener en cuenta tanto los aspectos de tipo técnico, como lo concerniente a la gestión administrativa y aspectos logísticos, lo cual siempre redunda en alto nivel de servicio y bajos costos.

8.1 - ETAPAS DEL PROCESO ADMINISTRATIVO

En la organización de un departamento de mantenimiento se estarán aplicando las técnicas y los principios de la administración a un área específica; por esta razón quien organiza un departamento de mantenimiento debe tener muy buenos conocimientos, con el fin de lograr una clara definición de los objetivos, los cargos, sus funciones, los requisitos para ocuparlos y las relaciones entre personas y departamentos.

Las diferentes etapas que se deben seguir son:

8.1.1 Planeación

La planeación es el primer paso del proceso administrativo y el mas importante, pues ella genera las bases sobre las cuales se desarrollan las demás. En la planeación se procederá a definir con mayor precisión a donde se desea llegar y el momento en el cual se lograra esta meta. En la planeación se definirán:

- Políticas.

- Objetivos.
- Procedimientos.
- Métodos.
- Programas.
- Presupuestos.

8.1.2 Organización

Es el hecho de dar forma a lo planeado de acuerdo con los recursos de la empresa, definiendo una estructura por funciones. Para ello se debe hacer una división clara y efectiva de la autoridad, evitando en lo posible entrecruzamiento de funciones y obligaciones.

El éxito de la organización se basa en una buena proyección de la empresa y en el análisis de los siguientes aspectos:

- Cargos.
- Personas.
- Autoridad.
- Responsabilidad.

8.1.3 Ejecución

Ejecutar es poner en funcionamiento todo lo planeado y organizado hasta el momento. Dado que el único recurso de la empresa variable por sí mismo, es el humano, hacia el debe orientarse la ejecución.

Para una buena ejecución de los procesos planeados se deben tener en cuenta muy especialmente los siguientes puntos:

- Motivación.
- Comunicación.
- Dirección.
- Coordinación.

8.1.4 Control

Es la comprobación de que lo planeado se está llevando a cabo; si existe una desviación, mostrarla y poner en movimiento las acciones necesarias para hacer

las correcciones del caso. Este es un proceso dinámico que se inicia al término de la planeación, punto en el que se dictan los parámetros de control.

Las etapas a seguir para ejercer el control son:

- Medir.
- Comparar.
- Analizar.
- Corregir.

8.2 - SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

Existen en la actualidad diferentes formas de clasificar las estrategias de mantenimiento, la más comúnmente usada es la que se refiere a las causas que originan el llevar a cabo las rutinas de mantenimiento de los equipos y maquinaria.

Esta clasificación es la siguiente:

8.2.1 Mantenimiento Reactivo

En esta estrategia se permite que la máquina funcione hasta que se produzca la falla. En este instante se realiza la reparación o reemplazo de ella. Es comúnmente utilizada en equipos electrónicos, donde es difícil hacer un diagnóstico y las fallas se presentan en general en forma aleatoria.

8.2.2 Mantenimiento Preventivo

En esta estrategia se interviene la máquina periódicamente para inspeccionar y reemplazar componentes, aún cuando se encuentre operando satisfactoriamente.

8.2.3 Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico

En esta estrategia de Mantenimiento se evalúa la condición mecánica de la máquina y su evolución a través del tiempo, mediante el uso de diversas técnicas de diagnóstico y el estudio de la tendencia de los parámetros operacionales. Con

base en estas indicaciones, se programan las necesidades de mantenimiento de la maquinaria.

8.2.4 Mantenimiento Proactivo

En esta reciente estrategia de mantenimiento se identifica y corrige la causa primera de las fallas de la maquinaria tratando de maximizar su vida útil operativa, a través de acciones que modifican sus condiciones de operación.
Es importante señalar, que las estrategias de mantenimiento mencionadas pueden ser adoptadas en forma conjunta en una misma organización, a fin de dar un sistema de mantenimiento que complemente las ventajas comparativas que cada una de ellas posee.

Fotografía 26 - Trabajos de mantenimiento submarino

El mantenimiento proactivo es producto de una nueva estrategia de mantenimiento que pretende disminuir los costos, a través de la reducción de la tasa de fallas que presentan la maquinaria.

La experiencia ha demostrado, que el sistema de mantenimiento para su óptimo funcionamiento requiere ser implementado cumpliendo ciertos requisitos básicos, entendiéndose como básicos, que ellos son fundamentales para alcanzar un máximo nivel de confiabilidad del sistema y que asegure un adecuado nivel de mantenimiento de la maquinaria.

El no cumplimiento de alguno de estos requisitos, motivará un análisis superficial y en oportunidades erróneo, que tendrá como consecuencia un aumento de los costos, ya sea por efectuar reparaciones innecesarias o inadecuadas, como por estar expuesto a fallas progresivas del material, que en oportunidades tendrán consecuencias catastróficas.

Estos requisitos o requerimientos pueden ser definidos como sigue:

- Estudio de la organización definiendo necesidades, capacidades y sistema de administración interna. En suma conocer la estructura interna en la cual se implementará el sistema.

- Creación de la orgánica Técnico-Administrativa con la cual trabajará el sistema, definiendo las responsabilidades del personal de la organización. Lo anterior se considera prioritario, pues gracias a esta etapa se establecerán los requerimientos humanos y materiales.

- Análisis de la maquinaria, definiendo técnicas de diagnóstico y formas de aplicación de ellas. En este sentido, es menester señalar que las técnicas a implementar serán analizadas para cada maquinaria en particular, ya que las características propias de ella determinaran la mejor forma en las que pueden ser analizadas.

- Capacitación del personal acorde a sus funciones en el proceso de mantenimiento. Será necesario definir los perfiles profesionales de cada integrante de la organización, a fin de determinar la capacitación requerida por cada uno de ellos. Se debe hacer hincapié en señalar la necesidad de contar con personal idóneo en el análisis y diagnóstico de la maquinaria, debiendo resaltar la gran importancia que posee la experiencia en su rendimiento profesional.

8.3 - MANTENIMIENTO SPM

Realizando los mantenimientos a tiempo se puede evitar una pérdida de tiempo en la producción, lo cual representaría una operación costosa. El tiempo perdido puede ser efectivamente reducido si se realiza un plan de trabajo en el cual se involucrarían todos los items y la facilidad de los equipos disponibles. Mientras todas las labores de mantenimiento se lleven a cabo debe existir un permiso de trabajo.

La frecuencia del trabajo puede variar dependiendo de las condiciones particulares de la SPM. Los planes de mantenimiento deben estar basados en las recomendaciones del fabricante y las deficiencias que hayan sido observadas durante las inspecciones regulares.

8.3.1 Generalidades Sobre el Mantenimiento de una Monoboya

Los programas necesarios para el mantenimiento normal, servicio y reemplazo de componentes de una SPM sólo puede ser establecido por personas con experiencia en este tipo de estructuras marinas.
La condición de los componentes individuales dependerá de los parámetros de diseño específicos, antecedentes de operación, y factores ambientales y diferirán para cada SPM. Por lo tanto, un requerimiento principal es que se mantengan registros detallados de cada parte del equipo en servicio o de repuesto en existencia.

Estos registros deben incluir:

- Datos básicos de dimensiones, resistencia, proveedor.
- Fecha de recibido, fecha en servicio y razón de retiro.
- El lugar exacto de la parte del equipo dentro del sistema y función.
- Detalles de desgaste durante inspecciones.
- Detalles de pruebas subsecuentes, mantenimiento o reparaciones.

Tales registros serán de gran ayuda y son esenciales para garantizar el mantenimiento eficiente.

Las observaciones hechas y registros mantenidos, durante los primeros meses de operación de una SPM nueva son de particular importancia ya que estos dan la primera indicación y la más temprana, de deterioración, en especial para componentes que requieren reemplazo más frecuente. Es más, estas primeras observaciones permitirán al operador del Terminal revisar, si es necesario, los programas de inspección y mantenimiento.

Los componentes individuales de la SPM deben ser cubiertos por registros con cierto grado de detalle, de tal forma que se garantice suficiente atención, conforme es requerido por sus funciones en el sistema y el grado de desgaste observado. De esta manera el riesgo de compostura y trabajo de reparación no programado será substancialmente reducido. La cantidad de registros mantenidos dependerá de los requerimientos de servicio y diseño de la SPM y sus procedimientos de operación.

8.3.2 Manejo, Almacenaje, Inspección y Prueba de Mangueras Marinas

En instalaciones de amarre de buque tanques en alta mar, los cabos y mangueras son componentes críticos entre la Terminal y el buque cisterna. Éstas están sujetas constantemente a fuerzas dinámicas del mar y viento, las cuales pueden resultar en cargas severas y esfuerzos dentro de la manguera.

Para proporcionar mayor confiabilidad y vida útil más larga, es imperativo que las mangueras sean manipuladas y almacenadas correctamente y probadas de una manera adecuada a intervalos apropiados. El propósito de esta sección es referenciar los procedimientos para minimizar los daños de mangueras por su manipulación y durante su tiempo de almacenamiento.
El cumplimiento con un programa de inspecciones apropiado y procedimientos de pruebas recomendado por el fabricante, incrementarán la probabilidad de detectar áreas con potencial de falla de una manera oportuna. Por lo tanto, estas recomendaciones han sido compiladas para proveer al usuario de una guía para el manejo y almacenado apropiados y un medio para determinar la condición de las mangueras en servicio.

Este documento representa " las normas generales de OCIMF para el manejo, almacenado, inspección y prueba de mangueras de campo", segunda edición, 1995. Suplementos correspondientes al texto original de OCIMF son también incluidos en este documento.

8.3.2.1 Manejo de Mangueras

A pesar de que las mangueras marinas son construidas robustamente para el medio ambiente marino, éstas pueden ser dañadas por el manejo inadecuado ya sea en tierra o mar. En general, mientras se maneja la manguera, el soporte adecuado es la clave para prevenir el sobre doblado o prevenir el enroscado, el cual puede conducir al retiro prematuro de la manguera.

Levantamiento: El método recomendado para levantar una manguera de diámetro grande es sencillo cuando se cuenta con una barra especial o travesaño (viga de separación), que levanta la manguera en tres puntos. El uso de correas de levantamiento del ancho adecuado y tamaño correcto es importante.

Los travesaños deberán proveer por lo menos tres puntos de levantamiento de mangueras de hasta 10.7 metros de longitud, usando una correa sobre el área de la boquilla en cada extremo y sujeción adicional en el centro de la manguera, conforme sea apropiado, espaciado de manera igual entre cada una de las correas.

Fotografía 27 - Manipulación de manguera con barra especial

Las correas de levantamiento deberán ser preferentemente de nylon plano o bandas de tela reforzadas equivalentes y de por lo menos 150 mm de ancho para evitar cualquier daño a la carcaza externa de la cubierta de la manguera. Es siempre muy importante usar tales correas cuando se manejan mangueras flotantes integralmente. En este caso, las correas no sólo eliminan el frotamiento si no que también reducen el punto de carga y por lo tanto evitan deformación del medio de flotación. Si no se dispone de correas de nylon o equivalentes, el mejor substituto es una eslinga de nylon de circunferencia grande o cuerda de polipropileno. No se puede usar cable de acero en ningún caso. Una manguera nunca debe ser levantada por una sola eslinga en el punto medio, o por dos eslingas colocadas en cada extremo. Siempre debe ser levantada por tres puntos de izaje. Cuando se mueve una manguera, debe ser levantada apropiadamente y

puesta abajo con cuidado sobre soportes adecuados. Una manguera nunca debe ser arrastrada a lo largo del suelo.

Remolque: Las mangueras flotantes pueden ser remolcadas llenas de agua o aire. Es muy importante proporcionar flotadores adicionales a las mangueras que no tienen flotación integral completa como las mangueras "floating-first off the buoy", que tienen flotación integrada sólo en la mitad de su estructura o las mangueras "barbell rail", que es la manguera que va conectada al buque tanque, que tiene flotación integrada sólo en sus extremos y no en la mitad de su cuerpo.

Con el fin de evitar daño a la brida de la manguera, es recomendable remolcar mediante el uso de una brida ciega con un ojillo o cáncamo de remolque. Las mangueras deben ser remolcadas a una velocidad de no más de 5 nudos.

Las mangueras submarinas pueden ser remolcadas llenas de aire con bridas ciegas adaptadas en sus extremos.

8.3.2.2 Almacenaje de mangueras

La vida de la manguera marina en almacén puede ser afectada por temperatura, humedad, ozono, luz solar, aceites, solventes, vapores y líquidos corrosivos, insectos y roedores.
Las mangueras deben ser almacenadas en paletas armadas de acero de acuerdo con la publicación de OCIMF titulada "Guía para compra, fabricación y probado de Mangueras de Carga y Descarga para amarres en altamar", cuarta edición, 1991. Estas paletas además permiten a las mangueras ser almacenadas en tres niveles de altura lo cual reduce el área requerida para almacenamiento, eliminando cualquier daño que podría resultar si se almacena directamente sobre el suelo.

Las mangueras deben ser almacenadas en un área fresca, oscura, seca o en una construcción que tenga circulación de aire libre. Cuando no son posibles áreas cerradas de almacén, las mangueras deben ser cubiertas para protegerlas de la luz solar. Para lugares donde hay temperaturas extremas, puede ser necesario aplicar medidas adicionales, tales como almacenar las mangueras en una bodega de clima controlado. Esto es especialmente importante en ubicaciones extremamente frías.

Los extremos de las mangueras deben ser cubiertos con tapas de madera con orificios de 15 mm de diámetro para permitir circulación de aire y para prevenir ataques internos de roedores. Los tramos de manguera no deben ser

almacenados muy cerca de equipos o motores operando, los cuales pueden generar excesivo calor.

Fotografía 28 - Almacenaje de mangueras en patio sobre pallets

Los tramos de manguera deben ser tendidos rectos siempre. Tales soportes deben permitir la inserción fácil de correas debajo y alrededor de la manguera para el levantamiento o manipulación.

Las mangueras están marcadas con número de serie, mes y año de fabricación, además de tener en lugar visible la referencia y tipo de manguera, lo cual facilita su identificación en almacén. Estos detalles deben ser registrados cuidadosamente para asegurar que la manguera más vieja sea la que instalará primero y así mantener un buen sistema de rotación de repuestos.

Después del uso y antes de regresar la manguera al almacén, ésta debe ser drenada y lavada completamente para quitar cualquier residuo de hidrocarburo.

8.3.2.3 Inspección Periódica de las Líneas de Manguera Flotante

Las líneas de manguera flotante deben ser examinadas por los buzos con alguna frecuencia.

Esta inspección de rutina se hace en la superficie exterior del cuerpo de la manguera únicamente. Se debe poner particular atención a la manguera primera fuera de la boya y a la manguera “barbell rail”.

La inspección visual debe ser hecha a cada línea de mangueras flotantes antes de la operación de amarre del buque tanque, para verificar la integridad de estas mangueras y comprobar que no ha habido daño alguno con el anterior buque o con botes menores.

Si ha ocurrido daño, y éste lo amerita, las secciones dañadas deben ser remplazadas antes de emprender alguna operación de cargue de buque tanque.

8.3.2.4 Prueba de las Mangueras en Sitio

La prueba de presión en el sitio de instalación de la línea de mangueras debe ser realizada cada seis meses. Se debe considerar el probado después de un período muy severo de mal clima. Esta prueba debe consistir en la elevación de la presión interna de la manguera a la presión asignada (275 psi) o presión de operación más 50%, la que sea más baja, y detenerla por un período de tres horas. La inspección visual de todas las mangueras debe comenzar únicamente cuando la presión ha sido estabilizada.

8.3.2.5 Inspección de Mangueras en la Costa

Cubierta: la cubierta exterior de la manguera sirve para proteger el material de refuerzo, la carcaza interna y las capas del material de flotación de la manguera. La cubierta debe ser limpiada y examinada cuidadosamente para detectar áreas donde haya daño al refuerzo como cortaduras, rasgaduras, o áreas raídas.

Si el material de refuerzo o flotación es expuesto, la extensión del daño debe ser determinada por inspección visual en reposo y durante la prueba de presión. Si el daño es menor, debe ser reparado y la manguera puede regresar al servicio.

El equipo y los materiales para la reparación de mangueras son suministrados por el fabricante de éstas. Si el daño es extenso, es recomendado retirar la manguera del servicio.

Fotografía 29 - Manejo de mangueras flotantes en playa.

La cubierta externa puede mostrar partidura o agrietamiento superficial debido a exposición prolongada a la luz solar u ozono. Tal deterioración, la cual no expone el material de refuerzo o flotación, no es causa normal de retiro, pero se debe mantener seguimiento en las inspecciones periódicas.

Cuerpo: La manguera debe ser examinada buscando posibles áreas apretadas o enroscadas y refuerzo roto como evidencia de cualquier deterioración permanente, filos longitudinales y pandeos. Las mangueras mostrando tales defectos deben ser retiradas del servicio para una mejor evaluación de su condición.

Las áreas pandeadas deben ser marcadas y examinadas con detalle durante la prueba de presión. Si estas áreas se alargan, se vuelven duras o muestran daños graves con fuga, la manguera debe ser retirada del servicio.

Accesorios: Las superficies internas y externas expuestas como bridas y boquillas deben ser limpiadas y examinadas buscando agrietamiento por corrosión excesiva. Cualquier condición fuera de lo normal debe ser causa de que la manguera sea retirada del servicio.

Carcaza interna: Se debe hacer una inspección visual del interior buscando burbujas, deformaciones, pandeos o separación del tubo del cuerpo interno. Defectos serios son causa para el retiro de la manguera del servicio. Se recomienda que una persona examine físicamente por defectos el interior total de

la manguera. Se deben tomar precauciones adecuadas de seguridad cuando se conduce esta inspección.

8.3.2.6 Prueba de Manguera en la Costa

Se recomienda que el Terminal cree una base de datos estadísticos de promedios de frecuencia de desgaste, daño y fallas durante pruebas, incluyendo la prueba de rompimiento, con el fin de establecer criterios apropiados de retiro, reemplazo y ciclos de prueba de mangueras en la costa. Hasta que dicho criterio haya sido establecido, es recomendado que inicialmente las mangueras sean probadas periódicamente con el siguiente programa:

TIPO DE MANGUERA	PERIODO INICIAL DE TIEMPO
Flotante	3 años
Submarina	3 años
Barbell Rail	1 año
Primera fuera de la boya flotante	1 año

Tabla 10 - Programa de Prueba de Mangueras.

Prueba hidrostática: Cada manguera debe ser probada a presión con agua a su presión asignada. El Procedimiento debe ser como sigue:

a) Tender la manguera tan recta como sea posible sobre soportes que permitan a la manguera alargarse libremente.
b) Llenarla de agua, ventilando para quitar todo el aire y aplicar presión de 0.7 bar.
c) Medir la longitud general del ensamble de manguera.
d) Aumente la presión sobre un periodo de 5 minutos, de 0.7 bar a la mitad de presión asignada. Detener esta presión por 30 minutos, después reducir a cero la presión por un período de 5 minutos.
e) Eleve la presión sobre un período de 5 minutos a la presión asignada y detenerla por 10 minutos.
f) Antes de liberar toda presión de prueba, mida la longitud general del conjunto de manguera para confirmar el alargamiento temporal y registrar el incremento como un porcentaje de la longitud original medida a 0.7 bar.
g) Reducir la presión sobre un período de 5 minutos.
h) Después de un período de por lo menos 5 minutos eleve la presión a 0.7 bar.

i) Mida la longitud general del conjunto de manguera para confirmar el alargamiento permanente. Registre el alargamiento como un porcentaje de longitud medida a 0.7 bar.
j) Libere la presión y drene la manguera.

Fotografía 30 - Elementos para prueba hidrostática.

Los registros de estas pruebas deben ser mantenidos para cada manguera, de tal forma que el alargamiento temporal bajo presión pueda ser comparado a la prueba original y subsecuentes pruebas de rutina. Cuando el alargamiento temporal o permanente de manguera, como evidencia de prueba de campo, excede el alargamiento temporal de la prueba de fabrica respectivamente, en el 2% de la longitud general, la manguera debe ser retirada del servicio.

Prueba de continuidad eléctrica: Esta prueba debe ser realizada a todas las mangueras retiradas del servicio durante las pruebas de presión hidrostática. Para mangueras eléctricamente unidas, debe existir continuidad durante y después de la prueba hidrostática. Referirse a la " Guía para compra, fabricación y probado de mangueras de carga y descarga para amarres en Alta Mar" OCIMF, cuarta edición, 1997, sección 1.1.19.

Para mangueras eléctricamente discontinuas, la resistencia entre el extremo de las boquillas de cada longitud de manguera no debe ser menor de 25.000 Ohms.

Prueba de vacío: Esta prueba debe ser realizada en mangueras retiradas del servicio para verificar la integridad de la carcaza interior.

Sellar ambos extremos con placas plexiglass transparentes de suficiente espesor (el fabricante de mangueras las suministrará). Una placa debe tener la conexión a la fuente de vacío.

Se debe ubicar una lámpara portátil en este extremo con un destello dirigido hacia el extremo opuesto. Un espejo de inspección usando luz solar puede ser también manipulado desde afuera de las placas para proveer una fuente de luz alterna.

Aplicar un vacío de por lo menos una escala de 510 milibares y preferiblemente una escala de 680 milibares por un periodo de 10 minutos. Inspeccione el interior de la manguera por burbujas o pandeos. Burbujas irreparables, pandeos o separación del caucho del tubo del cuerpo interno, o cualquier rasgadura o corte a través del tubo, es causa para retirar la manguera del servicio. Deben realizarse reparaciones a la manguera en consulta con el fabricante.

Prueba de Manguera Retirada: Cuando una manguera ha sido retirada del servicio por daño o por haber cumplido el tiempo de servicio, a ésta debe practicársele una prueba de rotura y la información obtenida puede ser usada para establecer compatibilidad, para medir la extensión de cualquier daño y puede proporcionar información muy útil cuando se determina vida de servicio de la manguera y criterio de retiro. La información es muy útil para mantener los registros del comportamiento de una manguera antes de su rotura.

Las pruebas en mangueras retiradas deben incluir lo siguiente:

a) Prueba Hidrostática.

   La manguera retirada debe ser probada con agua a la presión asignada de acuerdo con "OCIMF - Guía para Compra, Fabricación y probado de manguera de carga y descarga para Amarres en Alta mar", cuarta edición 1991.

b) Prueba de rigidez.

   La manguera retirada debe ser probada para establecer el valor de su rigidez de doblez, a un radio igual a su longitud, usando el método descrito en la "OCIMF - Guía para compra, fabricación y probado de manguera de carga y descarga para amarres en Alta Mar", cuarta edición 1991.

c) Prueba de vacío.

La manguera retirada debe ser sujeta a prueba de vacío de acuerdo con procedimiento establecido en "OCIMF - Guía para compra , fabricación y probado de manguera de carga y descarga para amarres en Alta Mar", cuarta edición 1991.

d) Prueba de rompimiento del cuerpo estándar.

El cuerpo estándar de la manguera retirada será probado hidrostáticamente hasta romperlo (cuando se ha decidido que esta manguera no volverá a ser instalada), después de la ventilación y el llenado apropiados; la presión debe ser aumentada a 5 veces la presión asignada (1.375 psi), sobre un período de 15 minutos, y después mantenerla por un periodo más de 15 minutos. La presión debe ser entonces ser incrementada hasta que el cuerpo estándar falle. La presión a la cual falla, así como el modo y la ubicación de la falla, deben ser registrados.

e) Prueba del rompimiento del doble cuerpo.

Después del rompimiento del cuerpo estándar, la presión debe ser incrementada inmediatamente a dos veces la presión asignada (550 psi) de una manera uniforme en un periodo de por lo menos 15 minutos y después mantenerla a esa presión por un periodo más de 15 minutos. La presión entonces será incrementada hasta que el cuerpo adicional falle, y la presión a la cual falla así como el modo y ubicación de la falla, deben ser registrados.

f) Sistema de detención de fuga.

