XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SOLDADURA FLUX CORED ARC WELDING

Alcayaga Rojas, A.

Armada de Chile
aalcayagar@armada.cl

RESUMEN

El acero es uno de los principales materiales que se utiliza en la construcción naval; dentro sus tipos, el acero DH 36, es el utilizado por los Astilleros y Maestranzas de la Armada (ASMAR) para la construcción y reparación de buques que tienen misión de operar en el territorio antártico. Para la unión de este acero se utiliza la soldadura Flux Core Arc Welding (FCAW) 71T1C tubular MIG (Argón – CO2) y como alternativa, soldadura FCAW 71T1C tubular MAG (CO2), manteniendo los mismos principios, variando únicamente la protección. El objetivo del estudio es analizar comparativamente las propiedades mecánicas de la soldadura mencionada, utilizando un proceso combinado MIG o MAG en un acero DH 36, con aplicación en construcción naval. Lo anterior se responde sometiendo los materiales a ensayos mecánicos de tracción, impacto, doblado y dureza; luego de los cuales, al efectuar el análisis comparativo de los datos obtenidos, se logra determinar cuál de las dos protecciones tiene mejores propiedades mecánicas.

Palabras claves: Acero DH 36, Soldadura FCAW 71T1C Mig/Mag, Ensayos mecánicos.

1- INTRODUCCIÓN

El acero DH 36, es el tipo utilizado por la empresa ASMAR para la construcción y reparación de buques que operan en la Antártica, debido a sus características mecánicas que lo hacen más resistentes a temperaturas bajo cero (máximo -20 °C), impactos y deformaciones.

Para la unión del acero DH 36, ya sea con protección MIG o MAG, tiene como finalidad cuidar el metal líquido, evitando que el oxígeno y nitrógeno entren en contacto con el metal durante la unión de las planchas de acero, ya que pueden causar deficiencias, porosidades y pérdida de ductilidad de la soldadura.

De acuerdo a lo anterior, la pregunta de investigación que aborda el presente trabajo es la siguiente: ¿Qué ventajas representan las propiedades mecánicas de la soldadura FCAW 71T1C tubular con protección de MIG respecto a la protección MAG, en un acero DH 36?.

El objetivo de estudio es analizar comparativamente las propiedades mecánicas de la soldadura mencionada, utilizando un proceso combinado MIG o MAG en un acero DH 36, usado en construcción naval.

2- MATERIALES Y MÉTODO

El proyecto se desarrolla en base a ensayos mecánicos tal como ensayo de tracción, Charpy, doblado, dureza y ensayos no destructivos (E.N.D.). Para ejecutar lo anterior, se utilizan diversas probetas de acero DH 36 soldadas con material fundente 71T1C y dos tipos de protección, CO2 y Agamix.

La investigación aplicada desarrollada tiene por finalidad obtener el comportamiento mecánico del material analizado, el cual se representa en una probeta construida con el material mencionado, entregando una orientación del futuro comportamiento del material y parámetros de comportamiento del sólido.

Las probetas para los diferentes ensayos se confeccionan bajo normas “American Society for Testing and Materials” (ASTM**)** por la empresa ASMAR (V), cuyos soldadores se encuentran calificados por la empresa Lloyd’s Register (LR). Para la fabricación de las probetas se realiza la soldadura en posición 4G o de sobre cabeza, con el objeto de quedar certificado bajo todas las condiciones de soldadura. Además, las planchas de acero soldadas son enviadas a la empresa S-Intec para realizar una inspección radiográfica a los materiales, obteniendo resultados satisfactorios, quedando las planchas soldadas en condiciones de ser mecanizadas para realizar la confección de las probetas.

3- RESULTADOS

Posterior a la confección de las probetas, se continua con los diversos ensayos mencionados en los párrafos precedentes, objeto obtener data para efectuar el análisis mecánico.

Ensayo de tracción.

En el ensayo de tracción se utilizaron 24 probetas planas confeccionadas con acero DH 36, de las cuales 12 probetas fueron fabricadas con protección Agamix y 12 con protección CO2. Las probetas de subdimensión fueron diseñadas bajo la norma ASTM E 8. Previo a realizar el ensayo de tracción es necesario marcar la probeta en el centro para distinguir el largo inicial l0 [mm], y el área transversal inicial A0 [mm2].

Los datos obtenidos tras el ensayo de tracción por cada probeta son:

Tabla 1. Datos obtenidos del ensayo de tracción

Medición	Protección CO2 N°1	Protección CO2 N°2	Protección Agamix N°1	Protección Agamix N°2
A0	60 mm2	60 mm2	60 mm2	60 mm2
AF	27,47 mm2	27,30 mm2	20,40 mm2	23,90 mm2
ΔL	11,0384 mm	9,9411 mm	8,7961 mm	10,5111 mm
Esfuerzo fluencia	400 MPa	385 MPa	440 MPa	418 MPa
Carga máx.	562 MPa	501,33 MPa	571,67 MPa	554.67 MPa
% Reducción de área	54,22 %	54,5 %	66 %	60,17 %
% Elongación	11,04 %	9,94 %	8,80 %	10,51 %
Velocidad	2 mm/min	2 mm/min	2 mm/min	2 mm/min

Tras el ensayo de tracción se obtuvieron cortes planos en las probetas, lo que se puede interpretar como una fractura dúctil.

Protección CO2 N°1	Protección CO2 N°2	Protección Agamix N°1	Protección Agamix N°2
			

Figura 2. Resultado de las probetas tras ensayo de tracción.

Con el análisis de los datos obtenidos en el ensayo de tracción se graficaron las siguientes curvas, pertenecientes a las probetas con protección de CO2.

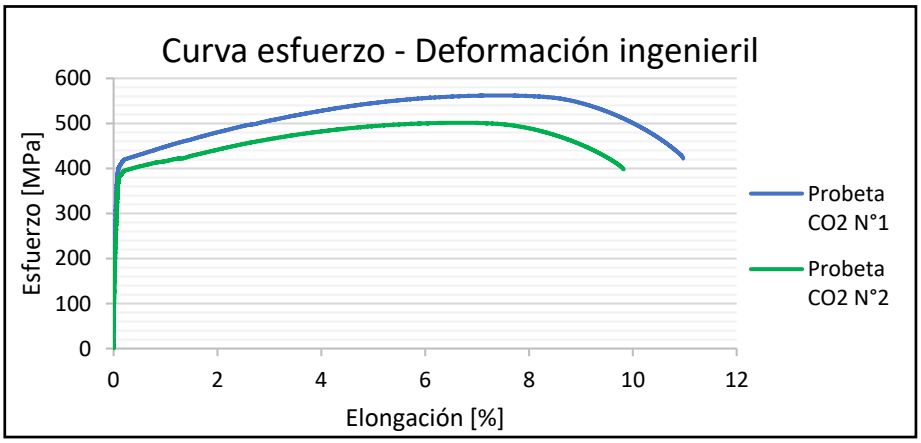


Figura 3. Curva Esfuerzo – Deformación ingenieril probeta de acero DH 36 con protección CO2.

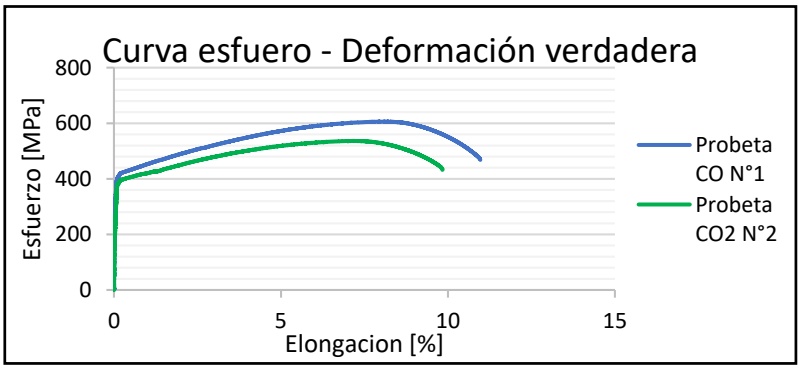


Figura 4. Curva Esfuerzo – Deformación verdadera probeta de acero DH 36 con protección CO2.

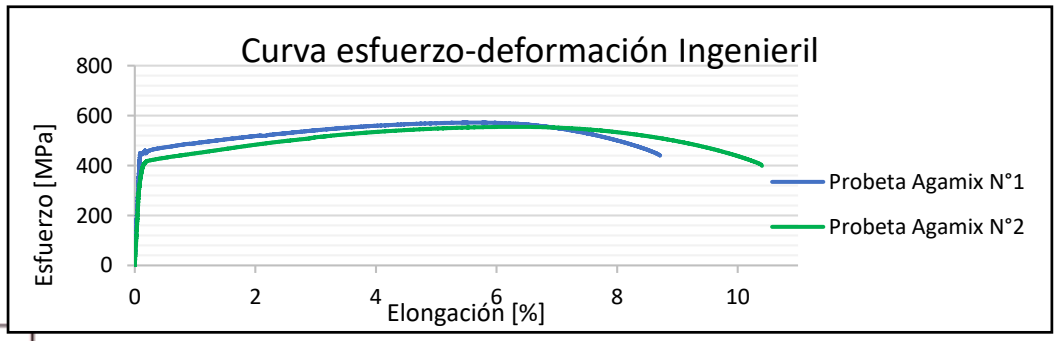


Figura 5. Gráfico esfuerzo deformación ingenieril probeta de acero DH 36 con protección Agamix.

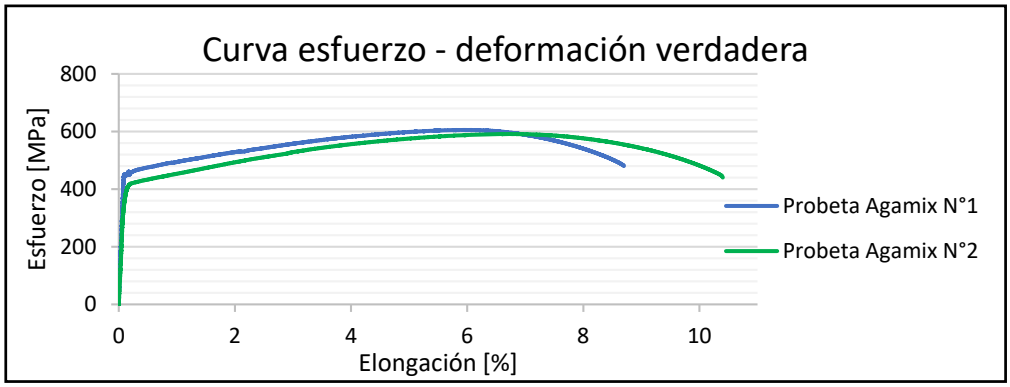


Figura **6.** Gráfico esfuerzo deformación verdadera probeta de acero DH 36 con protección Agamix.

Ensayo de Charpy

En el ensayo de Charpy se utilizaron 12 probetas con protección de CO2 y 12 probetas con protección de Agamix (20% Argón y 80% CO2). Las probetas fueron diseñadas bajo la Norma ASTM E-23, de 10 mm de ancho, 10 mm de alto y 55 mm de largo, con una muesca en V en el centro de la probeta.

Tabla 2. Resultados obtenidos tras ensayo de Charpy

	Protección			
	CO2		**Agamix**	
Temperatura [°C]	**Probeta N° 1 Energía [J]**	**Probeta N° 2 Energía [J]**	**Probeta N° 1 Energía [J]**	**Probeta N° 2 Energía [J]**
- 20	30	32	67	69
- 10	82	95	84	86
- 0	141	138	150	132
10	150	150	150	150
20	150	150	150	150

-20°C	-10°C	0° C	10° C



Figura 7. Resultados ensayo de Charpy entre -20 [°C] y 10 [°C].

Con los resultados de la tabla precedentes, se obtienen los siguientes gráficos:

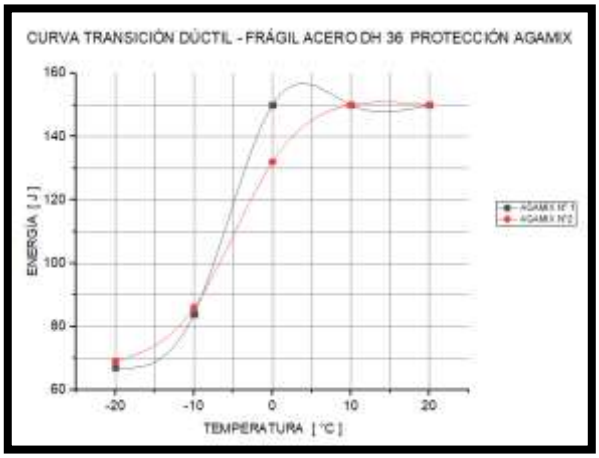


Figura 8. Curva transición dúctil-frágil probeta de acero DH 36 con protección Agamix.

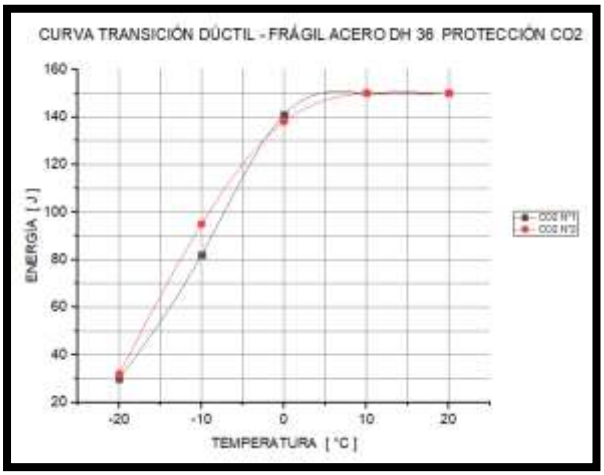


Figura 9. Curva transición dúctil-frágil probeta de acero DH 36 con protección CO_2.

Ensayo de doblado

En el ensayo de doblado se utilizaron 24 probetas, de las cuales 12 probetas son de acero DH 36 con protección de CO2 y 12 probetas de acero DH 36 con protección de Agamix.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Ensayo de doblado probetas con protección CO2.



Ensayo de doblado probetas con protección Agamix.



Figura 10. Resultado ensayo de doblado.

Ensayo de dureza

En el ensayo de dureza se utilizaron 4 probetas, de las cuales 2 pertenecen a la protección Agamix y 2 a protección CO2. **Se** utiliz**ó** un cabezal de medición Rockwell B, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3. Datos obtenidos ensayo de dureza

Probeta N°1 Agamix		Probeta N°2 Agamix		Probeta N°1 CO2		Probeta N°1 CO2	
Distancia [mm]	HRB	Distancia [mm]	HRB	Distancia [mm]	HRB	Distancia [mm]	HRB
0	85	0	84	0	82,2	0	81,1
20	84	20	84,5	20	82,3	20	81,1
40	82,7	40	82,2	40	83,4	40	85
50	90	50	87,7	50	88	50	89
60	81,9	60	84,3	60	83	60	84,1
80	83,1	80	80,5	80	80	80	82
100	81,9	100	80,5	100	80	100	82,4

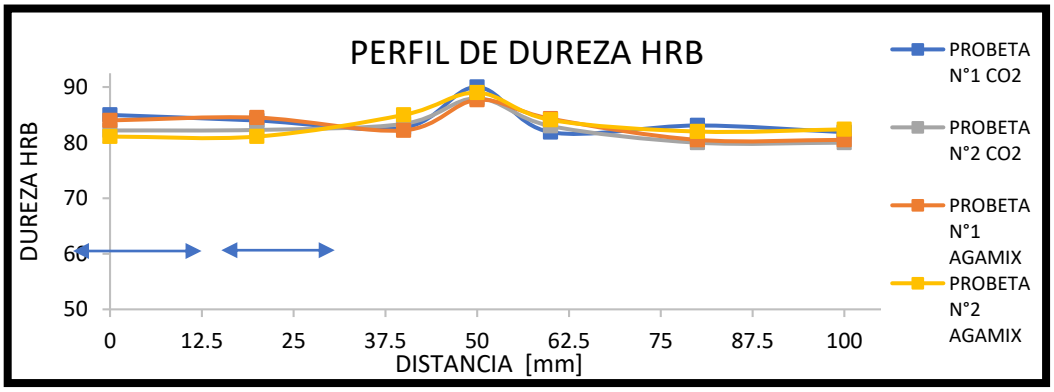


Figura 11. Gráfico de los datos obtenidos en ensayo de dureza.

4- DISCUSIÓN

Tras el ensayo de tracción se obtuvo un comportamiento dentro de los valores esperados de acuerdo con las especificaciones de Lloyd's Register, especialmente en los valores de fluencia, UTS y porcentaje de elongación. Los parámetros obtenidos se representan en la Tabla.

Tabla 4. Resultado general ensayo de tracción

Probetas	**Propiedades**			
	%Ɛ	**% A**		
CO_2 N° 1	27,59	52,22	400 MPa	562 MPa
CO_2 N° 2	24,85	54,50	385 MPa	501,34 MPa
AGAMIX N°1	21,98	66,00	440 MPa	572 MPa
AGAMIX N°2	26,26	60,17	418 MPa	554,67 MPa

Los datos obtenidos en el ensayo de tracción se analizarán de forma promediada entre las probetas de igual protección, comenzando por el análisis del UTS.

Tabla 5. Valor promedio UTS por protección

Protección		
CO_2	531,67 MPa	490 MPa

AGAMIX	563,34 MPa	490 MPa

El esfuerzo de fluencia desarrollado por la soldadura con ambas–protecciones está dentro de los parámetros establecidos por LR, presentando mejor comportamiento mecánico de la soldadura con protección Agamix.

Tabla 6. Valor promedio de por protección

Protección	
CO_2	392,5 MPa
AGAMIX	429,0 MPa

Al analizar los datos obtenidos, los parámetros están dentro de los valores mínimos exigidos por LR. Al comparar las protecciones, la soldadura con protección Agamix tuvo mayor valor UTS, presentó un valor promedio de 563,34 MPa, que representa la máxima tensión alcanzada por el material antes de iniciar la deformación heterogénea y terminar con la estricción del material, debido a la carga monoaxial a la que fue sometido.

Tabla 7. Valor promedio de porcentaje de reducción de área por protección.

Protección	**% A**
CO2	53,36
AGAMIX	63,09

De acuerdo con los valores promedios obtenidos, la probeta con protección de CO_2 tiene menor reducción de área en comparación con la protección Agamix, por lo que representa tener mejor comportamiento posterior al UTS.

Tabla 8. Valor promedio de porcentaje de elongación por protección.

Protección	**% ε**
CO2	26,22
AGAMIX	24.11

El porcentaje de elongación del material es la diferencia entre el largo inicial respecto del final. El acero DH 36 permite un rango elástico mínimo del 21 %, tras lo cual, las probetas soldadas con ambas protecciones entregaron resultados sobre el mínimo en el porcentaje de elongación, siendo la probeta

con protección CO_2 la que tuvo mejor elongación, además los valores obtenidos se pueden analizar como una buena ductilidad.

Además, de los valores obtenidos por la máquina de tracción se logró determinar la tenacidad del material al obtener el área que se forma bajo la curva dúctil-frágil.

Tabla 9. Valores de tenacidad de las diferentes probetas

Tipo de probeta	T [J/m^3]
CO_2 N°1	58,92
CO_2 N°2	47,23
Agamix N°1	47,17
Agamix N°2	54,45

Para analizar los parámetros se deben tomar todos los datos obtenidos y estudiar en conjunto, ya que un parámetro por sí solo puede ser bueno en un aspecto y fallar en otros, considerando que todos los parámetros funcionan de manera sinérgica en el material.

Tabla 10. Resultados finales del ensayo de tracción

Probetas	Propiedades				
	%Ɛ	% A			T [J/m^3]
CO_2 N° 1	27,59	52,22	400 MPa	562 MPa	58,92
CO_2 N° 2	24,85	54,50	385 MPa	501,34 MPa	47,23
AGAMIX N°1	21,98	66,00	440 MPa	572 MPa	47,17
AGAMIX N°2	26,26	60,17	418 MPa	554,67 MPa	54,45

Tras analizar todos los datos obtenidos y graficados, la soldadura con Agamix probeta N°1 presenta mejor desempeño en cuanto a ductilidad, esfuerzo de fluencia y UST.

Al analizar los resultados del ensayo de Charpy, de acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 4.2, del ensayo realizado a – 20 [°C], se puede determinar que el acero DH 36 soldado con la protección Agamix fue capaz de absorber 67 [J] en la probeta N°1 y 69 [J] en la probeta 2, lo cual es superior a lo absorbido, en las mismas condiciones, por las probetas con protección de CO2, ya que la probeta N° 1 absorbió 30 [J] y la probeta N°2 32 [J].

Se puede concluir que el acero DH 36 soldado con protección Agamix es menos frágil que el acero soldado con protección CO2.



Figura 12. Resulta de ensayo de Charpy a -20 [°C].

En el ensayo realizado a -10 [°C], el comportamiento fue similar entre ambas protecciones, absorbiendo la misma cantidad de energía, teniendo ambos tipos de protecciones un comportamiento frágil.



Figura 13. Resulta de ensayo de Charpy a - 10 [°C].

En el caso de los ensayos realizados a partir de los 0 [°C] hasta 20 [°C], ambos grupos de estudio tuvieron un comportamiento similar, presentando pequeñas variaciones de energía absorbida, llegando en todos casos a absorber el máximo de energía disponible por la máquina de Charpy.



Figura 14. Resulta de ensayo de Charpy a 0 [°C].



Figura 15. Resulta de ensayo de Charpy a 10 [°C].

Se concluye que la soldadura del acero DH 36 con ambas protecciones, Agamix y CO_2, cumplen con lo mínimo requerido por Lloyd's Register.

Tabla 11. Resultados finales ensayo de Charpy

	Protección			
	CO_2		**Agamix**	
Temperatura [°C]	**Probeta N° 1 Energía [J]**	**Probeta N° 2 Energía [J]**	**Probeta N° 1 Energía [J]**	**Probeta N° 2 Energía [J]**
- 20	30	32	67	69
- 10	82	95	84	86
- 0	141	138	150	132
10	150	150	150	150
20	150	150	150	150

La soldadura con protección Agamix tuvo mejor comportamiento a -20 [°C], siendo capaz de absorber mayor cantidad de energía a esa temperatura, con lo que demuestra tener un comportamiento menos frágil que la soldadura con protección de CO_2.

Análisis ensayo de doblado

Al analizar los resultados tras el ensayo de doblado, todas las probetas de acero DH 36 con protección CO_2 y Agamix cumplieron con lo esperado, **al no presentar fisuras.**



Figura 16. Resultado ensayo de doblado pieza soldada con protección Agamix.



Figura 17. Resultado ensayo de doblado pieza soldada con protección CO_2.

Análisis ensayo dureza

Al analizar los resultados obtenidos tras el ensayo de dureza, se obtuvo que los mayores índices de dureza HRB se encontraron en el cordón de soldadura, siendo la soldadura con protección de Agamix con el mayor índice.

Tabla 11. Resultado ensayo de dureza

Probeta N°1 Agamix		Probeta N°2 Agamix		Probeta N°1 CO2		Probeta N°1 CO2	
Distancia [mm]	**HRB**	**Distancia [mm]**	**HRB**	**Distancia [mm]**	**HRB**	**Distancia [mm]**	**HRB**
0	85	0	84	0	82,2	0	81,1
20	84	20	84,5	20	82,3	20	81,1
40	82,7	40	82,2	40	83,4	40	85
50	90	50	87,7	50	88	50	89
60	81,9	60	84,3	60	83	60	84,1
80	83,1	80	80,5	80	80	80	82
100	81,9	100	80,5	100	80	100	82,4

Tras realizar el ensayo de dureza, se logró obtener el mayor índice de dureza en el cordón de soldadura desde 87,7 HRB hasta 90 HRB, donde las probetas de Agamix tuvieron mayor índice de dureza y por el contrario las probetas de CO_2 tuvieron el menor índice de dureza.

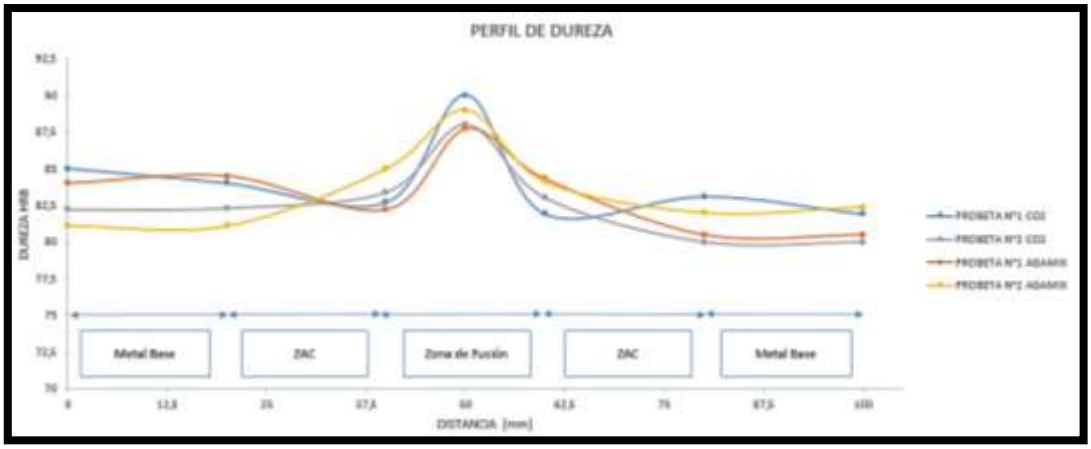


Figura 18. Gráfico de dureza.

5- CONCLUSIONES

Tras realizar los diferentes ensayos descritos en el presente estudio se puede determinar lo siguiente:

En el ensayo de tracción se determinó el comportamiento mecánico que tuvieron las probetas normalizadas al ser expuestas a una carga monoaxial, obteniéndose datos como el esfuerzo de fluencia máximo, UTS, porcentaje de reducción de área y elongación. Todas las probetas sometidas al ensayo de tracción tuvieron una fractura dúctil, siendo las probetas con protección de Agamix las que tuvieron mejores resultados en comparación con la protección CO_2, teniendo mejor UTS (563,34 MPa), límite de fluencia (429 MPa) y reducción de área (63,09 %). Por otra parte, las probetas con protección de CO_2, tuvieron mejores resultados en el porcentaje de elongación con un 26,22 %. Las probetas con ambos tipos de protecciones se encontraron sobre los valores mínimos aceptados por la norma ASTM y LR.

El comportamiento que tuvieron las probetas, ya sea con protección de Agamix o CO_2, tuvieron un comportamiento esperado para los aceros de alta resistencia, alcanzando y sobrepasando los valores mínimos impuestos por LR y ASTM.

En el ensayo de impacto se puede determinar la curva dúctil-frágil de las probetas entre -20 [°C] y 20 [°C] con ambas protecciones, obteniendo grandes diferencias en el ensayo realizado a – 20 [°C], donde la probeta

soldada con protección de Agamix tuvo mejor comportamiento al absorber el doble de energía que con protección de CO_2. Al realizar el ensayo en las otras temperaturas mencionadas las probetas con ambas protecciones presentaron un comportamiento similar, absorbiendo cantidades de energía concordantes.

Todas las probetas, independiente del tipo de protección, cumplieron absorbiendo la energía mínima requerida por LR para el uso de aceros de alta resistencia y con los estándares exigidos para la construcción de buques.

En el ensayo de doblado se logró determinar el comportamiento de la soldadura con ambas protecciones ante el doblez de la probeta, obteniendo en todo un comportamiento similar, no se encontraron fisuras ni fracturas en la unión soldada tras la comprobación visual y en el ensayo con tintas penetrantes.

Tras realizar los ensayos mecánicos de tracción, impacto y doblado, y analizar el comportamiento del material soldado, se puede dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Qué ventajas representan las propiedades mecánicas de la soldadura FCAW 71T1C tubular con protección de MIG respecto a la protección MAG, en un acero DH 36? Se concluye que la protección MIG tiene mejores propiedades mecánicas basado en los ensayos realizados en el presente trabajo, y que la protección MAG es una alternativa viable y con menor costo para efectuar el proceso de soldadura debido a que cumple con los requisitos establecidos por la casa clasificadora Lloyd's Register para la construcción de buques.

6- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. Askeland, D., Ciencia e ingeniería de materiales, 7a Edición, Cengage Learning, USA., 2016, pp 117-187-188-196-198-271.
2. Horwitz, H., Soldadura aplicaciones y práctica, 7a edición, Alfaomega, México, 2002, pp 515.
3. Norma ASTM E-8, Standard test methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials, ASTM Standards.
4. Norma ASTM E-23, Standard Test Methods for Notches Bar Impact Testing of Metallic Materials, ASTM Standards.
5. ASTM E-290.
6. Norma ASTM E-131, Standard specification for structural Steel for ships, ASTM Standards.
7. Rules for the Manufacture Testing and Certification of Materials, Lloyd's Register, 2018.
8. Centro de conocimiento ESAB, Proceso de soldadura FCAW – alambre tubular relleno de fundente. Obtenido de: http://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/
9. Proceso-soldadura-fcaw-alambre-tubular-relleno-de-fundente-definiciones-del-proceso.cfm

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

DEFECTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN DE BUQUES MEDIANTE VIBRACIONES EMPLEANDO ACELERÓMETROS

[1]Fernández Ruiz A., [2]Pérez Rivero E., [3]Morales Mantilla A.
[1, 2,3] Centro de Investigación y Desarrollo Naval
[1]Filiación 1981, [2]Filiación 1365, [3]Filiación 1979
afdezruiz92@gmail.com

RESUMEN

La presencia de vibraciones en las embarcaciones es causada por factores asociados a desperfectos en máquinas y sistemas. Una forma de determinar sus causas sería analizar sus características, es por ello que en la industria, el transporte y otras muchas esferas de la producción, las vibraciones son empleadas como método predictivo por parte de los equipos de técnicos e ingenieros de mantenimiento. Luego de un proceso de realineación efectuado a un buque auxiliar perteneciente a la empresa Prácticos de Cuba, la tripulación manifestó que las máquinas perdían potencia y se percibían vibraciones anormales, los tripulantes las asociaban a problemas de alineación. Se demandó estudiar el fenómeno y para ello era necesario un equipo de medición de vibraciones, los cuales se pueden adquirir en el extranjero a un precio relativamente asequible pero en un considerable tiempo de arribo. Se empleó un acelerómetro como instrumento de medición y se desarrolló un método para procesar las aceleraciones y obtener los valores de amplitud y velocidad característicos de las vibraciones presentes en el cuarto de máquinas con los que comparar contra las normas. Para el procesamiento, luego de las mediciones, se emplearon técnicas propias del tratamiento digital de señales, en particular la Transformada Rápida de Fourier con la ayuda del programa Matlab y mediante las ecuaciones clásicas que definen los fenómenos vibratorios se determinó los parámetros necesarios para dictaminar si son aceptables las cargas vibratorias presentes en la embarcación.

Palabras claves: Vibraciones, procesamiento de señales, valores RMS de amplitud y velocidad.

1- INTRODUCCIÓN

Una vibración se puede considerar como un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio. En la construcción naval, es un tema de gran connotación no solo por lo que significa a nivel de percepción física y/o auditiva, sino además por ser la respuesta concreta y real del estado técnico de las máquinas. Las vibraciones siempre estarán presentes en las máquinas, por lo que se busca mantenerlas dentro de rangos aceptables. [1]

Las máquinas son las principales generadoras de vibraciones porque aportan un gran número de modos de vibración debido a la cantidad de mecanismos que las componen, también las hélices; debido al mal contrapesado y a otros fenómenos asociados a la interacción de estas con el agua, y otras causas y fuentes son: las desalineaciones de la línea de eje, las plantas generadoras de corriente, e incluso los propios efectos del mar. Analizando las frecuencias de los diferentes modos de vibraciones se puede discernir entre el amplio espectro los más energéticos que se transmiten a través de las estructuras del barco, por ello en la industria naval se emplean equipos de medición de vibraciones especializados en este tipo de análisis que simplifican significativamente el trabajo de los técnicos e ingenieros. [2]

En nuestro Centro no contamos con este tipo de equipamientos por lo que decidimos emplear como instrumento de medición una Unidad de Medición Inercial (IMU), la cual está compuesta; entre otros sensores, por tres acelerómetros orientados para medir la aceleración por cada uno de los tres ejes de coordenadas. Se trabajó con la IMU MTi-300, ver figura 1, que ha sido empleada con anterioridad en pruebas en bancos de ensayo de vibraciones.



Figura 1. Unidades de Medición Inercial IMU MTi-300.

Este instrumento, a través del software MT Manager, permite registrar de forma gráfica (Figura 2) y tabulada los valores de aceleración medidos con una frecuencia de muestreo de 2000 Hz; valor máximo programable en este instrumento y necesario para poder cuantificar vibraciones con frecuencias de hasta 1000 Hz.

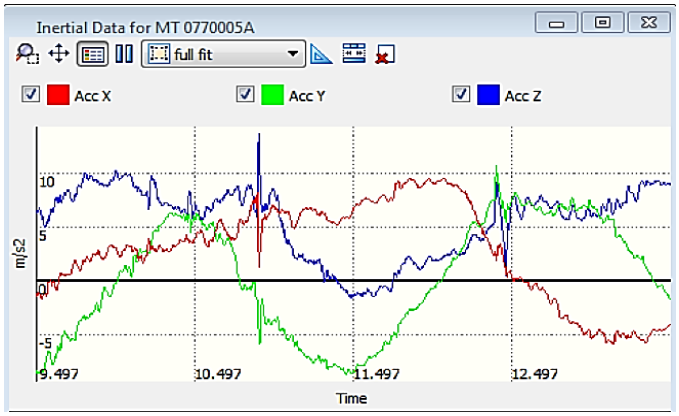


Figura 2. Interfaz gráfica del software MT Manager. Gráfico de aceleraciones.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Método de procesamiento.

Las características más importantes de las vibraciones son: la frecuencia de la onda sinusoidal, el desplazamiento, la velocidad y la aceleración, pero debido a que en los cuartos de máquinas trabajan simultáneamente múltiples máquinas, mecanismos y partes, cada uno de ellos moviéndose periódicamente en diferentes direcciones e intervalos de tiempos, no se puede hablar de un único valor de frecuencia, desplazamiento, velocidad y aceleración sino de un espectro de vibraciones que varían aleatoriamente en el tiempo característico de señales ruidosas. [3] Para el procesamiento se exportaron las datas registradas por el MT Manager hacia el Excel, donde se eliminaron los valores innecesarios como la velocidad angular, datos asociados al campo magnético, orientación y otros que entrega la IMU, para solo quedarnos con las aceleraciones respectivas a cada eje. Se reduce el tamaño de la trama a cinco segundos de medición que debido a la elevada frecuencia de

muestreo; igual a 2000 Hz, guarda datos cada 0.5 milisegundos tomando un total de 10000 valores de aceleración por cada eje, ver figura 3.

Estas hojas de cálculo se importaron en Matlab y luego de acomodar los datos al nuevo lenguaje, se le aplicó a cada señal de aceleración la Transformada de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés). Esta es un conjunto de operaciones matemáticas que transforma una señal que está en el dominio del tiempo al dominio de frecuencia y viceversa.

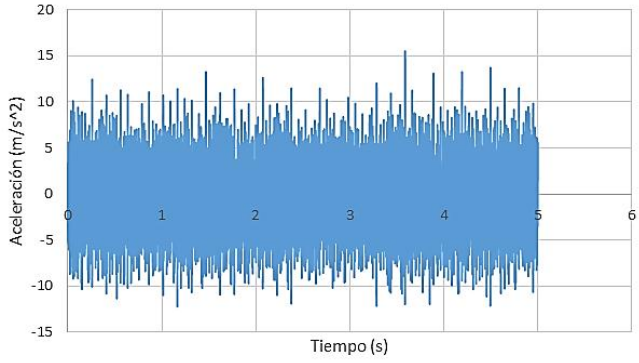


Figura 3. Gráfico de aceleraciones medidas en los primeros cinco segundos.

De esta forma se puede conocer los modos de vibración más peligrosos y analizando sus valores de amplitud y frecuencia se puede determinar la fuente que lo genera y corregir el causante. Al aplicarla se pierde información respecto a aquellos modos de vibración cuyas frecuencias sean mayores que la mitad de la frecuencia de muestreo, en nuestro caso igual a 2000 Hz. Por ende las fuentes excitadoras cuyas frecuencias superen o se aproximen a 1000 Hz no serán contempladas o lo serán pero con baja fiabilidad, lo cual no resulta un inconveniente para nuestro trabajo ya que la frecuencia de las máquinas en regímenes de trabajo normales, se encuentran por debajo de estos valores alcanzando picos de aceleración con valores apreciables para frecuencias inferiores a los 750 Hz, esto se evidencia en los gráficos de aceleración contra frecuencia de las pruebas realizadas de los que; a continuación ponemos un ejemplo:

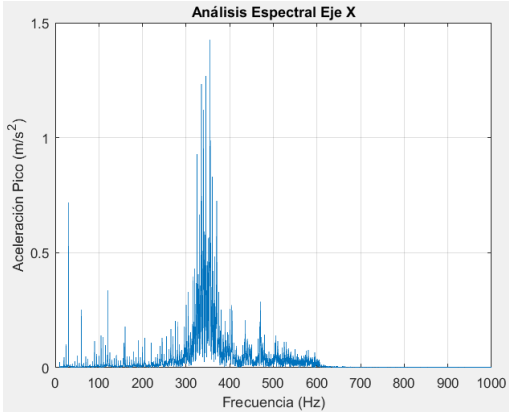


Figura 4. Gráfico de aceleración contra frecuencia.

Una vez obtenido el espectro de frecuencia y sus correspondientes aceleraciones pico fue necesario calcular los valores de velocidad RMS y desplazamiento RMS de cada una de sus componentes, ya que son estos valores los referenciados en las normas con las que se trabajó. El valor RMS de una señal cualquiera se corresponde al valor constante que contendría la misma energía que posee la onda sinusoidal, expresado matemáticamente es la raíz cuadrada del valor medio cuadrático de la señal y para nuestro caso, que se puede descomponer la señal en la suma de varias ondas sinusoidales, se simplifica al valor pico de la señal entre la raíz cuadrada de dos, según se muestra en las siguientes expresiones:

$$A_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} \left(Asen(wt + \varphi)\right)^2 dt} = \frac{A}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

Donde:

A_{RMS}: valor RMS de la amplitud

t: instante de tiempo

A: amplitud de la señal

w: frecuencia angular

φ: fase

La expresión matemática que describe el movimiento oscilatorio, específicamente la posición, de una partícula o cuerpo vibrando es:

$$x(t) = Xsen(wt + \varphi) \quad (2)$$

Donde:

x: posición en un determinado instante de tiempo

X: amplitud máxima del desplazamiento

Derivando obtenemos la ecuación que define su velocidad (ec.3) y derivando esta última obtenemos la correspondiente a la aceleración (ec.4).

$$\frac{d_x}{d_t} = v(t) = wXcos(wt + \varphi) \quad (3)$$

$$\frac{d^2{}_x}{d_t^2} = a(t) = -w\text{^}2\ Xsen(wt + \varphi) \quad (4)$$

Donde:

v : velocidad en un instante de tiempo dado

a: aceleración en un determinado instante de tiempo

En la expresión tres el valor correspondiente al producto de la frecuencia angular y la amplitud del desplazamiento equivale al valor de la máxima velocidad (ec.5) que alcanza el cuerpo o la partícula (V). Lo mismo ocurre en la expresión cuatro, pero esta vez como resultado del producto de la frecuencia angular al cuadrado y la amplitud del desplazamiento, que equivale a la aceleración máxima (A), reflejada en la ecuación 6.

$$V = wX \quad (5)$$

$$A = w^2X \quad (6)$$

Conociendo que la frecuencia angular es igual a dos veces la frecuencia por el valor de la constante Pi y sustituyendo en las ecuaciones (5) y (6), obtenemos las expresiones para el cálculo de velocidad y aceleración máximas en función de la frecuencia. Teniendo los valores de aceleración y sus respectivas frecuencias obtenidas mediante la FFT (ver gráfico de la figura 4), podemos obtener los desplazamientos máximos y velocidades máximas despejando de las ecuaciones cinco y seis, que acomodando convenientemente nos quedarían ajustados a valores RMS y en las unidades de medidas requeridas para comparar contra la norma.

$$X_{RMS} = \frac{10^{-6}A}{4\pi^2 f^2\sqrt{2}} \ [\mu m] \tag{7}$$

$$V_{RMS} = \frac{10^{-3}A}{2\pi f\sqrt{2}} \ \left[\frac{mm}{s}\right] \tag{8}$$

Estos procedimientos se aplicaron para las tres series de datos correspondientes a la medición de las aceleraciones de cada eje de coordenada en cada una de las maniobras realizadas. Obteniéndose finalmente un gráfico de aceleraciones pico, velocidades y desplazamientos RMS como se muestra en la figura 5.

Estas figuras son útiles para analizar las frecuencias más perjudiciales y definir las fuentes excitadoras porque muestra todo el espectro de frecuencias pero para contrastar con las normas resulta engorroso por ello como paso final se seleccionó el mayor valor de cada magnitud por eje ya que este resultará el más dañino de todo el espectro, junto con su correspondiente valor de frecuencia. [4]

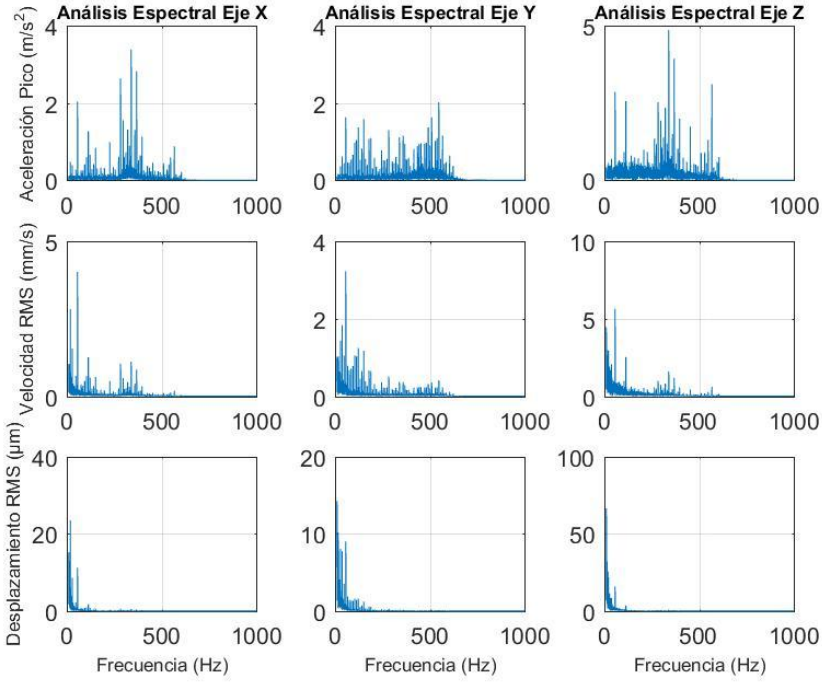


Figura 5. Análisis espectral de las mediciones por cada uno de los tres ejes.

Normas consultadas.

Durante la búsqueda bibliográfica se consultaron varias normas que abordan el fenómeno desde distintos puntos de vista, uno de ellos es el impacto de las vibraciones en detrimento de la habitabilidad de la embarcación, asociado al confort requerido en cuanto a la acústica y la sensibilidad mediante el sentido del tacto. Estas normas son empleadas en buques de pasajeros y recreativos y en embarcaciones donde la tripulación convive durante largos períodos de tiempo a bordo, en nuestro caso, el cual no se enmarca en ninguna de las categorías anteriormente mencionadas, requiere de menores estándares de confort, sin restarle importancia pues pudiera incluso causar problemas de salud y desempeño de los tripulantes. Otro grupo de normas regulan las vibraciones pero atendiendo al buen funcionamiento de las máquinas, en aras de evitar desperfectos y roturas de las mismas. La norma ISO 6954 ofrece las bases para la realización de

mediciones en zonas habitables de barcos; se refiere a cómo realizarlas, la localización y orientación de los transductores, además de las condiciones y procedimiento de medición establece rangos para la evaluación de resultados. [5] La ISO 2372 es una norma para maquinaria rotativa operando desde 600 hasta 12000 rpm. Especifica niveles de velocidad general de vibración en lugar de niveles espectrales, resultados que pueden ser algo engañosos. La norma específica los límites de velocidad de vibración basándose en los caballos de vapor de la máquina y cubre un rango de frecuencias desde 10 Hz hasta 1000 Hz. Debido al rango limitado de alta frecuencia, se puede fácilmente dejar pasar problemas de rodamientos con elementos rodantes. [6] Esta norma está considerada actualmente obsoleta siendo reemplazada por la actual ISO 10816 e ISO 4867. La norma ISO 4867 resulta más completa que la anterior, aunque no contiene la influencia de las vibraciones o ruido en espacios destinados a pasajeros, es decir a nivel de percepción. Contempla los parámetros a medir y los lugares dónde realizar las mediciones además de los aspectos a referir en el reporte. [7] La norma ISO 10816 brinda las guías para la evaluación de la severidad de las vibraciones medidas en apoyos, montajes o soportes de máquinas industriales. Consta de seis partes, asociadas cada una a diferentes tipos de máquinas con características de trabajo distintas. Esta al ser la que más se ajusta a los motores de la lancha, específicamente en su parte tres, fue la que empleamos como patrón y en ella se establecen zonas límites para las velocidades y el desplazamiento. [8]

Preparación de la prueba.