El sistema de detección de fuga debe ser revisado y su comportamiento debe quedar registrado.

8.4 - FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PLANEACIÓN

Deben tenerse en cuenta los siguientes factores cuando se planee el mantenimiento de una SPM:

- Edad y condición de la SPM y sus componentes.
- Facilidades de tierra.
- Partes de reemplazo requeridas y tiempos de entrega.

- Disponibilidad de herramientas especiales.
- Tiempo total Estimado para la realización de un trabajo.
- Costos de penalidades en el evento que ocurriesen.
- Disponibilidad de grúa.
- Facilidades de muelle.
- Equipos pesados para offshore y onshore.
- Requerimiento de buzos con facilidades de soporte.

8.5 - PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

La seguridad es muy importante durante los trabajos de mantenimiento. Las siguientes precauciones son deben tenerse en cuenta:

Los compartimientos de la SPM, incluida la parte interior deben ser ventilados. Antes de entrar debe verificarse que la atmósfera se encuentre libre de gases y con suficiente oxígeno. Las personas que entren deben de tener ropa apropiada y casco de seguridad. Además, deben colocarse un arnés con línea de vida. Un asistente debe de estar pendiente en el otro extremo de la línea de vida. El área de trabajo debe estar libre de aceite. Cuando los compartimientos están siendo inspeccionados la placa giratoria deben estar asegurada para asegurarse que las escotillas permanezcan libres en todo momento.

El trabajo en caliente debe hacerse de acuerdo a un procedimiento establecido. Este procedimiento deberá ser dado por una persona responsable quien se asegurara que todas las áreas estén apropiadamente libres de gas y quien impondrá las restricciones respectivas para asegurar la vida del personal.

8.6 - LISTAS DE CONTROL

Para facilitar las obras de mantenimiento periódicas se han desarrollado listas de control que combinan la inspección y el mantenimiento. Las listas de control son para los siguientes intervalos de inspección.

- Inmediatamente después de la instalación.
- Mantenimiento e inspección cada dos semanas.
- Mantenimientos e inspección mensuales.
- Mantenimiento e inspección cada tres meses.

- Mantenimiento e inspección cada seis meses.
- Mantenimiento e inspección anuales.

Estas listas de control tienen como finalidad proveer un registro de las obras de mantenimiento a llevadas a cabo, a continuación se presenta un listado de referencia para la inspección y mantenimiento de una SPM.

8.7 - PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN

Para un mayor detalle de las rutinas de mantenimiento que se deben adelantar en la estructura monoboya y sus componentes, se deben tener en cuenta los manuales de los fabricantes, donde se referencia el tipo de mantenimiento y la frecuencia que se recomienda. Las siguientes rutinas de inspecciones son las básicas para cualquier estructura monoboya.

8.7.1 Inspección antes del Atraque

a) Revisión general por escapes o fugas. Inspección visual.

b) Revisar que los calados de la monoboya, su asiento y el franco bordo de la boya están correctos.

c) A bordo de la boya se debe revisar :

1. Sistema de amarre
2. Cierre estanco de escotillas
3. Verificar condición general de la Monoboya.
4. Verificar condición general de mangueras flotantes.
5. Verificar que el brazo de la monoboya está girando libremente.

d) Revisar que las luces de posición están funcionado correctamente.

e) Inspeccionar las mangueras flotantes a lo largo de su longitud total para verificar que todo está normal. Referirse al manual técnico del fabricante de las mangueras flotantes.

f) Debe revisarse también la condición de las conexiones entre el cabo mensajero “pick up rope” y la cadena de amarre o “chafe chain” , la boya de soporte de la cadena de amarre y los eslabones de conexión del cabo “hawser” a la monoboya.

g) No se requiere inspección submarina, en condiciones normales, excepto que se requiera por sospechar alguna situación especial o por revisión especial después de haber cambiado una manguera submarina o un componente submarino.

h) Verificar que los cabos de remolque del extremo de las mangueras no estén enredados entre sí, al igual que el cabo mensajero o “pick up rope”.

8.7.2 Inspección Semanal

Se deben realizar todos los chequeos establecidos en la inspección previa al atraque.

8.7.3 Inspección Mensual

a) Realizar todos los chequeos del programa de inspección semanal.

b) Levantar el equipo de amarre sobre cubierta del bote de mantenimiento y revisar :

1. Condición general del cabo “hawser” y sus flotadores.
2. Cadena de amarre o “chafe chain” y grilletes, revisando el nivel de desgaste. La cadena de amarre debe ser reemplazada cuando el diámetro de cualquier eslabón de cadena o grillete es reducido por desgaste en un 10% de su diámetro original.
3. Boya soporte de cadena de amarre o “chafe chain”.
4. Guarda cabos del cabo “hawser” y cabo “pick up rope”.
5. Conexión de cadena y grilletes.
6. Condición general del cabo mensajero o “pick up rope” y sus conexiones.

c) Levantar la manguera “barbell rail” o “rail hose” sobre la cubierta del bote de mantenimiento y revisar :

1. Condición general de la manguera.
2. Condición general de las cadenas “pick up chain” (de levante) y “snubbing chain” (de soporte).
3. Condición de válvula mariposa.
4. Condición general de unidad de conectores “camlock”.

d) Realizar lubricación de cojinetes y balineras de giro de acuerdo a las recomendaciones del Manual de Mantenimiento.

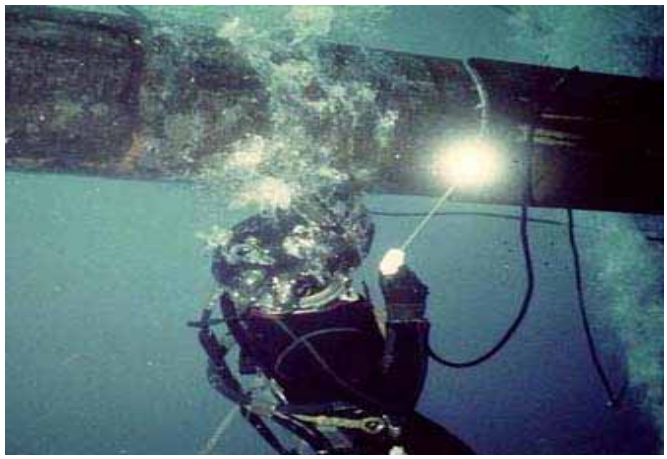
e) Revisar la operación de la bomba y sistema de achique.

f) Revisar condición general de válvulas y seguir recomendaciones del Manual de Mantenimiento.

g) Revisar todos los sistemas eléctricos/electrónicos de la boya. Referirse al manual(es) técnico(s) del fabricante correspondiente conforme sea necesario.

h) Revisar que las cajas de batería estén secas y que los sellos están en buenas condiciones. Revisar el nivel del electrolito y cargar o reemplace baterías conforme sea requerido.

i) Fijar un cabo a la sección giratoria de la boya a la lancha de amarre y lentamente girar la sección giratoria 360 grados y prestar atatención por algún ruido del cojinete o balinera de giro. Revisar si se observan algunas partes duras o lentas durante el giro. Este procedimiento se aplica durante el primer año de operación con una frecuencia mensual, después del cual la frecuencia de esta inspección puede ser cada tres meses.



Fotografía 31 - Trabajos de mantenimiento submarino.

j) Revisar que los espacios estancos y de flotación estén secos.

k) Revisar la condición de las defensas de la boya.

l) Realizar inspección visual, con buceo, de las mangueras submarinas, incluyendo los flotadores. Dibujar la configuración de las mangueras submarinas y corríjala si es necesario. Esta rutina se debe hacer mensual durante el primer año de operación. Después del primer año el dibujo de la configuración se debe hacer cada tres meses. Referirse al manual técnico del fabricante.

m) Se debe limpiar la presencia de vida marina (caracolejo) de todos los ánodos. Los ánodos deben ser reemplazados si están consumidos más del 75% .

n) Medir los ángulos de las cadenas de anclaje y revise el desgaste de la cadena debajo de la boya y re-tensionar conforme sea necesario.

o) Inspeccionar los componentes del sistema de mangueras flotantes. Referirse al manual técnico del fabricante.

8.7.4 Inspección Semestral

a) Realizar todos los chequeos del programa de inspección mensual.

b) Realizar una prueba de presión en sitio de acuerdo con OCIMF.

c) Inspeccionar dentro de los comportamientos de la boya por daños y corrosión. Examinar los empaques de goma y reemplazar los que se requiere.

d) Reparar daños menores en la pintura si es necesario.

e) Medir el desgaste de cadena de anclaje donde esté evidenciado.

f) Revisar los pilotes de anclaje o anclas y conexiones de cadenas al anclaje incluyendo los grilletes de unión, donde sea accesible. Revisar todas las cadenas de anclaje hasta donde sea posible hacerlo visiblemente.

g) Se debe revisar la condición general del PLEM.

h) Revisar la condición general de la cubierta.

i) Revisar la superficie de la tubería y juntas de expansión.

8.7.5 Inspección Anual

a) Realizar todos los chequeos del programa de inspección semestral.

b) Realizar una inspección completa del sistema de protección catódica. Los ánodos deben ser limpiados de la vida marina, para garantizar una máxima protección. Los ánodos son reemplazados si se ha sacrificado el 75% o más.

c) Quitar la arena y lama o vida marina incrustada en el PLEM.

d) Inspeccionar áreas seleccionadas del casco para verificar el grosor de la pared.

e) Revisar las juntas de expansión y reemplazar si es necesario.

f) Inspeccionar áreas seleccionadas de la tubería para verificar el grosor de la pared.

8.8 - PROGRAMA GENERAL DE INSPECCIÓN CON EQUIPO INVOLUCRADO

O.S.V.: Remolcador de Maniobras y Mantenimiento y buzos.
RA : Remolcador de apoyo.
BT : Bote de Transporte.

Parte	Después de instalación	Cada 2 semanas	Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	Equipo Marítimo
Plem	*				*		O.S.V./RA/BT
Armazón Boya	*	*	*	*	*	*	O.S.V.
Tortea	*		*			*	O.S.V.
Winche	*			*	*	*	O.S.V.
Equipo de telemetría	*	*	*	*		*	O.S.V.
Equipo de Navegación	*		*				O.S.V.
Equipo de seguridad	*				*		O.S.V.
Equipo Salvavidas	*		*	*		*	O.S.V.
Equipo Contra incendios	*		*			*	O.S.V.
Equipo Amarre	*	*	*		*		O.S.V./RA
Cojinete Principal	*		*	*	*	*	O.S.V.
Tubería de la boya	*		*	*			O.S.V.
Cojinete del eslabón giratorio para el producto	*		*	*		*	O.S.V.
Cojinete del anillo de deslizamiento eléctrico	*		*				O.S.V.
Mangueras flotantes	*	*	*		*		O.S.V./RA/BT
Mangueras submarinas	*				*		O.S.V./RA/BT
Sistema de anclaje	*						O.S.V./RA/BT
Protección catódica	*				*		O.S.V./BT
Sistema hidráulico	*		*	*	*	*	O.S.V./BT
Sistema de alivio de sobre tensión	*		*	*	*	*	O.S.V./BT
Instrumentación	*			*	*		O.S.V.

Tabla 11 - Programa General de Inspección con Equipo Involucrado.

8.9 - LAS MANGUERAS MARINAS

El manejo de mangueras marinas debe ser hecho siempre con los elementos apropiados y suministrados por el fabricante y para evitar daños se debe manipular las mangueras sin presión interna. Se debe consultar el manual del fabricante de las mangueras para mas detalles.

8.9.1 Instalación de Manguera Submarina

Una vez que la monoboya ha sido instalada en su posición exacta, las mangueras submarinas (debajo de la boya) deberán ser conectadas al PLEM (pipe line end manifold). Las mangueras submarinas deberán ser ensambladas y probadas sobre cubierta o en una playa y después bajadas cuidadosamente en el mar hacia el PLEM e instaladas para formar la configuración de "Linterna China" o la configuración de "Lazy S". La información necesaria y procedimientos para el ensamble adecuado de las mangueras, prueba de presión e instalación bajo el mar son presentados en los siguientes párrafos como un resumen de estos procesos. De todos modos los manuales de los fabricantes de las mangueras marinas deben ser consultados para complementar esta información.

Preinstalación: Los siguientes párrafos describen las evaluaciones de preinstalación requeridas antes de la instalación de la manguera submarina. Estas evaluaciones prepararan la manguera para la instalación debajo del agua y se espera detectar cualquier deficiencia en la fabricación antes que los grupos de mangueras sean desplegados dentro del agua. Detectando y corrigiendo los problemas antes del despliegue de las mangueras, se reducirá el tiempo de demoras durante la instalación.

Ensamble de Manguera Submarina: El ensamble de las mangueras submarinas entre sí, es la primera fase de la instalación. Esta tarea se puede realizar en una barcaza, en la cubierta de un remolcador O.S.V. (off-shore suply vessel), en un remolcador de altura con cubierta principal a popa lo suficientemente grande para esta operación o en una playa.
El ensamblado de manguera es un paso muy importante en el proceso de instalación ya que las uniones bridadas e instalación de flotadores de manguera impactan los procedimientos y variables que siguen, por ejemplo, prueba hidrostática y flotabilidad de la manguera. Por esta razón, es primordial la supervisión de cerca para esta fase.

Preparación de Brida: La preparación de brida es esencial para garantizar una unión ajustada y libre de fuga. Inspeccione todas las bridas por imperfecciones. Prepare las caras de las bridas limpiado con cepillo de alambre cualquier oxidación, suciedad o pintura; lime cualquier imperfección. Después que las bridas han sido arregladas apropiadamente, inspecciónelas nuevamente para asegurarse que no existe deformación en las superficies de acoplamiento.

Ensamble de Brida: Se debe verificar que todas las secciones de manguera están alineadas correctamente antes de ensamblar. Si se van a reutilizar tornillos, se debe revisar cada tornillo y tuerca, buscando daños por desgaste. Es necesario limpiar y lubricar los tornillos, nuevos o usados, con aceite grafito antes de ensamblar. Insertar tornillos y empaques siguiendo los procedimientos estándar de apretar tornillos, usando una lleva de torque para poder medir el torque que el fabricante de las mangueras recomienda, dependiendo del tamaño de la brida.

Unión de Flotadores: El acople de flotadores en las mangueras submarinas debe hacerse siguiendo las recomendaciones del fabricante de las mangueras. Los flotadores deben ser ajustados de forma segura para evitar que ocurran problemas debajo del agua durante el progreso de la instalación.

Fotografía 32 - Mangueras submarinas y collares flotadores sobre cubierta del remolcador

Prueba: Una prueba de presión del ensamble de las mangueras entre sí es requerida antes de la instalación del grupo de mangueras debajo del agua. Si alguna unión en particular no está ajustada, es necesario ajustarla hasta conseguir el torque recomendado; se requiere una prueba posterior del grupo de mangueras.

Si la manguera es dañada debe ser reemplazada. Bajo ninguna circunstancia una unión o manguera sospechosa debe ser puesta en servicio.

Una prueba hidrostática deberá ser realizada en cada grupo de mangueras como sigue: una bomba de bajo volumen y de alta presión se requiere para presurizar el sistema. Una bomba con alto promedio de flujo debe ser usada para llenar las mangueras. La prueba de presión debe ser monitoreada y registrada bajo los formatos y procedimientos establecidos para ello.

a) Tender las mangueras tan derechas como sea posible sobre bloques de madera de forma cilíndrica o sobre rodillos plásticos. Se le debe permitir a la manguera alargarse libremente bajo presión.

b) Atornillar las bridas ciegas a los extremos de las mangueras. Las bridas ciegas deben tener válvulas de llenado, válvula para dispositivo de medición de presión o manómetro y válvulas de ventilación. Con el fin de facilitar la ventilación, las válvulas de ventilación deben ser colocadas en el tope del diámetro o en la parte de arriba de la brida.

c) Empezar a llenar las mangueras con agua. Remover el aire dentro de la manguera durante el proceso de llenado, mediante la manipulación de las válvulas de ventilación. Si esto no elimina la “bolsa de aire”, puede ser necesario levantar la manguera en varios puntos a lo largo conforme el agua es introducida dentro de la manguera.

d) Elevar y bajar la presión 15 veces a un promedio de un segundo por 50 mm de diámetro de la manguera por ciclo, desde la presión de cero a la presión asignada (275 psig) e inspeccionar las boquillas por fugas.

e) Re – aplicar una presión de 10 psig y medir la longitud general del ensamble de la manguera. Registrar la longitud como longitud “original”.

f) Sobre un período de 5 minutos, elevar la presión desde 10 psig a 140 psig y mantenerla por 10 minutos. Inspeccionar por fugas. Gradualmente, reducir la presión a cero sobre un período de 5 minutos.

g) Elevar la presión por un período de 5 minutos a la presión asignada (275 psig) y mantenerla por un período de tres horas.

NOTA: Durante los primeros 15 minutos de la prueba las mangueras pueden alargarse hasta el 2% de su longitud original. Como resultado, la presión

disminuirá después de aislar el sistema (válvulas cerradas) debido al cambio gradual en el volumen del sistema bajo presión. Después que la presión ha sido estabilizada (aprox. 30 minutos), aumente la presión nuevamente a 275 psig antes de hacer los chequeos en las uniones.

h) Medir la longitud general del conjunto de la manguera y registrar el alargamiento temporal. Registrar la longitud como porcentaje de la longitud original medida a 10 psig. Si la prueba de campo de alargamiento temporal de los ensambles de manguera excede el alargamiento temporal de la prueba de fábrica en 2% de la longitud general, las mangueras deben ser retiradas del servicio.

i) Inspeccionar todas las uniones después que la presión ha sido estabilizada a cerca de 275 psig.

j) Si no se detectan fugas, se debe reducir la presión a cero sobre un período de 5 minutos y proceder con el paso “r”.

k) Si se descubre una fuga en un acople bridado, puede ser posible eliminar la fuga simplemente apretando los tornillos mientras el sistema está todavía bajo presión. (No aplique sobre - torque a los tornillos cuando el sistema tenga presión).

l) En caso de que el ajuste no logre parar la fuga, la presión debe ser liberada y el acople debe ser revisado. Es posible que deba revisarse el empaque.

m) Inspeccionar y limpiar las caras de la brida de la unión en cuestión. Instale un nuevo empaque y reacople las uniones.

n) Repetir la prueba de presión. Omitir los pasos d, e, f y h.

o) Si el procedimiento correctivo anterior falla al estabilizar la presión y no se detectan otras fugas significantes, se deben chequear todas las válvulas y bridas ciegas para asegurar que no hay fugas. (Una prueba de jabón puede ser requerida para detectar fugas pequeñas).

p) Si la presión continúa cayéndose después de haber revisado todas las posibilidades de fuga, es necesario revisar cada manguera en la unión entre la boquilla de acero de la manguera y la cubierta de goma. Una boquilla de manguera defectuosa puede ser la culpable.

q) Reemplazar mangueras defectuosas, bridas, adaptadores, etc., conforme sea necesario. Se deben repetir las pruebas hasta que sean satisfactorias.

r) Terminada la prueba, es necesario aliviar la presión por los dispositivos, para ello debe aflojar las bridas ciegas lentamente.

s) Registrar todos los hallazgos.

Acumulación de Equipo: Antes de enfrascarse en la instalación actual de las mangueras, todo el equipo necesario, herrería, sujetadores, etc., deben ser examinados por defectos y acumularlos sobre cubierta para evitar retrasos y así permitir a los buzos usar su tiempo debajo del agua al máximo beneficio. El número requerido de tornillos (tamaño y longitud correcto) y tuercas más un número suficiente de repuestos, debe ser almacenado de forma que estén listos. Un juego de tornillos pernos (1" x 2" de longitud) deben también estar disponibles y listos. Estos tornillos de acoplamiento largos serán requeridos para poner las bridas juntas y deben ser de un material maleable para evitar que se rompan cuando se doblen.

Los empaques para bridas deben ser chequeados por defectos, deben ser limpiados y deben ser almacenados en un contenedor limpio junto a los tornillos. Llaves hidráulicas y rompedoras de tuercas, herramientas de soldadura y corte, llave de cola, cinceles de horquilla, mandriles, ojillos de platillo fabricados, etc., deben estar en condiciones de trabajo apropiadas, acumuladas en un área accesible y estar listas para ser utilizadas por los buzos.

8.9.2 Instalación de la Manguera Flotante

Este párrafo trata los procedimientos requeridos para la instalación de mangueras flotantes a la monoboya. El proceso de instalación consta de tres fases. La preinstalación, primera fase y la más importante, trata del ensamble y prueba de la manguera. La fase dos trata la instalación real de las mangueras a la tubería de la monoboya. La tercera fase describe los requerimientos después de la instalación.

Preinstalación: Los párrafos siguientes describen las evaluaciones de preinstalación requeridas antes de la instalación de la manguera flotante. Estas

evaluaciones preparan la manguera para la instalación a la tubería de la monoboya. Se debe llevar a cabo inspección detallada de cada manguera.

Ensamble de la Manguera: El ensamblado de las mangueras puede ser realizado en alta mar o en la playa, si el sitio de instalación está cerca, esto es, dentro de una distancia razonable de remolque. En general, es más práctico ensamblar y probar las mangueras ensambladas como un conjunto completo en la costa, en lugar de ensamblarla y probarla por secciones en alta mar. Además, el ensamblado en la playa tiene la ventaja de reducir la carga de trabajo requerida de la barcaza de instalación, proporcionando un ambiente más estable para la inspección detallada de la bridas durante la prueba de presión. Los siguientes párrafos discuten el método de ensamblado en la playa.
Después de seleccionar una playa conveniente (esto es, suficiente arena, presencia mínima de rocas y piedras y fácil acceso a/desde la instalación de almacén de manguera), transferir cuidadosamente las mangueras desde el sitio de almacén y tenderlas a lo largo de la playa de extremo a extremo.

Preparación de Brida: La preparación de la brida es esencial para asegurar una unión ajustada, libre de fuga. Inspeccione todas las bridas por imperfecciones. Prepare las caras de las bridas limpiando con cepillo de alambre cualquier oxidación, suciedad o pintura; lime cualquier imperfección. Después que las bridas han sido preparadas, inspecciónelas una vez más para asegurar que no existen deformaciones de las caras de acoplamiento.

Ensamble de Brida: Asegure que las secciones de brida están en el orden correcto y posición relativa antes del ensamble. Las conexiones para las lámparas deben estar en línea y en la posición de las 12 en punto.

Revise los tornillos y tuercas por daño o desgaste. Limpie y lubrique tornillos con aceite antes de ensamblar. Limpie las caras de las bridas de arena y desechos, inserte tornillos y empaques y siga los procedimientos estándar de apretar tornillos, esto es, poner las uniones juntas en forma nivelada y, usando una llave de torque, cuidadosamente apriete a los valores de torque recomendados abajo.

19.1 kg m para mangueras de bridas de 16” día. Tornillo tamaño de 1”
28.0 kg m para mangueras de bridas de 20”día. Tornillo tamaño de 1 1/8”
40.1 kg m para manguera de bridas de 24” día. Tornillo tamaño de 1 ¼”.

Unión de Aparejos: La brida de la manguera “Floating Hose First Off The Buoy” (primera fuera de boya) debe ser proveída con una pieza carrete con ojillos guía

soldados a la brida "de conexión" en las posiciones de las 3 y 9 en punto. Esta configuración facilitará la conexión de la manguera a la boya. Una brida ciega con un ojillo de remolque es conectada a la pieza carrete ya que este será el extremo remolcador.

La manguera "Barbell Rail Hose" (extremo de riel) es provista con componentes para conexión a buque tanque, consistentes en una válvula de mariposa, pieza Camlock, cadenas de soporte y levantamiento, brida ciega y boya marcadora para recolección.

Antes de probar, asegure que la pieza carrete y la brida de "remolque" ciega están unidas a la brida de la manguera "primera fuera de la boya" y la válvula de mariposa y pieza carrete/levantamiento Camlock están unidas a la brida de la manguera "extremo de riel". Si están unidas, quite la brida ciega de la pieza carrete "extremo riel" en este momento.