La primera solicitud para realizar una prueba de este tipo, fue generada a raíz del criterio emitido por la tripulación de la embarcación, quienes manifestaban vibraciones anómalas durante la ejecución de la maniobra de máquina babor atrás, a diferencia de la misma maniobra pero con la máquina de estribor. La prueba se concibió de tal forma que se midieron las aceleraciones en cada una de las máquinas por separado y en los mismos regímenes de trabajo, no se ejecutó mar adentro sino en el interior de la bahía del Mariel, los regímenes que se analizaron fueron: marcha libre,

marcha atrás a 600 rpm, marcha adelante a 600 rpm, a 700 rpm, a 900 rpm, a 1000 rpm y a 1200 rpm.

La IMU se colocó entre las tuercas de fijación de uno de los calzos de la caja reductora (ver figura 6) empleando un angular de seis milímetros garantizando una fijación rígida. La orientación de la misma aunque no fue una exigencia que nos impusimos quedó colocada coincidiendo en dirección el eje Y de la IMU con la línea de crujía de la embarcación y el eje Z con el vector gravedad, según se aprecia en la figura 7.



Figura 6. Punto de fijación de la IMU.

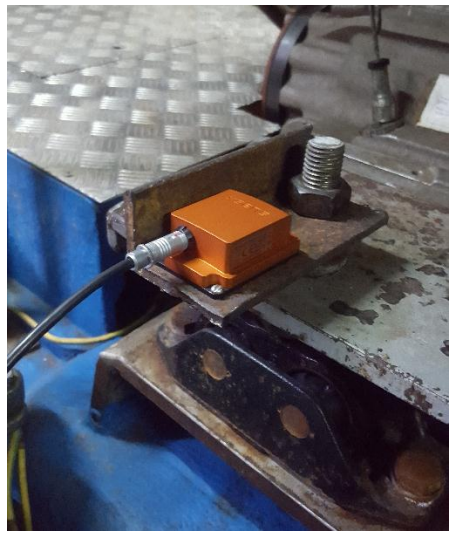


Figura 7. Orientación de la IMU.

Las mediciones se registraron una vez que se logró la estabilidad en cada uno de los regímenes, esperando un tiempo prudente entre el cambio de régimen y el inicio de la grabación de los datos medidos.

3- RESULTADOS

Del procesamiento de la información se obtuvieron los valores máximos RMS de velocidad y desplazamiento para cada régimen medido.

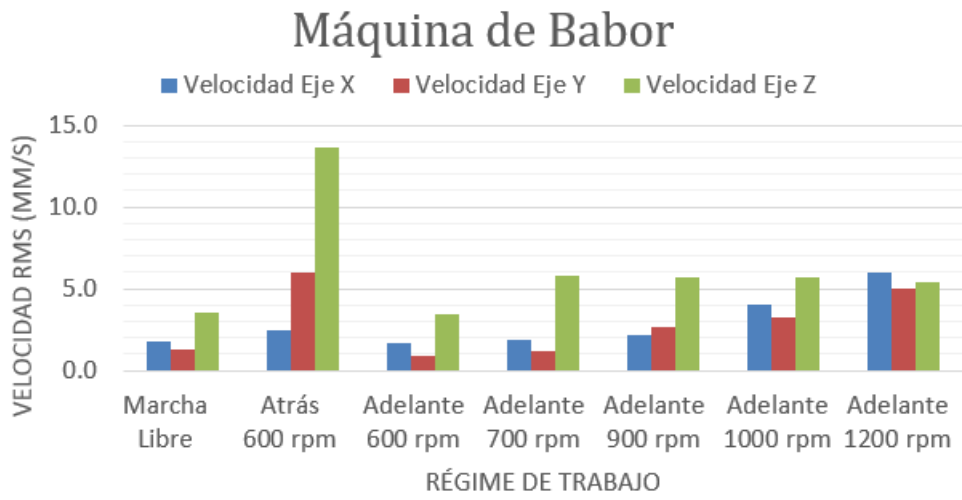


Figura 8. Gráfico de velocidades RMS máximas detectadas en cada régimen.

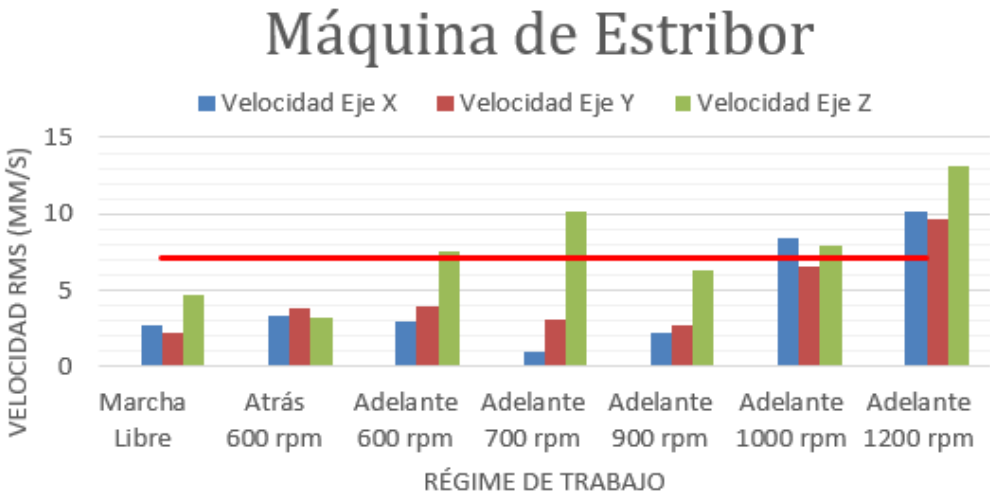


Figura 9. Gráfico de velocidades RMS máximas detectadas en cada régimen.

En el caso de los desplazamientos estos fueron los resultados de las mediciones:

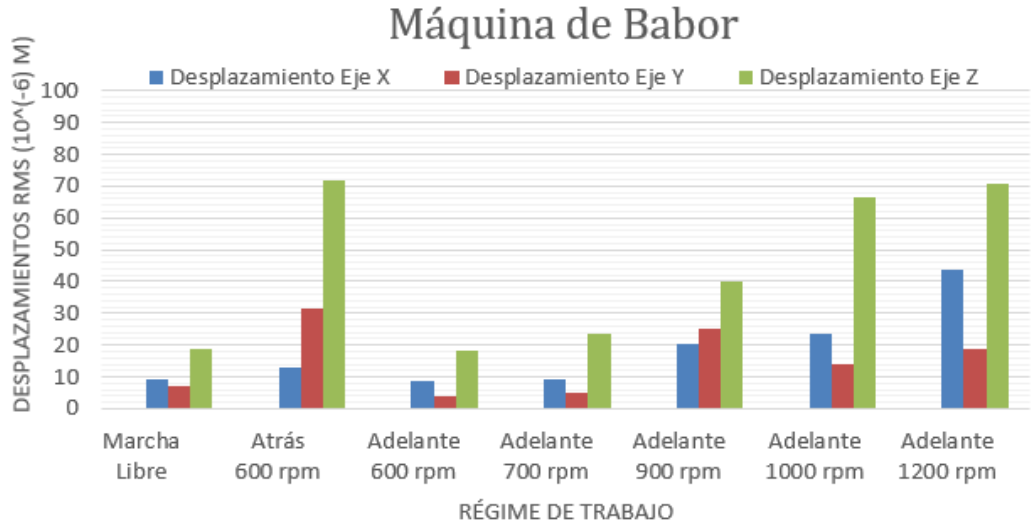


Figura 10. Gráfico de desplazamientos RMS máximos.

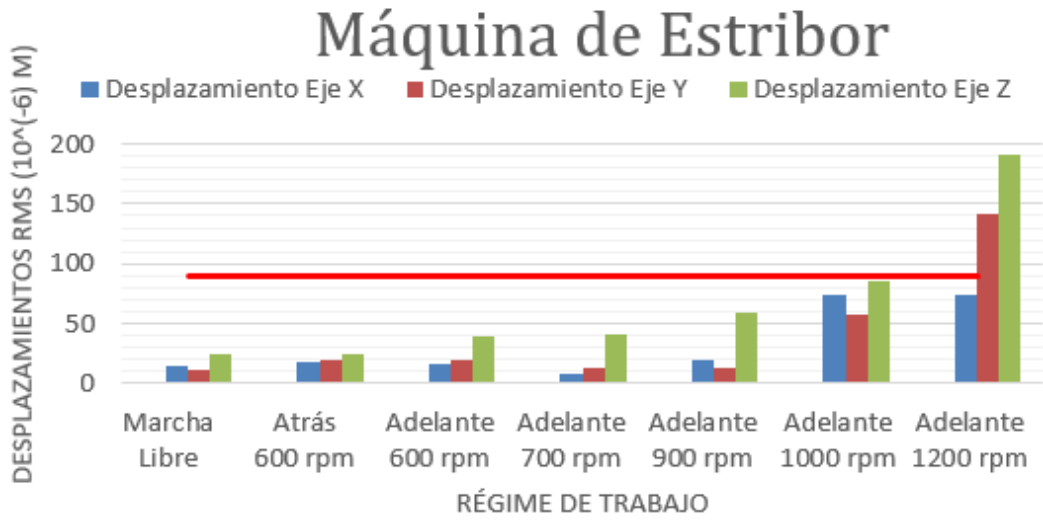


Figura 11. Gráfico de desplazamientos RMS máximos.

4- DISCUSIÓN

Analizado el gráfico de la figura 8 se aprecia que en todos los regímenes de trabajo ejecutados en la prueba, las vibraciones medidas alcanzan valores inferiores a los 7.1 mm/s (Aceptable), excepto para el régimen de máquina atrás donde por el eje Z llega a alcanzar 13.7 mm/s excediendo los 11 mm/s de velocidad, por lo que se enmarca en la Zona D según la norma con criterio de PELIGROSO para el funcionamiento. A diferencia de la máquina de estribor la cual para este régimen solo llega a censar 3.8 mm/s por el eje Y (ver figura 9), valor considerado ACEPTABLE y próximo al criterio de BUENO. Los resultados obtenidos para la maniobra de máquina atrás en babor y estribor evidencian, que tal y como expresaban los tripulantes, la máquina de babor presenta problemas manifestados a través de las vibraciones. Durante la instalación de la IMU se detectó que una de las tuercas de fijación del calzo se encontraba mal ajustada y tras su apriete cesaron las vibraciones, quedando conformes los tripulantes.

Observando el gráfico de la figura 9 se aprecia que en la máquina de estribor se registran valores INSATISFACTORIOS para los regímenes de máquina adelante a 600, 700 y 1000 rpm y en el caso de máquina adelante a 1200 rpm llega a superar los 11 mm/s de velocidad por lo que se considera PELIGROSO para el funcionamiento. Para determinar las causas que la generan se deberá realizar un estudio más profundo sobre las diferentes partes que componen el sistema propulsivo específicamente las correspondientes a la banda de estribor.

Como se puede apreciar en el gráfico de la figura 1, para la máquina de babor ninguno de los valores de desplazamiento supera los 90 µm por lo que se puede afirmar que teniendo en cuenta lo establecido por la norma para el caso de los desplazamientos, la máquina de babor no presenta problemas. A diferencia de la máquina de estribor la cual para el régimen de trabajo a 1200 rpm registra desplazamientos por los ejes Y y Z superiores a los 140 µm ubicándose en la zona de PELIGRO, al igual que sucedió con las velocidades, lo cual evidencia un problema de funcionamiento de alguno de sus elementos a esta frecuencia de trabajo.

5-CONCLUSIONES

- El método empleado para la medición arroja valores lógicos que demuestran la factibilidad de su empleo, lo que permitió el cumplimiento de los objetivos propuestos.
- Se detectaron vibraciones fuera de parámetros en la máquina de babor en el régimen de marcha atrás según referían los tripulantes, fue corregido el problema que las causaba y la tripulación quedó conforme con el desempeño de la embarcación.
- En la máquina de estribor a 1200 rpm se registraron velocidades y desplazamientos con criterio; según la norma, de PELIGROSO para el funcionamiento.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Diagnóstico por vibraciones en motores de combustión interna. Facultad de Ingeniería Mecánica. ISPJAE. La Habana, Cuba. 2014.
2. Estudio de las vibraciones de un buque en la etapa de diseño. Diplomatura en Máquinas Navales.
3. Mantenimiento predictivo de motores Diésel marinos mediante correlación de imágenes termográficas y análisis de vibraciones. Monografía. Universidad Tecnológica de Bolivar. Cartagena de India. Venezuela. 2018
4. Medición y análisis de vibraciones en el sistema propulsivo naval. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Chile. 2019.
5. Norma ISO 6954: Vibraciones mecánicas. Directrices para la medición, reporte y evaluación de habitabilidad para barcos de pasajeros y mercantes.
6. Norma ISO 2372: Guía para la aceptación de la amplitud de vibración.
7. Norma ISO 4867: Código para la ejecución de mediciones vibracionales a bordo de buques y presentación de resultados.
8. Norma ISO 10816: Evaluación de máquinas. Vibraciones y medición de partes no rotativas.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

MÉTODO DE DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE SENSORES ACÚSTICOS APLICADOS A LA TECNOLOGÍA SUBACÚATICA

González Zamora, C.[1], González Hurtado, A.[2], Calderón Álvarez, A.F.[3]

[1, 2, 3,] Centro de Investigación y Desarrollo Naval
[1]e-mail: cid5@reduim.cu

RESUMEN

El trabajo describe las experiencias en el diseño y la caracterización de sensores acústicos que emplean cerámicas piezoeléctricas como elemento sensible y un soporte mecánico de acuerdo a las funciones que realizan. Se muestra el método empleado para lograr el cálculo teórico, obtención del modelo aproximado y la simulación de su respuesta por método de elementos finitos. Finalmente se realiza la caracterización eléctrica con análisis Bode y la caracterización acústica en el aire y en el agua en tanque de experimentación, observándose la correspondencia de los resultados teóricos con los resultados reales obtenidos después de construido. Este trabajo posee gran novedad y aplicación en los sistemas acústicos de aplicación en tecnología submarina.

Palabras claves: Métodos de diseño, sensores acústicos, tecnología submarina.

SUMMARY

The job describes the experiences in the design and the characterization of acoustic sensors that they use piezoelectric ceramics like sore element and they use a mechanical support according to the shows that realize. The employed procedure to achieve the theoretic calculation, obtaining of the approximate model and the simulation of his answer for finite-element method is shown. Finally accomplishes him the electric characterization with analysis Bode and the acoustic characterization on the air and in the water in tank of experimentation, observing the correspondence of the theoretic results with the real results gotten after out of constructed. This work has great new thing and application at the acoustic systems of application in submarine technology.

Key words: Designing methods, acoustic sensors, submarine technology.

1- INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ímpetu de la actividad naval en casi todas las esferas de la ciencia, la economía y la defensa han permitido un vertiginoso desarrollo de la tecnología en función de dar solución a las disimiles tareas planteadas.

Un lugar primordial se ha dedicado al empleo de una amplia variedad de sensores y transductores implementados en diferentes equipos como ecosondas, sonares, medios de comunicaciones submarinas y de posicionamiento, etc., los cuales basan su funcionamiento en los principios de la propagación de las ondas sonoras en el mar para la obtención de la información necesaria para el cumplimiento de sus tareas.

Los sensores acústicos independientes o dispuestos en arreglo de antenas constituyen la interfase entre el medio circundante donde se propaga la energía acústica y los dispositivos necesarios para la recepción o transmisión de la información. Es apreciable que en todos los países productores de tecnología subacuática se emplean sensores acústicos que en su mayoría basan su funcionamiento en los principios físicos piezoeléctrico o magnetoestrictivo [1, 2, 4].

Los sensores acústicos piezoeléctricos han sido los de mayor empleo por su versatilidad y de forma general representan un sistema oscilante destinado para la emisión, recepción o ambas, de señales acústicas en el medio acuoso.

En lo adelante se realiza la descripción del método para los sensores acústicos receptores, piezoeléctricos con estructura del sistema oscilante de láminas flexibles.

Contar con las herramientas teóricas, la instrumentación y plataformas experimentales nos permite lograr una independencia tecnológica y poder satisfacer las exigencias de diseño y caracterización de sensores acústicos producidos en el país, principal aporte del método propuesto del cual se exponen a continuación la secuencia de las diferentes etapas de su desarrollo así como los procedimientos descriptivos de su contenido.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Método para el diseño y evaluación de sensores acústicos flexibles piezoeléctricos

El desarrollo del método para el diseño y evaluación de sensores acústicos, parte de una etapa teórica donde se calculan sus dimensiones y diseñan sus partes componentes por método analítico para lograr el diseño teórico y a partir de este desarrollar la simulación de su funcionamiento por el método de elementos finitos. Posteriormente se desarrolla la etapa experimental que incluye los procedimientos, las técnicas e instrumentos para la fabricación del sensor y el desarrollo de ensayos de laboratorio para la caracterización de sus parámetros técnicos. Ver figura 1.

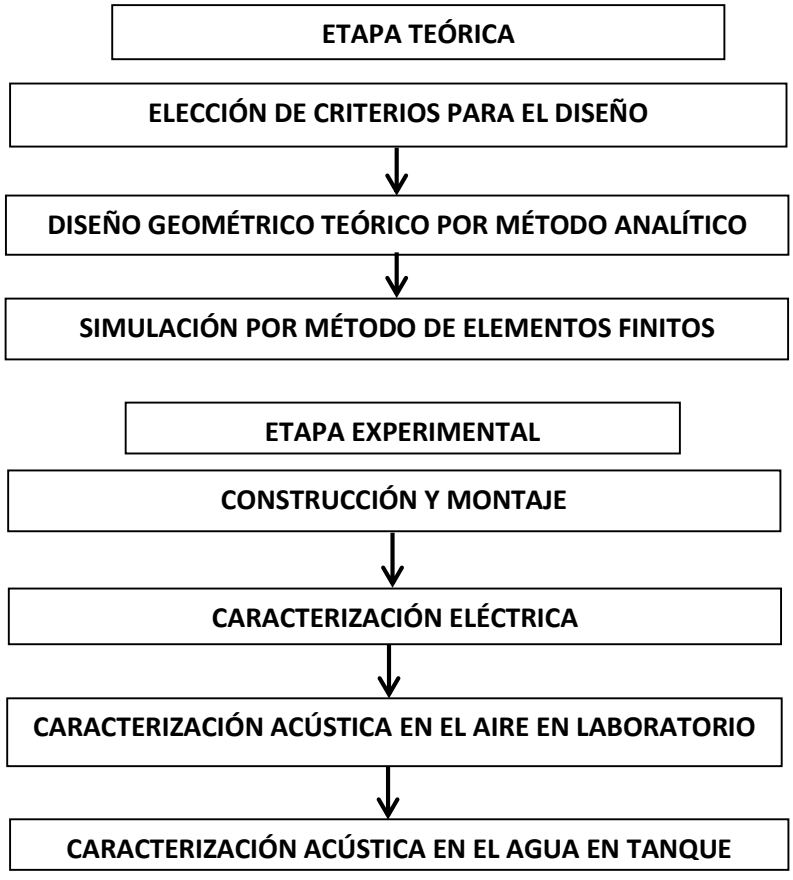


Figura 1. Etapas generales del método.

En la etapa teórica del método el objetivo fundamental es obtener el diseño de las partes componentes del sensor a partir de los criterios escogidos como datos iniciales y exigencias a cumplir en el diseño, empleando para ello el método analítico inicialmente y posteriormente el método numérico de elementos finitos.

La etapa experimental tiene como objetivo central evaluar el funcionamiento del sensor a través de pruebas a diferentes niveles. Esta etapa parte de la fabricación del sensor, de la cual depende en gran medida, la calidad de los resultados de los ensayos de caracterización tanto en el aire como en el agua a nivel de laboratorio.

Determinación de los criterios para el diseño

A primera instancia es necesario precisar el destino para el cual será desarrollado el sensor y como parámetro definitorio en qué frecuencias de trabajo debe responder adecuadamente y en qué límites o zonas debe reaccionar. Por ello definimos los siguientes criterios:

1. El sensor tiene la misión de detectar las emisiones del campo acústico de los buques que tiene un espectro predominante en el rango de frecuencias de 800 Hz hasta 30 kHz por lo que pudiera emplearse un sensor de tipo flexible que emplee una cerámica piezoeléctrica como elemento activo soportado en una fina membrana elástica circular empotrada rígidamente en todo su contorno.
2. Se determina la frecuencia de trabajo f_t con su respectivo ancho de banda en el rango de frecuencias dentro del espectro del campo acústico de los buques.
3. Se asume el ancho del diagrama direccional tanto en el plano vertical como en el plano horizontal entre los límites que permitan garantizar la recepción con determinada direccionabilidad.

Obtención del diseño geométrico teórico por método analítico.

En este paso se realiza la aproximación a las dimensiones reales que debe tener el sensor y de qué materiales se precisan para que el mismo cumpla con las exigencias de los criterios iniciales. Para ello debe realizarse una amplia búsqueda bibliográfica que permita obtener las ecuaciones que

fundamenten los cálculos teóricos y llegar a un modelo que satisfaga el diseño del sensor y se calculan las dimensiones preliminares partiendo de las exigencias conocidas:

a) Se calcula el diámetro *D* de la membrana soporte para garantizar el ancho del diagrama direccional exigido y considerando la frecuencia de trabajo escogida.

Conociendo que para el caso de un sensor circular el ancho del diagrama direccional se calcula [4,7]:

$$\alpha = \frac{65\ .\lambda}{D} \qquad (1)$$

Donde:

λ - longitud de onda de la frecuencia de trabajo del sensor, metros.

α – ancho del diagrama direccional del sensor, grados.

Teniendo en cuenta que:

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad (2)$$

Asumiendo que para los cálculos la velocidad del sonido en el mar c = 1500 m/s, entonces se podrá calcular el valor del diámetro de la membrana.

b) Se cálcula el espesor *h* de la membrana conociendo el diámetro y asumiendo como material el Aluminio con las siguientes propiedades:

Módulo de elasticidad E = 7 x 10^{10} Pa.

Densidad ρ = 2700 Kg/m^3

Coeficiente de Poisson σ = 0,33

Conociendo que para un diafragma circular empotrado en su contorno la frecuencia natural se calcula [5]:

$$fn = \frac{0.474}{r^2}\sqrt{\frac{E\ .h^2}{\rho\ (1-\sigma^2)}} \qquad (3)$$

Donde:

r – radio del diafragma circular, metros.

Despejando de la ecuación anterior y considerando las propiedades del material obtenemos el valor de la frecuencia natural. Una forma práctica de obtener valores aproximados se obtiene a partir de asumir diferentes valores de espesor entre el rango de 1 a 3,5 mm.

En aras de acercarnos al modelo aproximado y conociendo que la frecuencia natural de un simple disco redondo conformado de una pieza única que opera en un modo de flexión simétricamente axial se puede expresar como [4, 8]:

$$f_r = C_n . h/D^2 \quad (4)$$

Donde:

$h -$ espesor del disco, metros.

D – diámetro del disco, metros.

C_n - constante cuyo valor depende del método de montaje y de la velocidad del sonido en el material, Hertz x metros.

Para cálculos aproximados el valor de C_n puede asumirse como [8]:

$C_0 \approx 1x10^4$ Hz.m (resonancia fundamental)

$C_1 \approx 4x10^4$ Hz.m (primer armónico)

Calculamos el valor de la frecuencia de resonancia. Este cálculo debe tener un valor correspondiente al valor de la frecuencia natural para el caso de sensores flexibles soportados en lámina circular [8].

c) Elección del material activo

Existen diferentes tipos de cerámicas piezoeléctricas y en la actualidad las más difundidas son de la familia PZT (Zirconato Titanato de Plomo) las cuales se diferencian en sus propiedades dieléctricas y piezoeléctricas. En general para usos en transductores donde se potencia la emisión, se emplean cerámicas duras (PZT-4, PZT-8), y en donde la recepción es el régimen fundamental se emplean cerámicas blandas (PZT-5A, PZT-5H) [2, 7]. En nuestro caso emplearemos discos de cerámicas piezoeléctricas tipo PZT-5A con un diámetro d=18 mm y espesor h=0,5 mm.

d) Obtención del modelo geométrico.

Cumpliendo con las condiciones de [2,8]:

a) $d \leq 0{,}35\ D$ entonces $C_o = 10^4$ KHz.m

b) $d \leq 0{,}25\ D$ entonces $C_1 = 4 \times 10^4$ KHz.m

Podemos asumir para el modelo geométrico teórico según figura 2, de una membrana circular empotrada en su contorno con disco de cerámica piezoeléctrica en el centro de su eje axial, la cual realizará oscilaciones con frecuencia natural:

$$fn = Cn\ \frac{h}{D^2} \qquad (5)$$

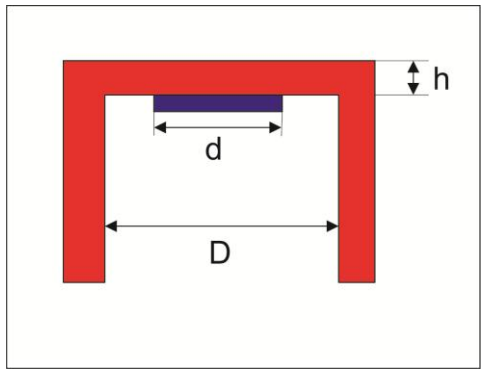


Figura. 2. Grafico del modelo geométrico del sensor con membrana circular.

Simulación con elementos finitos

- Análisis Modal

Las frecuencias a las cuales las vibraciones ocurren de manera natural y las formas (deformadas) que toma el sistema físico cuando oscila a estas frecuencias se determinan a través del análisis modal [3, 6].

Para el cálculo se emplea la ecuación del movimiento, sin considerar el amortiguamiento del sistema:

$$[M] \times [\ddot{U}] + [K] \times \{u\} = \{0\} \qquad (6)$$

Donde:

[M]: masa del sistema.

[Ü]: vector aceleración.

[K]: matriz de rigidez.

{u}: desplazamientos (deformaciones)

Se pueden obtener las frecuencias naturales para los diferentes modos de vibración según se muestra en la tabla 1 y ejemplo ilustrativo del análisis en la figura 3:

Tabla 1. Modos de vibración con la frecuencia asociada

Modo	Frecuencia	Modo	Frecuencia
1	2084.6	11	13924
2	4319.8	12	13925
3	4320.7	13	16843
4	7052.4	14	16845
5	7053.3	15	17726
6	8033.5	16	18015
7	10262	17	18016
8	10263	18	21932
9	12203	19	21934
10	12205	20	22512

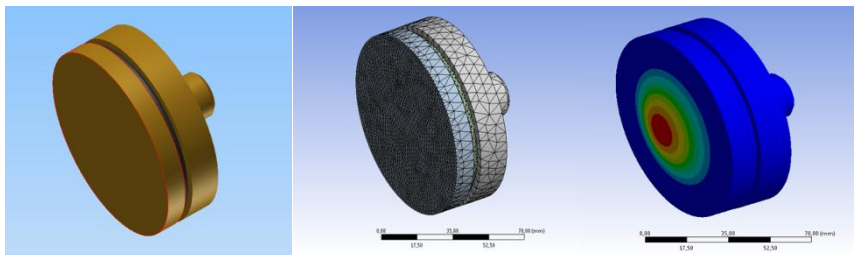


Figura 3. Fases para el desarrollo del análisis modal

- Análisis Armónico.

De manera similar, para este análisis se emplea la ecuación del movimiento, pero considerando una excitación armónica, la cual producirá también una respuesta cíclica a una frecuencia conocida como muestra la figura 4:

$$[M]\times [\ddot{U}]+ [K] \times \{u\}= \{Fa\} \quad (7)$$

$\{Fa\}$: carga armónica aplicada al sistema:

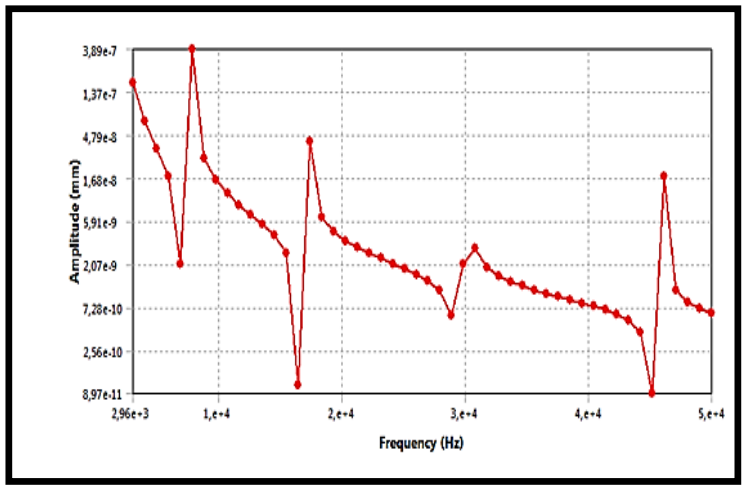


Figura 4. Ejemplo ilustrativo de un análisis armónico

3- RESULTADOS

Construcción y montaje

El sensor acústico desarrollado está compuesto por un cuerpo metálico de aluminio de dos secciones. La primera sección compuesta por el cuerpo y la segunda por la tapa donde se destaca el diafragma. En la tapa-diafragma se pega la cerámica piezoeléctrica de tipo PZT-5A la cual esta provista de dos electrodos de una capa fina de plata a los cuales se le sueldan los cables.

Como resultado de la acción de la presión provocada por las oscilaciones del campo acústico de los buques sobre el diafragma ello provoca que el elemento piezoeléctrico varíe su diámetro y espesor. En la figura 5 se muestran las etapas de montaje del sensor.

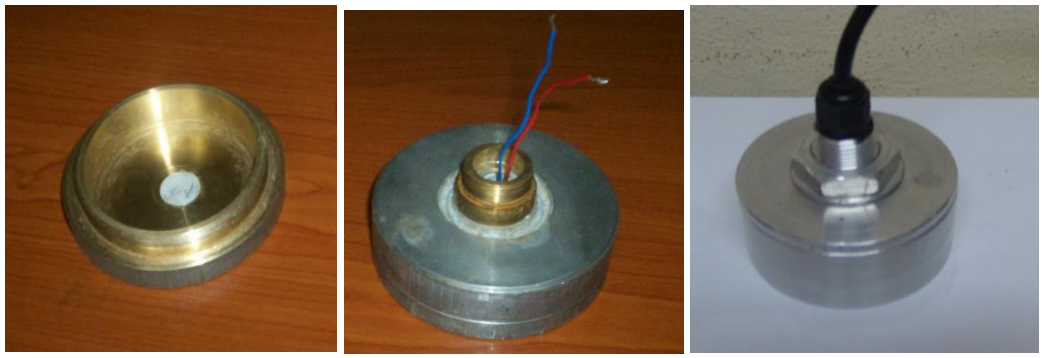


Figura 5. Etapas del montaje y ensamble del sensor acústico flexible piezoeléctrico.

Dado que el elemento piezoeléctrico esta rígidamente pegado al disco metálico, las alteraciones en su diámetro provocan la aparición de una tensión eléctrica alterna en los terminales, las deflexiones se repetirán periódicamente siguiendo la frecuencia de las oscilaciones del campo acústico del buque. En la frecuencia de resonancia mecánica del sensor la amplitud de las deflexiones alcanzara el máximo y así será también el valor de la amplitud de la tensión de salida.

Durante el montaje es de suma importancia tener en cuenta el adhesivo que se emplea para pegar la cerámica piezoeléctrica, el cual debe garantizar una fijación correcta y debe ser uniforme. Se aconseja emplear pegamentos con aditivos de plata. Otra cuestión importante es lograr una tierra adecuada para evitar ruidos en la respuesta del transductor. Al concluir el ensamble deben realizarse pruebas de hermeticidad que garanticen el trabajo del transductor sumergido a las profundidades donde será empleado.

Caracterización eléctrica

Una de las formas de comprobación de la calidad de la construcción del sensor es sometiéndolo a una caracterización de su respuesta eléctrica y verificando los valores de impedancia que asume ante la excitación con un barrido de frecuencias [4, 7].

Para ello puede emplearse un analizador de redes o medidor de impedancias y realizar esta tarea que permite además determinar la frecuencia de resonancia donde menor impedancia se manifieste y la frecuencia de antiresonancia donde este valor sea máximo.

Un ejemplo del análisis y la respuesta del transductor se muestran en la en la figura 6.

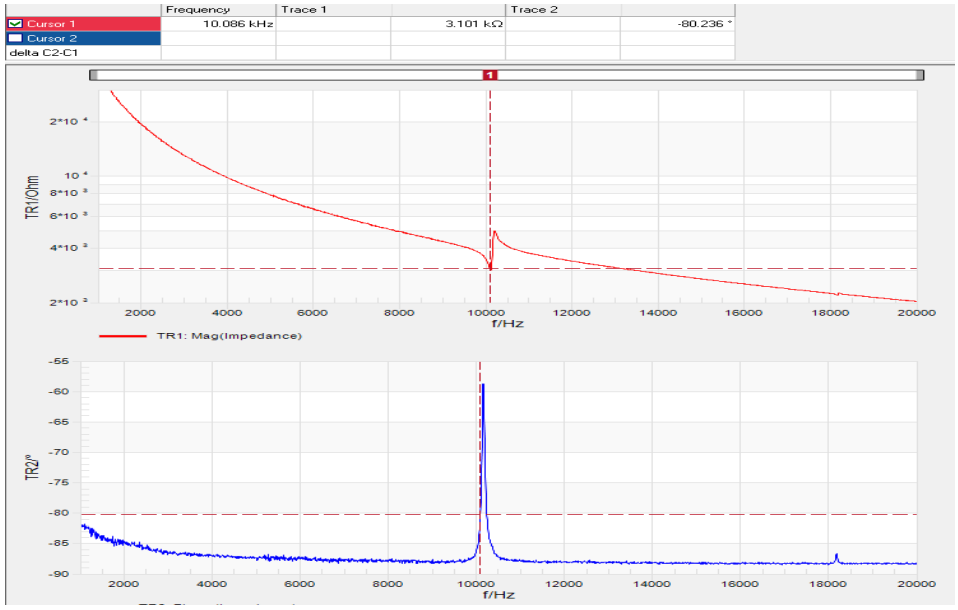


Figura 6. Respuesta del transductor a la caracterización eléctrica

Caracterización acústica

Como paso determinante para evaluar los parámetros técnicos y de empleo del transductor es imprescindible realizar su caracterización acústica, la cual inicialmente debe realizarse en el aire y posteriormente en el agua.

Para el desarrollo de estas pruebas se requiere de equipamiento especial calibrado y estanques o piscinas y al final se obtendrán parámetros característicos del transductor como son su sensibilidad, direccionabilidad y respuesta de frecuencias que permitirán conocer el desempeño del transductor más cercano a su explotación en condiciones reales.

La caracterización acústica en el aire permite [4,7]:

- Comprobación de los niveles de tensión de salida del sensor en circuito abierto a diferentes frecuencias.
- Respuesta de frecuencias con determinación de resonancias significativas.
- Límites mínimos de excitación con presión acústica con respuesta coherente.

La caracterización acústica en el agua permite la determinación de [4, 7, 8]:

- Respuesta de Sensibilidad en recepción
- Característica en direccionabilidad del sensor
- Índice de directividad
- Ancho del diagrama direccional en ambos planos
- Ancho de banda efectivo en circuito abierto.

Para la caracterización acústica en el agua, se emplea un tanque de experimentación y como instrumentos de medición calibrados los transductores patrones TC- 4034 como emisor patrón y TC- 4013 como receptor patrón.

El tanque de experimentación acústica subacuático es de plástico reforzado con cuadernas, con un volumen de 0,54 m3 (125x83x52 cm). En su interior se colocó una estructura rectangular de laminado de fibra de vidrio forrada con planchas de neopreno de espesor 10 mm con el objetivo de apantallamiento acústico, quedando con las dimensiones interiores de 1,22 m de largo, 0,77 m de ancho y 0,46 m de profundidad para un volumen efectivo de 0,43 m3. Además se instalaron dispositivos de sujeción para los transductores patrones y para las muestras. En las figuras 7 y 8 se muestran el croquis con las dimensiones e imágenes del tanque de experimentación con los dispositivos de sujeción.

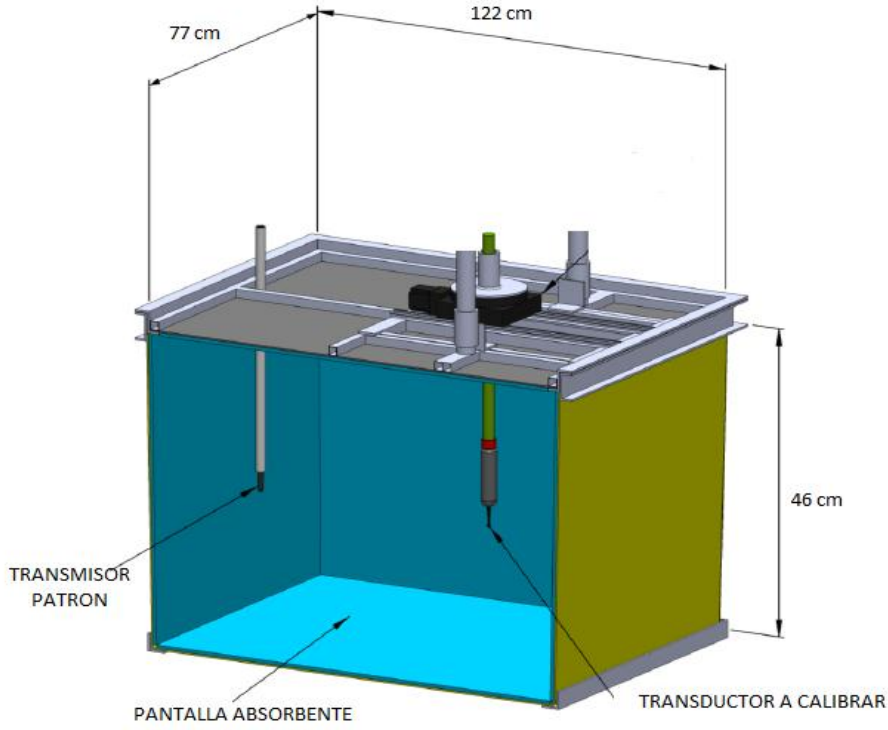


Figura 7. Dimensiones geométricas del tanque de experimentación.

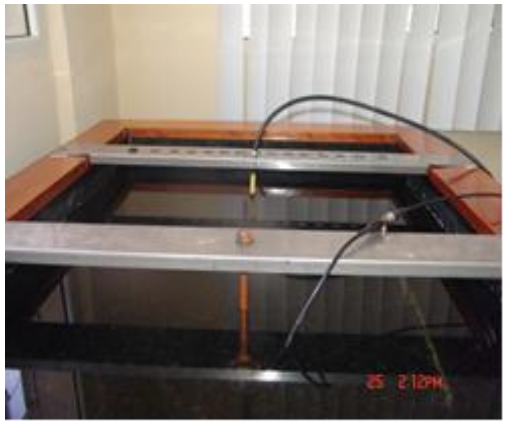


Figura 8. Tanque de experimentación con dispositivos de sujeción de los sensores.

Un ejemplo de la característica direccional de un sensor piezoeléctrico circular, obtenida de la caracterización acústica en el agua en tanque de experimentación, se muestra en la figura 9.

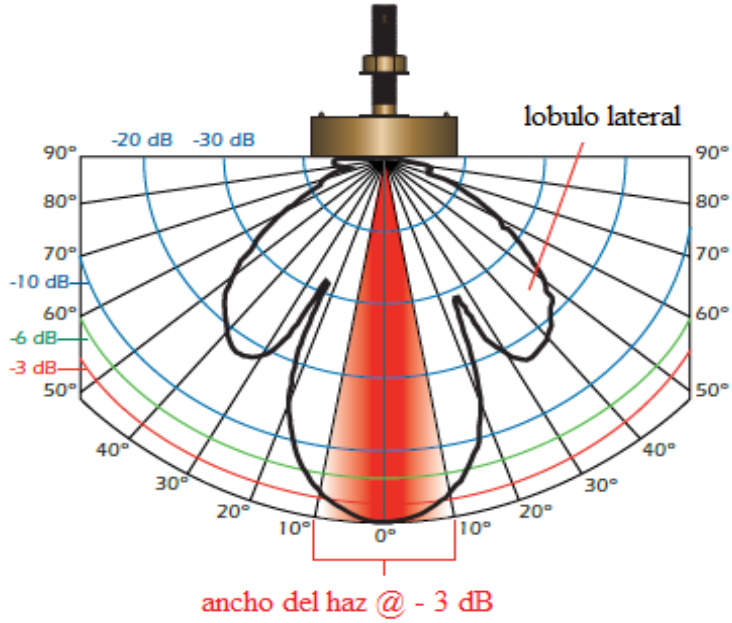


Figura 9. Característica direccional de un sensor piezoeléctrico circular

4- DISCUSIÓN

Con el desarrollo del método en cada una de las etapas, se obtienen los resultados que permiten llegar a un diseño teórico que permite definir la geometría del sensor, los materiales componentes con sus características físicas y mecánicas, así como realizar un ensamble teórico para realizar la simulación con la herramienta de los elementos finitos y poder predecir el comportamiento del mismo ante diferentes cargas y con ello asumir soluciones finales antes de su construcción y montaje practico. Durante la etapa experimental se validan los datos característicos que se esperan del sensor obtenido, logrando la cuantificación medida de los principales parámetros que describen las cualidades para lo cual fue concebido el mismo. El método propuesto nos permite lograr un producto final con alta eficiencia y rigor científico.

5- CONCLUSIONES

1. Como parte componente de los sistemas de tecnología subacuática a bordo de las plataformas navales, los sensores acústicos flexibles piezoeléctricos han sido empleados satisfactoriamente en los rangos de frecuencia de 800 Hz a 30 KHz.
2. El método expuesto para el diseño de sensores acústicos piezoeléctricos soportados en láminas flexibles permitió cumplir satisfactoriamente las etapas de diseño y evaluación de este tipo de sensores.
3. Los procedimientos, técnicas e instrumentos descritos en el método de diseño y caracterización de sensores acústicos, constituyen una plataforma flexible para cumplir las tareas de diseño, simulación, fabricación y caracterización de los parámetros de sensores acústicos que se produzcan en el país.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Urick,R.J. "Principles of Underwater Sound", McGraw – Hill, New York, 1983.
2. Berlincourt, D.A. "Piezoelectric and Piezomagnetic materials and their function in transducers", Physical Acoustic, Vol 1, 1986
3. Jaehwan, K. y Heung, S.: "Finite element analysis of piezoelectric underwater transducers for acoustic characteristics", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol 23, 452 – 460, 2012.
4. Butler, J.L. y Sherman, C.H. "Transducers and arrays for underwater sound", Second Edition, Acoustical Society of America – Springer, New York, 2016.
5. Arguelles, J.A. "Mediciones de eventos mecánicos dinámicos", Editorial Pueblo y Educación, 226 – 230, 1987.
6. "ANSYS Theory Manual", Ansys Release 9.0, Noviembre, 2004.
7. Feeney, A., Kang, L. y Dixon, S.: "The dynamic performance of flexural ultrasonic transducers", Sensors, Vol 18, 270, 2018.
8. Randeraat, J.V. "Piezoelectric Ceramics", Philips Application, 2017

CÁLCULO TEÓRICO Y MODELACIÓN COMPUTACIONAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE UNA LANCHA.

[1]Suárez Díaz-Pimienta E., [2]Palma Medina D.

[1]Filiación 1992
esdpimienta1991@gmail.com

RESUMEN

El trabajo recoge los cálculos teóricos realizados al sistema de ventilación de la lancha rápida LP-20 perteneciente a la empresa Prácticos de Cuba que es utilizada en la bahía del Mariel.

Los objetivos de la investigación fueron:

1. Caracterización del sistema de ventilación de dicha embarcación.
2. Calcular los caudales de aire necesario para el trabajo estable del sistema.
3. Comprobar los cálculos teóricos realizados, a través de una simulación computacional (CFD) en el programa Ansys 16.0, del trabajo del sistema de ventilación.
4. Lograr una visualización en tres dimensiones del comportamiento del flujo de aire dentro del cuarto de máquinas, así como una mejor vista de la distribución de las temperaturas dentro del mismo.
5. Caracterizar el sistema en cuanto a otras variables como la presión del fluido dentro del cuarto y en las zonas cercanas a las admisiones y las velocidades del fluido en distintos lugares del cuarto.

Fueron propuestos como resultados principales los valores de caudal de aire a entregar por el sistema de ventilación al cuarto de máquinas de la embarcación; el diseño de un nuevo sistema de ventilación que satisfagan las necesidades actuales y la propuesta detallada del ventilador a instalar en dicho sistema.

El trabajo realizado logró restablecer el funcionamiento de una embarcación de vital importancia para el desarrollo económico de la Zona Especial de Desarrollo Mariel (ZEDM). Los niveles de

exigencia científico-técnica fueron elevados y sus resultados quedaron avalados con las distintas pruebas de navegación realizadas a dicha embarcación. Hoy día, se explota con magníficos resultados la embarcación en la bahía del Mariel.

PALABRAS CLAVES: Diseño, Sistema de ventilación, Modelación computacional, Caudal, Fluido.

1 INTRODUCCIÓN

Durante las pruebas de navegación y de trabajo continuo de la lancha LP-20 perteneciente a los Prácticos del Mariel, se comprueba que para los regímenes de trabajo medios de las máquinas diésel del sistema propulsor, dentro del cuarto de máquinas se alcanzan altas temperaturas del medio producto a la irradiación de calor de las fuentes principales de calor. Unido a esto se refiere por parte de los operadores de la nave que durante el trabajo continuo de la misma dentro del cuarto se hace incómoda la permanencia debido a la temperatura existente.