Ésta será conectada después de la prueba de presión.

El resto de la herrería de recolección será también conectado después de que la prueba de presión es terminada satisfactoriamente.

Prueba: La prueba de presión de las mangueras flotantes ensambladas es requerida antes que las mangueras sean remolcadas a la monoboya e instaladas.

Si una unión en particular no está ajustada, necesita ser ajustada, una vez terminado esto, es requerido probar nuevamente. Si una manguera es dañada debe ser reemplazada. Bajo ninguna circunstancia se debe poner en servicio una unión o manguera sospechosa.

CAPITULO 8
MANTENIMIENTO DE UNA SPM

Fotografía 33 - Pruebas e inspecciones a mangueras.

Una prueba hidrostática deberá ser realizada en un grupo de mangueras de la manera siguiente: Una bomba de bajo volumen y alta presión es requerida para presurizar el sistema. Una bomba con alto flujo debe ser usada para llenar las mangueras. La prueba de presión debe ser monitoreada y registrada por medios fáciles de seguir.

a) Tender las mangueras tan derechas como sea posible sobre los bloques de madera. Se le debe permitir a la manguera alargarse libremente bajo presión.

b) Atornille las bridas ciegas a los extremos de las mangueras. Las bridas ciegas deben ser proveídas con válvulas de llenado y válvulas de ventilación. Con el fin de facilitar la ventilación, las válvulas de ventilación deben ser colocadas en el tope del diámetro interior de la manguera.

c) Una las mangueras de llenado y empiece a llenar las mangueras con agua. Evite la esclusa de aire durante el proceso de llenado mediante la manipulación de las válvulas de ventilación. Si esto no elimina las esclusa de aire, puede ser necesario levantar la manguera en varios puntos a lo largo del grupo de mangueras, conforme el agua es introducida dentro de la manguera. Un travesaño y/o correa de manguera será requerida para este procedimiento.

d) Eleve y baje la presión 15 veces a un promedio de un segundo por 500 mm de diámetro de la manguera por ciclo, desde la presión de cero a la presión asignada (275 psig) e inspeccione las boquillas de fugas.

e) Re-aplique una presión de 10 psig y mida la longitud general del ensamble de la manguera. Registre la longitud como longitud "original".

f) Sobre un período de 5 minutos, eleve la presión desde 10 psig a 140 psig y manténgala por 10 minutos. Inspeccione por fugas. Gradualmente reduzca la presión a cero sobre un período de 5 minutos.

g) Eleve la presión por un período de 5 minutos a la presión asignada (275 psig) y manténgala por un período de tres horas.

NOTA: Durante los primeros 15 minutos de la prueba las mangueras pueden alargarse hasta el 2% de su longitud original. Como resultado, la presión disminuirá después de aislar el sistema (válvulas cerradas), debido al cambio gradual del volumen del sistema bajo presión. Después que la presión ha sido estabilizada (aprox. 30 minutos), aumente la presión nuevamente a 275 psig antes de hacer los chequeos en las uniones.

h) Mida la longitud general del conjunto de la manguera y registre el alargamiento temporal. Registre la longitud como porcentaje de la longitud original medida a 10 psig. (NOTA: Si la prueba de campo del alargamiento temporal de los ensambles de manguera excede el alargamiento temporal de prueba de fábrica en 2% de la longitud general, las mangueras deben ser retiradas del servicio).

i) Inspeccione cuidadosamente todas las uniones después que la presión ha sido estabilizada a cerca de 275 psig.

j) Si no se detecta fugas, reduzca a cero la presión sobre un período de 5 minutos. Proceda con el paso r.

k) Si se descubre una fuga, puede ser posible eliminar la fuga simplemente apretando los tornillos mientras el sistema está todavía bajo presión. (No aplique sobre torque a los tornillos).

l) En caso de que el apretado no logre parar la fuga, la presión debe ser liberada y la unión revisada.

m) Inspeccione y limpie las caras de la brida de la unión en cuestión. Instale un nuevo empaque y reacople las uniones.

n) Repita la prueba de presión. Omita los pasos d, e, f y h.

o) Si el procedimiento correctivo anterior falla al estabilizar la presión y no se detectan otras fugas significantes, chequee todas las válvulas y las bridas ciegas para asegurar que no hay fugas. Una prueba de jabón puede ser requerida para detectar fugas pequeñas.

p) Si la presión continúa cayéndose después que todas las posibilidades hayan sido investigadas, chequee cada manguera en la unión entre la boquilla de acero de la manguera y la cubierta de goma. Una boquilla de manguera defectuosa puede ser la culpable y esta manguera debe ser reemplazada.

q) Reemplace mangueras defectuosas, bridas, adaptadores, etc., conforme sea necesario. Repita las pruebas hasta que sean satisfactorias.

r) Quite las bridas ciegas de los extremos de las mangueras.

s) Registre todos los hallazgos.

Instalación: Después de haber probado satisfactoriamente las mangueras flotantes, toda el agua de la manguera deberá ser drenada. El peso extra debido a la presencia del agua causará problemas significantes durante el lanzamiento inicial desde la playa. Adicionalmente, el lanzamiento desde la playa debe hacerse en marea alta y se deben evitar áreas de agua poco profunda.

La operación de lanzamiento requerirá la asistencia de varios tractores u otro equipo adecuado de levantamiento para llevar las mangueras vacías dentro del agua mientras un remolque mantiene la tensión en el cable de remolque. Se debe evitar el arrastre sobre la playa.

Como se mencionó anteriormente, la manguera será remolcada por la conexión del extremo de la boya. Una vez lanzada, la manguera es remolcada al sitio de la terminal monoboya por el remolcador.

Un segundo remolcador puede ser empleado para controlar el extremo libre de las mangueras, para evitar que se enrosque y sobredoble.

El enroscado y sobredoblado también pueden ser reducidos ya sea por la presurización o llenado de la manguera con agua.

Si la manguera es llenada con agua, se deben adicionar flotadores a todos los puntos que necesiten flotabilidad, tal como lo es la sección de manguera "primera fuera de la boya".

Si la manguera está en condición de vacía, no es necesaria tal precaución. La velocidad de remolque desde la playa a la terminal no debe exceder los 5 nudos.

La conexión de las mangueras flotantes a la boya es una tarea relativamente simple contando con los elementos apropiados. Bajo ninguna circunstancia se debe intentar la operación en condiciones de alta marejada.

Post Instalación: Después de terminar la instalación de las mangueras flotantes, se debe hacer los siguientes ajustes, chequeos y pruebas:

a) Las lámparas de señalización de mangueras flotantes deberán ser instaladas. Después de la instalación, el sistema deberá ser probado para asegurar la integridad funcional.

b) Una prueba de presión deberá ser conducida en la manguera instalada y las uniones chequeadas por el ajuste. La prueba de presión deberá consistir en el incremento de la presión interna en la manguera a su presión de trabajo (275 psig), y manteniéndola por un período de tres horas. Una inspección visual de los cabos de manguera deberá también ser realizada. (Nota: las lecturas de presión fluctuaran por hasta 10 psig en cualquiera de los lados de la presión especificada debido al movimiento de la manguera en el agua),

8.10 - RUTINAS DE MANTENIMIENTO TIPICAS DE UNA SPM

A continuación se muestra un ejemplo de la relación de algunas de las rutinas de mantenimiento.

CODIGO	RUTINA	SISTEMA	RECURSO HUMANO
ALI-001	CHEQUEAR PRESIÓN SUMINISTRO DE NITRÓGENO	ALIVIO	(1) MECÁNICO (1) INSTRUMENTISTA
ALI-002	CHEQUEAR NIVEL DE FLUIDO EN TANQUES	ALIVIO	(1) MECÁNICO
ALI-003	CHEQUEAR CORROSIÓN EN EL SISTEMA	ALIVIO	(1) MECÁNICO
ALI-004	REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE ALIVIO DE 12 PULGADAS	ALIVIO	(1) MECÁNICO (1) INSTRUMENTISTA
ALI-005	REVISIÓN INTERNA DE TANQUES DE ALIVIO DEPENDIENDO DE SU USO	ALIVIO	(1) MECÁNICO (1) INSTRUMENTISTA
ALI-006	REVISIÓN VÁLVULAS AUXILIARES	ALIVIO	(1) MECÁNICO
AMA-001	CHEQUEAR DAÑOS EN EL HAWSER	EQUIPO DE AMARRE	(1) MECÁNICO
AMA-002	CHEQUEAR SISTEMA MECÁNICO DEL ANCLAJE DEL HAWSER	EQUIPO DE AMARRE	(1) MECÁNICO
AMA-003	ENGRASAR BUJES DEL SISTEMA MECÁNICO	EQUIPO DE AMARRE	(1) MECÁNICO
AMA-005	REEMPLAZAR EL HAWSER Y EL ENSAMBLAJE DEL PICK-UP SI SE REQUIERE	EQUIPO DE AMARRE	BUZOS
ANC-001	CHEQUEAR POSICIÓN RELATIVA DE LA BOYA CON RESPECTO AL PLEM	ANCLAJE	BUZOS
ANC-002	CHEQUEAR INCLINACIÓN DE LAS CADENAS DE ANCLAJE	ANCLAJE	BUZOS
ANC-003	RETENCIONAR CADENAS DE ANCLAJES SI SE REQUIERE	ANCLAJE	BUZOS
ANC-004	INSPECCIÓN GENERAL ESTADO CADENAS	ANCLAJE	BUZOS
ANC-005	REMOVER INCRUSTACIONES MARINAS EN LOS PUNTOS DE PIVOTE DE LAS CADENAS	ANCLAJE	BUZOS
APA-001	ENGRASAR GUAYA Y ROLDANA	EQUIPO DE APAREJO	(1) MARINERO
BOY-001	INSPEC. VISUAL GRAL. FUGAS-DAÑOS Y CORROSIÓN EN SISTEMAS, EQUIPOS Y TUBERIAS	BOYA	(1) MECÁNICO
BOY-002	CHEQUEAR ESTANQUIEDAD DE PUERTAS DE ACCESOS	BOYA	(1) MARINERO
BOY-003	LIMPIEZAS DE REJILLAS DE VENTILACIÓN OBRA MUERTA	BOYA	(1) MARINERO
BOY-004	CHEQUEAR CALADO	BOYA	(1) MECÁNICO
BOY-005	SONDEAR COMPARTIMIENTOS ESTANCOS	BOYA	(1) MARINERO

Tabla 12 - utinas de Mantenimiento Típicas de una SPM .

8.11 - AREAS TÍPICAS A SER CUBIERTAS POR EL SISTEMA DE REGISTROS

Chequeo Antes y Después del Amarre: Cada vez que un buque es atracado en una terminal SPM se debe hacer una inspección general a todo el equipo y materiales. Cualquier defecto pequeño se debe corregir a la primera oportunidad para prevenir mayor deterioración.

Una lista de chequeo debe ser llenada por el Cargo Loading Master del Terminal, antes y después del atraque.

Rendimiento del Equipo: Como se mencionó anteriormente, cada parte del equipo debe ser cubierta por el sistema de registro de manera que su condición puede ser monitoreada e identificar inmediatamente cualquier deterioración rápida. Además, los programas de inspección y mantenimiento pueden ser modificados, conforme sea necesario, a partir de la experiencia obtenida.

Las partes principales para las cuales se da muestra de registro u hoja de rendimiento son dados a continuación:

- Cabos de amarre:

Para registrar antecedentes de operación y rendimiento de los cabos de amarre, basados en el número y duración del atraque.

- Otros componentes de ensamble de amarre como son cadenas de frotamiento, placas triangulares, cadenas y grilletes.

Para registrar antecedentes de operación y rendimiento de estos elementos de amarre, basados en el número y duración del atraque.

- Cadenas de amarre de la Monoboya al fondo marino:

Para registrar periódicamente la posición de los retenedores de cadena y los ángulos de pre-tensión de cada cadena. Estos registros deben ser hechos a intervalos estándar y durante cualquier operación de ajuste de la cadena. El promedio de la observación debe ser comparado con el ángulo establecido de pre-tensión durante la instalación inicial. Se recomienda que estas mediciones se hagan durante mareas lentas para reducir el margen de error en la medida.

- Anclas:

Para registrar la posición de las anclas, se mide la distancia entre la corona del ancla y el pernete marcador. Los registros indicarán si es que ha ocurrido algún rastreo o garreo de las anclas sobre un período de tiempo. Cualquier empotramiento, socavación, etc., debe ser analizada para cada ancla y se debe revisar si se debe tomar alguna acción preventiva.

- Mangueras submarinas y flotantes:

El fabricante de las mangueras suministra los formatos y registros que deben llevarse relativos al uso y vida útil de las mangueras marinas.

Rendimiento General de la SPM: Además de los registros para los componentes individuales, los registros de ocupación de atraque, rendimiento, tiempos de mantenimiento y tiempo ocioso, deben llevarse. Los datos requeridos deben ser registrados periódicamente de acuerdo a los estándares que el Terminal quiera implementar.

Los valores acumulativos mensuales y anuales expresados como tiempos totales y porcentajes indicarán las tendencias de rendimiento y utilización, información valiosa para proyecciones de presupuesto, inversiones y mantenimiento en general.

Cabos de Amarre "hawser": No existe ningún método universal para determinar la vida útil o remanente de uso de un cabo de estos. Ha sido establecido que cargas cíclicas, daño físico y un evidente envejecimiento pueden contribuir a la pérdida de la capacidad de tensión o resistencia a ésta. En la mayoría de los terminales SPM uno o más de los siguientes métodos son usados para determinar cuándo los cabos de amarre "hawser" deben ser reemplazados.

- Inspección visual.

Evidencia de abrasión externa severa, especialmente cerca de lugares de empalme y gasas.

Evidencia de abrasión severa entre tramos.

Un número significante de cabos (cabos menores que se entrelazan formando el hawser) cortados o jalados.

Evidencia de daño en el núcleo interior del cabo, asi como desgaste en el cuello antes del guardacabo.

- Número de buques vs duración del servicio.

Límite de la vida máxima de servicio esperada basándose en un número de buques determinado (por ejemplo 100 buques) versus el cumplimiento de cierto número de meses de servicio (por ejemplo 12 meses), lo que primero se dé.

- Cuenta de número y nivel de cargas pico.

En particular, en Terminales más expuestos a condiciones de mar extremas, los cabos de amarre “hawser” están sujetos a cargas cíclicas que pueden disminuir la resistencia de los cabos significativamente. La deterioración de los cabos debido a la fatiga no es fácilmente visible.
Consecuentemente, los resultados de un dispositivo monitor de cargas de amarre puede ser usado para determinar la vida de servicio remanente de un cabo “hawser”.

Los cabos deben ser retirados de servicio cuando su fuerza remanente o residual ha sido reducida y por lo tanto el factor de seguridad ya no es el adecuado. El cabo puede experimentar muchos ciclos de carga a un nivel bajo antes de fallar.
No obstante, muchos ciclos de carga baja puede disminuir significativamente la resistencia del cabo al punto que una carga alta ocasional reviente o averíe el cabo.

Una fórmula para calcular la Vida de Servicio Remanente (RSL) es como sigue:

$$RSL = 100\% - \left(\frac{X_1}{b_1} + \frac{X_1}{b_2} + \frac{X_3}{b_3} + \ldots\ldots \right) \times 100\%$$

En la cual:

X_1= número actual de ciclos de carga nivel carga 1
B_1= número permitido de ciclos a nivel de carga 1 (correspondiente con la absorción total de vida de servicio disponible).

A pesar que los datos de fatiga con respecto a la deterioración de cabos sintéticos son limitados, los siguientes números de ciclos permitidos pueden ser usados para cabos de polypropileno:

Carga (%de NWBS*)	Número de Ciclos Permitidos
0%-30%	Fatiga cero
30%-35%	1,000,000
35%-40%	9,000
40%-45%	1,000
45%-50%	150
50%-55%	20
55%-60%	10
Arriba de 60%	1

*NWBS= Fuerza de Rompimiento Húmeda Neta

Tabla 13 - Número de Ciclos permitidos para Cabos de Polipropileno.

Los siguientes valores son aplicados para NWBS de cabos sintéticos:

Diámetro del cabo en pulgadas	Línea trenzada única	Línea trenzada con estrobo	8 hilos única	8 hilos con estrobo
6	410 kn	697 kn	320 kn	544 kn
7	550	935	424	721
8	715	91215	544	925
9	900	1530	670	1139
10	1100	1890	816	1387
11	1330	2260	976	1659
12	1580	2685	1150	1955
13	1850	3145	1336	2271
14	2155	3660	1536	2611
15	2450	4165	1730	2941
16	2800	4760	1960	3332
17	3120	5300	2184	3713
18	3480	5915	2400	4080
19	3900	6630	2672	4542
20	4320	7345	2936	499
21	4760	8090	3200	5440

Tabla 14 - Valores para NWBS de Cabos Sintéticos.

Cadenas de amarre "chafe chain": Las cadenas de amarre deben ser reemplazadas cuando el diámetro del eslabón de la escala es reducido, debido al desgaste, al 90% de su diámetro original.

Fotografía 34 - Cadena "Chafe Chain" para amarre de buques

Fotografía 35 - Cadena "Chafe Chain" asegurada en el "bow stopper" del buque tanque

9 - LEGISLACIÓN MARÍTIMA APLICABLE

9.1 - INSTITUCIONES INTERNACIONALES RELACIONADAS CON EL MANEJO DEL MEDIO AMBIENTE MARINO

Organización Marítima Internacional – OMI

La OMI es una organización técnica que cuenta con 157 Estados miembros. Su misión principal, especialmente durante los primeros años, fue elaborar un cuerpo completo de convenios, códigos y recomendaciones en el ámbito marino, de carácter internacional que pudiesen ser implantados por todos los gobiernos miembros. El Convenio constitutivo de la OMI fue adoptado en la Conferencia Marítima de las Naciones Unidas celebrada en Ginebra el 6 de marzo de 1948. El órgano rector de la OMI es la Asamblea.

Fotografía 36 - Buque tanque cargando hidrocarburos en monoboya.

La labor técnica de la OMI la llevan a cabo varios comités. Entre ellos están: el comité de Seguridad Marítima, que a su vez se subdivide en varios subcomités que se ocupan de los siguientes temas: seguridad de la navegación; radiocomunicaciones, dispositivos de salvamento, búsqueda y salvamento; normas de formación y guardia; transporte de mercancías peligrosas; protección contra incendios; estabilidad y líneas de carga y de seguridad de pesqueros; contenedores y carga y graneleros químicos, y el Comité de

Protección del Medio Marino, que se encarga de la prevención de la contaminación.

- ***Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA***

La Asamblea General de las Naciones Unidas estableció en 1972, el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como mecanismo para vigilar el medio ambiente, estimular y coordinar prácticas ambientales racionales. Su acción es catalítica para las actividades y la toma de conciencia ambiental a nivel mundial. Cuenta con los siguientes programas de carácter general: Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente, Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos y Red Mundial de Datos (INFOTERRA), protección de los mares comunitarios, adelanta actividades y servicios de apoyo en materia de derecho, educación e información sobre el medio ambiente.
El PNUMA desarrolla actividades en 142 países.

Comisión Permanente del Pacifico Sur – CPPS

Constituye un organismo subregional, coordinador de políticas marítimas de los países miembros (Colombia, Chile, Ecuador, y Perú) y se fundamenta en la Declaración de Santiago (agosto 18 de 1952) sobre zona adyacente de las 200 millas. La autoridad de la CPPS dirige las reuniones ordinarias cada dos años, así como también las reuniones de los Ministros de Relaciones Exteriores del Sistema del Pacifico Sur.
La CPPS ejecuta acciones en el plano jurídico, científico, y económico relativo con el mar y sus recursos. Entre sus objetivos están, proteger y aprovechar los recursos marinos, resguardar y conservar el medio marino, promover la investigación científica e incentivar la cooperación internacional.

Organización Meteorológica Mundial – OMM

Su objetivo es colaborar con el establecimiento de redes de estaciones y centros para observaciones y servicios meteorológicos e hidrológicos; promover el sistema de intercambio rápido de información meteorológica y otras informaciones afines, así como promover la normalización de las observaciones meteorológicas y del clima.
La OMM ha establecido la red de vigilancia de meteorología mundial, que se basa en observaciones por satélites meteorológicos.

Comisión Oceanográfica Intergubernamental – COI

Comisión con autonomía funcional, inscrita en la Organización de las Naciones Unidas, para la educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y cuya finalidad es la de fomentar la investigación científica de los océanos y los servicios oceánicos anexos, a fin de conocer la naturaleza y los recursos de estos, por medio de la acción concertada de sus miembros. La Comisión actúa también como mecanismo especializado mixto, de la Organización del Sistema de las Naciones Unidas, en la Esfera de las Ciencias del Mar y sus Servicios Oceánicos; la Asamblea y el Concejo Ejecutivo son los órganos rectores de la Comisión. Cuenta también con órganos asesores, entre ellos el Comité Asesor sobre investigaciones de los Recursos Marinos (ACMRR); el Comité de injerencia de los Recursos Oceánicos, (ECOR); y el Comité Científico de Investigaciones Oceánicas, (SCOR); también cuenta con numerosos órganos subsidiarios, relativos a la Dinámica del Océano y el Clima; las Ciencias Oceánicas con Relación a los Recursos Vivos, (OSLR); la Ciencia Oceánica con Relación a los Recursos no Vivos, (OSNLR); Cartografía Oceánica, Investigación y Vigilancia de la Contaminación del Medio Marino, (MPRM); Sistema Mundial de Servicios Oceánicos, Sistema de Observación del Océano, Intercambio de Datos e información Oceanográfica, entre otras.

9.2 - CONVENIOS IMO CON INFLUENCIA EN TERMINALES COSTA AFUERA

- IMO Convention 48.
- IMO Amendments 93.
- SOLAS Convention 74.
- LOAD LINES Convention 66
- TONNAGE Convention 69.
- COLREG Convention 72.
- STCW Convention 78.
- SAR Convention 79.
- FACILITATION Convention 65.
- MARPOL 73/78 Anexo I/II.
- MARPOL 73/78 Anexo III.
- MARPOL 73/78 Anexo IV.
- MARPOL73/78 Anexo V.
- INTERVENTION Convention 69.
- CLC Convention 69.

9.3 - NORMAS APLICABLES EN LA OPERACIÓN MARINA

9.3.1 Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación del Mar por Buques. MARPOL 73/78

Este Convenio fue firmado en Londres el 2 de noviembre de 1973 y su Protocolo 1l 17 de febrero de 1978 en la misma ciudad. Uno de los mayores obstáculos en la aplicación de MARPOL es la falta de conocimiento de su contenido por parte de administradores marítimos, armadores, oficiales mercantes, oficiales navales y en general de las gentes de mar.

Su objetivo principal es imponer restricciones a la contaminación del mar, a tierra y al aire que pueda generar un buque. Abarca todos los aspectos técnicos de la contaminación procedente de los buques, excepto el vertimiento de desechos en el mar.

9.3.1.1 Estructura y Componentes del MARPOL 73/78

Está compuesto por el Anexo I, que trata sobre normas para prevenir la contaminación por hidrocarburos, el Anexo II que trata sobre las normas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas, son de obligatorio cumplimiento para las partes; los Anexo III, IV, V y VI que son facultativos de los Estados partes.

Para la aplicación del MARPOL es necesaria cierta documentación la cual incluye exigencias de diversos tipos como el diseño y construcción de instalaciones y equipo, aprobación de sistemas y procedimientos operacionales, realización de reconocimiento e inspecciones de buques, etc.

El MARPOL se aplicara a los buques bandera de las partes y aquellos que operen bajo su autoridad. No se aplica a buques de guerra, unidades navales, ni a buques del Estado que momentáneamente operen con carácter gubernamental no comercial.
No se aplicara el Convenio a buques exclusivamente fluviales o lacustres, como tampoco a buques de menor tamaño que los exigidos por las reglas del Convenio.

La aplicación de MARPOL es responsabilidad de los Gobiernos de los Estados partes, de los Estados del Pabellón y del Capitán o armador.

Toda transgresión esta prohibida y será sancionada por la legislación nacional de cada Estado.
El Estado en cuya jurisdicción se ha producido la transgresión puede iniciar un proceso según su legislación, o facilitar las pruebas para que el Estado de pabellón lo inicie.

Si un buque posee certificados validos, el Estado ribereño los deberá aceptar, como evidencia a primera vista, de que el buque si cumple con las exigencias.

Todo buque esta obligado a llevar un certificado y estará sujeto a inspecciones por parte de funcionarios autorizados para verificar dicho certificado.

Si existen motivos que indiquen que la condición del buque no concuerda con el certificado, o si el certificado a expirado, la parte que efectué la inspección tomara las medidas respectivas para que el buque no se haga a la mar, hasta que lo pueda hacer sin amenaza para el medio marino o pueda dirigirse a un astillero de reparación adecuado.

Cuando un Estado actúe contra un buque de bandera extranjera, por considerar que no cumple con las condiciones del MARPOL, deberá informar al representante diplomático del Estado del pabellón, de igual forma cuando el certificado no sea valido.

Todo Estado que detecte una descarga ilegal fuera de sus aguas jurisdiccionales, informara de ello al Estado ribereño correspondiente, para que tome las medidas del caso.
Se deberá hacer todo lo posible, para que el buque no sea inmovilizado o sufra demoras innecesarias, si ocurre puede haber lugar a una indemnización exigida por el capitán o el armador por los daños causados.

Los Estados darán instrucciones a las radio estaciones costeras, a las estaciones receptoras de información transmitida por satélite y a las estaciones costeras de servicios de control, a fin de que en caso de recibir información sobre sucesos relacionados con descargas de sustancias perjudiciales, sean transmitidos sin demora a las personas u organismos designados por el gobierno y de retransmitirlos a cualquier Estado que pueda verse afectado con el suceso. Se darán las mismas instrucciones a los capitanes de los buques y a los aviones.

Es necesario aclarar que nada de lo dispuesto en MARPOL, podrá interpretarse en contra con la CONVEMAR. Las diferencias entre diferentes Convenciones se dirimirán por medio de arbitraje establecido.

- ***Obligaciones de los Estados Partes de la OMI***

  Informar sobre:

  → Leyes o reglamentos nacionales relacionados con el Convenio
  → Lista de instituciones no gubernamentales autorizadas a actuar en su nombre en materia de inspección y certificado de buques
  → Muestra de certificados expedidos
  → Lista de instalaciones de recepción incluyendo su ubicación, capacidad, equipo disponible, etc.
  → Informes oficiales sobre aspectos de aplicación del Convenio
  → Informe estadístico anual de sanciones impuestas por los Estados costeros por descargas ilegales de los buques en sus aguas jurisdiccionales.
  → Informe sobre descargas ilegales de buques extranjeros fuera de las aguas jurisdiccionales, detectadas por Estados costeros y notificadas a los Estados de pabellón para que tomen las acciones.
  → Informe de las acciones tomadas por los Estados de pabellón, luego de recibir los informes mencionados anteriormente.

Las transgresiones sin importar donde ocurran, deben ser investigadas por el Estado de pabellón y si procede, se iniciaran las acciones legales contra el armador o el capitán del buque.

Si la transgresión ocurre en jurisdicción de otro Estado, el Estado pabellón permitirá que el buque infractor sea sancionado por el Estado afectado según su legislación. Las sanciones deben ser severas sin importar donde se produzca la transgresión.

- ***Responsabilidades de los capitanes de los buques***

El capitán obligatoriamente debe informar, en forma inmediata, cualquier suceso de descarga voluntario ó accidental al mar, que sea perjudicial para éste; así como cuando están en operación y rebasen la cantidad de carga permitida por Marpol.

El informe debe incluir todos los datos completos de identificación de los buques, causa y posición geográfica.

9.3.1.2 Descripción Componentes MARPOL 73/78

Anexo I- Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos

Los Estados ribereños deben realizar las investigaciones sobre descargas de hidrocarburos y los demás Estados partes facilitaran la información necesaria que permita aclarar los hechos, se comprobaran las condiciones de viento y mar, rumbo y velocidad del buque y todos los datos influyentes en el suceso. Además proveerá los servicios de recepción de lastres sucios los cuales no deben exceder de 15 ppm, mezclas y residuos oleosos con sistemas de monitoreo de descargas, alarmas y registro.

Se exige el uso de separadores PI cuando se producen afluentes mas sucios. Para la recepción de aguas de sentinas se debe contar con plantas de separación, tratamiento y ojalá recuperación. Los puertos contaran con una conexión universal a tierra para el conducto de recepción de lastres sucios con características ya determinadas.

La inspección que se hace a los buques en los Estados partes y no partes debe incluir:

→ Identificación del inspector.
→ Examen del certificado IOPP.
→ Examen del suplemento del certificado que trata sobre los equipos de prevención.
→ Examen del libro de registro de hidrocarburos.

Igualmente, debe realizarse una inspección detallada cuando se observen anomalías, y deberá elaborarse un informe de deficiencias para presentarlo al Estado del pabellón y un resumen de los informes y medidas para la OMI, antes de 60 días.

El Anexo I se compone de las siguientes reglas:

Capítulo I – Generalidades.

- Regla 1 Definiciones
- Regla 2 Ámbito de aplicación
- Regla 3 Equivalentes
- Regla 4 Reconocimientos e inspecciones

- Regla 5 Expedición de certificados
- Regla 6 Expedición del certificado por otro gobierno
- Regla 7 Modelo del certificado
- Regla 8 Duración del certificado
- Regla 8A Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto.

Capítulo II - Normas para controlar la contaminación en condiciones de servicio

- Regla 9 Control de las descargas de hidrocarburos.
- Regla 10 Métodos para prevenir la contaminación por hidrocarburos desde buques que operen en zonas especiales.
- Regla 11 Excepciones.
- Regla 12 Instalaciones y servicios de recepción.
- Regla 13 Tanques de lastre separado, tanques dedicados a lastre limpio y limpieza con crudos.
- Regla 13A Prescripciones para los petroleros que lleven tanques dedicados a lastre limpio.
- Regla 13B Prescripciones para el lavado con crudos.
- Regla 13C Petroleros existentes destinados a determinados tráficos.
- Regla 13D Petroleros existentes que tengan una instalación especial para el lastre.
- Regla 13E Emplazamiento de los espacios destinados a lastre separado como protección.
- Regla 13F Prevención de la contaminación por hidrocarburos en casos de abordaje o varada.
- Regla 13G Prevención de la contaminación por hidrocarburos en casos de abordaje o varada.

- **Medidas aplicables a los petroleros existentes.**

- Regla 14 Separación de los hidrocarburos y del agua de lastre y transporte de hidrocarburos en los piques de proa.
- Regla 15 Retención de los hidrocarburos a bordo.
- Regla 16 Sistema de vigilancia y control de descargas de hidrocarburos y equipo filtrador de hidrocarburos.
- Regla 17 Tanques para residuos de hidrocarburos (fangos).
- Regla 18 Instalación de bombas, tuberías y dispositivos de descarga a bordo de los petroleros.

- Regla 19 Conexión universal a tierra.
- Regla 20 Libro registro de hidrocarburos.
- Regla 21 Prescripciones especiales para plataformas de perforación y otras plataformas.

Capítulo III - Normas para reducir la contaminación causada por petroleros que sufran daños en los costados o en el fondo.

- Regla 22 Averías supuestas.
- Regla 23 Derrame hipotético de hidrocarburos.
- Regla 24 Disposición de los tanques de carga y limitación de su capacidad.
- Regla 25 Compartimentado y estabilidad.
- Regla 25 A Estabilidad sin avería.

Capítulo IV - Prevención de la contaminación derivada de sucesos que entrañan contaminación por hidrocarburo.

- Regla 26 Plan de emergencia de a bordo en caso de contaminación por hidrocarburos.

- ***Anexo IV - Reglas para prevenir la contaminación por aguas servidas de los buques***

Entró en vigor en Noviembre de 1993 y es facultativo (potestad del Estado su regulación) para los países firmantes del Convenio.

Las aguas servidas de los barcos son productos residuales de sistemas sanitarios. En algunos buques se combinan con las aguas grises, producto de duchas, lavaplatos y cocinas.
Al igual que para todos los residuos provenientes de los barcos, para el manejo de las aguas servidas se sigue el proceso de:

Generación del residuo – La fuente del residuo son los sistemas sanitarios de los barcos. Las fuentes deben ser controladas para procurar reducir el residuo o mejorar su calidad.

Manejo del Residuo – Se almacena temporalmente en la unidad de tratamiento, hasta alcanzar nivel suficiente para adelantar el proceso de tratamiento final.

Tratamiento – Abordo de los barcos existen plantas especiales para tratar estos residuos, a los cuales se les aplica un químico para la degradación y posterior descarga al mar. Estas plantas deben ser aprobadas por el Estado Rector de Puerto o por la autoridad marítima del país bandera del barco o por la casa clasificadora del buque (ABS, Lloyd´s Register, Bureau Veritas, etc….)

Disposición final – Este residuo se descarga al agua de mar después de haber sido tratado (12 millas náuticas de la costa), en las condiciones de tratamiento aprobadas por el Estado Rector de Puerto, o por la autoridad marítima del país bandera del buque o por la casa clasificadora del buque.

MARPOL recomienda tener instalaciones para la recepción de todos los desechos provenientes de los barcos pero también acepta la implantación de otras medidas que logren los mismos objetivos de reducción de la contaminación marina. Por ello la alternativa de contar con plantas de tratamiento de aguas servidas abordo de los buques ha logrado hacer de esta solución la más económica para propietarios de buques y puertos.

Para los buques tanqueros que arriban a puertos costa afuera como Monoboyas o plataformas, es más fácil aún, por que las regulaciones del convenio Marpol han tenido muy en cuenta la dificultad de estos barcos para llegar a muelles o facilidades en tierra, por su tamaño y tipo de carga que transportan. Por lo tanto estos buques cuentan con muy buenos equipos para el tratamiento de las aguas servidas, además que sus tripulaciones no superan los 25 hombres, lo que hace que el manejo de estos residuos sea muy optimo. Lo importante es que las facilidades que están abordo de los barcos estén aprobadas, con su respectivo certificado y registros de pruebas y utilización, por la autoridad marítima del país bandera del buque o por casa clasificadora autorizada.

Los anteriores comentarios son solo aplicables a los ***desechos de aguas servidas de los buques***. No son aplicables a los desechos oleosos, desechos químicos, desechos hospitalarios, desechos peligrosos y desechos sólidos, los cuales requieren otro tipo de manejo.

La estructura del anexo IV se compone de las siguientes reglas:

- Regla 1 Definiciones.

- Regla 2 Ámbito de aplicación.
- Regla 3 Visitas.
- Regla 4 Expedición de certificados.
- Regla 5 Expedición del certificado por otro gobierno.
- Regla 6 Modelo de certificado.
- Regla 7 Validez del certificado.
- Regla 8 Descarga de aguas sucias.
- Regla 9 Excepciones.
- Regla 10 Instalaciones de recepción.
- Regla 11 Conexión universal a tierra.

- **Anexo V - Reglas para prevenir la contaminación por las basuras de los buques**

El Anexo V entró en vigor el 31 de diciembre de 1988. El CPMM aprobó ulteriormente enmiendas que han entrado en vigor según se indica a continuación:

- Enmiendas de 1989 (resolución MEPC.36(28)) sobre designación del carácter de Zona especial del mar del Norte, y sobre excepciones (regla 6): entraron en vigor el 18 de febrero de 1991.

- Enmiendas de 1990 (resolución MEPC.42(30)) sobre designación de la zona del Antártico como Zona especial: entraron en vigor el 17 de marzo de 1992.

- Enmiendas de 1991 (resolución MEPC.48(31)) sobre designación del Gran Caribe como Zona especial: entraron en vigor el 4 de abril de 1993.

- Enmiendas de 1994 (resolución 3 aprobada el 2 de noviembre de 1994 por la Conferencia de las Partes en el MARPOL 73/78) sobre la supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto: entraron en vigor el 3 de marzo de 1996; y

- Enmiendas de 1995 (resolución MEPC.65(37)) sobre enmiendas de la regla 2 y nueva regla 9 Rótulos, planes de gestión de basuras y mantenimiento de registros de basuras: entraron en vigor el 1 de julio de 1997.

La estructura del anexo V se compone de las siguientes reglas:

- Regla 1 Definiciones.

- Regla 2 Ámbito de aplicación.
- Regla 3 Descarga de basuras fuera de las zonas especiales.
- Regla 4 Prescripciones especiales para la eliminación de basuras.
- Regla 5 Eliminación de basuras en las zonas especiales.
- Regla 6 Excepciones.
- Regla 7 Instalaciones y servicios de recepción.
- Regla 8 Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto.
- Regla 9 Rótulos, planes de gestión de basuras y mantenimiento de registros de basuras

Apéndice al Anexo V Modelo de Libro registro de basuras.

- **Anexo VI, Contaminación atmosférica por los buques**

Este Anexo es adicionado por el Protocolo de 1997. Este Protocolo tiene nueve Artículos que tratan cuestiones de manejo administrativo y de obligatoriedad para las partes y para el depositario del instrumento, se constituye un instrumento único; asimismo, que el Protocolo estará abierto para la firma en la secretaria de la OMI, desde el 1 de enero de 1998 hasta el 31 de diciembre del mismo año. Entrara en vigor cuando haya sido ratificado por 15 estados, los cuales deben ser dueños del 50 % del tonelaje de la flota mundial.

El Anexo, cuenta con 19 reglas referentes a los aspectos técnicos para prevenir la contaminación, atmosférica por buques tales como: el ámbito de aplicación; definiciones especificas; excepciones para su aplicación; autorización para el empleo de equipos, instalaciones o materiales equivalentes a los establecidos en el Anexo; creación, expedición, validez y condiciones de un Certificado Internacional de Prevención de Contaminación Atmosférica para los buques mayores de 400 toneladas de arqueo bruto; prohibición de la emisión de sustancias que agotan la capa de ozono; concentración de azufre en todo fuel oil, que no excederá de 4.5% (masa / masa); obligación de proveer instalaciones de recepción adecuadas para sustancias que agotan la capa de ozono.

La estructura del anexo V se compone de los siguientes Capítulos:

- Capítulo I Generalidades.
- Capítulo II Reconocimiento, certificación y medios de control.
- Capítulo III Prescripciones para el control de las emisiones de los buques.

- Apéndice I Modelo de Certificado IAPP.
- Apéndice II Ciclos de ensayo y factores de ponderación.
- Apéndice III Criterios y procedimientos para la designación de zonas de control de las emisiones de SOx
- Apéndice IV Homologación y límites de servicio de los incineradores de a bordo.
- Apéndice V Información que debe incluirse en la nota de entrega de combustible.

9.3.2 ISGOTT 1996 (Guía Internacional de seguridad para Terminales y Tanqueros Petroleros)

Guía de seguridad que imparte recomendaciones para las practicas a adoptar por el personal del petrolero y el terminal, a fin de garantizar la seguridad de las operaciones conexas con el transporte por mar y el manipuleo de petróleo crudo y de productos derivados a bordo de buque tanques y en terminales.

La guía se refiere solo a los cargamentos que sean de petróleo crudo y productos derivados que se transporten en buque tanques ó en buques destinados al transporte de petróleo o cargas secas a granel.

Proporciona una dirección operativa que esta destinada a asistir al personal directamente involucrado.

El consejo dado en la guía estará sujeto a cualquier reglamentación del terminal o reglas locales nacionales.

Sus recomendaciones abarca:

Riesgos del Petróleo

Con el objeto de apreciar las razones de las prácticas adoptadas para garantizar la seguridad en las operaciones de buques tanque y terminales, todo el personal debería estar familiarizado con las propiedades inflamables del petróleo, de los efectos de la densidad de los gases del petróleo y sus propiedades tóxicas.

- Inflamabilidad.
- Densidad del gas.

- Toxicidad.

Precauciones Generales en los Petroleros

Trata fundamentalmente de las precauciones a ser tomadas a bordo de un petrolero en todo momento, ya sea en el mar o en puerto.

- Fumar y luces descubiertas.
- Fósforos y encendedores.
- Avisos de precaución y prohibición.
- Lámparas y equipos eléctricos portátiles.
- Uso de herramientas.
- Protección catódica en tanques de carga.
- Combustión espontánea.
- Auto ignición.
- Salas de maquinas.
- Ingreso a espacios cerrados.
- Sala de bombas.

Llegada a un Puerto

Trata sobre las preparaciones y procedimientos a realizar a la llegada de un buque tanque a puerto, en particular con respecto a los preparativos de atraque y desatraque. También se dan las precauciones a tener en cuenta para cuando se entra ó deja puerto.

- Intercambio de información.
- Preparación para el arribo.
- Amarraderos a monoboyas.
- Procedimientos de largada de emergencia.

- **Precauciones Generales Mientras un Buque Tanque esta en Atracadero Petrolero**

Trata de las precauciones que se deben tomar en el buque y en tierra mientras el petrolero está en un atracadero petrolero. Estas son precauciones generales adicionales a las descritas anteriormente.

- Precauciones de seguridad y procedimientos de emergencia.
- Supervisión de amarras mientras el buque esta atracado.
- Estado de alistamiento.
- Comunicaciones.
- Acceso entre buque y tierra.

- **Coordinación entre Petrolero y Terminal antes del Manipuleo de Cargamento**

  Trata sobre el intercambio de información entre el petrolero y la terminal acerca de los arreglos de amarre, manipuleo de cargamento, lastre y combustible antes que comiencen estas operaciones. Asimismos, cubre los temas respecto a los que debería contarse con información adicional y los aspectos sobre los que debería llegarse a un acuerdo para la operación.

  - Aviso del terminal al petrolero sobre la carga.
  - Aviso del petrolero al terminal sobre lo que tiene a bordo.
  - Plan de carga acordado.
  - Inspección de tanques de carga antes del cargue.
  - Comunicaciones.
  - Lista de verificación de seguridad buque/tierra.

- **Precauciones antes y durante el Manipuleo de Cargamento y Otras Operaciones con Tanques de Carga**

  Establece las precauciones a ser tomadas antes y durante las operaciones de: manipuleo de cargamento, lastrado, toma de combustible, limpieza de tanques, gas inerte y purgado.

  - Aberturas en superestructuras.
  - Precauciones para la sala de bombas.
  - Pruebas de alarmas y paradas de emergencia del sistema de cargue.
  - Condiciones climáticas.
  - Derrame o perdida accidental de petróleo.
  - Puesta a tierra buque/tierra.
  - Operaciones de helicópteros.

Manipuleo de Carga y Lastre

Describe las precauciones a ser tomadas y los procedimientos que se deberían observar en toda ocasión en que se esté manipulando cargamento o lastre, ya sea en terminales o durante la transferencia entre buques.

- Supervisión y control.
- Mediciones y muestreo.
- Operación en bombas y válvulas.
- Procedimientos de descargue.
- Fallas del sistema de gas inerte.
- Drenaje de tuberías y mangueras después del manipuleo de carga.
- Transferencia entre barcos.
- Lastrado.

Limpieza de Tanques y Desgasificación

Trata los procedimientos para limpieza y desgasificación de tanques de carga y otros espacios encerrados, después de la descarga de petróleo volátil ó de petróleo no volátil transportado en un tanque no desgasificado, o cuando hay una posibilidad de que entre gas inflamable al tanque o espacio. Están expuestas las precauciones de seguridad a ser tenidas en cuenta, incluyendo las relacionadas con el lavado con petróleo crudo de tanques de cargamento.

- Supervisión y preparaciones.
- Desgasificación.
- Lavado con petróleo crudo.
- Procedimientos especiales para limpieza de tanques.

Sistemas de Gas Inerte Fijos

Describe, en términos generales, la operación de un Sistema de Gas Inerte (SGI) fijo, con el fin de mantener una segura atmósfera de tanques. Para obtener una explicación más detallada del diseño, y los principios operativos y usos típicos del SGI, se debería consultar la publicación de IMO "Guidelines for Inert Gas Systems".

Entrada a Espacios Encerrados y Trabajo dentro de los mismos

Describe las pruebas a llevarse a cabo para determinar si un espacio encerrado es seguro para entrada ó no. Están señaladas las condiciones

para entrada, así como también las precauciones a tomarse mientras se lleve a cabo un trabajo en espacios encerrados. Cubre, además, los aparatos respiratorios para uso en atmósferas inseguras y el rescate desde espacios encerrados. Las terminales, preferiblemente, deberían usar estas pautas de un modo similar, pero pueden estar sujetas a exigencias nacionales distintas. En consecuencia, los Capitanes deberían saber que, en áreas portuarias, pueden estar en vigencia reglamentaciones diferentes.

Buques Combinados

Señala las medidas de seguridad a tomarse en buques destinados al transporte de carga seca o petróleo, además de las necesarias para petroleros convencionales. Habla sobre los buques Oil/Bulk/Ore (Petróleo/Granel/Mineral) y buques Oil/Ore (Petróleo/Mineral). No están comprendidos los otros tipos de buques destinados al transporte de carga seca o petróleo que puedan transportar, por ejemplo, gas licuado y petróleo o contenedores y carga general. Se debe tomar debida consideración de cualquier reglamentación especial local.

Cargamentos Envasados

Proporciona directrices sobre el transporte, a bordo de petroleros, de pequeñas cantidades de petróleo envasado y otros líquidos y gases inflamables. También se refiere a determinados compuestos antidetonantes (tetraetilo y tetrametilo de plomo), que pueden transportarse a bordo de petroleros, pero no intenta dar directivas sobre los múltiples cargamentos químicos que se pueden embarcar de tiempo en tiempo.

Procedimientos de Emergencia

Trata sobre preparación de planes por parte del Terminal y del Petrolero para hacer frente a una emergencia que pueda afectar de cualquier manera al cargamento o a su manipuleo, y de la acción inmediata a tomarse en una emergencia semejante. Se presta particular atención a los procedimientos a seguir y la acción a tomar en caso de un incendio.

- Plan de emergencia del terminal.
- Plan de emergencia del buque tanque.

Propiedades Básicas del Petróleo

Describe las propiedades físicas y químicas que tienen la mayor relación con los riesgos provenientes del manipuleo de líquidos de petróleo. Estas propiedades son: presión de vapor, la inflamación de los gases despedidos de los líquidos y la densidad de esos gases.

Toxicidad del Petróleo y Sustancias Asociadas

Describen los peligros de toxicidad del petróleo y sus productos así como los del gas inerte, así como los efectos de la deficiencia de oxígeno.

Evolución y Dispersión de los Gases Hidrocarburos

Guía sobre los gases despedidos y venteados durante las operaciones de manipuleo de cargamento y demás operaciones asociadas. Por referencia a los resultados de experimentos de túnel de viento se ilustra la dispersión de estos gases en la atmósfera. Se describen también los problemas que se pueden encontrar con cargamentos de alta presión de vapor verdadera y las precauciones especiales que se pueden tomar.

Indicadores de Gas

Describe los principios, usos y limitaciones de los instrumentos portátiles para medir concentraciones de gas hidrocarburo en atmósferas inertizadas y no inertizadas, de otros gases tóxicos y de oxígeno. También se describen ciertas instalaciones fijas. Para todos los instrumentos, además, deberían consultarse las instrucciones de los fabricantes.

Equipo e Instalaciones Eléctricas

Se describe las distintas propuestas que conducen a la clasificación de áreas peligrosas a bordo de petroleros y de áreas riesgosas en terminales, con relación con instrumentos eléctricos. Provee una guía general sobre las precauciones a seguir a observarse mientras se realizan el mantenimiento y la reparación de equipos eléctricos. Las normas para los equipos eléctricos y sus instalaciones no entran dentro del alcance de esta guía de seguridad.

Electricidad Estática

Guía sobre la generación de electricidad estática durante la carga y descarga de cargamento y durante la limpieza de tanques. Así como las corrientes eléctricas de buque a tierra y de buque a buque.