Además se calculan las perdidas hidráulicas en el conducto de entrada para la elección del tipo de ventilador, este cálculo fue realizado en el software de cálculo hidráulico Pipe Flow Expert.

Unido a estos cálculos teóricos se modela computacionalmente el trabajo del sistema de ventilación calculado teóricamente en el software de cálculo y modelación Ansys 16.0, específicamente dentro del entorno CFD (Computational Fluid Dynamics) Dinámica de Fluidos Computacional.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a la insuficiencia de aire entregada por el sistema de ventilación, se han elaborado las hipótesis acerca del trabajo deficiente de la máquina diésel de babor, producto al poco flujo de aire que se le suministra para su funcionamiento. Las altas temperaturas dentro del cuarto pudieran estar influyendo negativamente en el trabajo de algunos agregados electrónicos, tanto el sistema eléctrico propiamente dicho de la lancha como los sistemas electrónicos de regulación

automática de las máquinas. En varias ocasiones que ha podido constatar el funcionamiento inestable de este último sistema en la máquina de babor.

Aplicando los conocimientos sobre el cálculo de la suficiencia de aire de los sistemas de ventilación, las fórmulas empíricas de la mecánica de los fluidos para el cálculo del flujo de aire a entregar y los conocimientos termodinámicos para calcular los calores irradiados por las fuentes principales de calor, se pudo caracterizar el sistema de ventilación y determinar el flujo de aire que debe ser entregado al cuarto de máquinas para lograr un trabajo óptimo dirigido principalmente a dos factores: lograr un caudal de aire suficiente para la admisión de aire de las máquinas diésel principales y el diésel del generador y garantizar un flujo de aire óptimo para mantener dentro del cuarto de máquinas valores de temperatura que no excedan los 50°C, de acuerdo a la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar [1].

3 RESULTADOS

3.1 Cálculo teórico de los caudales de aire.

Dentro de los cálculos realizados estuvo el de calcular los distintos caudales de aire en función de las áreas de entrada, los calores irradiados por las distintas fuentes de calor y las pérdidas hidráulicas del conducto de entrada, para la elección del tipo de ventilador.

3.1.1 Cálculo del calor desprendido por las distintas fuentes de calor.

3.1.1.1 Cantidad de calor desprendida por el diésel del generador.

La cantidad de calor desprendida por el diésel del generador está en función de su potencia (Pdg) y el porciento de pérdida de calor (Ld) para este tipo de motor según las normas de la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar [1].

$$Cdg = Pdg * (Ld/100) \quad (3.1)$$

$$Cdg = 10\ kW * ((6\ )/100) = 0.6\ kW$$

donde: Cdg: Calor desprendido por el diésel generador.

Pdg: Potencia del diésel del generador (Pdg=10 kW).

Ld: Porciento de pérdida de calor (Ld=6%).

La elección del porciento de pérdida de calor se realiza a través de la Figura 1.

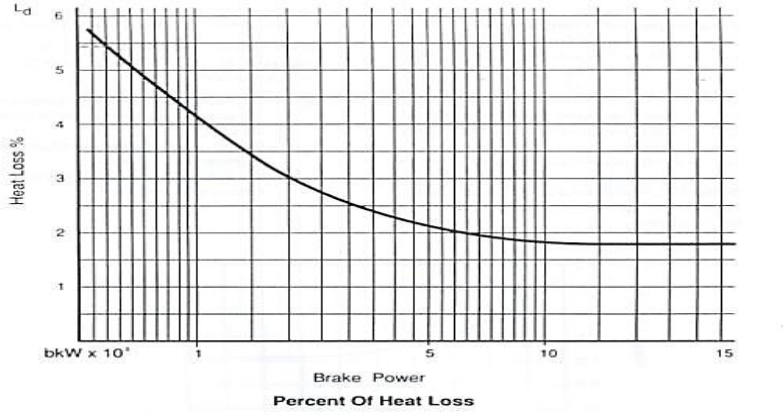


Figura 1. Porciento de pérdida de calor en función de la potencia.

3.1.1.2 Cantidad de calor desprendido por el generador eléctrico.

La cantidad de calor desprendida por el generador eléctrico es proporcional a su potencia y a su eficiencia.

$$Cge = Pg * ((1 - N)/100) \quad (3.2)$$

$$Cge = 9.4\ kW * ((1 - 95)/100) = 0.47\ kW$$

donde: Cge: Calor desprendido por el generador eléctrico.

Pg: Potencia del generador eléctrico (Pg=9.4 kW).

N: Eficiencia del generador eléctrico(N=95%).

3.1.1.3 Cantidad de calor desprendida por los sistemas eléctricos a bordo.

Entiéndase por sistemas eléctricos: un grupo de agregados de a bordo que consumen, por su debida alimentación, cierta potencia del generador eléctrico.

$$Cse = 0.1 * Pg \quad (3.3)$$

$$Cse = 0.1 * 9.4 = 0.94\ kW$$

donde: Cse: Calor desprendido por los sistemas eléctricos.

Pg: Potencia del generador eléctrico.

3.1.1.4 Cantidad de calor desprendida por el sistema de escape.

El sistema de escape se compone de las mangueras de escape más los tanques silenciadores de ruido. Las mangueras del sistema tienen aproximadamente una longitud de tres metros cada una.

El sistema de escape de gases de las máquinas por su diseño posee enfriamiento forzado con agua de mar, por lo que la irradiación de calor por este motivo se reduce sustancialmente. Aún así se realizan los cálculos pertinentes para saber la cantidad de calor irradiado del sistema de escape.

$$Cce = Hr * Lt \qquad (3.4)$$

$$Cce = 0.5\ kW/m * 6\ m = 3\ kW$$

donde: Cce: Calor desprendido por el sistema de escape.

Lt: Longitud de las mangueras del sistema de escape. (Lt=6 m).

Hr: Coeficiente de calor emitido por tramo de tubería. (Hr=0.5 kW/m).

La elección del coeficiente de calor emitido por tramo de tubería (Hr) se elige en función de la longitud de la tubería del sistema de escape, el diámetro de dicha tubería (manguera) y el tipo de aislamiento que presenta. Dicho coeficiente se escoge a través de la Figura 2.

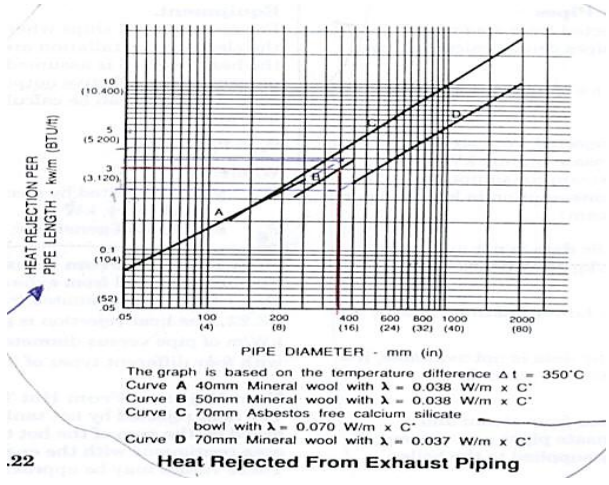


Figura 2. Calor emitido por tramo de tubería.

Se puede apreciar que existen cuatro tipos de curvas denotadas por letras. Cada una de estas representa el calor emitido por tramo de tubería en función del tipo de aislamiento que presenta el sistema de escape. La curva por la cual se realizaron los cálculos fue por la curva tipo D. Esta curva está caracterizada para un aislamiento de 70 mm de espesor de lana mineral. Nuestro

sistema no presenta este tipo de aislamiento pero para la realización del cálculo se asumió, debido a la experiencia, tomar esta curva. Por tanto, para valores de diámetro de 210 mm y una curva de aislamiento del tipo D, el coeficiente de calor emitido por tramo de tubería es aproximadamente de 0.5 KW/m.

3.1.1.5 Cantidad de calor desprendida por las máquinas diésel.

La cantidad de calor desprendida por una máquina diésel marca Volvo Penta modelo D13MH, se calculó en función de un análisis estadístico en la Marine Project Guide (Guía de Proyectos Marinos) C280 de la firma Caterpillar.[1]

Desde el punto de vista energético la eficiencia de un motor diésel con características similares al de estudio, oscila aproximadamente entre los 45-55%. Por tal motivo existe dentro del funcionamiento propio del sistema una parte considerable de energía que se pierde, principalmente en forma de calor, manifestando así, altas temperaturas en todo el sistema. Esta cantidad de energía, a groso modo, no es otra que la diferencia entre la energía entregada producto a la combustión del combustible y la energía que devuelve en forma de trabajo el motor.

El trabajo estadístico consistió en obtener los datos de calor irradiado de diferentes motores de características similares en función de la potencia de trabajo de los mismos. Así, conociendo la potencia de trabajo del motor Volvo Penta modelo D13MH, podremos saber la cantidad de calor irradiado. En la siguiente tabla se tabularon los resultados y haciendo un ajuste de curva lineal por el método de los mínimos cuadrados, se obtuvo dicho valor de calor en función de la potencia del motor. Asumimos de esta forma la relación casi lineal desde el punto de vista físico entre la variable de calor irradiado en función de la potencia del motor.

Tabla 1. Correspondencia entre las potencias de trabajo y el calor irradiado a dicha potencia.

Potencia (KW)	Calor Irradiado Ci (KW)	Calor Irradiado ajustado(KW)
1850	91	90,377
2030	99	100,259
2460	125	123,866
2710	137	137,591
405		**11,0465**

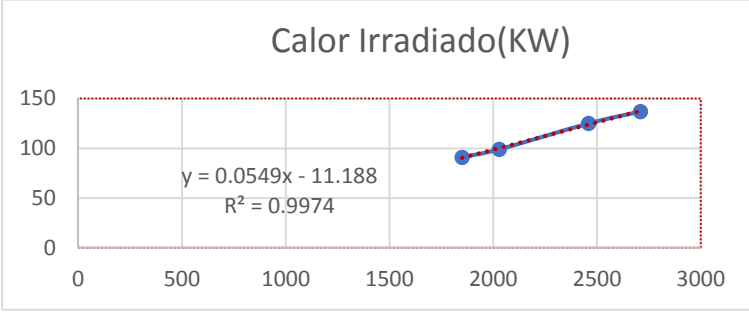


Figura 3. Ajuste de curva lineal por el método de los mínimos cuadrados.

Por tanto, para un valor de potencia de trabajo de la máquina diésel de Pd=405 kW, el calor irradiado es aproximadamente de 11 kW.

Como que este valor de calor irradiado es para una sola máquina, multiplicando por dos obtenemos el calor irradiado de las máquinas diésel principales.

$$Cd = Ci * 2 \quad (3.5)$$

$$Cd = 11\ kW * 2 = 22\ kW$$

Donde:

Ci: Calor irradiado en función de la potencia de trabajo.

3.1.2 Cálculo de los caudales de aire necesario para el trabajo eficiente del sistema de ventilación.

Para determinar el caudal de aire necesario para entregar al cuarto de máquinas por parte del ventilador del sistema de ventilación, que a su vez se divide en dos caudales: uno para el trabajo de las máquina diésel principales y el diésel del generador y el otro para disipar el calor dentro del cuarto, además el caudal de aire necesario a extraer, se realizaron los cálculos a través de las referencias extraídas de la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar [1] y la Guía de Sistemas de Ventilación de la firma Volvo [2].

3.1.2.1 Caudal de aire necesario para disipar el calor dentro del cuarto de máquinas.

$$Qdc = (Cdg + Cge + Cse + Cce + Cd)/(c * P * \Delta T) \quad (3.6)$$

$$Qdc = (0.6 + 0.47 + 0.94 + 3 + 22)/(1.01 * 1.15 * 12) = 1.94\ m^3/s$$

donde: Qdc: Caudal necesario para disipar el calor dentro del cuarto. (m^3/s)

Cdg: Cantidad de calor desprendida por el diésel del generador.

Cge: Calor desprendido por el generador eléctrico.

Cse: Calor desprendido por los sistemas eléctricos.

Cce: Calor desprendido por el sistema de escape.

Cd: Cantidad de calor desprendida por las máquinas diésel.

C: Capacidad calorífica del aire. (C=1.01 KJ/Kg °C).

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).

Δ T: Incremento de temperatura dentro del cuarto de máquinas. (**Δ**T=12° C).

3.1.2.2 Caudal de aire necesario para el consumo de las máquinas diésel.

El Caudal de aire necesario para el consumo de las máquinas diésel es función de su potencia de trabajo. Se consultó para ello la Guía de sistemas de ventilación de la firma Volvo [2].

$$Qd = 2 * (Pd * qd)/P \quad (3.7)$$

$$Qd = 2 * (405\ kW * 0.0023)/1.15 = 1.62\ m^3/s$$

donde: Qd: Caudal de aire necesario para consumo de las máquinas diésel. (m³/s)

Pd: Potencia de trabajo de una maquina diésel. (Pd=405 kW).

qd: Cantidad específica de aire de combustión.(qd=0.0023 Kg air/kW seg).

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).

3.1.2.3 Caudal de aire necesario para el consumo del diésel del generador.

$$Qdg = (Pdg * qd)/P \quad (3.8)$$

$$Qdg = (10\ kW * 0.0023)/1.15 = 0.02\ m^3/s$$

donde: Qdg: Caudal de aire necesario para el consumo del diésel del generador. (m³/s)

Pdg: Potencia de trabajo del diésel del generador. (Pdg= 10 kW).

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).

Por tanto el caudal de aire total necesario para el consumo de las máquinas diésel y el diésel del generador será:

$$Qmd = Qd + Qdg \quad (3.9)$$

$$Qmd = 1.62 + 0.02 = 1.64\ m^3/s$$

De esta forma se puede obtener el caudal de aire total que se le suministra al cuarto de máquinas por parte del ventilador del sistema de ventilación:

$$Qt = Qdc + Qmd \quad (3.10)$$

$$Qt = 1.94 + 1.64 = 3.58\ m^3/s$$

3.1.3 Cálculo del caudal de aire de extracción.

El caudal de aire a extraer está en función del caudal de aire suministrado al cuarto para disipar el calor (Qdc). En la fórmula se puede apreciar que el caudal de aire que se extrae es solo una parte del caudal que se suministra por motivo de disipar el calor. Esta elección está refrendada en la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar [1] y persigue dos objetivos principales:

Mantener dentro del cuarto de máquinas una sobrepresión con respecto a la exterior de aproximadamente 50 Pa. Esta sobrepresión desde el punto de vista de la transferencia de calor es aconsejable para lograr un mayor intercambio de calor por convección. El intercambio de calor por convección que se realiza dentro del cuarto, desde las fuentes principales de calor a través del fluido depende directa mente de la diferencia de temperatura entre los medios, el área de las superficies que emiten calor y un coeficiente de convección. Este coeficiente de convección que vincula la relación lineal entre las demás variables y la cantidad de calor transferida, tiende a aumentar con el aumento de la presión ya que la densidad del fluido varía de manera positiva favoreciendo así dicho intercambio.

Lograr, debido a la sobrepresión desde adentro hacia fuera del cuarto, un gradiente de presión con el objetivo de sacar objetos extraños como polvo y demás partículas que por accidente puedan entrar.

$$Qext = 0.6 * Qdc \quad (3.11)$$

$$Qext = 0.6 * 1.94 = 1.16\ m^3/s$$

3.2 Cálculo de las pérdidas hidráulicas en el conducto de entrada.

El conducto de entrada del sistema de ventilación del cuarto de máquinas está compuesto únicamente por un tramo de aproximadamente 2,5 m del largo y una sección transversal

rectangular de 0,47 m² de área. Haciendo uso del programa de cálculo hidráulico Pipe Flow Expert se modeló el conducto de entrada de acuerdo a las dimensiones reales, se declaró un caudal de aire a una temperatura de 30°C y se obtuvo las perdidas hidráulicas. A continuación en la siguiente figura se esboza el modelo de estudio.

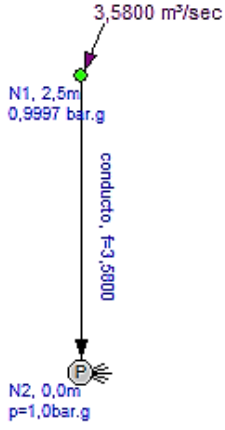


Figura 4. Modelo teórico para el cálculo de las perdidas hidráulicas.

De esta manera se calculó que las perdidas hidráulicas dentro del conducto y a las que se va a someter el ventilador son de 0,2 mmH_2O. Este valor de presión, debido a la geometría del conducto se puede tomar como despreciable ya que la resistencia que ofrece el conducto es mínima. Cabe destacar que durante la instalación propiamente dicha del ventilador, se instalan además algunos accesorios como son: rejillas para la protección, hongo de ventilación, etc. La resistencia hidráulica que pueden presentar estos accesorios se considera además poco influyente.

3.2.1 Cálculo de la potencia necesaria de consumo del ventilador.

El ventilador instalado una vez sea escogido debe tener una potencia de consumo que se calcula por la fórmula siguiente:

$$Pi = (Qt * P * g * H)/10^3 * n \qquad (3.12)$$

$$Pi = ((3.58 * 1.15 * 9.81 * 0.0002))/10^3 * n = 0.000006\ kW$$

Donde: Pi: Potencia de consumo en el ventilador.

Qt: Caudal de aire total que se le suministra al cuarto.

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).

g: Aceleración de la gravedad(9.81m/s²).

H: Potencia de trabajo del ventilador (0.0002 kW).

n: Eficiencia de trabajo del ventilador(n=0.75).

3.3 Modelación en Ansys CFD del sistema de ventilación calculado teóricamente.

Para la simulación se utilizó un modelo simplificado del cuarto de máquinas y los agregados principales que debido a su volumen y posición comprometen e influyen en la circulación del aire dentro del mismo. Además se modelaron las geometrías de las principales fuentes de calor, dígase las máquinas diésel y el grupo electrógeno. Se modelaron también las geometrías del sistema de escape y los conductos de extracción.

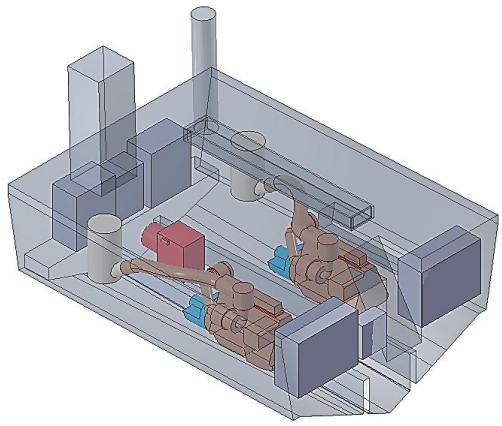


Figura 5. Modelo simplificado del cuarto de máquinas utilizado para la simulación.

3.3.1 Cálculo de las velocidades del flujo como datos de entrada al modelo.

Para la simulación se hizo necesario calcular las distintas velocidades del flujo del aire en función del caudal y el área de la sección transversal por el que transita el mismo. Con el objetivo de proveer al modelo de estos datos se realizar los cálculos pertinentes, que son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 2. Velocidades del flujo de aire que transita por el sistema.

Nombre	Símbolo	Valor (m^3/s)	Área de la sección (mm^2)	Velocidad del Flujo (m/s)
Caudal requerido para refrescar el cuarto	**Qdc**	1,94	0,47	4,13
Caudal para consumo de las máquinas diésel	**Qd**	1,62	0,19	8,53
Caudal para consumo del diésel del generador	**Qdg**	0,02	0,003	7,41
Caudal de extracción	**Qext**	1,16	0,109	10,67
Caudal total	**Qt**	3,58	-	**7,6**

3.3.2 Declaración de variables, contornos y secciones.

Después de calculadas las velocidades del fluido, en este caso aire, se declararon las secciones de entrada y salida del fluido y las secciones de admisión de aire de los motores. A estas secciones se les declaró un fluido transitando a través de ellas a cierta velocidad, como se muestra en la siguiente figura.

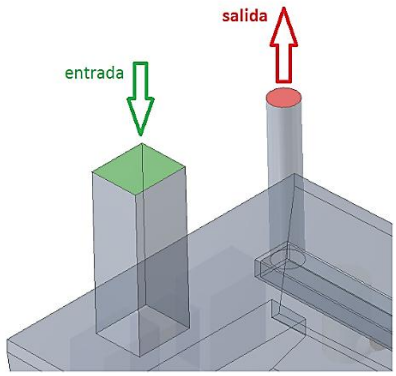


Figura 6. Secciones de entrada y salida del fluido.

Posteriormente se realizaron las modelaciones correspondientes y se llegaron a los resultados siguientes.

4 DISCUSIÓN

4.1 Análisis de los resultados obtenidos de la simulación en Ansys CFD.

Para el análisis de los resultados obtenidos se dividieron en tres estudios distintos, atendiendo al número de variables a analizar. En este caso se realizaron los análisis correspondientes al comportamiento de la velocidad del flujo de aire dentro del cuarto, las temperaturas alcanzadas y el comportamiento de las presiones relativas.

4.1.1 Comportamiento de las velocidades del flujo dentro del cuarto.

A continuación se muestran en las siguientes figuras el comportamiento de las velocidades del flujo en diferentes secciones escogidas por su importancia para el análisis. Se pueden apreciar aquellas zonas donde la velocidad es un tanto mayor que en las restantes. Si comparamos el comportamiento de las velocidades entre las dos secciones, notamos como existe en la sección de entrada un mayor tránsito del flujo, quedando así la zona de babor un poco más estacionaria. En la sección de salida los mayores valores de velocidad se encuentran en los conductos de extracción.

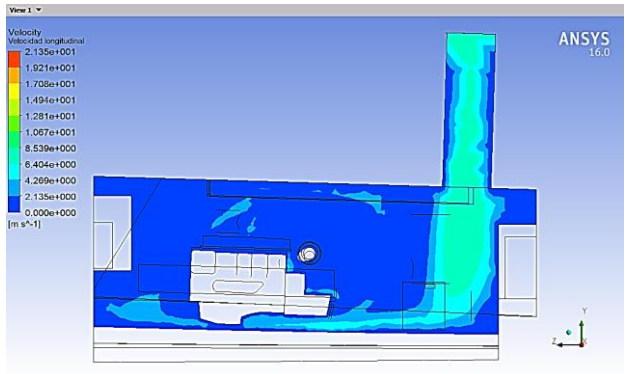


Figura 7. Diagrama de velocidad en el plano longitudinal de la sección de entrada del fluido.