Onda de Presión

Contiene una breve explicación del fenómeno de onda de presión en tuberías, y discute los modos de obrar para evitar este efecto.

Lucha Contra Incendio – Teoría y Equipo

Describe los tipos de incendio que se podrían encontrar, conjuntamente con los medios de extinción de incendios. Describe equipo de lucha contra incendio (LCI) que se deben tener en los petroleros y recomendaciones elaboradas para el equipo de lucha contra incendio de terminal.

Sulfuro de Hierro Pirofórico

Guía sobre la formación de sulfuros de hierro pirofóricos en el interior de tanques de cargamento y de los peligros provenientes de la oxidación pirofórica para la operación segura de buques tanque.

9.3.3 SOLAS (Convención Internacional para la Seguridad de la vida humana en el mar, 1974).

Su objetivo principal es estipular normas mínimas para la construcción, el equipo y la utilización de los buques mercantes, compatibles con la seguridad de navegación y su operación en el mar.

Los Estados de abanderamiento son responsables de garantizar que los buques cumplan las disposiciones del Convenio, el cual prescribe la expedición de una serie de certificados como prueba que se ha hecho así.

Las disposiciones relativas a la supervisión permiten también a los Gobiernos Contratantes inspeccionar los buques de otros Estados Contratantes, si hay motivos fundados para creer que un buque dado, y su correspondiente equipo, no cumplen sustancialmente las prescripciones del Convenio.

9.3.3.1 Descripción Componentes SOLAS

- ***Capítulo I - Disposiciones generales***

La más importante de ellas la que se refiere al reconocimiento de los diversos tipos de buques y a la expedición de documentos que acrediten que el buque cumple las prescripciones del Convenio. Este capítulo incluye también disposiciones para la supervisión de los buques en puertos de otros Gobiernos Contratantes.

- ***Capítulo II-1 El compartimentado y la estabilidad***

La subdivisión de los buques de pasaje en compartimentos estancos ha de estar concebida de modo que después de la supuesta avería en el casco del buque éste permanezca a flote y en posición de estabilidad. También se establecen prescripciones relativas a la integridad de estanqueidad y a la disposición del circuito de achique para buques de pasaje, así como prescripciones de estabilidad para buques de pasaje y de carga.

- ***Capítulo II-1 Instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas***

Tienen por objeto asegurar que se mantienen, en diversas situaciones de emergencia, los servicios esenciales para la seguridad del buque, de los pasajeros y de la tripulación. Son particularmente importantes las prescripciones de este capítulo relativas al aparato de gobierno.

Trata sobre la pprevención, detección y extinción de incendios, especialmente las disposiciones pormenorizadas de seguridad contra incendios en los buques tanque y los buques de carga combinados, tales como las relativas a sistemas de gas inerte, fueron incorporadas al capítulo II-2 del Convenio de 1974.

- ***Capítulo III- Dispositivos de salvamento y su disposición***

Fue objeto de una revisión completa mediante las enmiendas de 1983, y entraron en vigor el 1 de julio de 1986. El capítulo revisado se divide en tres partes.

PARTE A	PARTE B	PARTE C
Contiene disposiciones generales sobre aplicación de las prescripciones, exenciones, definiciones, evaluación, prueba y aprobación de dispositivos y medios de salvamento y realización de pruebas durante la fabricación	Ccontiene las prescripciones relativas al buque y está subdividida en: **Sección I**, relativa a las prescripciones comunes aplicables a buques de pasaje y buque de carga; y **Sección II**, contiene las prescripciones complementarias para buques de pasaje. **Sección III**, que contiene prescripciones adicionales para buques de carga.	Trata de las prescripciones relativas a los dispositivos de salvamento y está dividida en ocho secciones. La sección I, contiene prescripciones generales; la sección II, prescripciones relativas a dispositivos individuales de salvamento; la sección III, prescripciones relativas a señales ópticas; la sección IV, prescripciones relativas a embarcaciones de supervivencia; la sección V, disposiciones sobre botes de rescate; la sección VI, prescripciones relativas a los dispositivos de puesta a flote y de embarco; la sección VII trata de otros dispositivos de salvamento, y la sección VIII se refiere a aspectos diversos.

Tabla 15 - Capítulo III. Dispositivos de salvamento y su disposición-s – Solas

- ***Capítulo IV- Radiocomunicaciones***

PARTE A	PARTE B	PARTE C	PARTE D
Describe el tipo de instalaciones que han de llevarse a bordo	Describe las prescripciones operacionales relativas a los servicios de guardia y escucha	Detalla disposiciones técnicas relativas a los radiogoniómetros y a las instalaciones radiotelegráficas para botes salvavidas a motor, junto con las correspondientes al aparato radioeléctrico portátil para embarcaciones de supervivencia.	Las obligaciones del oficial radiotelegrafista respecto de las anotaciones obligatorias en el registro radioeléctrico quedan consignadas

Tabla 16 - Capítulo IV. Radiocomunicaciones - Solas

CAPITULO 9
LEGISLACIÓN MARÍTIMA

Este capítulo está estrechamente relacionado con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, y fue completamente revisado en octubre de 1988.

- ***Capítulo V - Seguridad de la navegación***

Se indican ciertos servicios de seguridad de la navegación que deben proveer los Gobiernos Contratantes, y que contiene disposiciones de carácter operacional aplicables en general a todos los buques dedicados a toda clase de viajes.

Los temas de que trata este capítulo comprenden el mantenimiento de servicios meteorológicos para buques; el servicio de vigilancia de hielos; la organización del tráfico; y la provisión de servicios de búsqueda y salvamento.

En ese mismo capítulo se estipula también la obligación de los capitanes de prestar asistencia a quien se encuentre en peligro, y la obligación de los Gobiernos Contratantes de adoptar medidas que garanticen que desde el punto de vista de la seguridad todos los buques llevan dotación suficiente y competente.

También se prescribe en este capítulo el equipamiento de puente y gobierno mínimo que debe poseer el buque, conforme a su tipo y tonelaje de registro grueso, el equipo debe contemplar las especificaciones técnicas mínimas definidas por la Organización (aprobadas mediante Resoluciones de la Asamblea de la OMI).

- ***Capítulo VI- Transporte de Carga***

PARTE A	PARTE B	PARTE C
Utilización de analizadores de oxígeno, detectores de gas y de plaguicidas a bordo, estiba y sujeción.	Disposiciones especiales aplicables a las cargas a granel que no sean grano	Transporte de grano (antiguo capítulo VI)

Tabla 17 - apítulo VI. Transporte de Carga - Solas

- ***Capítulo VII- Transporte de Mercancías Peligrosas***

Contiene disposiciones sobre clasificación, embalaje, marcado, etiquetado y rotulación, documentos y estiba de las sustancias peligrosas transportadas en bultos, en forma sólida a granel, y de los productos químicos líquidos y gases licuados a granel.

La clasificación de las sustancias se ajusta al método utilizado por las Naciones Unidas para todas las modalidades de transporte.

Se usa el Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (Código IMDG), el cual se actualiza constantemente para incluir nuevas sustancias peligrosas y complementar o revisar las disposiciones existentes.

- ***Capítulo VIII- Buques Nucleares***

Solamente se especifican prescripciones básicas que se refieren particularmente a los peligros de radiación. No obstante, en 1981, la Asamblea de la OMI aprobó, como documento complementario indispensable, un Código de seguridad para buques mercantes nucleares, detallado y amplio.

- **Capítulo IX- Código Internacional de Gestión de la Seguridad**

Aplicación a los buques de pasaje y los petroleros desde el 1° de julio de 1998 y a los buques de carga y las unidades móviles de perforación de 500 TRG. o más a contar del 1° de julio de 2002.

Los objetivos relativos a la gestión de la seguridad establecidos mediante el Código son los siguientes:

- Establecer prácticas de seguridad en las operaciones del buque y en el medio de trabajo;
- Tomar precauciones contra todos los riesgos señalados;
- Mejorar continuamente los conocimientos prácticos del personal, así como el grado de preparación para hacer frente a situaciones de emergencia.

El Código prescribe que “la compañía”, por la que se entiende al propietario del buque o cualquier persona, por ejemplo, el gestor naval o el fletador a casco desnudo, responsable de la explotación del buque, establezca un sistema de gestión de la seguridad.

- ***Capítulo X - Medidas de Seguridad aplicables a las Naves de Gran Velocidad***

La enmienda que la introduce obligatorio el Código Internacional para naves de gran velocidad, aprobado por el Comité de Seguridad Marítima (CSM) al mismo

tiempo que la conferencia. El capítulo es aplicable a las naves de gran velocidad construidas a partir del 1° de enero de 1996.

- ***Capítulo XI- Medidas especiales para incrementar la Seguridad Marítima***

El capítulo fue elaborado durante la conferencia para resolver las diferencias relativas al procedimiento de enmienda adecuado.

Regla 1: Se establece que las organizaciones a las que la Administración haya confiado las inspecciones y los reconocimientos deberán cumplir las directrices aprobadas por la OMI en la resolución A.739 (18), en noviembre de 1993.

Regla 2: Hace extensiva a los graneleros de cinco años o más el programa mejorado de reconocimientos de aplicación a buques tanque con arreglo al MARPOL 73/78. Los reconocimientos mejorados deberán realizarse durante los reconocimientos periódicos, anuales e intermedios prescritos por los convenios MARPOL y SOLAS.

Regla 3: Estipula que todos los buques de pasaje de arqueo bruto igual o superior a 100 toneladas y todos los buques de carga de arqueo bruto igual o superior a 300 toneladas deberán estar provistos de un número de identificación conforme al sistema de asignación de un número de la OMI a los buques para su identificación, según se aprobó en la resolución A.600 (15) en 1987.

Regla 4: Permite a los funcionarios de supervisión del Estado rector del puerto inspeccionar los buques extranjeros con el fin de comprobar el cumplimiento de las prescripciones operacionales “cuando existan claros indicios para suponer que el capitán y la tripulación no están familiarizados con los procedimientos esenciales a bordo relativos a la seguridad de los buques”. Que cumplan con la normatividad de la OMI.

- ***Capítulo XII- Medidas de seguridad adicionales aplicables a los graneleros***

Estipula las condiciones de resistencia de los barcos graneleros de acuerdo a la densidad de la carga, del año de construcción del buque y cuales son las zonas del buque de mayor vulnerabilidad. Asimismo presenta los criterios y las formulas empleadas para determinar si un buque satisface en la actualidad las nuevas prescripciones, por ejemplo en términos del espesor del acero utilizado en las

estructuras de los mamparos, ó si es preciso aplicar refuerzos, se encuentra pormenorizados en las normas de la OMI aprobadas por la Conferencia de 1997.

9.3.3.2 Protocolo de 1978 Relativo a SOLAS, 1974, En su forma Enmendada (Prot 1978 Del Solas (Enmendado))

Entró en vigor el 1 de Mayo de 1.981.

Presentó una enmienda tácita en le artículo 16, en la que fue a fue adoptado en la Conferencia internacional sobre seguridad de los buques tanque y prevención de la contaminación e introdujo una serie de cambios importantes al Capítulo I, en particular las inspecciones fuera de programa y los reconocimientos anuales obligatorios, así como el fortalecimiento de las prescripciones relativas a la supervisión por el Estado rector del puerto.

También se mejoraron el capítulo II-1, el capítulo II-2 y el capítulo V.

9.3.3.3 Protocolo De 1988 SOLAS 1974, (Prot 1988 Del Solas (SARC))

Entró en vigor de 3 de Febrero del 2000.

El Protocolo introduce un nuevo sistema de reconocimientos y certificación que armonizará con otros dos convenios: Líneas de Carga y MARPOL 73/78. Esto deberá reducir los problemas ocasionados por el hecho de que, como las prescripciones contenidas en los tres instrumentos varían, los buques pueden verse obligados a entrar en dique seco a fin de sufrir el reconocimiento exigido por un convenio poco tiempo después de haber sido reconocidos en virtud de otro instrumento.

Al permitir que ambos reconocimientos obligatorios se lleven a cabo paralelamente, el sistema contribuirá a reducir los costes, tanto para los armadores como para las administraciones públicas.

El Protocolo tuvo otra enmienda en 2000, específicamente en los formatos de los certificados.

9.3.4 Otros Convenios

9.3.4.1 Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimos, 1979 (SAR 1979)

Su objetivo principal es facilitar la cooperación entre los Gobiernos y entre las personas que participan en operaciones de búsqueda y salvamento marítimo, en el mar mediante el establecimiento de un Plan Internacional SAR.

Entrada en vigor el 22 de Junio 1985.

El Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, fomenta este tipo de cooperación, por cuanto las Partes se obligan “a garantizar la adopción de las medidas que exijan la vigilancia costera y el salvamento de personas que se hallen en peligro en el mar. Dichas medidas comprenderán el establecimiento, la utilización y el mantenimiento de las instalaciones de seguridad marítima que se juzguen necesarias y viables”.

Las prescripciones técnicas del Convenio de Búsqueda y Salvamento figuran en su anexo. Las Partes en el Convenio están obligadas a garantizar que se toman medidas para la creación de servicios de búsqueda y salvamento adecuados en sus aguas costeras.

Fotografía 37- Defensas en la proa de un remolcador O.S.V.

9.3.4.2 Convenio para facilitar el Tráfico Marítimo Internacional, 1965, En su forma Enmendada (Convenio de Facilitación (Enmendado) 1965)

Tiene como objetivo principal prevenir demoras innecesarias en el tráfico marítimo, estimulando la cooperación de los Gobiernos, asegurando el más alto grado de uniformidad posible en las formalidades y procedimientos de recepción, estadía y despacho de los buques en puerto.

La fecha de entrada en vigor de este Convenio fue el 5 de Marzo de 1.967

9.3.4.3 Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966 (Convenio de Líneas de Carga 1966)

Su objetivo principal es establecer los límites respecto de los calados hasta donde puede ser cargado un buque, con el fin de contribuir de manera importante a su seguridad. Se fija su Francobordo, Estanqueidad a la intemperie, integridad de la estanqueidad del buque.

Entró en vigor el 21 de Julio de 1968.

- ***Protocolo de 1988 relativo al Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966 (Prot 1988 (SARC) Líneas de Carga)***

El Protocolo fue adoptado a fin de armonizar las prescripciones sobre reconocimiento y certificación del Convenio con las que figuran en el Convenio SOLAS y el MARPOL 73/78.

Entró en vigor el 3 de Febrero del 2000.

9.3.4.4 Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques, 1969 (ARQUEO 1969)

Tiene como objetivo calcular los arqueos brutos y netos de los buques mercantes, siendo uno función del volumen total de todos los espacios cerrados del buque y el otro función del volumen total de todos los espacios de carga del buque. La importancia que tienen dichas medidas en general es que son las que se emplean mundialmente por los Estados para cobrar derechos y tarifas por servicios que se prestan a la nave.

Entró en vigor el 18 de Julio de 1982.

9.3.4.5 Convenio Internacional relativo a la Intervención en Alta Mar en casos de Accidentes que causen una Contaminación por Hidrocarburos, 1969, Intervención 1969 y Protocolo Intervención 1973 relativo a la Intervención en Altamar en casos de Contaminación del Mar por Substancias Distintas de los Hidrocarburos 1973 (Substancias químicas).

Su objetivo principal es que un Estado Costero pueda intervenir en alta mar cuando un buque está afectado por un siniestro que amenaza contaminar sus costas por derrames de hidrocarburos.

Entró en vigor el 6 de Mayo de 1975.

El Convenio resultante afirma el derecho del Estado ribereño a adoptar las medidas que puedan ser necesarias en alta mar para prevenir, mitigar o eliminar todo peligro contra su litoral o intereses conexos, debido a la contaminación o amenaza de contaminación por hidrocarburos, a raíz de un siniestro marítimo.

El Convenio se aplica a todos los buques de navegación marítima, excepto los buques de guerra u otros buques cuya propiedad o explotación corresponda a un Estado y destinados a servicios no comerciales del Gobierno.

9.3.4.6 Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil Nacida por daños causados por la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, 1969, CLC 1969 Enmendado, Protocolo de 1976, Protocolo de 1984, Protocolo 1992 que Enmienda el Convenio Internacional CLC 1969.

Su objetivo principal es garantizar que se otorgue indemnización adecuada a las víctimas de la contaminación por hidrocarburos persistente resultante de siniestros marítimos que afectan a buque tanques y su carga. Se hace responsable de los daños y perjuicios al propietario del buque.

Entró en vigor el 1 de Junio de 1975.

- *Protocolo de 1976 que Enmienda el Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil nacida de daños debidos a Contaminación por Hidrocarburos, 1969 (Prot 1976 Resp Civil)*

  Entró en vigor 8 de Abril de 1981

Protocolo relativo al Convenio que establece una nueva unidad de cuenta, basada en los Derechos Especiales de Giro (DEG) utilizados por el Fondo Monetario Internacional (FMI). No obstante, para atender a los países que no sean miembros del FMI y cuyas leyes no permitan la utilización de los DEG, el Protocolo prevé otra unidad monetaria, basada, al igual que anteriormente, en el oro.

- *Protocolo de 1984 que Enmienda el Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil Nacida de Daños debidos a Contaminación por Hidrocarburos, 1969 (Prot 1984 Resp Civil)*

  Aún no ha entrado en vigor.

  El Protocolo de 1984 fijó límites mayores de responsabilidad, pero poco a poco se vio que este protocolo nunca reuniría las condiciones de aceptación necesarias para su entrada en vigor y fue sustituido por la versión de 1992.

- *Protocolo de 1992 que Enmienda el Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil Nacida de Daños debidos a Contaminación por Hidrocarburos, 1969 (Prot 1992 Resp Civil)*

  Entró en vigor el 30 de Mayo de 1996.

  Con este Protocolo se modificaron las condiciones para la entrada en vigor al reducirse de seis a cuatro el número requerido de países con grandes flotas petroleras.

  El Protocolo de 1992 también extendió el ámbito del Convenio a fin de incluir los daños debidos a contaminación ocasionados en la Zona Exclusiva Económica (ZEE) o una zona equivalente de un Estado Parte. El Protocolo incluye los daños debidos a la contaminación en la misma forma que antes, pero la indemnización por daños al medio ambiente se limita a los gastos incurridos por la puesta en práctica de medidas razonables para restaurar el medio ambiente contaminado. También permite el resarcimiento de gastos incurridos en la aplicación de medidas preventivas incluso cuando no ocurre un derrame de hidrocarburos, siempre y cuando haya habido una amenaza inminente de daños debidos a contaminación.

9.3.4.7 Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar, 1978, con Enmienda 1995, en su forma Enmendada (Formación Enmendado 1978)

Su objetivo principal es establecer prescripciones básicas en el ámbito internacional relativas a la formación, titulación y guardia para la gente de mar embarcada, a bordo de los buques mercantes.

Entró en vigor el 28 de Abril 1984.

9.3.4.8 Convenio sobre el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes, 1972, En su forma Enmendada (Convenio de Abordajes Enmendado, 1972)

Su objetivo principal es prevenir abordajes y colisiones en el mar, fijar prescripciones de tránsito y requerir señales visuales y auditivas que deben tener instaladas y operar todo tipo de buque.

Entró en vigor el 15 de Julio 1977

9.3.4.9 Convenio Constitutivo de la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental (Constitutivo 48).

Las finalidades de la Organización son:

- Deparar un sistema de colaboración entre los Gobiernos en la esfera de la reglamentación y las prácticas gubernamentales relativas a cuestiones técnicas de toda índole concernientes al tráfico marítimo destinado al comercio internacional.

- Fomentar la eliminación de medidas discriminatorias y restricciones innecesarias aplicadas por los Gobiernos a la navegación comercial internacional, con el fin de promoverla disponibilidad de los servicios marítimos para el comercio mundial sin discriminación

- Tomar medidas para la consideración por la Organización de cuestiones relativas a las prácticas restrictivas desleales de empresas de navegación marítima, de acuerdo a la parte II.

- Deparar la posibilidad de que ella misma examine toda cuestión relativa al tráfico marítimo y a los efectos de éste en el medio marino que pueda someter a su consideración cualquier órgano u organismo especializado de las Naciones Unidas.

- Facilitar el intercambio de informaciones entre los Gobiernos en asuntos sometidos a consideración de la Organización.

9.4 - CONVENIOS REGIONALES DE LOS PAÍSES DE LA CPPS VINCULADOS AL PLAN DE ACCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO Y ZONAS COSTERAS DEL PACIFICO SUDESTE

9.4.1 Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste Contra la Contaminación Radiactiva.

El objetivo del Protocolo es proteger y preservar el área marítima del Pacífico Sudeste, contra la Contaminación Radiactiva.

El Protocolo fue suscrito el 21 de septiembre de 1989, por Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú en Paipa - Colombia.

Trata sobre normas, principios, criterios y obligaciones generales sobre la prohibición de todo vertimiento de desechos radiactivos y otras substancias radiactivas en el mar y en el lecho submarino que esté dentro del ámbito de aplicación del Convenio (200 millas marinas), cooperación científica y tecnológica e intercambio de información entre las Partes, programas de vigilancia individuales o en conjunto, cooperación en casos de emergencias, programas de entrenamiento y medidas en caso de fuerza mayor.

9.4.2 Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste

El objetivo del Protocolo es generar la adopción de medidas apropiadas para proteger y preservar los ecosistemas frágiles, vulnerables o de valor natural único, y la fauna y flora amenazadas por agotamiento y extinción en el Pacífico Sudeste.

El Protocolo fue suscrito el 21 de septiembre de 1989, por Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú en Paipa - Colombia.

El texto del Protocolo incorpora el principio de interés común de buscar la administración de las zonas costeras valorando racionalmente el equilibrio que debe existir entre la conservación y el desarrollo.

9.4.3 Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste Contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres

El objetivo del Protocolo es establecer las obligaciones generales que deben asumir las Partes Contratantes, para proteger el medio marino de contaminación proveniente de fuentes terrestres.

Fotografía 38 - Remolcador O.S.V. en "stand by" a la popa del buque tanque.

El Protocolo fue suscrito el 22 de julio de 1983, por Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú en Quito, Ecuador.

El texto del Protocolo, en general, trata asuntos relacionados con identificación de las fuentes terrestres de contaminación, obligaciones generales de las Partes Contratantes, obligaciones específicas generadas por substancias nocivas que se mencionan en el Anexo I del Protocolo, obligaciones específicas provocadas por substancias menos nocivas que se mencionan en el Anexo II del Protocolo, establecimiento de reglas, estándares, prácticas y procedimientos comunes,

cooperación entre las Partes para dar asistencia para combatir la contaminación proveniente de fuentes terrestres, programas de vigilancia individuales, intercambio de información entre las Partes, cooperación científica y técnica, consultas y medidas de sanción. Además de los Anexos mencionados anteriormente tiene incorporado el Anexo III sobre la expedición de autorizaciones para la descarga de desechos que contengan las substancias indicadas en los Anexos I y II del Protocolo.

9.4.4 Protocolo Complementario del Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y Otras Substancias Nocivas.

Su objetivo es desarrollar los principios generales que sobre cooperación regional contra la Contaminación por hidrocarburos y substancias nocivas en casos de emergencia estableció el Acuerdo de 1981.

El Protocolo fue suscrito por Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú en Quito, Ecuador, el 22 de julio de 1983.

El texto del Protocolo Complementario al Acuerdo de 1981, en general, trata asuntos relacionados con mecanismos de cooperación en casos de derrames, descripción del plan nacional de contingencia y establecimiento de programas regulares de entrenamiento.

9.4.5 Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y Otras Substancias Nocivas en Casos de Emergencia.

El objetivo del Acuerdo es que las Partes Contratantes aúnen sus esfuerzos para tomar las medidas necesarias para neutralizar o controlar los efectos nocivos y dañinos debido a la presencia en el mar de grandes cantidades de hidrocarburos u otras substancias nocivas resultantes de una emergencia que amenacen los intereses conexos de un Estado.

El Acuerdo fue suscrito el 12 de noviembre de 1981 por Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú en Lima Perú.

El texto del Acuerdo, que es complementario del Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudeste, trata asuntos relacionados

con el ámbito de aplicación, intereses conexos afectados o amenazados, planes y programas de contingencia, salvataje y recuperación de substancias nocivas embaladas, intercambio de información entre autoridades y organismos, coordinación de uso de medios de comunicación instrucciones de vigilancia e información que debe proveer el Capitán del buque ante una emergencia, contemplándose en un Anexo del Acuerdo el tipo de información que se debe entregar, medidas a adoptar por las autoridades ante una emergencia, necesidad de asistencia y períodos de reunión de las Partes Contratantes.

Fotografía 39 - Manguera conectada en múltiple del buque tanque.

9.4.6 Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudeste

Su objetivo es proteger y preservar el Medio Marino y la Zona Costera del pacífico Sudeste contra todos los tipos y fuentes de contaminación, buscando obtener una coordinación y cooperación regional al respecto.

El Convenio fue suscrito por Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú en Lima, Perú el 12 de noviembre de 1981.

El texto del Convenio, en general, trata asuntos relacionados con el ámbito geográfico, obligaciones para las Partes Contratantes, medidas para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino, erosión de la zona costera, cooperación en casos de contaminación resultante de situaciones de emergencia, evaluación de las repercusiones de la contaminación en el ámbito de aplicación

del Convenio, intercambio de información, cooperación científica y tecnológica entre las Partes, responsabilidad civil e indemnizaciones y reuniones de las Altas Partes Contratantes.

9.5 - OCIMF (OIL COMPANIES INTERNATIONAL MARINE FORUM)

Es una asociación voluntaria de las compañías Petroleras que teniendo un interés en los barcos y terminales de crudo y sus derivados. Esta organizada para representar sus miembros ante, y consultar con la Organización Marítima Internacional y otros cuerpos Gubernamentales relacionados con los barcos y Terminales de crudo y sus derivados, incluyendo polución marina y seguridad

Fotografía 40 - Buque amarrado en monoboya.

OCIMF Recomienda la consulta de las siguientes publicaciones para la operación costa afuera en SPM:

- OCIMF (Equipos empleados por buques en amarres de un solo punto) (2da. Edición 1988).

- OCIMF Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Mooring.

- OCIMF SPM Ancillary Equipment Guide 3rd Edition 1987.
- OCIMF Hose standard 3rd Edition September, 1978.
- OCIMF Buoy Mooring Forum Hose Guide, Guide for the Handling, Storage, Inspection and Testing of Hoses in Field, Second Edition, 1995.
- OCIMF Bouy Mooring Forum, SPM Hose System Design Commentary (Current Practice). January, 1975.
- OCIMF Single Point Mooring Maintenance and Operations Guide. Second Edition 1995.
- OCIMF Recommendations for oil Tanker Manifolds and Associated Equipment. Fourth Edition 1991.
- OCIMF Mooring Equipment Guidelines (1st Edition 1992)
- OCIMF Hawser Guidelines (1st Edition 1987)
- OCIMF Hawser Test Report (1st Edition 1982)
- OCIMF Effective Mooring (1st Edition 1989)
- OCIMF Recommendations for Equipment Employed in the Mooring of ship at Single Point Moorings 3rd Edition 1993.
- OCIMF SPM Hose System Design Commentary. Second Edition 1993.
- OCIMF Marine Terminal Survey Guidelines (2nd Edition 1995)

9.6 - NORMAS DE CLASIFICACIÓN.

Se deben tener en cuenta Las normas que establezcan las casas de clasificación de Construcción del las SPM para las inspecciones a los componentes y estructuras.

10 - BIBLIOGRAFIA

- **Tug power requirements for assisting the berthing of tankers.**
  Terminalling research program (550)
  Report No. EE.13TT.78 - November, 1978
  S.S Fang, Technology Department, EXXON Engineering.

- **Wind and current load calculations for tankers.**
  Terminalling research program (550)
  Report No. EE.9TT.81 – September, 1981
  D.M. Hughes, Technology Department, EXXON Engineering.

- **Tug use in port, a practical guide.**
  Captain Henk Hensen, FNI
  Sponsored by Port of Rotterdam
  The Nautical Institute, 1997.

- **Respuesta a la contaminación marina por derrame de hidrocarburos**
  "Guía práctica para la operación de embarcaciones menores durante la atención de emergencias". Codigo : Notas RIG-08-2000.
  Capitán Ricardo Izquierdo G, 2000.

- **Ingeniería Marítima y Portuaria**
  G.Macdonel - J.Pindter – L.Herrejón de la Torre – J.Pizá Ortiz – H.López Gutiérrez
  Alfaomega Grupo Editor, 1999.

- **Petróleo Moderno, un manual básico de la industria.**
  Bill D. Berger y Kenneth E. Anderson PH.D.
  Tercera edición.
  PennWell, 1992.

- **Port Engineering**
  Fourth Edition
  Per Bruun.
  Gulf Publishing Company, 1993.

CAPITULO 10
BIBLIOGRAFÍA

- **MARPOL 73/78** (Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación del Mar por Buques).
- **ISGOTT 1996** (Guía Internacional de seguridad para Terminales y Tanqueros Petroleros).
- **SOLAS** (Convención Internacional para la Seguridad de la vida humana en el mar, 1974).
- **STCW** (Convenio Internacional sobre normas de formación, Titulación y Guardia para la gente de mar, 1978).
- **OCIMF** (Equipos empleados por buques en amarres de un solo punto) (2da. Edición 1988).
- **OCIMF Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Mooring.**
- **OCIMF SPM Ancillary Equipment Guide,** 3rd Edition 1987**.**
- **OCIMF Hose standard,** 3rd Edition September**,** 1978**.**
- **OCIMF Buoy Mooring Forum Hose Guide, Guide for the Handling, Storage, Inspection and Testing of Hoses in Field,** Second Edition, 1995**.**
- **OCIMF Bouy Mooring Forum, SPM Hose System Design Commentary (Current Practice**). January, 1975**.**
- **OCIMF Single Point Mooring Maintenance and Operations Guide.** Second Edition 1995.
- **OCIMF Recommendations for oil Tanker Manifolds and Associated Equipment.** Fourth Edition 1991**.**
- **OCIMF Mooring Equipment Guidelines** (1st Edition 1992)
- **OCIMF Hawser Guidelines** (1st Edition 1987)
- **OCIMF Hawser Test Report** (1st Edition 1982)
- **OCIMF Effective Mooring** (1st Edition 1989)

- **OCIMF Recommendations for Equipment Employed in the Mooring of ship at Single Point Moorings,** 3rd Edition 1993**.**

- **OCIMF SPM Hose System Design Commentary.** Second Edition 1993**.**

- **OCIMF Marine Terminal Survey Guidelines (2nd Edition 1995)**

10.3 – EL AUTOR

Capitán de Altura de la Marina Mercante Colombiana ***Ricardo Izquierdo González***, Perito Naval en Navegación y Cubierta y Perito Naval en Contaminación Marina de la Dirección General Marítima DIMAR. Profesional especialista en Ciencias Náuticas de la Dirección General Marítima de Colombia. Ingeniero Industrial.

Instructor de DIMAR del Código PBIP (ISPS).
Ha participado en varios estudios ambientales, en la elaboración de Planes de Contingencia y Planes de Manejo Ambiental y ha dictado cursos de entrenamiento para el sector petrolero, naviero y portuario.

El Capitán Izquierdo ha cursado todo el entrenamiento establecido por la OMI-Organización Marítima Internacional, inclusive el Curso para Instructores OMI.

Fue asesor marítimo para la firma Condux de México, para el proyecto Monoboya del Terminal de Ecopetrol en Pozos Colorados y Consultor Marítimo Ambiental de Recursos Marítimos Ltda. Ha sido profesor de Oficiales en la Universidad Escuela Naval de Cadetes de Cartagena, donde ha dictado cursos sobre la contaminación marina a Oficiales Oceanógrafos de la Armada Nacional y a Oficiales de la Marina Mercante. Es especialista e instructor en el nuevo Código Internacional de Protección de Buques e Instalaciones Portuarias ISPS.

Ha dictado conferencias en varias empresas en temas relacionados con el manejo ambiental marítimo y represento a Colombia como conferencista en el XIV Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, organizado por el Instituto Panamericano de Ingeniería Naval en Lima - Perú en Junio de 1995, con la conferencia “La Contaminación Marina - Causas y Efectos”.

CAPITULO 10
BIBLIOGRAFÍA

Fue trabajador de Intercor en 1986 en las operaciones marinas de Puerto Bolívar en la exportación de carbón, trabajo para Ecopetrol por ocho años en la unidad de almacenamiento flotante FSU Coveñas, fue Gerente de Operaciones de Remolcar Ltda. Y de Serviport S.A. compañías de remolcadores marítimos y fue Gerente de Proyectos de Recursos Marítimos Ltda., compañía de Servicios y Consultoría Marítima y Ambiental.
Es Piloto Práctico de Primera Categoría en la Bahía de Cartagena, de la firma Tecnimar Ltda.

Fue Gerente del Terminal Marítimo Petrolero Costa Afuera en Coveñas del Oleoducto Central S.A.- Ocensa, Terminal Marítimo Petrolero por donde se exporta petróleo a través de monoboyas y fué el Superintendente de Operaciones de Ocensa en los campos de producción de petróleo Cusiana y Cupiagua, en los Llanos Orientales de Colombia.

En la actualidad es el Gerente General de Recumar Ltda., con base en la ciudad de Cartagena de Indias donde además presta servicios de Consultoría Marítima y Portuaria.

Correspondencia:

Capitán Ricardo Izquierdo G.
rizquierdo@recumar.com.co
www.recumar.com.co

XIX COPINAVAL 2005

Procesamiento de imágenes procedentes de radares marinos con el apoyo de un mapa de relieve para la toma de decisión

Autor(s): MSc. Ing. Jorge Alberto Martín Ferrer[(1)], MSc. Ing. José Luis Gil Rodríguez[(2)], Ing. Francisco José Silva Mata[(2)], Dr. José Luis Rivera García[(1)], Dr. Raúl Álvarez Valdés[(1)]

[(1)] Academia Naval "Granma",
Micro X, Alamar, Habana del Este, Ciudad de La Habana, Cuba
Teléfono: 93 9671 y Fax: 93 9676

[(2)] Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada
7a #21812 e/ 218 y 222, Siboney, Playa. C.P. 12200, C. Habana, Cuba
Teléfono: (+)537.835.3751; Oficina: (+)537.272.1670 ext 203
Fax: (+)537.273.0045, Email: jlgil@cenatav.co.cu;

Resumen

Nuestra institución ha comenzado la asimilación de nuevas tecnologías de la industria del software para trabajar con mayor eficiencia la información de los ecos de radar. El procesamiento se realiza mediante software desarrollado con tecnología .NET y programada en el lenguaje C# para Sistemas Operativos (OS) WINDOWS 2000 y *XP*. En esencia, se ha incorporado un módulo para el procesamiento digital de las eco-señales. En este caso se opera directamente con imágenes para el reconocimiento de patrones ocultos, que permitan identificar y clasificar los objetivos navales. Para tales fines se emplean filtros digitales, operadores y descriptores estadísticos de contorno y de región, bajo un esquema de representación preestablecido. Para garantizar el procesamiento en tiempo real, se superpone la imagen a un mapa de alturas de relieve con el objetivo de optimizar los tiempos de respuesta, teniendo en cuenta además, las llamadas zonas ciegas y las regiones de radiación presentes en el terreno.

Abstract

Our institution have began the assimilation of the new technologies of the software enterprise in order to work with better efficiency of the information from echo's of radar. The processing´s date is performing (software), this development in base on NET technology and programming in C# language for Operative Systems (OS) Windows 2000 and XP. In essence, it has been incorporated model for echo-signals digital processing. In this case, images are directly used images for hidden patter recognition, than let identify and classify the navy target. (Thus digital filters operators, border and region statistical descriptors are used order a defined by representation scheme). To assume the real time processing it besides using the mentioned above technological device, the radar image is overlaid a high map with the objective of optimization to software, considerating the so called blind zone and the radiation regions on the earth.

Procesamiento de imágenes procedentes de radares marinos con el apoyo de un mapa de relieve para la toma de decisión

Autor(s): MSc. Ing. Jorge Alberto Martín[(1)], MSc. Ing. José Luis Gil[(2)], Ing. Francisco José Silva[(2)], Dr. José Luis Rivera[(1)], Dr. Raúl Álvarez Valdez[(1)]

1 Introducción

En sistemas que emplean visión por computadoras es necesario realizar el mejoramiento de las imágenes previo a la obtención de los descriptores de caracterización y de la información relevante contenida en ellas. Las características de una imagen pueden ser vistas por su descripción general y/o particular. La descripción general se basa en obtener las características de capacidad de almacenamiento, alto, ancho, ubicación, formato de imagen, compresión, formato de color, etc. Mientras que la descripción particular se basa en la obtención de sus características a partir de la información estadística que brindan determinados descriptores, lo cual permite tipificar los medios navales.

2 Materiales y métodos

2.1 Formación de la imagen de radar

Los ecos recibidos de la señal del Radar al realizar el barrido en distancia y en marcación (o ángulo) al girar la antena los 360°, son digitalizados y representados en el monitor de la PC.

Al completarse la representación de esta señal unidimensional, de naturaleza temporal en cada vuelta de antena, se obtiene una imagen que será la representación bidimensional de naturaleza espacial de todos los ecos muestreados. La imagen se capta en tonos de gris con valores normalizados en el intervalo [0..255].

Dado que la imagen mostrada en un instante determinado, corresponde a la promediación de 3 vueltas de antena, y el patrón a analizar tiene relativa independencia al de la próxima imagen que será mostrada, resulta poco probable la no detección y reconocimiento de detalles que normalmente se escapan a la observación humana y su capacidad de reconocimiento de patrones conocidos (Fig. 2.1).

2.2 Preparación de la imagen de radar

En las imágenes de radares marinos, además de la representación de los objetos navales, existe la presencia de ruido debido a muchos factores internos (instrumentales) y externos. Dentro de los factores internos se encuentra el introducido por el propio dispositivo de captación dada sus características constructivas como la sensibilidad, poder de discriminación en su barrido, calidad de sus elementos, etc.; mientras que en los factores externos tenemos por ejemplo los ecos recibidos por las olas.

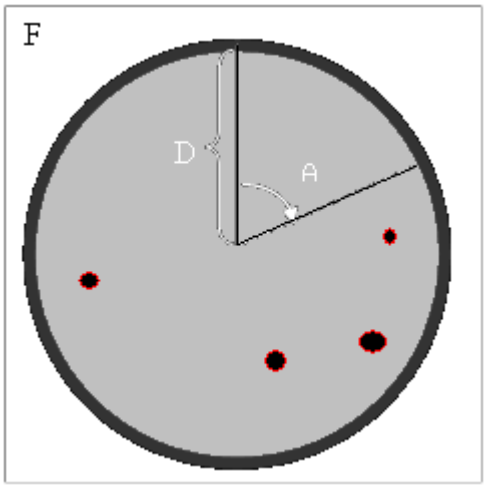


Fig. 2.1 Elementos que describen la señal unidimensional recibida por los ecos del Radar, para formar la imagen (F) en tonos de gris.

Las causas mencionadas dan lugar a la necesidad de eliminar las señales indeseables de ruidos, y por otra parte, mejorar las características internas de la imagen para obtener la mayor información de los objetos navales representados considerando sus tonos.

Para este último caso es necesario que la imagen posea determinado nivel de contraste, lo que garantiza la obtención de información valiosa. Los objetivos presentes en las imágenes de radar se caracterizan por la tendencia de tonos claros a blancos (alta frecuencia), donde por lo general el nivel mínimo aproximado del nivel de tono de gris es de 120, y su promedio está en 200.

Este bajo nivel de contraste y la presencia de ruido blanco aditivo provoca la necesidad de realizar un mejoramiento de la imagen. Para esto se emplean múltiples variantes que van desde el empleo de la señal de entrada promediada una vez que ha sido acumulada, hasta el uso de filtros digitales espaciales que se conocen con el nombre de operadores.

El objetivo es obtener la escena lo más limpia y contrastada posible con sus bordes resaltados y bien definidos. Para ello se realiza el mejoramiento de la imagen de partida en forma secuencial y ordenada (Fig. 2.2) empleando operadores locales y puntuales para luego proceder a mejorar los bordes.

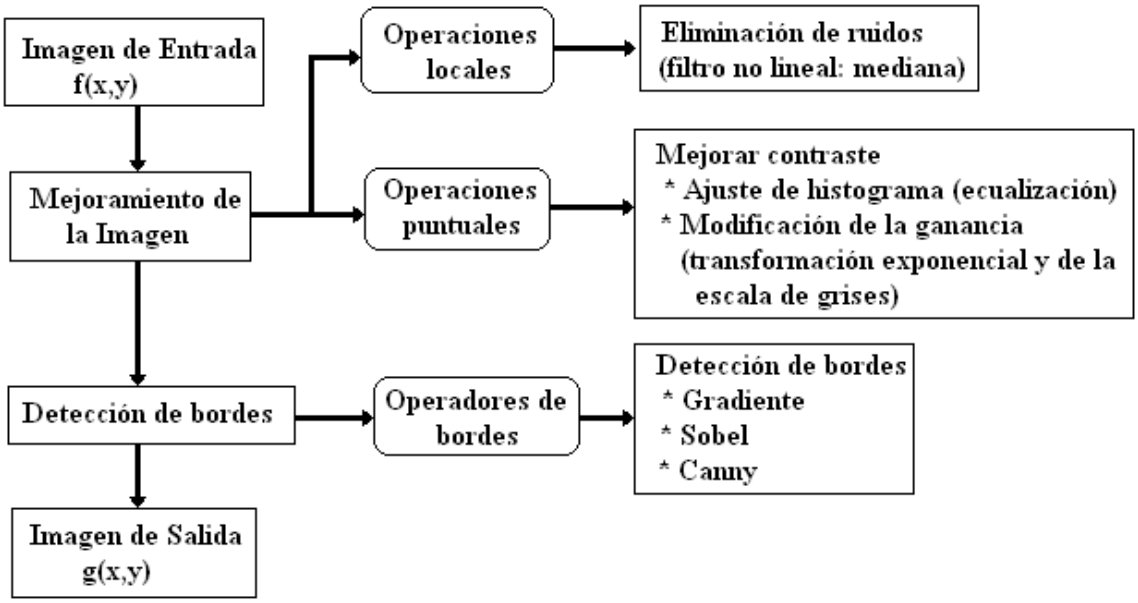


Fig. 2.2 Secuencia de operaciones para el mejoramiento de la imagen del eco recibida mediante el radar.

De todos los operadores sometidos a análisis se escogieron los siguientes:

a) Para la eliminación de ruido se seleccionó la mediana, ya que es un filtro no lineal, caracterizado por reducir el efecto del ruido de impulso (Ej. del tipo sal y pimienta), sin afectar considerablemente los bordes. Su kernel calcula la mediana de los píxeles pertenecientes a la vecindad 3x3 píxeles. Con este filtro se puede emplear de forma combinada la media, como filtro pasa baja, lo cual da la posibilidad de realzar la imagen, ya que en ella predominan las regiones homogéneas. Debido a su efecto perjudicial sobre los bordes de los objetos el filtro media debe ser usado con cuidado y siempre con vecindades 3x3 píxeles que es la de menor tamaño.

b) Para mejorar el contraste se seleccionó la ecualización, que aplica una redistribución de los niveles de gris en todo el rango dinámico de la imagen y por consiguiente produce un realce del contraste visual. El histograma que se obtiene logra una distribución uniforme de los valores de los niveles de gris; es decir, pretende darle la misma probabilidad de ocurrencia a todos los niveles de gris aunque provoca la máxima entropía en la distribución alcanzada. Los métodos de modificación de la ganancia controlan el contraste y la brillantez, de ellos hacemos referencia al método llamado Transformación de la Escala de

los Niveles de Gris. Este método lo utilizamos ya que aumenta el contraste debido a que mejora la distribución del histograma.

Una vez mejorada la imagen es necesario el realce de los bordes de los objetos y en nuestro caso fue escogido el operador de Sobel (Fig. 2.3). Este operador es una de las técnicas del gradiente clásicas del tratamiento de imágenes. Como sus máscaras no hacen uso del valor central son menos sensibles al ruido aislado y son más robustos al ruido de rayas, como se caracterizan nuestras imágenes. La ubicación de los tonos de gris en el plano, es observada en determinadas coordenadas en el dominio espacial, éste es el píxel de la imagen y será el patrón a analizar.

$$Sx = (c + 2f + i) - (a + 2d + g)$$
$$Sy = (g + 2h + i) - (a + 2b + c)$$

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$Sob1 = sqrt (Sx^2 + Sy^2)$$
$$Sob2 = |Sx| + |Sy|$$

Fig. 2.3 Operadores Sobel para la detección de bordes de los objetos.

En la Fig. 2.4, se muestra el simple procedimiento de mejorar la imagen de partida, trabajando sobre el patrón. Se le aplicó el filtro de la mediana para eliminar el ruido disperso, para luego realizar una transformación y obtener una imagen a falso color a partir de la formación de un banco de imágenes de igual dimensión de la misma escena.

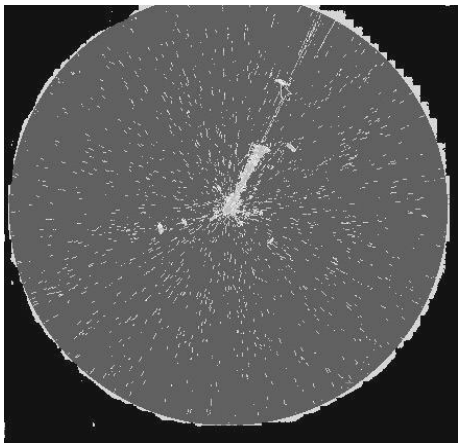
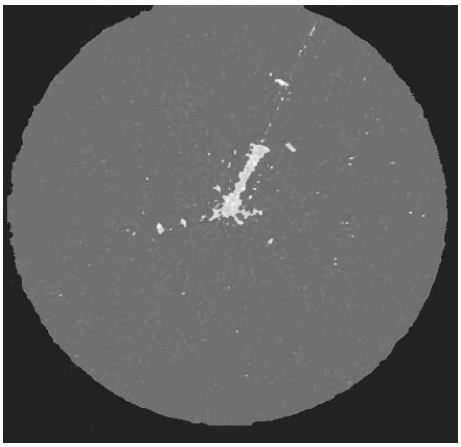


Imagen en tono de gris



Filtro de Mediana

Fig. 2.4 Imagen de partida de un Radar marino y su correspondiente filtrado digital empleando la Mediana para eliminar ruidos dispersos.

2.3 Formación de un banco de imágenes

Un banco de imágenes de la misma escena se crea al formar “n” imágenes adicionales en las diferentes bandas de frecuencia: del rojo, el verde y el azul, las que se utilizan para formar una imagen a falso color. Para ello se aplica un método o algoritmo basado en la “Teoría tricolor de la percepción del color por el ojo humano” (Rodríguez Serrano et al., 1991). La formación de un banco de imágenes permite el estudio detallado de la escena basada en diferentes disposiciones espaciales de los tonos de gris, aún más cuando es posible separar cada objetivo en particular por sub-imágenes. De una imagen en particular, tomada a partir del eco radar, es posible arribar a una representación falso color donde es más fácil el estudio de los detalles de la escena (Fig. 2.5).