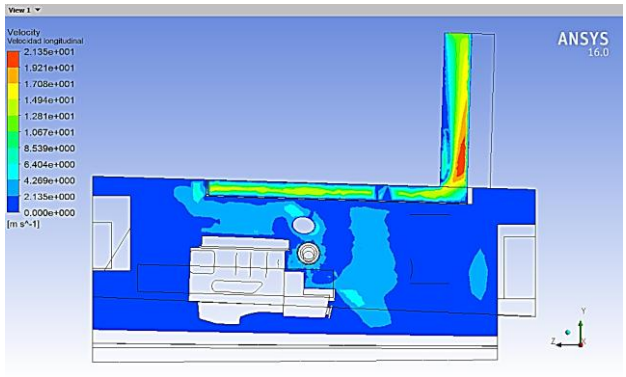


Figura 8. Diagrama de velocidad en el plano longitudinal de la sección de salida del fluido.

En la siguiente figura se muestran los comportamientos de las líneas de flujo dentro del cuarto. De esta manera se pueden apreciar las zonas donde el flujo de aire es menor, producto de la resistencia hidráulica de los distintos agregados y la posición que ocupan respecto al canal de entrada.

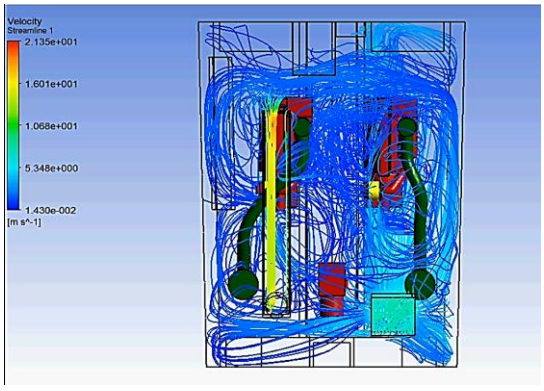


Figura 9. Vista superior del comportamiento de las líneas de flujo.

4.1.2 Comportamiento de las temperaturas del flujo dentro del cuarto.

Para el análisis de las temperaturas, por la importancia que lo amerita se muestran tres secciones: sección de entrada, de salida y media.

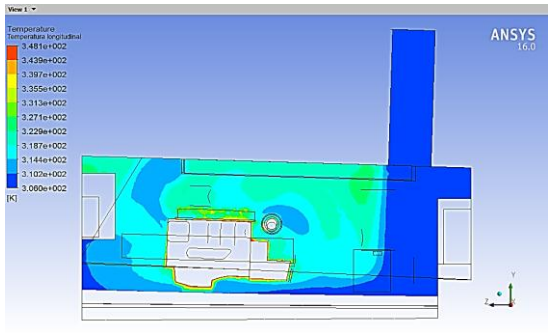


Figura 10. Comportamiento de la temperatura en el plano longitudinal de la sección de entrada.

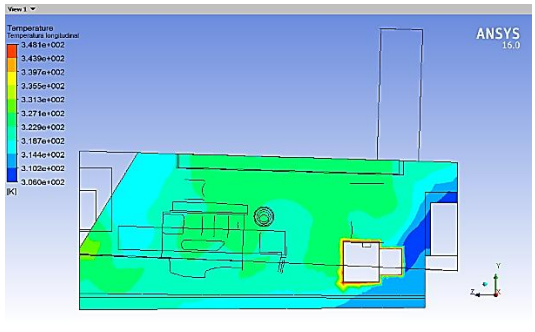


Figura 11. Comportamiento de la temperatura en el plano longitudinal de la sección media.

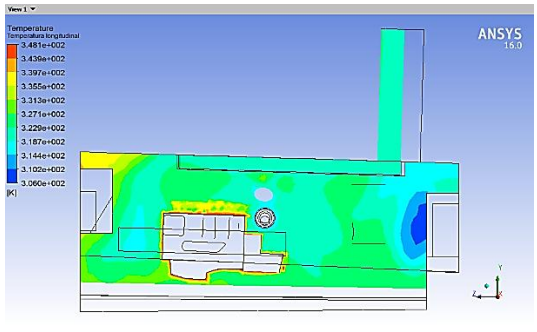


Figura 12. Comportamiento de la temperatura en el plano longitudinal de la sección de salida.

4.1.3 Comportamiento de las presiones relativas dentro del cuarto.

En las figuras mostradas a continuación se observa el comportamiento de las presiones relativas con respecto a la atmosférica dentro del cuarto de máquinas. En las zonas aquellas donde la

velocidad del fluido es alta, las presiones tienden a disminuir y viceversa. Al igual que las demás variables se muestran dos secciones: entrada y salida.

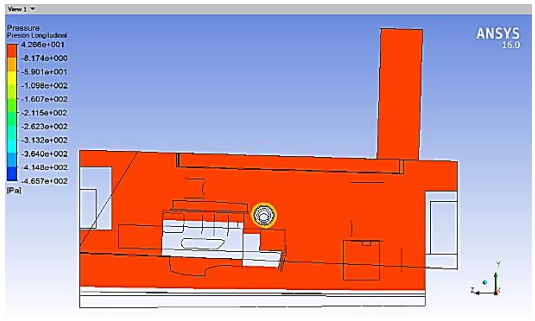


Figura 13. Comportamiento de la presión relativa en el plano longitudinal de la sección de entrada.

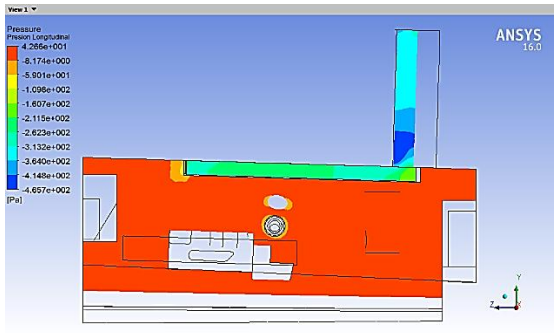


Figura 14. Comportamiento de la presión relativa en el plano longitudinal de la sección de salida.

5 CONCLUSIONES

Para lograr unos trabajos estables, eficientes y óptimos del sistema propulsor, sistema electro-energético y agregado eléctricos y mantener dentro del cuarto de máquinas una temperatura acorde a los criterios emitido por la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar [1], se recomienda la elección del siguiente ventilador de acuerdo a sus especificaciones. Cabe decir que para el extractor se comprobó que el instalado actualmente cumple las condiciones para un trabajo estable del sistema de ventilación.

Cabe señalar, que para los cálculos realizados se pudo determinar que el ventilador actualmente instalado trabaja a la tercera parte de lo necesario para el funcionamiento estable del sistema de ventilación. Por tal razón se aconseja la adquisición de este producto señalado.

Tabla 3. Características del ventilador a instalar.

Marca	Modelo	Potencia(kW)	Voltaje(V)	Corriente(A)	Velocidad(rpm)	Caudal(m^3/min)	Presión(mmH_2O)
Liverani	HBL 56	0,75	24	22	1400	225	28



Figura 20. Ventilador HBL 56.

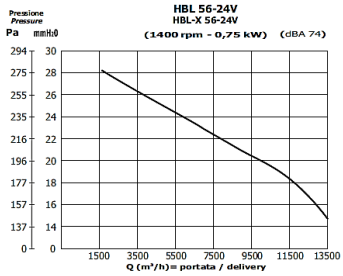


Figura 21. Curva característica del ventilador.

Con el trabajo realizado se arribaron a las siguientes conclusiones:

1. Con el cálculo clásico, se determinaron los caudales de aire necesarios para el trabajo de los motores diésel y obtener una temperatura de 45°C.
2. Existe correspondencia entre el valor promedio de temperatura en el cuarto de máquinas simulado en CFD y el obtenido en el cálculo clásico, quedando validado este último.
3. La simulación CFD muestra que la presión dentro del cuarto es superior a la atmosférica en 42 Pa, lo que beneficia el fenómeno de la transferencia de calor por convección, mejorando el refresco del cuarto de máquinas.
4. Las líneas de fluido dentro del cuarto de máquinas tienen un comportamiento uniforme, lo que evidencia una distribución de la cantidad de aire equitativa y suficiente para ambas máquinas.
5. Se determinó que la línea de extracción que actualmente se encuentra instalada cumple las condiciones para el trabajo del sistema y que es necesario sustituir el ventilador de entrada por uno del tipo HBL 56.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. (1) Marine Project Guide (Guía de Proyectos Marinos) C280 de la firma Caterpillar.
2. (2) Guía de Sistemas de Ventilación de la firma Volvo.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

INFLUENCIA DEL CAMPO DE ESTELA EN LA EFICIENCIA DE LAS HÉLICES PENETRANTES DE SUPERFICIE

Borrego Rodríguez, L.[1], Prieto Fernández, A. P.[2], Marzán Tachel, Z.[3], Pérez Amador, G. A.[4]

[1, 2, 3, 4] Centro de Investigación y Desarrollo Naval
[1]e-mail: cid5@reduim.cu

RESUMEN

La demanda de vehículos marinos con sistemas de propulsión-gobierno que garanticen regímenes de alta velocidad, responde a las necesidades de los sectores comercial y naval. Los métodos de diseño y técnicas de modelación desarrollados, permiten el análisis del casco, propulsor y medios de gobierno de manera independiente. En el presente trabajo, se analizan los resultados de la investigación sobre la interacción del sistema propulsión-gobierno y el casco. Además se aborda la influencia del campo de estela generado por un casco de planeo sobre un propulsor que trabaja en un medio bifásico aire-agua. El estudio de este tipo de interacción, permite optimizar el diseño hidrodinámico de las embarcaciones de alta velocidad.

Palabras claves: propulsión, planeo, estela

SUMMARY

The demand for marine vehicles with propulsion-steering systems that guarantee high-speed regimes, responds to the needs of the commercial and naval sectors. The design methods and modeling techniques allow the analysis of the hull, propeller and steering means independently. In this work, the investigation results on the propulsion-steering system and the hull interaction are analyzed. Also the influence of the wake field generated by a planing hull on a propeller that works in two-phase air–water medium is addressed. The study of this type interaction makes it possible to optimize the hydrodynamic design of high-speed vessels.

Key words: propulsion, planing, wake

1- INTRODUCCIÓN

La tendencia internacional, en los últimos años, ha sido el desarrollo de vehículos marinos de alta velocidad capaces de alcanzar y superar los 50 nudos. Se destacan dos arquitecturas: los cascos con formas multiescalón con un complejo propulsor-gobierno Andersen con hélices penetrantes de superficie y los cascos monohedrom con propulsores a chorro de agua. Para diseñar cualquier tipo de vehículo marino de alta velocidad [1], todo arquitecto naval debe tener en cuenta las cinco-S (*five-S*): estable (*stable*), abordable (*shipment*), resistente (*strength*), sigilo (*stealth*) y velocidad (*speed*).

Se han realizado múltiples estudios a nivel internacional sobre los vehículos marinos de alta velocidad. En cada uno de ellos se detallan los múltiples factores que definen la alta velocidad que logran alcanzar estas embarcaciones. Un sistema de propulsión con SPPs (hélices penetrantes de superficies) integrado a un casco de planeo multiescalón, son los dos aspectos fundamentales para lograr alcanzar altas velocidades.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Sistemas de propulsión. Antecedentes

El análisis de las características hidrodinámicas, constituye el punto de partida para el estudio de las embarcaciones de alta velocidad. En el procesamiento de los valores obtenidos de la cualidad inversa (e), se obtiene las ecuaciones de regresión en forma de polinomios, empleando el número de Froude por desplazamiento (F_{rd}), que permite seleccionar cual era el modelo de casco que mejor se adapta a las características de la región de navegación.

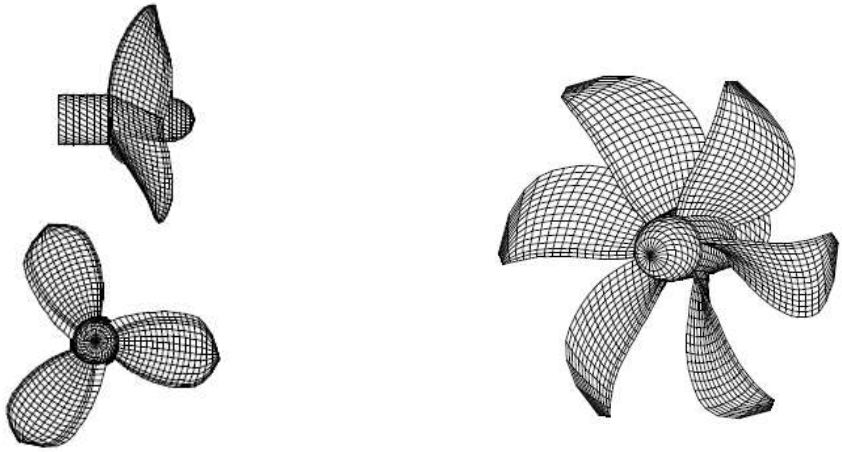
Alcanzar y mantener el régimen de planeo, depende de la posición de trimado dinámico (Ψ). El trimado dinámico está sujeto al equilibrio de las fuerzas de estáticas y dinámicas que actúan sobre la embarcación, y de acuerdo con su comportamiento pueden tener incidencia negativa en las características hidrodinámicas y afectación en el alcance altas velocidades. El trimado dinámico tiene su incidencia principal en la eficiencia de la marcha y ha sido objeto de estudio por varios investigadores, destacándose los trabajadores de Millar G.H(1911), Sottorf W. (1929-

1933), Wagner H. (1925-1932), Sedov L.I(1933-1950), Perelmutr A.S(1942-1944), Locke F.W.S (1948), Savitsky D (1949-1976), Clement E.P(1957-1967 y Bunkov M.M(1958-1975).

Durante la navegación de alta velocidad, en condiciones de mar atípicas, tiene notable influencia sobre las embarcaciones el tipo de oleaje, régimen de marcha y estado de carga [4]. Los estudios teóricos y experimentales sobre el comportamiento en la mar de un buque tienen entre sus mayores exponentes los trabajos de Krilov A.N. (1898), Jaskins M.D. (1946-1953), Savitsky D. (1949-1976), Pierson W.Jr. y St. Denis M. (1950-1982), Korvin-Kroukovsky B, V (1961), Newman J.N. (1961-1980), Semionov-Tian-Chansky V.V. (1965), Bales N.K., Walden D.A. y Mc. Creight W.R. (1980-1981), López Delgado J.R. y Áviles A. (1983-1985), Brown D.K. (1986-1995) y Alvariño Castro R. (1988-1997).

El Dr. Hassan Ghassemi de la Universidad Tecnológica de Amir Kabir de Teherán (Irán), ha sido uno de los científicos que más aportes ha realizado al estudio de las formas de casco y sistemas de propulsión para vehículos marinos de alta velocidad.

La literatura referente a las características hidrodinámicas de las SPPs es escasa [1]. Varios científicos han trabajado el tema de las SPPs como es el caso de Ferrando M (1997-2006), Pustshny A.V. (*September* 2009), Nozawa y Takayama (*March* 2002) y Young y Kinnas (2003). A pesar de los estudios realizados, no existe un diseño hidrodinámico para los sistemas SPPs [5]. Es característico el empleo de dos tipos de hélices, de tres y seis palas respectivamente (ver figura 1).



a b

Figura 1. Hélice penetrante de superficie a) SPP-1 de tres palas, b) SPP-2 de seis palas. Hassan Ghassemi (2009).

Cascos de planeo. Antecedentes.

Los vehículos marinos de alta velocidad logran alcanzar el régimen de planeo al surgir la fuerza de sustentación (N) como una de las componentes de la Resistencia total al avance (R_t).

La simulación computacional junto a un método práctico, es la solución que encuentra Ghassemi (2007), para la determinación de la resistencia por la presión inducida en el casco, la resistencia de fricción y la resistencia de spray [4]. En los trabajos de investigación científica del Dr. Ghassemi, presenta el resultado de los estudios de cuatro formas de casco de la Serie 62 Modelo 4666, óptimos para condiciones de planeo.

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de los vehículos marinos de alta velocidad, es el incremento de la velocidad y la carga útil de la embarcación. El incremento de la demanda de estos vehículos ha guiado el desarrollo de varias formas de cascos. Con el incremento de la velocidad, la embarcación requiere de una mayor potencia efectiva para vencer la resistencia de ola generada.

La generación de la fuerza de sustentación que contribuye a la reducción de la componente de resistencia de ola comparada con un casco convencional [4], es uno de los resultados significativos de los cascos de planeo (ver figura 2).

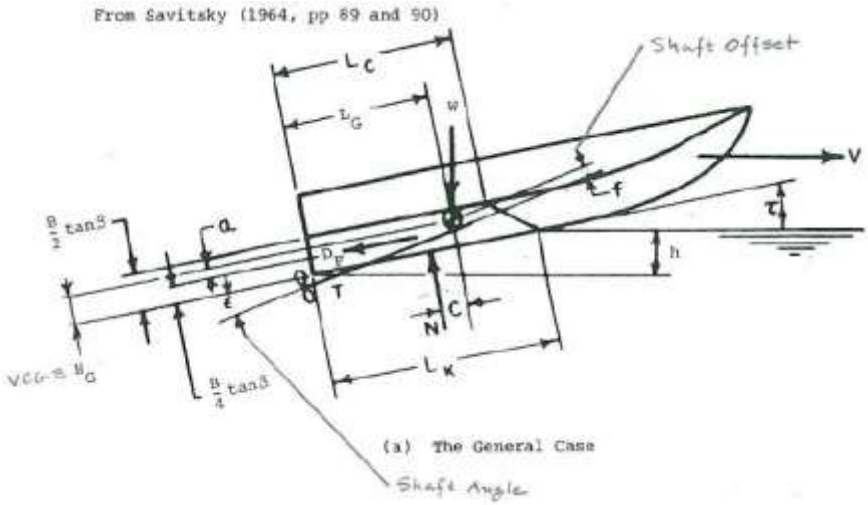


Figura 2. Gráfico de fuerzas hidrodinámicas durante la navegación de alta velocidad.

D. Savitsky (1964).

3- RESULTADOS

Características de los sistemas de propulsión

Las hélices penetrantes de superficies son más eficientes para vehículos marinos de alta velocidad debido a que:

- Disminuye la demanda de potencia por la reducción de apéndices.
- El dimensionamiento de las hélices no están limitadas por la clara existente entre la pala de esta y el fondo el casco o por el calado de la embarcación.
- Reduce la fricción y erosión en la superficie de la pala, la cavitación es remplazada por la ventilación.
- Genera la fuerza de sustentación obtenida a partir del trimado óptimo para el planeo.

Sin embargo, debe existir un incremento significativo de la eficiencia de empuje, que constituye objeto de análisis durante el incremento de la velocidad. En esta etapa de transición, la embarcación debe elevarse sobre la superficie, hasta alcanzar el régimen de planeo.

Resumen de estudios [2], muestran cuáles son los sistemas de propulsión para embarcaciones de alta velocidad (ver Tabla 1).

Tabla 1. Limitaciones de tres tipos de sistemas de propulsión. Hassan Ghassemi (2009).

Tipo de Propulsor	Propulsor sumergido	Propulsor en superficie	Water jet
Desplazamiento (Ton)	$0 \leq \Delta \leq 1000$ ~ *más*	$0 \leq \Delta \leq 40$ Para embarcaciones ligeras	$0 \leq \Delta \leq 1000$ Para embarcaciones desplazantes r
Velocidad (Nudos)	$Vs \leq 30$	$50 \leq Vs \leq 100$	$25 \leq Vs \leq 80$

Los vehículos marinos de alta velocidad alcanzan el régimen de planeo para números de Froude volumétricos superior a 3.5 (ver figura 3).

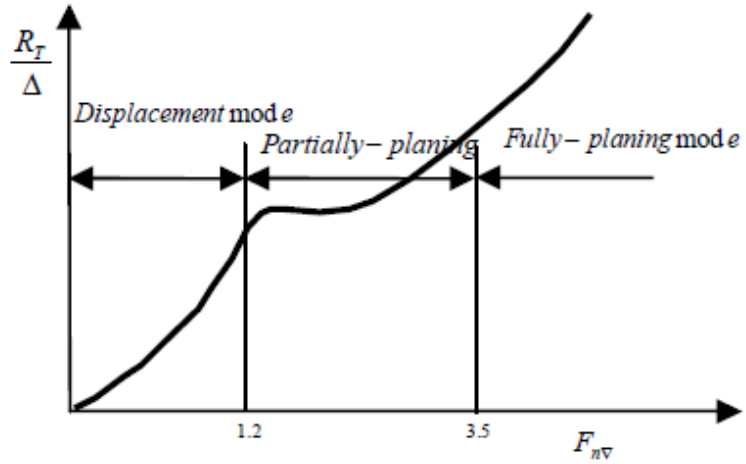


Figura 3. Comportamiento de la Resistencia total/Desplazamiento contra el Número de Froude Volumétrico para embarcaciones de planeo. Hassan Ghassemi (2009).

En el cálculo para hélice convencional [10], depende de las siguientes variables:

$$K_{inmersión\ completa} = f(Z, P/D, EAR, J, F_n, R_n, \sigma, \psi)\ (\mathbf{1})$$

Donde:

Z – número de palas

P/D – relación paso-diámetro

EAR – relación de disco

J – avance relativo

F_n – número de Froude

R_n – número de Reynold

σ – número de cavitación

ψ – inclinación de la línea de eje

Sin embargo, para hélices que operan en la interface aire-agua, deben ser añadidos dos parámetros: el coeficiente de Inmersión I_T y el número de Weber W_n.

$$K_{inmersión\ parcial} = f(Z, P/D, EAR, J, F_n, R_n, \sigma, \psi, I_T, W_n)\ (\mathbf{2})$$

El coeficiente de inmersión es uno de los parámetros más efectivos en el diseño de las SPPs.

En su trabajo destaca la influencia que tiene el avance relativo (J_ψ) sobre el avance relativo crítico ($J_{\psi CR}$) y la influencia de las superficies libres sobre la popa al variar el número de palas. Las características hidrodinámicas de la SPP presentan un comportamiento muy favorable para la navegación de alta velocidad cuando trabaja parcialmente sumergida. El efecto del número de Weber es muy importante para determinar y estudiar los modos de ventilación, transición y no ventilación de la hélice.

Los métodos de predicción y diseño aún se encuentran en desarrollo y sobre la base de estos se cometen muchos errores que se ven reflejado durante la explotación de los vehículos marinos de alta velocidad. [3]

Se han realizado varios estudios sobre la ventilación forzada (ver figura 4) en la región de popa con el objetivo de aumentar la eficiencia de las hélices penetrantes de superficie según Ghassemi (2015). Entre los autores más destacados los investigadores Shiba (1953), Wang (1977), Olofsson (1996), Rose y Kruppa (1991), Uhlman (1987), Young y Kinnas (2002), Ghassemi (2009), Vinayan y Kinnas (2008, 2009) y Himei (2013).

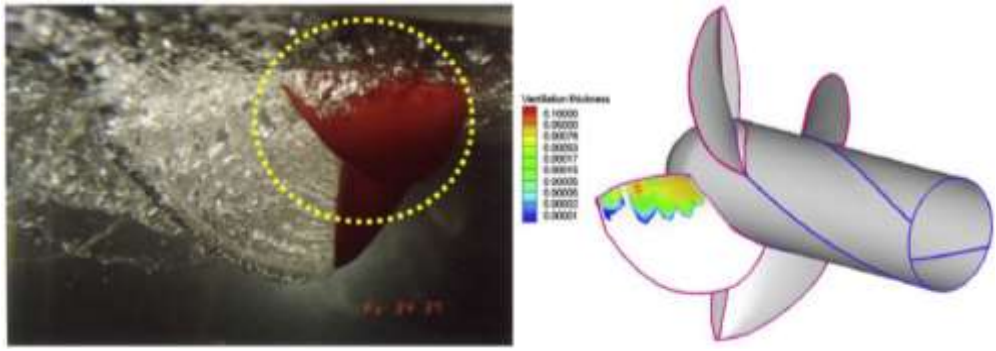


Figura 4. Observación y simulación del patrón de ventilación forzada J=1.2, F_n=2.
Hassan Ghassemi (2015).

Alrededor de este tema, Ghassemi (2015) plantea que no existe un método que permita realizar la predicción de la eficiencia propulsiva a través de los métodos numéricos valiéndose del método de elemento de frontera (*BEM*, por sus siglas en inglés).

Mediante la simulación a través del método de elementos de fronteras, se muestra un camino hacia la predicción de la eficiencia propulsiva, pero que aún continúa con áreas del conocimiento sin explorar porque se analiza de manera independiente el propulsor.

3.2 Características de los cascos de planeo.

Savitsky (2007) ha investigado las características del área mojada del fondo y el área de spray de las embarcaciones de planeo (ver figura 5), especificando los detalles de esta última para la determinación de resistencia al avance por spray.

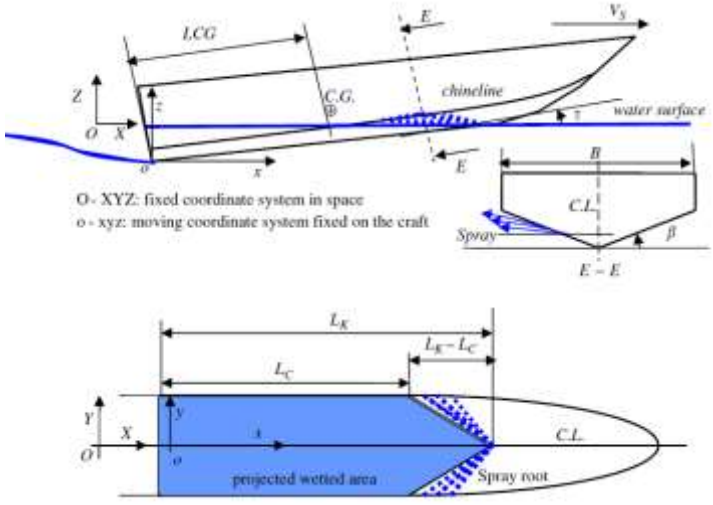


Figura 5. Área mojada y de spray durante la navegación de alta velocidad. Hassan Ghassemi (2007).

La fuerza más importante que actúa en la embarcación de planeo es la sumatoria de las fuerzas hidrodinámicas generadas por las presiones hidrodinámicas producidas en el fondo de la embarcación. Esta fuerza se divide en la resistencia inducida al casco y la fuerza de sustentación [12]. La resistencia total y la potencia efectiva de las embarcaciones de planeo se determinan mediante las siguientes fórmulas:

$$R_T = R_F + R_i + R_{spray} \quad (3)$$

Donde:

R_T – resistencia total

R_F – resistencia de fricción

R_i – resistencia inducida al casco

R_{spray} – resistencia de spray

$$P_E = R_T * V_S \quad (4)$$

Donde:

P_E – potencia efectiva

V_S – velocidad del buque

Un modelo de casco de planeo cóncavo puede generar una mayor fuerza de sustentación durante la navegación de alta velocidad. En esta condición de planeo, la fuerza de sustentación puede llegar a representar, respecto al peso de la embarcación, cerca del 65% y 85% para números de Froude volumétrico de 3.35 y 5 respectivamente [7].

4- DISCUSIÓN

En la literatura consultada, se ha estudiado e identificado que cada uno de los documentos científicos, analiza el portador naval y el sistema de propulsión de manera independiente.

En nuestro país se ha logrado obtener un casco multiescalón (ver figura 6) con altas prestaciones para obtener velocidades superiores a los 50 nudos. No se ha analizado el efecto de este sobre un sistema de propulsión que permite alcanzar el régimen de planeo.

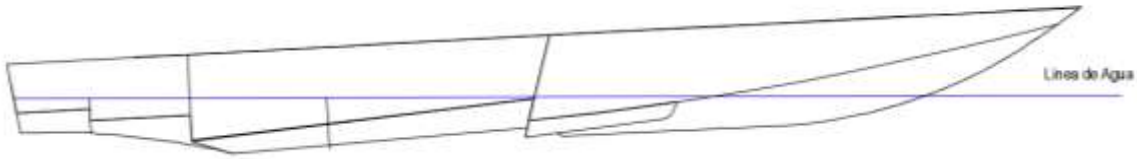


Figura 6**.** Casco multiescalón. Cuba 2015

Teniendo en cuenta el comportamiento del casco durante el régimen de planeo, este genera un movimiento ordenado del flujo alrededor del plano diametral. Cercano al extremo de las bandas, el flujo se torna caótico y desordenado, caracterizados por los coeficientes de estela ω y de succión i_t . Este movimiento del flujo que no es uniforme, llega al disco de la hélice. Sin embargo, este comportamiento no se analiza integrado al sistema de propulsión (interacción casco-hélice).

¿Cómo desarrollar y obtener un flujo de cálculo que permita obtener las características hidrodinámicas del casco y la hélice para los vehículos marinos de alta velocidad y con ello el aumento de la eficiencia propulsiva?

Para el diseño de hélices penetrantes de superficie teniendo en cuenta la influencia del campo de estela, se propone el siguiente diagrama de flujo de cálculo (ver figura 7).



Figura 7. Diagrama de flujo de cálculo para el diseño de hélices penetrantes de superficie.

5- CONCLUSIONES

- Los trabajos científicos en Cuba se han realizado solamente sobre portadores navales monohedrom.
- Se han realizado notables estudios científicos de los sistemas de propulsión y de los cascos de planeo de forma independiente cada uno de ellos.
- No existe un método combinado que permita obtener las características hidrodinámicas del sistema de propulsión y casco de planeo de forma integrada.
- Se propone un diagrama de flujo de cálculo para el diseño de hélices penetrantes de superficie.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hassan Ghassemi, Roya Shademani, Abdollah Ardeshir (2009): Hydrodynamic characteristics of the surface-piercing propeller for the planing craft, Proceedings of the ASME 28th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE 2009
2. Ghassemi, Mahmoud Ghiasi (2009): Hydrodynamic Characteristics of the Surface Piercing Propeller (SPP) by Using Special Practical and Numerical Approach. Department of Marine Technology, Amirkabir University of Technology, Hafez Ave., 15875-4413, Theran, Iran. *gasemi@aut.ac.ir*
3. Ehsan Yari, Hassan Ghassemi (2015): Hydrodynamic analysis of the surface-piercing propeller in unsteady open water condition using boundary element method, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering 8 (2016) 22-37.
4. Hassan Ghassemi, Mahmoud Ghiasi (2007): A combined method for the hydrodynamic characteristics of planing crafts, Ocean Engineering 35 (2008) 310-32, Vol. 35 Nos. 3-4, March 2008, ISSN 0029-8018. Ocean Engineering an International Journal of Research and Development.
5. Oscar Gil López: Perspectiva General de las embarcaciones híbridas de alta velocidad en el sector comercial y sus fundamentos hidrodinámicos. Facultat Naútica de Barcelona.
6. Hassan Ghassemi, Parviz Ghadimi (2011): Hydrodynamic Efficiency Improvement of the High Skew Propeller for the Underwater Vehicle Under Surface and Submerged Conditions. Journal Ocean University of China (Oceanic and Coastal Sea Research) ISSN 1672-5182, 2011 10 (4): 314-324.
7. Ehsan Yari, Hassan Ghassemi (2015): The unsteady hydrodynamic characteristics of partial submerged propeller via a RANS solver, Journal of Marine Engineering & Technology, 2015. Vol. 14, No. 3, 111-123.
8. Hadi Nourghasemi, Mohammad Bakhtiari, Hassan Ghassemi (2017): Numerical study of the step forward swept angle effects on the hydrodynamic performance of planing hull, Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. 2017, 51 (123), 35-42. ISSN 1733-8670 (Printed), ISSN 2392-0378 (Online), DOI: 10.17402/228.
9. Mohsen Khosravi Babadi, Hassan Ghassemi (2013): Effect of hull form coefficients on the vessel sea-keeping performance, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 21, No. 5, pp. 594-604 (2013). DOI: 10.6119/JMST-013-0117-2.

10. Ghang-Sup Lee, Young-Dal Choi, Byoung-Kwon Ahn, Myoung-Sup Shin, Hyun-Gil Jang (2010): Performance optimization of marine propellers, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering (2010) 2:211-216

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL CAJÓN DE TORSIÓN DE UN PORTACONTENEDORES DE 2.400TEU

Silva-Campillo, A.[1]; Suárez-Bermejo, J.C.[2]; Herreros-Sierra, M. A.[1]

[1]Departamento de Arquitectura, Construcción y Sistemas Oceánicos y Navales. Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid (España). [2]Centro de Investigación en Materiales Estructurales (CIME). Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid (España).
e-mail de contacto: a.silva@upm.es

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es evaluar mediante análisis numérico la estructura del cajón de torsión de un buque portacontenedores tipo feeder de 2.400TEU de capacidad, a partir del establecimiento del estado límite de fatiga y del estado límite último, a lo largo de su perímetro. Mediante el empleo del estado límite de fatiga y distintas alternativas geométricas, relativas a las dimensiones locales del cajón de torsión, se obtiene el grado de influencia de las mismas en la determinación de la vida a fatiga relativa a nueve disposiciones posibles del detalle estructural, compuesto por la intersección del refuerzo longitudinal y la bulárcama. En términos del estado límite último, se determina la influencia de las modificaciones geométricas en el establecimiento de los valores que hacen referencia a las tensiones locales de pandeo, las tensiones tangenciales inducidas por los esfuerzos cortantes verticales y horizontales y las tensiones tangenciales de alabeo.

Palabras claves: Cajón de torsión, fatiga, resistencia estructural, tensión tangencial.

1- INTRODUCCIÓN

Los buques portacontenedores son un eslabón fundamental en la cadena logística del transporte mundial y, por ello, tienen un impacto directo en el fenómeno de la economía global. Este hecho se traduce en la aparición de uno de los buques con mayor presencia en los mares y océanos del

mundo, lo que lleva asociado un crecimiento incesante, en términos de tamaño, de estos buques como consecuencia de la aparición del fenómeno socioeconómico conocido como economías de escala. Este aumento en el tamaño de los buques portacontenedores hace que los puertos deban aumentar sus instalaciones para poder recibirlos, sin embargo, esta posibilidad no se puede llevar a cabo en todos ellos debido a las limitaciones en su diseño por lo que, para recibir la carga de contenedores, éstos deben ser transportados desde terminales de carga de mayor tamaño a través de los denominados buques portacontenedores tipo feeder, que son los encargados de dar servicio a los puertos secundarios [1], y es por ello que este tipo de buques ha sido objeto de estudio en muchas ocasiones [2,3].

Los buques portacontenedores tienen una estructura típica que les permite ser más rápidos en las operaciones de estiba en puerto, pero al mismo tiempo les hace más sensibles a los esfuerzos derivados de la combinación de momentos globales de flexión y torsión. Wang et al. [4] estudiaron los mecanismos de fallo por torsión de buques con grandes escotillas a partir del establecimiento de modelos numéricos y ensayos experimentales en el proceso de colapso de la estructura, obteniendo como principal modo de fallo el fenómeno de alabeo, que además influye directamente en la resistencia última a la torsión, disminuyéndola de forma significativa. Paik et al. [5] demostraron la influencia de la torsión en las tensiones de alabeo de un buque portacontenedores de 4.300 TEU y su implicación en la existencia de tensiones tangenciales y su reducción en la magnitud del momento flector último, mientras que Sun y Soares [6] diseñaron dos modelos diferentes para reflejar y comparar los modos de fallo debidos a las cargas torsionales. La evaluación estructural de la resistencia del buque se ve influida por otras variables; Senjanovic et al. [7] investigaron la influencia y la rigidez torsional de la sala de máquinas mediante un procedimiento energético, basado en la modelización y simplificación de la cubierta principal como una viga bajo la influencia de la tensión tangencial.

Existe una estructura local denominada cajón de torsión situada a babor y estribor a la altura de la cubierta principal. En esta zona, se produce una alta concentración de tensiones y, por esta razón, varias investigaciones han discutido la evaluación estructural cerca de esta región. Silva-Campillo et al. [8] estudiaron la influencia en el peso óptimo del cajón de torsión de diferentes combinaciones geométricas. Wang et al. [4] evaluaron la importancia del forro de costado (zona muy importante en la caja de torsión) en la determinación del esfuerzo cortante, el esfuerzo de alabeo y la resistencia última a la torsión de un buque portacontenedores de 10.000 TEU. Villavicencio et al. [9] centraron el estudio en las variaciones de las tensiones de alabeo cerca del cajón de torsión comparando diferentes formulaciones del momento de torsión hidrodinámico.

Según Hansen y Winterstein [10], más del 40% de las grietas por fatiga encontradas en las estructuras de los buques se encuentran en el forro de costado y, más concretamente, en la intersección de los elementos primarios y secundarios. Este detalle estructural ha sido objeto de estudio en los buques portacontenedores en muchas ocasiones; Li et al. [11] propusieron un procedimiento para la evaluación de la fatiga de las estructuras de los cascos laterales bajo la influencia de la no linealidad de las olas y la velocidad de servicio. Ringsberg et al. [12] llevaron a cabo la diferencia de análisis en régimen lineal y no lineal en la determinación de los resultados, donde el análisis se realiza para dos alturas de ola significativas. Fricke et al. [13] investigaron las localizaciones de los hot-spot en la intersección de los elementos primarios y secundarios mediante diferentes configuraciones estructurales, en particular en la disposición entre un perfil tipo bulbo y una llanta soldada a él. Por último, Fricke y Paetzold [14] investigaron la influencia de diferentes condiciones de carga en el detalle estructural mediante la inclusión de diferentes modelos.

El objetivo principal de la investigación es obtener la influencia de las dimensiones del cajón de torsión en la distribución de tensiones globales (normales y tangenciales) y locales y en la

evaluación de la fatiga de los detalles estructurales situados en el forro de costado en un buque portacontenedores tipo feeder de 2.400TEU. El estudio se resume en las siguientes secciones.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

2. 1 - Base matemática

Las tensiones normales (σ_1) inducidas por el momento flector y de alabeo son una combinación lineal de la contribución de las tensiones normales correspondientes al momento flector en aguas tranquilas, al momento flector vertical y horizontal en olas y al valor absoluto de la tensión normal de alabeo inducida por el bimomento [15]:

$$\sigma_1 = \left[\frac{M_{SW}}{Z} + \frac{0.4M_{WV}}{Z} + \frac{M_{WH}}{I_Z} |y| \right] \cdot 10^{-3} + \sigma_\omega \quad (1)$$

Donde *y* es la coordenada horizonta del punto de cálculo, *Z* denota el módulo de la sección e I_z es el momento de inercia. La tensión normal de alabeo se define mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_\omega = \frac{\omega \cdot M(\omega)}{J(\omega)} \quad (2)$$

donde ω es la coordenada sectorial y $M(\omega)$ es el bimomento aplicado sobre la estructura. Las tensiones tangenciales son el resultado de la contribución de la tensión tangencial del buque viga inducida por el esfuerzo cortante vertical en aguas tranquilas, las tensiones tangenciales vertical y horizontal en olas. La tensión cortante debida al momento de St. Venant (τ_{SV}) viene dado por:

$$\tau_{SV} = -\frac{G J_t \left(\frac{d\theta}{dx} \right)}{2A_0 t} \quad (3)$$

donde A_0 denota el área delimitada por la sección transversal y t denota el espesor del segmento considerado. La tensión tangencial debida al momento torsor es, a partir del momento estático sectorial $S(\omega)$:

$$\tau_{\omega} = \frac{M_{T,\omega} \cdot S(\omega)}{J(\omega)\, t} \qquad (4)$$

La tensión normal de pandeo o de Euler (σ_{cr} o *Sig.Buck*) es, con h el espesor de la plancha correspondiente:

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{h}{b}\right)^2 \qquad (5)$$

De forma análoga, la tensión tangencial de pandeo (τ_E o *Tau.Buck*) es:

$$\tau_E = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{h}{b}\right)^2 \text{ con } \begin{cases} k = 5{,}35 + \dfrac{4}{\alpha^2} & para\ \alpha > 1 \\ k = \dfrac{5{,}35}{\alpha^2} + 4 & \alpha \le 1 \end{cases} \qquad (6)$$

Siendo α el cociente entre los parámetros que definen los lados de la plancha. El daño a fatiga está determinado, para el caso de una curva SN de un único tramo, por la siguiente expresión [16]:

$$D = \frac{N_t}{A_1}\left(\frac{\Delta\sigma}{\ln(N_R)^{1/\xi}}\right)^{m_1} \cdot \Gamma\left(\frac{m_1}{\xi} + 1\right) \qquad (7)$$

Donde A_1 y m_1 son los parámetros de la curva SN, $\Delta\sigma$ es el rango de tensiones, N_R es el número total de ciclos de carga, N_t es el número de ciclos para la vida de diseño, Γ es la función gamma y ξ es el parámetro de Weibull.

2. 2 - Descripción

La disposición general del portacontenedores de 2.400 TEU se muestra en la Figura 1:

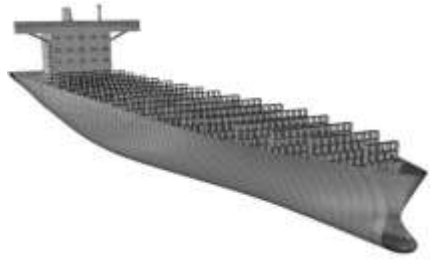


Figura 1. Disposición general del portacontenedores de 2.400 TEU.

Se ha seleccionado un buque portacontenedores con características principales similares a las del buque analizado en Soadamara et al. [77], como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones principales

Descripcción	Valor
Eslora de escantillonado (m), L	196,4
Manga (m), B	32,2
Coeficiente de bloque, C_B	0,68
Velocidad de servicio (kn), V	15
Puntal (m), D	19
Calado de escantillonado (m), T	12,8

La Figura 2 muestra la cuaderna maestra del buque formada por dos tipos de acero de alta resistencia (con idéntico módulo de Young de 210GPa y coeficiente de Poisson de 0,3): acero de 315MPa de límite elástico cerca del eje neutro (color rojo) y acero de 355MPa de límite elástico en la parte inferior y en la cubierta principal (color verde). La Figura 2 también representa cada una de las zonas que constituyen el cajón de torsión y los nodos (1 a 4) que definen su perímetro.

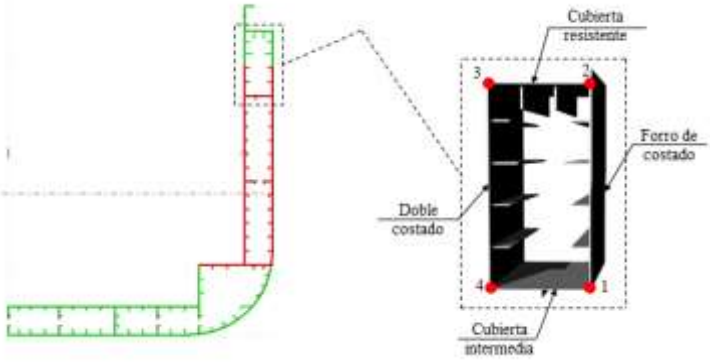


Figura 2. Definición de la cuaderna maestra y el cajón de torsión.

El buque tiene un doble casco de 1,875 m y la altura de la cubierta intermedia es de 14,82 m sobre la línea de base. Los refuerzos longitudinales están formados por perfiles tipo llanta, con una separación longitudinal de 868mm en los tres primeros longitudinales (350×28 y 500×48mm) con respecto a la cubierta intermedia y de 750mm en el cuarto longitudinal (350×28mm) en el doble costado y en el forro lateral, mientras que la separación en la cubierta principal y la cubierta intermedia es de 625 y 600mm con respecto al doble costado, respectivamente. La separación de los refuerzos longitudinales tipo angular (alma 200×9mm y ala 90×14mm) de la cubierta intermedia es de 938mm. La distribución de espesores de las planchas es: 15mm en la cubierta intermedia, 28mm en la parte baja del doble casco y el forro de costado y 48mm en la zona alta del doble casco, el forro lateral y la cubierta principal. Las longitudinales del forro del casco tienen la siguiente nomenclatura: Longitudinal nº1 (L1) a nº4 (L4) empezando por el más bajo (más cercano a la cubierta intermedia) hasta el más alto (más cercano a la cubierta resistente). El procedimiento consiste en establecer el grado de influencia de las variables geométricas que definen las dimensiones del cajón de torsión en cada uno de los elementos estructurales (planchas y detalles estructurales). Las posibles combinaciones de la geometría del cajón de torsión se establecen mediante siete valores diferentes de las variables que definen la manga y el puntal del cajón de torsión correspondientes a su valor original

(y_0=14,225m, z_0=14,82m), a partir de seis modificaciones relativas a incrementos y decrementos del 1, 2 y 3% respecto a su valor inicial.

2. 3 - Análisis numérico

Se realiza un análisis numérico en dos etapas; la primera se centra en obtener el grado de influencia en la resistencia a la fatiga de diferentes detalles estructurales utilizando la técnica de elementos finitos y el software ANSYS® Workbench 2021 siguiendo los mismos principios que Li et al. [11]. Se adopta la tensión hot-spot siguiendo el mismo procedimiento de Kim et al. [18]. La determinación de estas tensiones debidas a fatiga, se obtiene mediante un mallado tetraédrico no estructurado en 3D, basada en una mallado estándar y un refinamiento en los puntos de interés, basado en las recomendaciones de Niemi [19]. La condición de carga corresponde a la disposición típica de las cargas estáticas y dinámicas resultantes de la contribución de las cargas globales y locales (presión estática y dinámica) que inducen esfuerzos cortantes y momentos flectores, analizando los longitudinales del forro de costado como vigas simples (entre cada bulárcama). Las condiciones de contorno responden a apoyos fijos que restringen los seis grados de libertad. Los valores para cada una de las condiciones de carga descritas se muestran en la Figura 3.