Este estudio se logra empleando descriptores una vez etiquetados los objetivos navales,

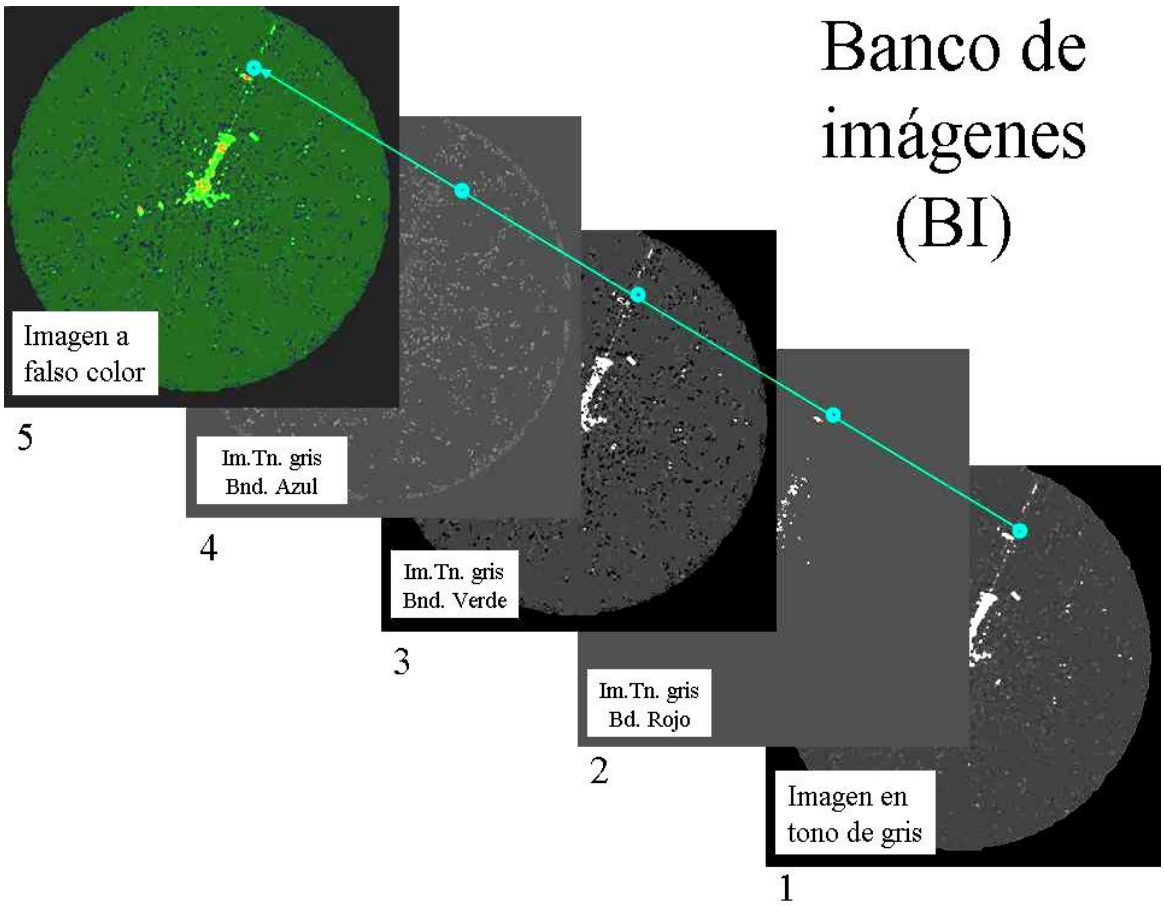


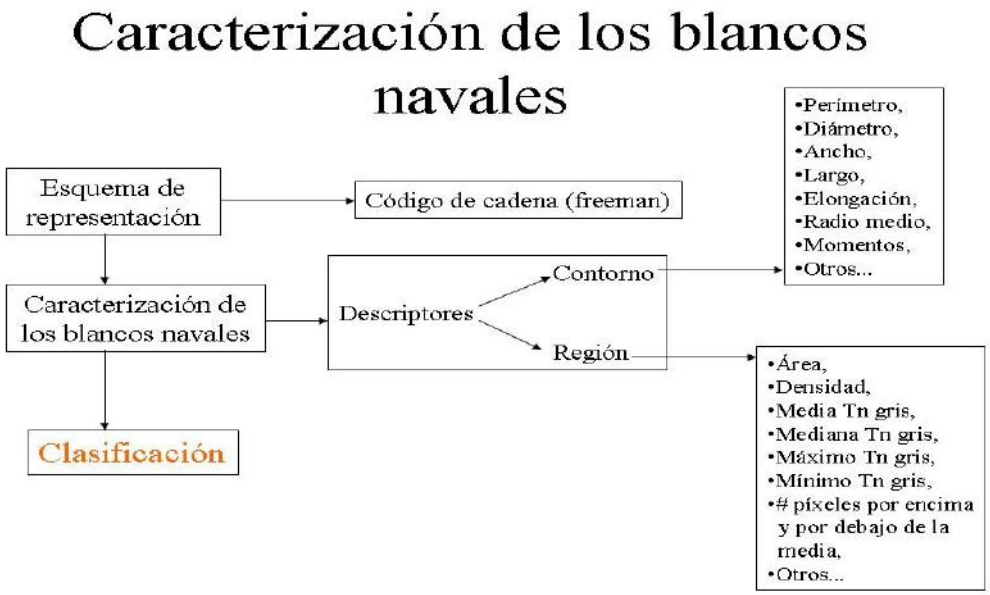
Fig. 2.5 La imagen (1) es la obtenida del eco radar. Las imágenes (2, 3 y 4) se deducen a partir de (1) mediante la teoría tricolor y usadas como entrada en los canales RGB (Rojo, Verde y Azul); respectivamente para generar la imagen falso color mostrada en (5).

basado en un esquema de representación que será descrito a continuación.

2.4 Esquema de representación

Para caracterizar los objetivos presentes en una imagen, éstos han de ser representados de forma tal que puedan ser procesados por la computadora. El método que se empleó es el código de cadena (Freeman), dado que es apropiado para describir y representar a los objetos mediante su forma.

Para la representación de los objetivos navales en las imágenes de radar, se usó el código de cadena de ocho direcciones, aspecto asociado a la obtención de información de los contornos en primera instancia, para luego proceder a obtener información de contenido, los que se asocian con los píxeles que componen la región (Fig. 2.6).



2.6 Secuencia de pasos a seguir para la caracterización de un objetivo naval empleando descriptores de contorno y de región.

2.5 Empleo de descriptores para la caracterización de los objetivos en una imagen de eco radar sobre un mapa de altura

Es conocido que los objetivos navales representados en las imágenes de radares marinos son circulares u ovalados, caracterizados en su geometría por tener un contorno cerrado, independientemente de su forma real, que en nada puede asemejarse a su representación. Siguiendo una secuencia de pasos, la representación está referida a utilizar un esquema que permita el cálculo de los descriptores de forma para caracterizar los objetos mencionados.

Existen múltiples descriptores que pueden emplearse para caracterizar los objetivos navales por su forma y sus propiedades de reflectividad aprovechando sus tonos (Fig. 2.6). Para caracterizar la forma existen los descriptores de contorno, como es el perímetro,

diámetro, factor de forma circular normalizado, ancho, largo, elongación o excentricidad, radio medio; y otros descriptores.

Existen otros descriptores, como los de momento, que están basados en la propia teoría de los momentos, los cuales son muy convenientes ya que son invariantes a la rotación, traslación, escala y reflexión. Para la caracterización de una región se pueden emplear los descriptores de área y densidad, y también otros que se generan partiendo de los niveles de gris como son la media, mediana, los valores máximos y mínimos, y el número de píxeles por encima y por debajo de la media, entre otros .

Las imágenes obtenidas del eco radar se utilizaron para caracterizar los diferentes objetivos navales, como se observa en la Fig. 2.7. En la caracterización se emplearon descriptores de

Algunos resultados:

(Caracterización de los blancos)

grupo + ";" + area + ";" + areacomplementaria + ";" + perimetro + ";" + perec + ";" + compacidad + ";" + anchomaximo + ";" + altomaximo + ";" + freemancode + ";" + derivada + ";" + xcentroide + ";" + ycentroide + ";" + mmm10 + ";" + mmm01 + ";" + mmm11 + ";" + mmm20 + ";" + mmm02 + ";" + mmm30 + ";" +mmm03 + ";" +phi1 + ";" + phi2 + ";" + phi3 + ";" + cita + ";" + extent + ";" + relacionaltoancho+ ";" + marcaderegion + ";" + xheaderx + ";" + yheadery);

1;20;123;52;46,142135623731;135,2;11;12;01103323330333333030000000103232222222121211111112111;10330310013000001310000001333130000003131300000130003;23;83;462;1661;38552;10872;138285;260952;11540033;1,67;1,2545;331,5785315625;-15,5901184416992;0;1,09090909090909;6;20;77

2;56;520;146;125,497474683058;380,642857142857;12;47;01111010323333233333333333333033330333033023303333303301001001032322322322303333323332321101101111121011121111123210110121121112111121111111111111;10003133310003100000000001300013001301331013000013011301301333130130130113000031003133031031000013310013000011333103113013001300013000000000003;34;59;1959;3321;117645;68925;207395;2439741;13503825;4,39253826530612;10,2216883305459;834,453879269171;-29,7614284046919;0;3,91666666666667;7;32;39

Fig. 2.7 Fichero que muestra algunos resultados de la caracterización de los objetivos navales mediante código Freeman.

área, área complementaria, perímetro, perímetro rectificado, compacidad, ancho máximo, alto máximo, código de Freeman, la primera derivada del código de Freeman, coordenadas del centroide, momentos de orden uno hasta el tercero, relación de alto – ancho, marca de región, y las coordenadas del encabezamiento.

Para lograr una mayor comprensión de la caracterización previamente realizada a los objetivos basados en los descriptores mencionados, se realiza la muestra de la imagen de radar de forma superpuesta a la imagen de un mapa de altura o relieve.

2.6 Obtención de información a priori para la ubicación de los radares empleando el Mapa de Relieve

Para el posicionamiento de un radar es suficiente la información de la altura del relieve y sus coordenadas. Estos datos se pueden tomar de un mapa de relieve cuyo contenido está en un mapa de bits que posee la información de las alturas del terreno del área situadas en las coordenadas planas rectangulares y mostrada a escala. En la implementación computacional que ha sido preparada para la experimentación se visualiza además, las coordenadas geográficas aplicando las ecuaciones que permiten la transformación de coordenadas planas a geográficas y viceversa. Luego, partiendo del punto de ubicación del radar se pueden conocer las coordenadas polares (azimut y distancia).

Con el empleo del mapa de alturas y la simulación de la señal de los ecos de radar y aplicando las ecuaciones correspondientes, es posible tomar la decisión correcta acerca de la posible ubicación de otros transmisores para conocer con exactitud las siguientes zonas:

- Zonas ciegas: donde no hay recepción de los ecos.
- Zonas de cobertura: donde la recepción de los ecos es posible.
- Zonas de visibilidad directa: donde hay cobertura simultánea de dos radares.
- Alcance energético: espacio a cubrir dependiendo de la potencia del equipo.

En nuestra aplicación es posible obtener estas zonas proporcionando algunos datos adicionales como son el tipo de radar, la altura de la antena y las alturas de los objetivos a detectar (Fig. 2.8).

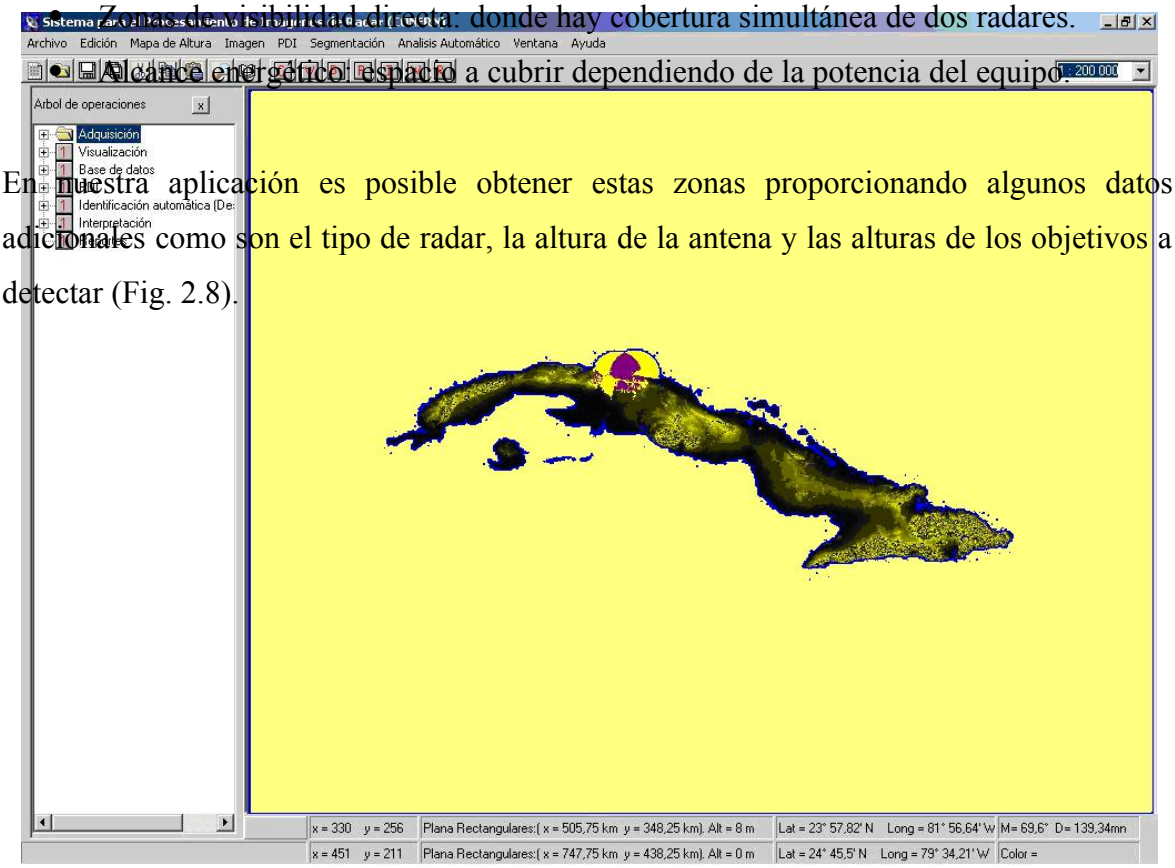


Fig. 2.8 Ventana principal de la aplicación que visualiza el mapa de relieve con las coordenadas de los puntos de interés. Observe que en su parte inferior se recibe información de las coordenadas del movimiento del cursor y en la superior la información de las coordenadas del punto de ubicación del radar. Estas coordenadas son la del cursor, las planas rectangulares con su altura, la geográfica y la polar.

3 Resultados obtenidos y trabajos futuros

Se han obtenido varios resultados interesantes aplicando el Sistema de Procesamiento Digital de Señales para los radares, en particular el módulo referido a señales bidimensionales (imágenes), entre los cuales están:

- Digitalización de ecoseñales de radares marinos en forma de imágenes, estableciendo para ello una secuencia de pasos que permiten alcanzar la representación bidimensional en un objeto "Image" (BitMap), de la señal unidimensional.
- Dada la poca calidad de la imagen que procede del eco radar marino se establece una secuencia de pasos para su mejoramiento, la detección de bordes de los objetos y la segmentación de regiones propiamente, obteniendo una calidad visual suficiente para el análisis y codificación de la información.
- Se propone un método para obtener una imagen a falso color a partir de la construcción de un banco de imágenes de la misma escena.
- Con las imágenes obtenidas, se emplean descriptores de forma de los objetos y de regiones para caracterizar a los objetos presentes en la escena.

- La visualización de la imagen de radar superpuesta al Mapa digital de las alturas permite una mayor comprensión y ubicación de los objetos caracterizados.

Todos estos resultados han sido posible obtenerlos mediante la implementación de una aplicación computacional escrita en lenguaje C# para la plataforma .net.

Con estos resultados es posible implementar el procesamiento simbólico para clasificar medios navales. El desarrollo futuro de tal sistema de clasificación podría ser orientado a la incorporación de un módulo de Redes Neuronales Artificiales (ANN) u otro clasificador, para la tipificación de los objetivos navales; así como el montaje de la imagen de radar sobre las cartas náuticas electrónicas (ENC), etc.

Bibliografía

1. Álvarez Valdés, R. "Reconocimiento de Objetos basado en Descriptores de Forma". Revista. Instituto Técnico Militar "José Martí", Cuba. 2001.
2. Cortijo Bon, F.J., "Introducción al reconocimiento de Formas", Oct. 2001.
3. Chávez Ferry, Nelson Dr. Cs., 2004: "Fundamentos de Radar".[inédito]. Instituto Técnico Militar "José Martí", Cuba.
4. Gerhard Ritter, "Lattice Algebra, Dendrite Computing, and Pattern Recognition". CIARP' 2003, VIII Congreso Iberoamericano de Reconocimiento de Patrones. Nov. 26 – 29, 2003.
5. Gil Rodríguez, J.L., 1996: "Procedimientos para el análisis de textura en imágenes. Un estudio.", Tesis en opción al grado de Master en Informática Aplicada a la Ingeniería y la Arquitectura. CREPIAI, ISPJAE, Cuba.
6. Gil, J.L.;E.B. García; R. Sánchez; M.B. Martínez, et. al., 2000: "Tn Estudio V1.1: Software para el tratamiento digital de imágenes. Ejemplo de aplicaciones y sus perspectivas", II Congreso Internacional de Geomática, Ciudad Habana, ISBN 959 – 7160-01-03, Cuba.
7. Gil, J.L.; E.B. García, M. Vega; y R. Sánchez. 2002: "Manual de Usuarios Tn Estudio V2.0", Publicado en la Imprenta de la Academia Naval "Granma" Cuba.
8. Hsu, et al. "A high noise recognition system with self-organizing features", IEEE, pp. 2121-2125, 1995.

9. Iglesias Campillo, Mario; J.A. Martín Ferrer; E. González Rebellés, 2004: "Navegación", Edimar, GEOCUBA, Cuba.

10. Langi, et al. "Intelligent Storm Identification System Using Hierarchical Neural Network", IEEE, pp. 501-504, 1994.

11. López, Pierre; J. N. Fouló, 1987: "Introducción a la robótica I. Enseñanza, Investigación y Desarrollo". Ediciones Arcadia, S.A., Barcelona. España.

12. López, Pierre; J. N. Fouló, 1987: "Introducción a la robótica II. Comunicación Hombre – Máquina, Programación y Control. Transformaciones Homogéneas". Ediciones Arcadia, S.A., Barcelona. España.

13. Mecánica Popular, Volumen 52-02, año 1999. "El Nuevo Hombre Biónico"

14. MIKELL P. Groover, ROBOTICA INDUSTRIAL, Mc Graw Hill.

15. Martín Ferrer, J. A., Abril. 2004: "Tecnología semiautomatizada para el cálculo de la derrota ortodrómica empleando señales de posicionamiento global e imágenes meteorológicas". [inédito]. Tesis en opción al grado de Master en Procesamiento Almacenamiento y Transmisión de Señales e Imágenes Digitales, Facultad de Eléctrica, ISPJAE, Cuba.

16. Martín Sánchez, F., "Minería Visualización y Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos", KDD Conference 1995. http://biotic.isciii.es.

17. Rivera García, José Luis, 2001: "Método de Sincronización Directa con Procesamiento Temporal para Radares Biestáticos". [inédito]. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Técnico Militar "José Martí", Centro Docente de Investigación Nº1, Cuba.

18. Shinozawa, et al. "a weather radar image prediction method in local parallel computation", IEEE, pp. 4210-4215, 1994.

19. Sepúlveda, J.P. 1997: "Algoritmos con fines docentes para el procesamiento digital de imágenes", Tesis presentada en opción al título de Master en Informática Aplicada a la Ingeniería y la Arquitectura. CREPIAI, ISPJAE Cuba.

20. Zayas, M., 1998: "El filtrado digital y la detección de bordes de las imágenes en el sistema Tn Estudio". [inédito]. Tesis en opción al grado de Master en Informática Aplicada a la Ingeniería y la Arquitectura. CREPIAI, ISPJAE Cuba.

21. Valdés, J.J. y otros, 1995: DIPSY V1.0: Sistema de procesamiento y análisis de imágenes digitales", En Memorias I Taller de reconocimiento de Patrones, CIMAF' 95, La Habana Cuba.

22. Vega, M.; J. L. Gil, 1997: "Procesamiento digital de imágenes. Monografía para el curso de Procesamiento Digital de Imágenes", Maestría en informática aplicada, ISPJAE, 70 p.

23. Océano Editorial. "El mundo de la computación", Volumen 3 y 4.

XIX Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária
24 a 28 de outubro de 2005, Guayaquil, Equador

Projeto conceitual – FPSOBR

Fernando Gomes da Silva Torres
Engenheiro Naval
PETROBRAS – CENPES
E-mail: ftorres@petrobras.com.br

Marcos Donato Auler da Silva Ferreira
Engenheiro Naval
PETROBRAS – CENPES
E-mail: marcos.donato@petrobras.com.br

Daniel Cueva
Engenheiro Naval
Universidade de São Paulo
E-mail: daniel.cueva@poli.usp.br

Gerson Machado
Engenheiro Naval
Sólido Engenharia
E-mail: gmachado@solido.com.br

SINOPSE

A PETROBRAS pesquisa e extrai óleo em águas cada vez mais profundas chegando em lâminas d'água de até 3000m. Muitas vezes o óleo encontrado nestas regiões é pesado, o que dificulta seu escoamento através de linhas submersas. Para estes casos, existe a necessidade de unidades flutuantes estacionárias, com grande capacidade de processamento e estocagem. O projeto conceitual FPSOBR, desenvolvido pelo CENPES (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento) em parceria com universidades brasileiras, visa atender a esta necessidade. O casco foi projetado de forma a minimizar seus movimentos devido à ação de ondas. Com pequenas amplitudes de roll, a carga nas linhas pode ser reduzida. O projeto estrutural da região do bojo viabilizou a utilização do raio zero, isto é, bojo quinado, permitindo um aumento do amortecimento viscoso em roll do casco. O posicionamento dos risers em um bordo só permitiu uma operação segura das embarcações de apoio ao longo de sua vida em operação.

INTRODUÇÃO

Para o início da utilização de navios do tipo FPSOs na exploração de campos de petróleo pela Petrobras, adotou-se a premissa de conversão de navios já existentes. Na época, havia muita oferta de petroleiros do tipo VLCCs da década de 70.

O primeiro sistema de conversão foi chamado de "as new". Nesta conversão, todos os componentes originais do navio, que seriam reutilizados no projeto do FPSO, eram inspecionados, reparados, e se fosse o caso, substituídos. Este tipo de conversão foi utilizado nas plataformas P31, P32, P33, P34 e P35.

A conversão "as new" apresentou alguns problemas: dificuldade de conversão dos sistemas projetados na década de 70 em sistemas para operar em FPSO's no século XXI; dificuldade de desmontagem de equipamentos e sistemas originais do navio para inspeção e reparo, devido à necessidade de sua reinstalação.

O segundo conceito de conversão adotado foi o "all new", onde se adotou a substituição de todos os sistemas, equipamentos e outros componentes do navio, por novos sistemas, equipamentos e outros componentes, todos projetados para a nova operação como FPSO.

Este novo conceito se mostrou muito oneroso em termos de prazo de obra, devido à necessidade de se instalar todos os novos sistemas em um casco já existente, o que gerou grandes problemas de acesso, movimentação de peças e de montagem. Esse problema se mostrou mais crítico nas áreas de casa de bombas, praça de máquinas e de tanques de carga.

O uso de navios de mercado para conversão levou à surpresas desagradáveis no reparo estrutural. A vantagem teórica de se ter um casco pronto, no fim se mostrou falsa, pois foi necessário efetuar-se muito trabalho na estrutura do casco. Enquanto a média de substituição de aço nos projetos entre a P-31 e a P-35, onde se utilizaram navios da PETROBRAS, esteve em 500 tons, na P-37 foram substituídas 2200 tons. Essa tendência foi confirmada posteriormente nos reparos da P-47 (1700 tons), da P-38 (5000 tons), P-43 (1600 tons) e P-48 (cerca de 700 tons).

O projeto do FPSOBR faz parte de um novo conceito de projeto, chamado de "new building". Neste, o dimensionamento do casco, dos sistemas de carga e lastro, e o projeto estrutural são voltados para atender os requisitos de uma unidade estacionária de produção de petróleo, com objetivo de ficar locada em sua região de operação por 20 anos, sem ter de ser docada para realização de algum reparo. Este conceito elimina todos os problemas encontrados anteriormente, conseqüência da adaptação de cascos que possuíam outra finalidade, totalmente diferente de uma plataforma de petróleo.

PREMISSAS PARA O PROJETO

O projeto do FPSOBR teve que cumprir com algumas premissas exigidas para o conceito de um novo FPSO:

- Casco duplo;
- 7º graus de movimento máximo de roll;
- 3º graus de movimento máximo de pitch;
- 7m de borda livre mínima;
- atender aos critérios da Petrobras de momento fletor e força cortante máxima;
- atender aos critérios de estabilidade da MODU/IMO;
- 2m de mínima altura metacêntrica;
- 1.800.000 barris de óleo de capacidade de estocagem;
- não se fazer necessária a utilização de lastro na operação;
- calado máximo de 6m para condição de carregamento 0%;
- casco com geometria simples;
- chegada dos risers em um só bordo do casco;

Todas estas premissas levam o casco a possuir algumas características, como:

- fácil construção e operação;
- fim das áreas de exclusão ao redor do casco, já que um bordo será utilizado apenas para aproximação das embarcações de apoio;
- estrutura dimensionada para suportar a fadiga operacional, evitando uma possível parada de produção, que implicaria em elevados custos;
- tanques dimensionados de acordo com a necessidade de uma unidade estacionária de produção;
- o casco não precisa ser dimensionado para reduzir sua resistência ao avanço, pois este é estacionário;
- boa resposta em ondas, minimizando o carregamento nos risers e linhas de produção, melhorando o conforto dos tripulantes, e reduzindo os custos associados a equipamentos do convés.

DIMENSIONAMENTO DO CASCO

Para se obter o formato atual do casco FPSOBR, efetuou-se algumas análises. Nestas foram estudados possíveis formatos e também

a introdução de uma bolina estruturada na linha de bojo.

Uma das maiores preocupações hoje para os cascos FPSOs é a amplitude de movimento de roll. Devido à incidência do swell na Bacia de Campos, caracterizado por longas ondas, vindas de Sudoeste e Sudeste, as plataformas comumente são excitadas em roll, em períodos próximos da região de ressonância. A solução encontrada para o FPSOBR foi a mudança da relação entre o pontal e a boca (P/B). Com o aumento desta relação, foi possível obter um maior valor para o período natural de roll em todas as condições de carregamento. A Figura 1, mostra a influência desta relação a relação de P/B sobre o período de roll.

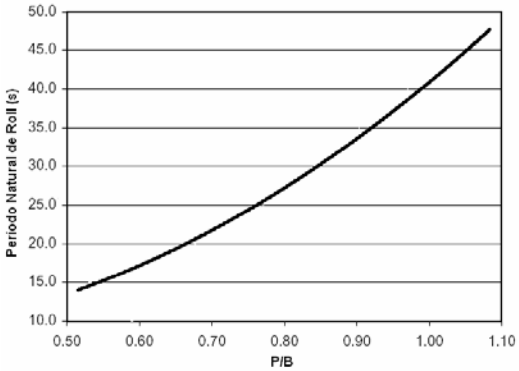


Figura 1 – Tn roll vs P/B

Análises Hidrodinâmicas

Para estas análises, utilizou-se do software Wamit[1], que calcula as forças de onda no casco e seus movimentos. Este software usa da teoria linear de ondas, considerando o fluido incompressível, invíscito e irrotacional. Todos os resultados obtidos são em relação ao CG (centro de gravidade) da plataforma. Para análise espectral do movimento, utilizou-se o espectro de ondas JONSWAP. Foram escolhidos mares com período de retorno de 100 anos. O casco utilizado na primeira e segunda análise é apresentado na Figura 2.

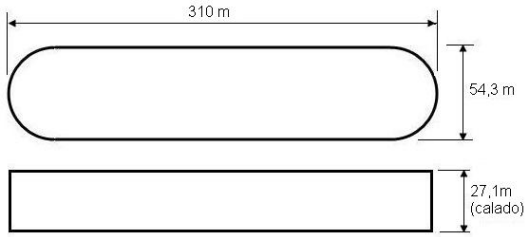


Figura 2 – Desenho ilustrativo

Na primeira análise, estudou-se a inclusão de um ângulo na proa e popa do casco. Os ângulos analisados estão compreendidos entre 90 a 30 graus.

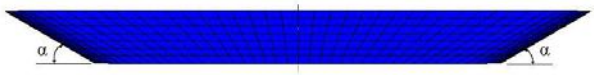


Figura 3 – Ângulo de inclinação na proa e popa

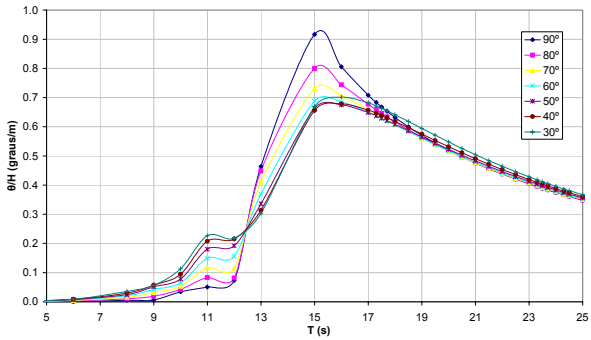


Figura 4 – Resposta de RAO de pitch

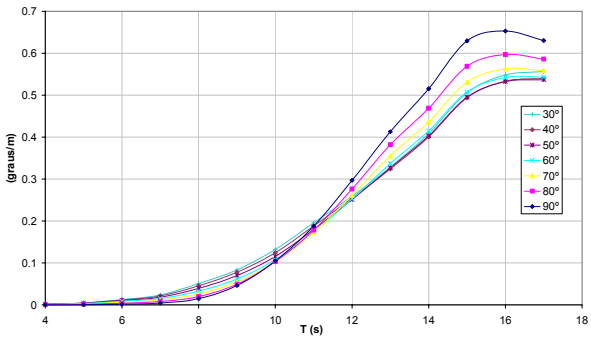


Figura 5 – Resposta para o cruzamento espectral

A introdução de um ângulo de proa e popa traz mudanças significativas no movimento em pitch do casco para períodos maiores que 11 segundos.

Na segunda análise, estudou-se a inclusão de uma bolina estruturada na linha de bojo. O formato do bojo utilizado para todas as análises foi o quinado, pois esta possibilidade foi estudada e validada para este projeto, como veremos no próximo item. O bojo quinado possui o mais alto coeficiente de amortecimento viscoso, como foi apresentado por Tanaka[2].

Esta análise avaliou qual a influência do comprimento da bolina na inércia adicional de roll. Foram analisadas as relações L_B/L_C=1, 2/3 e 1/3, onde L_B é o comprimento da bolina e L_C é o comprimento do corpo paralelo do casco. A bolina possuía altura de 2m e largura de 3m.

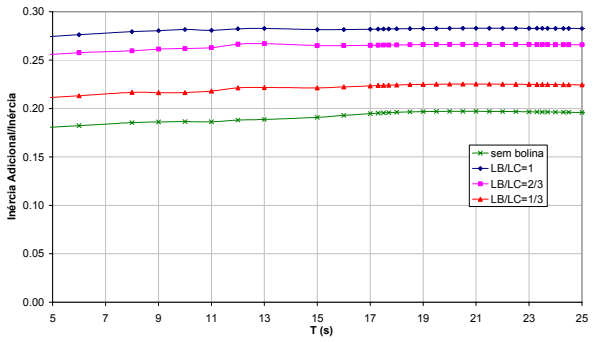


Figura 6 – Coeficiente de inércia adicional de roll

Para esta geometria de bolina, obteve-se um ganho de até 1s no período de natural de roll para a relação L_B/L_C=1.

Como uma das premissas do projeto era obter uma geometria simplificada, e dado que o casco por ser uma unidade estacionária não precisava ser otimizado hidrodinamicamente para diminuir sua resistência ao avanço, realizou-se uma terceira análise para avaliar como seria seus movimentos com a proa e popa com seções quadradas. Para efeito de comparação, os ângulos de inclinação estudados foram o mesmo da primeira análise. Na Figura 7, é apresentada a geometria estudada.

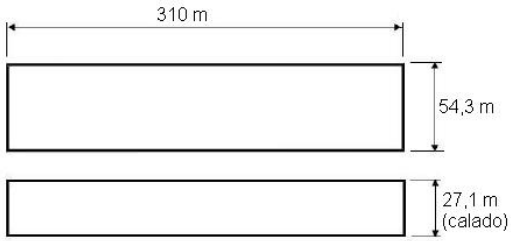


Figura 7 – Desenho ilustrativo

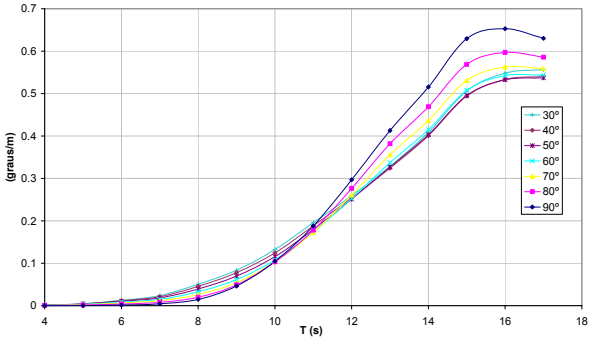


Figura 8 – Resposta para o cruzamento espectral

Quando comparadas as curvas apresentadas na Figura 5 e Figura 8, concluí-se que não há alteração no comportamento do corpo para o movimento de pitch, o qual poderia sofrer uma mudança mais significativa.

A plataforma FPSOBR não necessita mais da tradicional casa de máquinas, pois ela não possuirá sistema de propulsão. Com a ausência de peso na região de popa da embarcação, foi-se necessário estudar possíveis combinações de ângulo de proa e popa para obter o equilíbrio entre peso e empuxo. Dessa forma, o momento fletor e força cortante atuante no casco não iriam ultrapassar os limites impostos pelo critério Petrobras. Na Tabela 1, são apresentadas as combinações avaliadas. Todas estas combinações passaram no critério de momento e força cortante. Logo, foi feito um estudo para avaliar qual apresentava melhor curva de resposta à incidência de ondas.

Tabela 1 – Ângulos de corte

	Ang. Proa	Ang. Popa
A	50º	40º
B	60º	40º
C	70º	40º
D	62º	50º
E	66º	50º
F	70º	50º

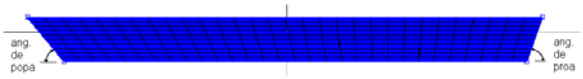


Figura 9 – Imagem da malha utilizada

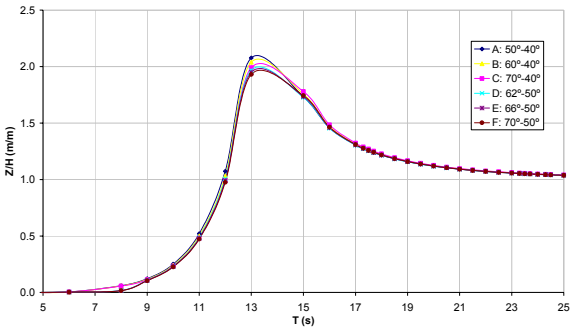


Figura 10 – Resposta de RAO de heave 90º

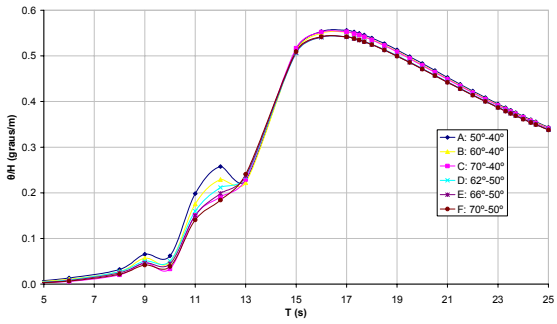


Figura 11– Resposta de RAO de pitch 0º

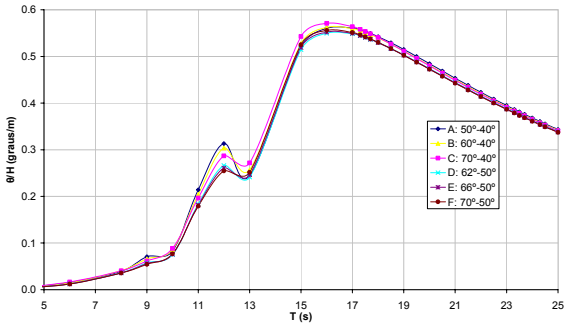


Figura 12– Resposta de RAO de pitch 180º

A combinação F, ângulo de proa 70º e ângulo de popa 50º, foi a que apresentou melhor resposta na faixa compreendida entre 5 a 13 segundos.

Novos chanfros foram introduzidos na região de popa e proa para compensar ainda mais o desequilíbrio de forças que havia entre o empuxo e o peso concentrado nestas regiões. Os cortes criados tinham como premissa ser de geometria simplificada, facilitando o processo de construção. Na Figura 13, é apresentada uma opção de corte estudada, a qual não se mostrou uma boa opção, pois aumentou a forças de excitação em roll. Na Figura 14, segue o desenho com o formato obtido ao fim das análises.

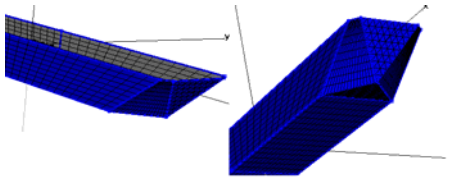


Figura 13 – Opção de corte descartada

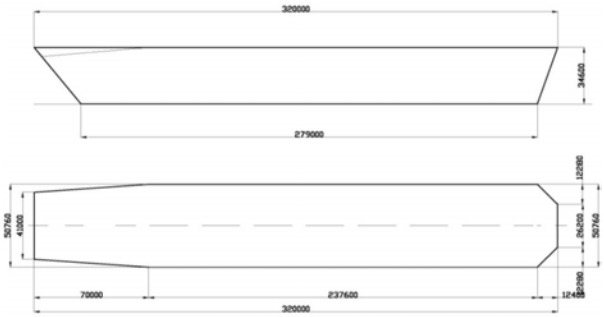


Figura 14 – Casco Final

Análise Estrutural do Bojo Quinado

A avaliação estrutural do bojo quinado foi efetuada no software numérico Nastran, ferramenta que utiliza método de elementos finitos. Os valores de momento fletor e cortante aplicado ao casco foram obtidos no software da Petrobras SSTAB. O comprimento do corpo paralelo do casco utilizado para a análise foi de 95 m. Analisou-se a região onde foi observada a maior tensão primária.

Foram aplicadas 3 categorias de carga: fixas, operacionais e ambientais. A onda, principal parcela do carregamento ambiental, foi considerada como uma senóide, com o comprimento de 320m e amplitude de onda de 7,8m, que corresponde à altura significativa máxima de uma onda na Bacia de Campos, em condição centenária. Neste caso não existe contribuição significativa da parcela hidrodinâmica, uma vez que o período natural de pitch da embarcação (em torno de 20s) se encontra distante do período da onda de comprimento igual ao casco (em torno de 14s). A única contribuição importante está relacionada à elevação da superfície livre devido à passagem da onda.

Foram analisadas três condições de carregamentos para o modelo construído, sendo uma estática e duas ambientais:

1) Caso a: condição Estática, de águas tranqüilas, com a unidade toda carregada de óleo, 100% de carregamento. O momento fletor máximo obtido foi de 800281m.tf e cortante equivalente nos extremos de 7000 tf. Foram estimados os esforços solicitantes agindo nas extremidades do modelo a ser avaliado. Os esforços solicitantes foram impostados nas extremidades do modelo por meio de um binário de forças distribuídas aplicadas nos nós das chapas longitudinais: convés, costado, parede do tanque, parede do duplo costado e fundo;

2) Caso b: condição Ambiental, de alquebramento da viga-navio submetida a uma onda senoidal de 7,8m de amplitude, com a condição de carga de óleo a 22,5% (a pior condição encontrada, com fletor máximo de 2580000 m.tf e cortante equivalente nos extremos de 19000 tf);

3) Caso c: condição Ambiental, de tosamento da viga-navio, com a mesma onda senoidal e mesma carga de óleo do Caso a (com fletor máximo de 2826641 m.tf e cortante equivalente nos extremos de 23000 tf);.

Para as análises efetuadas, obtiveram-se valores aceitáveis de tensão na região específica do bojo quinado, validando esta opção para utilização no casco FPSOBR. Na Figura 15, é apresentada a malha do bojo quinado utilizada na análise no Nastran.

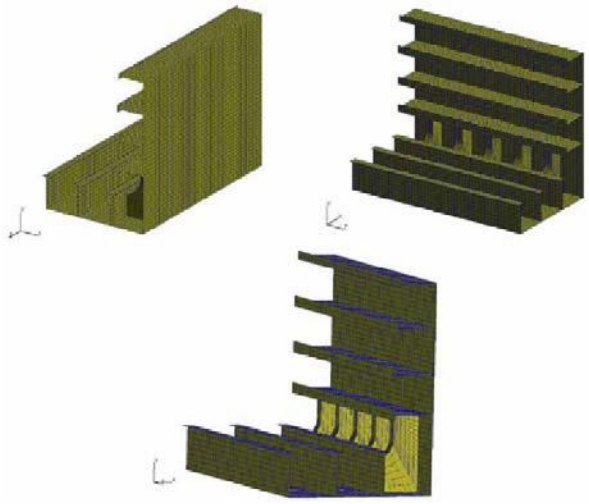


Figura 15 – Malha utilizada no Nastran

ANÁLISE EXPERIMENTAL

Ao fim do dimensionamento do casco, foi construído um modelo em escala reduzida de 1:90 em fibra de vidro. Os ensaios foram realizados no Tanque de Provas do IPT, em São Paulo. O tanque tem um comprimento total de 280 m, largura de 6,6m e profundidade de 4m.

Tabela 2 – Dimensões do modelo em escala reduzida

Calado	GM	Deslocamento	Ixx	Iyy	Izz	LCG	KG
(m)	(m)	(kg)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.121	0.08	209.87	11.53	122.22	138.69	0.05	0.19
0.198	0.06	348.87	16.92	290.82	307.27	0.07	0.17
0.239	0.05	422.87	20.23	336.87	355.05	0.06	0.18
0.3	0.03	534.47	25.47	429.91	444.75	0.11	0.2

Tabela 3– Dimensões do casco

Calado	GM	Deslocamento	Ixx	Iyy	Izz	LCG	KG
(m)	(m)	(kg)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
10.85	7.47	153000000	6.81E+10	7.22E+11	8.19E+11	4.32	17.41
17.85	5.22	254000000	9.99E+10	1.72E+12	1.81E+12	6.03	15.55
21.5	4.5	308000000	1.19E+11	1.99E+12	2.1E+12	4.95	16.16
25	3.12	390000000	1.5E+11	2.54E+12	2.63E+12	10.08	18.3

Figura 16 – Modelo em escala 1:90

A seguir, são apresentadas as curvas experimentais obtidas nos ensaios realizados com modelo em onda regulares e transientes. O modelo estava aproado a 90º. Este foi ensaiado para o carregamento de 20%, 66% e 90%. Os resultados são comparados com as curvas numéricas obtidas da análise já com acoplamento do amortecimento externo estimado.

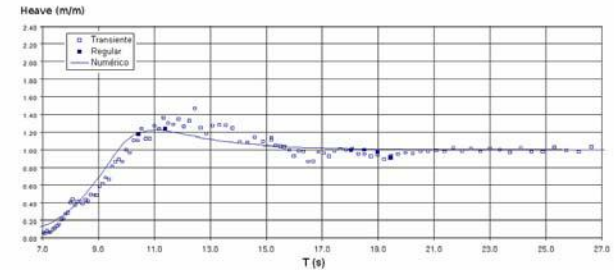


Figura 17 – Heave, aproamento 90º, calado 10.5m(20%)

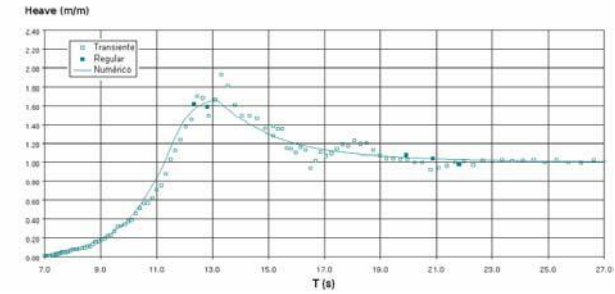


Figura 18 – Heave, aproamento 90º, calado 21.5m(66%)

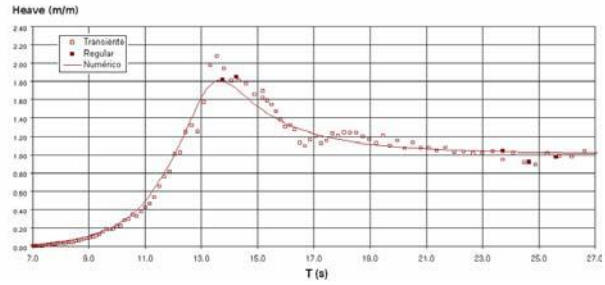


Figura 19 - Heave, aproamento 90º, calado 27m(90%)

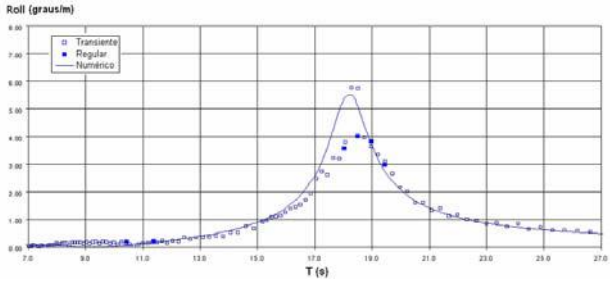


Figura 20 - Roll, aproamento 90º, calado 10.5m(20%)

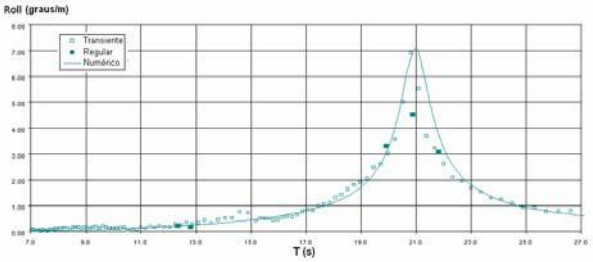


Figura 21 - Roll, aproamento 90º, calado 21.5m(66%)

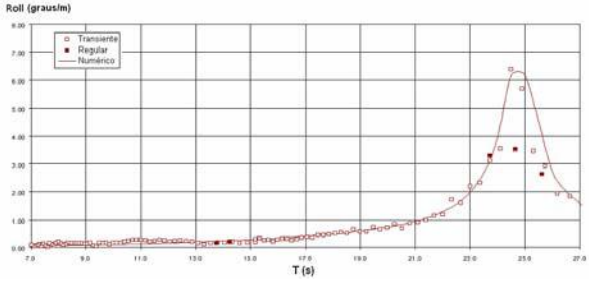


Figura 22 - Roll, aproamento 90º, calado 27m(90%)

CONCLUSÕES

Com os períodos naturais de roll compreendidos entre 18 a 25 segundos, houve uma redução significativa para o movimento angular de roll. O movimento de heave para os diversos carregamentos mostrou-se dentro de uma faixa aceitável. O dimensionamento do casco FPSOBR mostrou que é possível criar um casco otimizado para operar como unidade flutuante de produção de Petróleo, e este se difere em muito dos atuais FPSOs em operação.

REFERÊNCIAS

[1] Lee, C-H and Newman, J.N., "WAMIT 6.2 USER'S MANUAL", Boston, USA, 2004

[2] Tanaka, A Study on The Bilge Keels (Part 4. On the Eddy-making Resistance to the Rolling of a Ship hull), 1960