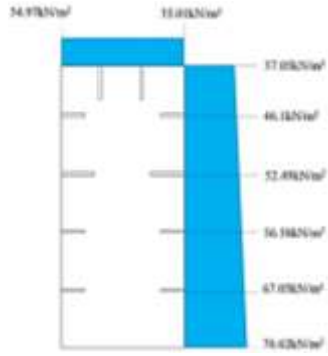


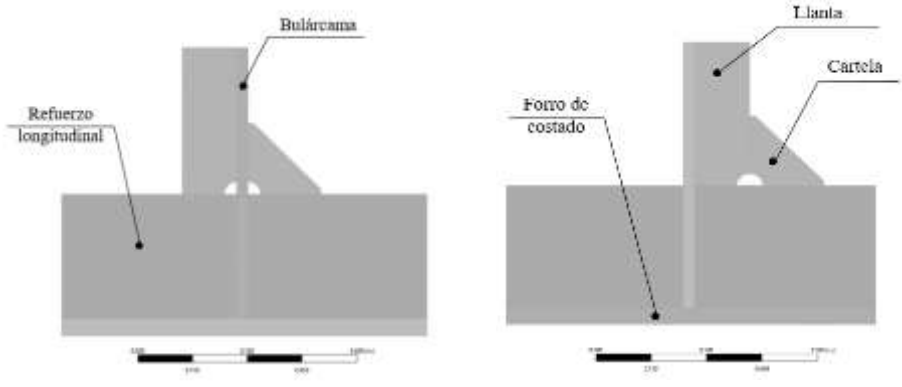
Figura 3. Valores máximos de presión (hidrostática + dinámica).

La segunda etapa establece la relación de influencia de las dimensiones de la caja de torsión especificada en cada una de las planchas que es la parte no rigidizada de la placa rectangular entre los refuerzos longitudinales y/o los miembros primarios de soporte. La determinación de las tensiones tangenciales, de alabeo y de pandeo se obtiene mediante el software de la sociedad de clasificación Bureau Veritas Mars2000® [20] siguiendo el mismo procedimiento desarrollado por Im et al. [21] mediante un submodelo consistente en tres longitudes de bodegas de carga dentro de 0,4L en el centro del buque bajo las mismas condiciones de contorno que Tanny et al. [22].

3- RESULTADOS

3. 1 - Comprobación a fatiga

Se estudian diferentes configuraciones de la intersección estructural referidas a las cuatro conexiones entre el refuerzo longitudinal y la bulárcama, situadas en el forro de costado: *Det1* con una llanta en un lado, *Det2* con una llanta en cada lado, *Det3* una llanta y una cartela en cada lado, *Det4* una llanta en un lado y una cartela con finales redondeados en otra, *Det6* una llanta y una cartela en el mismo lado, *Det8* una llanta y una cartela con finales redondeados en el mismo lado, *Det10* una llanta y una cartela en un lado y en el otro una cartela, Det12 una llanta y una cartela en un lado y en el otro una cartela con finales redondeados. El escantillonado de la cartela es proporcional al escantillonado de la llanta. La Figura 4 muestra los detalles estructurales *Det3* y *Det6*:



(a) (b)

Figura 4. (a) *Det3* y (b) *Det6*

La Figura 5 muestra la evolución del valor del daño por fatiga en la longitudinal nº 1 (L1) bajo la modificación de la variable puntal, mientras que la Figura 6 representa el mismo caso bajo la consideración de la modificación de la variable manga.

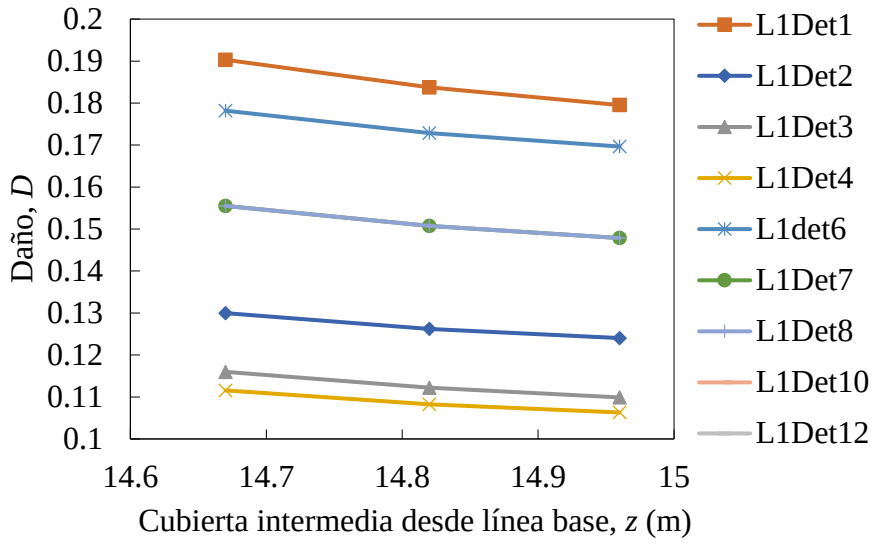


Figura 5. Evolución del daño por fatiga para el longitudinal nº 1 (L1) bajo la modificación de los valores de punta de la cubierta intermedia y diferentes detalles estructurales.

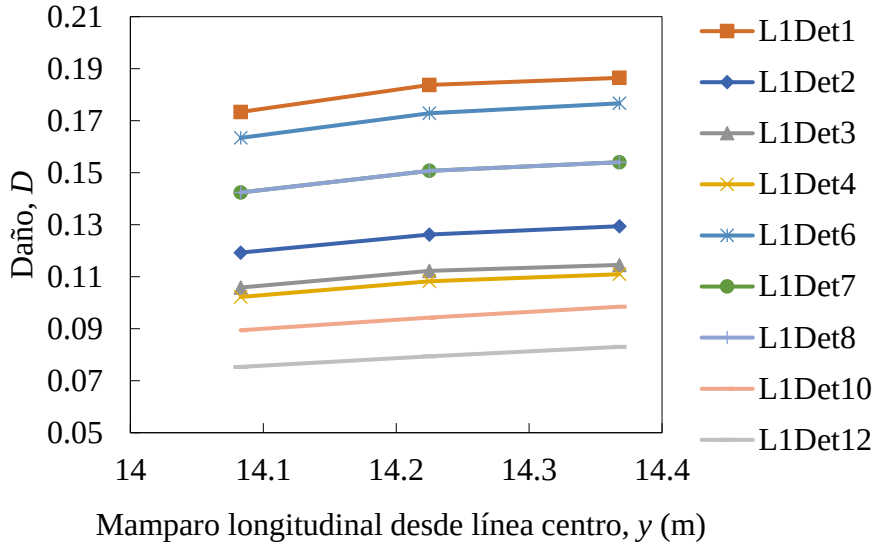


Figura 6. Evolución del daño por fatiga para el longitudinal nº 1 (L1) bajo la modificación de los valores del mamparo longitudinal y los diferentes detalles estructurales.

3. 2 – Tensiones globales del buque viga

La Figura 7 muestra la evolución de las tensiones normales del buque viga inducidas por los momentos de torsión y flexión a lo largo del perímetro del cajón de torsión para cada una de las posibles combinaciones geométricas.

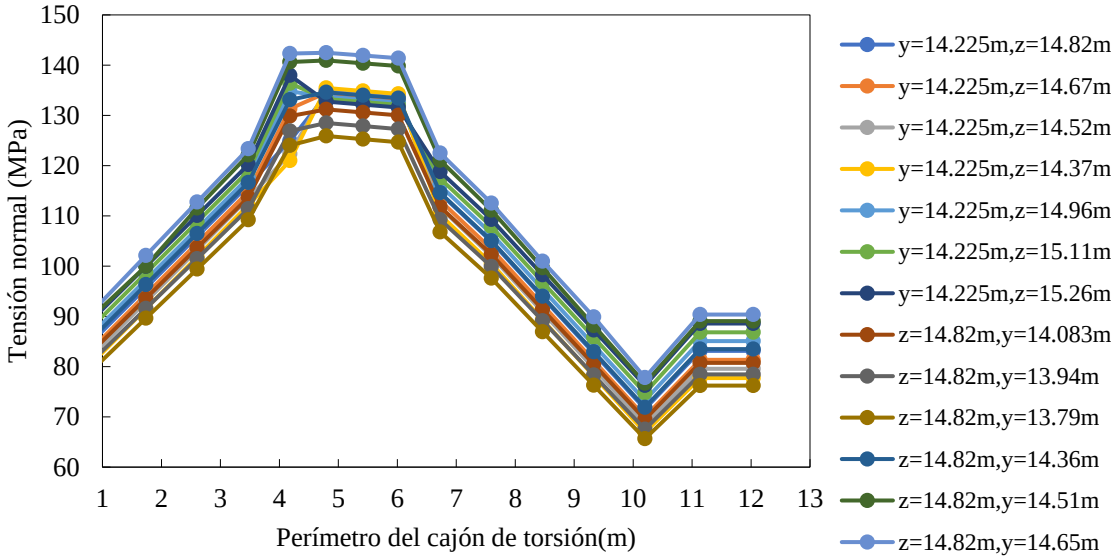


Figura 7. Evolución de las tensiones normales del buque viga a lo largo del perímetro del cajón de torsión.

La Figura 8 representa la evolución de los valores de las tensiones tangenciales del buque viga inducidas por los esfuerzos cortantes y el momento torsor a lo largo del perímetro del cajón de torsión para cada una de las posibles combinaciones geométricas.

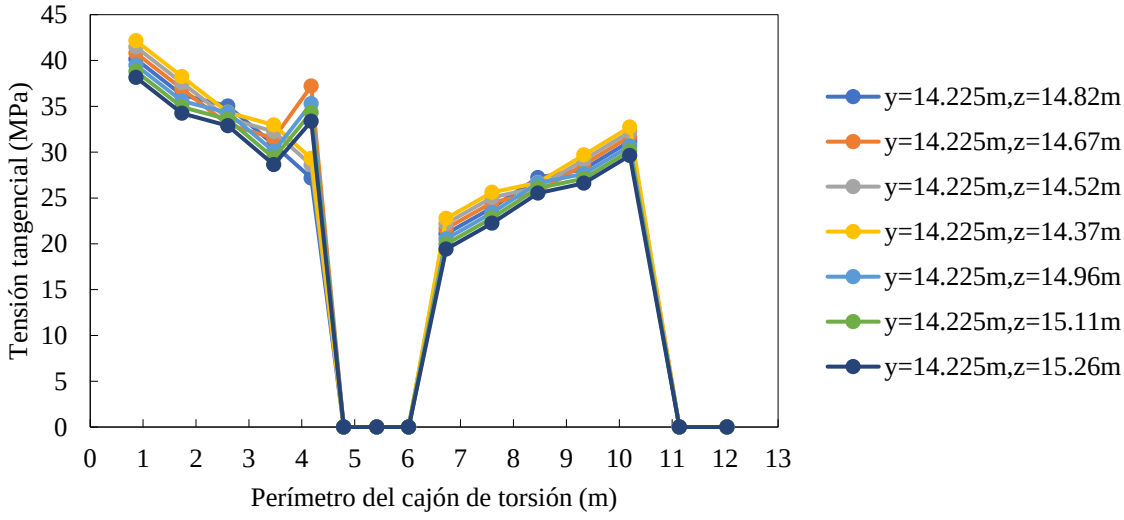


Figura 8. Evolución de las tensiones tangenciales del buque viga a lo largo del perímetro del cajón de torsión.

3. 3 – Resistencia a pandeo

La Figura 9 muestra la evolución del valor de la tensión crítica de pandeo (normal y cortante) a lo largo de cada una de las planchas elementales que componen el perímetro del cajón de torsión para modificaciones en el valor de la variable manga y un valor inicial de la variable puntal.

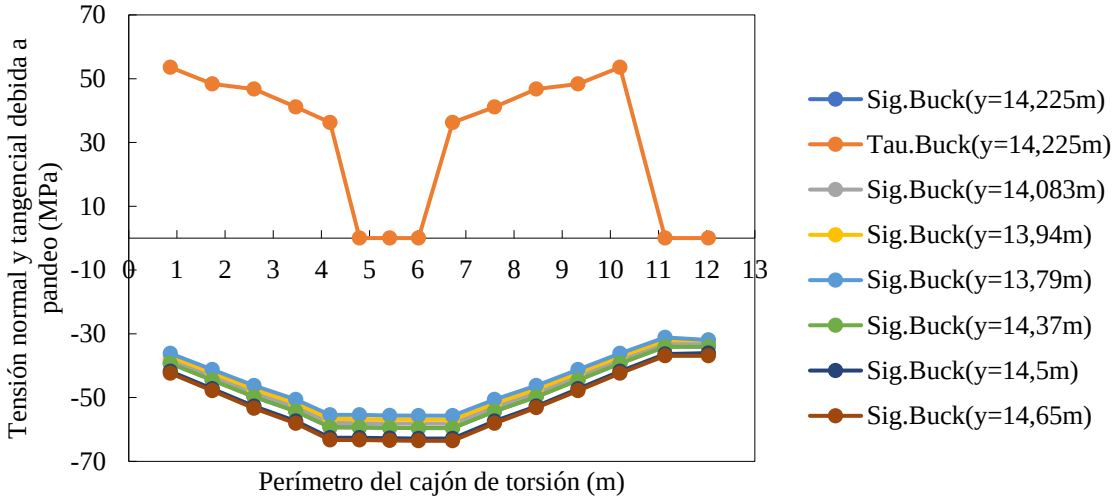


Figura 9. Evolución de la tensión crítica de pandeo, normal (Sig. Buck) y tangencial (Tau. Buck), a lo largo del perímetro del cajón de torsión para los diferentes valores de la manga.

4- DISCUSIÓN

Se observa una mejora de la vida a la fatiga a medida que aumenta la altura de la cubierta intermedia y se reduce el puntal del cajón de torsión, para todos los detalles estructurales y longitudinales calculados. En cuanto a la variable manga, se observa una disminución de la vida a la fatiga a medida que disminuye el doble casco. La modificación de la variable manga no afecta a la distribución de las tensiones tangenciales y el aumento de la variable puntal, traducido en términos de menor desplazamiento de la altura de la cubierta intermedia, se convierte en una disminución del valor de la tensión tangencial. Se observa una pequeña diferencia en el proceso de variación de la mejora (menor valor de la tensión tangencial) que en el empeoramiento (mayor valor de la tensión tangencial). La tensión tangencial crítica de pandeo permanece constante con la modificación de la variable de anchura y cambia su valor con la alteración de la variable de profundidad, mientras que la tensión normal crítica de pandeo sufre modificaciones en su valor

con las modificaciones geométricas del cajón de torsión. En general, un aumento del valor de la manga da lugar a una disminución de la tensión normal, mientras que un aumento del puntal da lugar a un aumento tanto de la tensión tangencial como de la tensión normal (en valor absoluto).

5- CONCLUSIONES

En esta investigación, se han obtenido criterios de diseño estructural para un buque portacontenedores y se ha demostrado el grado de influencia de las características del cajón de torsión en la evaluación estructural global y local, a partir de la relación de comportamiento entre las variables geométricas, las tensiones a bordo y la evaluación de la resistencia a la fatiga de diferentes detalles estructurales situados en el forro del casco. Mediante diferentes comparaciones, se ha demostrado un mayor grado de influencia de la variable relativa a la manga frente a la variable del puntal en la reducción de las tensiones a bordo. Sin embargo, la modificación de la variable de la manga está asociada a un mayor coste en términos de construcción del buque, ya que valores elevados de la manga del cajón de torsión (y por tanto del doble casco) pueden afectar a la capacidad de carga del buque. Las mejoras derivadas de la variación del puntal del cajón de torsión son menores, pero más factibles desde el punto de vista técnico, ya que no afectan a la capacidad de carga del buque y tienen un impacto mínimo en la capacidad de lastre.

Escritura de reconocimientos

Los autores quieren agradecer el apoyo recibido por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Drozhzhyn, O. "Containership traffic optimization on feeder shipping line". *Transp. Telecommun.* 2016. No 17(4). pp 314-317.
2. Paik, J.K.; Lee, D.H.; Noh, S.H.; Park, D.K.; Ringsberg, J.W. "Full-scale collapse testing of a steel stiffened plate structure under cyclic axial-compressive loading". *Struct.* 2020. No 25. pp 996-1009.
3. Yi, M.S.; Lee, D.H.; Lee, H.H.; Paik, J.K. "Direct measurements and numerical predictions of welding-induced initial deformations in a full-scale steel stiffened plate structure". *Thin-Walled Struct.* 2020. No 153. 106786.
4. Wang, Q.; Wang, C.; Wu, J.; Wang, D. "Investigations on the torsional failure characteristics of the global hull girder with large deck openings". *Ocean Eng*. 2020. No 128. 107007.
5. Paik, J.K.; Thayamballi, A.K.; Pedersen, P.T.; Park, Y.I. "Ultimate strength of ship hulls under torsion". *Ocean Eng.* 2001. No 28(8). pp 1097-1133.
6. Sun, H.H.; Soares, C.G. "An experimental study of ultimate torsional strength of a ship type hull girder with a large deck opening". *Mar. Struct.* 2003. No 16(1). pp 51-67.
7. Senjanovic, I.; Vladimir, N.; Tomic, M. "Investigation of torsion, warping and distortion of large container ships". *Ocean Syst. Eng.* 2011. No 1(1). pp 73-93.
8. Silva-Campillo, A.; Herreros-Sierra, M.A.; Suárez-Bermejo, J.C. "Optimum weight of the torsion box, in terms of fatigue life, of an ultra large container ship". *Trends in the Analysis and Design of Marine Structures.* 2019. pp 183-187.
9. Villavicencio, R.; Zhang, S.; Tong, J. "A study of cross deck effects on warping stresses in large container ships". *Analysis and Design of Marine Structures V*. 2015. No 385.
10. Hansen, P.F.; Winterstein, S.R. "Fatigue Damage in the Side Shells of Ships". *Mar. Struct.* 1995. No 8(6). pp 631-655.
11. Li, Z.; Ringsberg, J.W., Storhaug, G. "Time-domain fatigue assessment of ship side-shell structures". *Int. J. Fatigue.* 2013. No 55. pp 276-290.
12. Ringsberg, J.W.; Li, Z.; Tesanovic, A.; Knifsund, C. "Linear and nonlinear FE analyses of a container vessel in harsh sea state". *Ships Offshore Struct.* 2015. No 10(1). pp 20-30.

13. Fricke, W.; Lilienfeld-Toal, A.V.; Paetzold, H. “Fatigue strength investigations of welded details of stiffened plate structures in steel ships”. *Int. J. Fatigue.* 2012. No 34. pp 17-26.
14. Fricke, W.; Paetzold, H. “Full-scale fatigue tests of ship structures to validate the S-N approaches for fatigue strength assessment”. *Mar. Struct.* 2010. No 23(1). pp 115-130.
15. Tenenbaum, J.; Eisenberger, M. “Analytic solution for buckling of rectangular isotropic plates with internal points supports”. *Thin-Walled Struct.* 2021. No 163. 107640.
16. Bureau Veritas Rules, NR467 Steel Ships, Part B Hull and Stability, Chapter 5 Design Loads, Section 2 Hull Girder Loads. 2021. pp 141-145. Paris, Francia.
17. Soadamara, J.M.; Busse, W.; Wehner, K. “Data-Based Modelling of Ship propulsion for A 2500 TEU Feeder Container Ship”. *Int. J. Marine Eng. Innovation and Research.* 2020. No 5(4). pp 198-205.
18. Kim, M.H.; Kim, S.M.; Kim, Y.N.; Kim, S.G.; Lee, K.E.; Kim, G.R. “A comparative study for the fatigue assessment of a ship structure by use of hot-spot stress and structural stress approaches”. *Ocean Eng.* 2009. No 36(14). pp 1067-1072.
19. Niemi, E. “Stress Determination for Fatigue analysis of Welded Components”, 1995.
20. Bureau Veritas, MARS2000. User’s Guide. 2000. Paris, Francia.
21. Im, H.; Vladimir, N.; Malenica, S.; Cho, D. “Hydroelastic response of 19,000 TEU class ultra large container ship with novel mobile deckhouse for maximizing cargo capacity”. *Int. J. Nav. Arch. Ocean Eng.* .2017. No 9 (3). pp 339-349.
22. Tanny, T.T.; Akter, N.; Amin, O.M. “Finite element analysis of container ship’s cargo hold using ANSYS and POSEIDON software” *AIP Conference Proceedings*. 2017. No 1919: 020012.

XXVII
COPINAVAL
congreso panamericano
de ingeniería naval,
transporte marítimo
e ingeniería portuaria

METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DE EMBARCACIONES CON TECNOLOGÍAS DE ELECTROMOVILIDAD EN EL TRANSPORTE FLUVIAL EN COLOMBIA

Sanabria Vargas O.A[1], Vergara Pestana H.D[1], Mendoza R.R[1], Paipa Sanabria E.G[1]

[1]Grupo de Diseño e Ingeniería-COTECMAR
e-mail: osanabria@cotecmar.com

RESUMEN

En el marco del proyecto FerroFluvial 4.0 el cual tiene como objetivo formular un plan de investigación para la para la evaluación y priorización de tecnologías de electromovilidad en el sector férreo y fluvial, es necesario conocer el consumo eléctrico de las embarcaciones que posean tecnologías orientadas hacia la electromovilidad para así estimar los impactos energéticos futuros que tendría la implementación de estas soluciones en el sector fluvial sobre la matriz energética del país. Este estudio tiene como objetivo determinar una metodología de estimación de consumos eléctricos de diferentes sistemas de movilidad fluvial, teniendo en cuenta tipo de transporte, tecnologías de operación y variables exógenas asociadas a condiciones de navegabilidad en el territorio colombiano. Se realizó una revisión bibliográfica de las metodologías aplicadas para estimaciones de consumo eléctrico en diferentes sectores a nivel mundial basadas en métodos estadísticos, inteligencia artificial, entre otros, que sirvió para definir la metodología basada en lógica difusa para la estimación del consumo eléctrico. El modelo busca minimizar el error de estimación de consumo eléctrico de embarcaciones fluviales con electromovilidad a través de un preprocesamiento y pronóstico de datos de embarcaciones con similares características, tipo de transporte y tecnologías de operación. Para la implementación de alternativas tecnológicas de electromovilidad es crucial estimar la magnitud del impacto energético que puede sufrir la red nacional referente a estaciones de carga requeridas en puertos, muelles y embarcaderos.

Palabras Clave: Electricity Consumption Forecast, Fuzzy logic, ARIMA, TBATS, ANN, LSTM.

1- INTRODUCCIÓN

Le previsión de consumo eléctrico ha sido una tarea clave en la industria eléctrica durante muchos años debido a su impacto tanto en la economía como en la planeación, operación, mantenimiento de los sistemas eléctricos [1] y también a su utilidad para garantizar una operación estable y eficaz de los sistemas de energía a futuro. En el marco del proyecto FerroFluvial 4.0 para la incursión de electromovilidad en el sector fluvial, esta investigación tiene como objetivo determinar una metodología para la estimación de consumos eléctricos en embarcaciones con sistemas de electromovilidad teniendo en cuenta tipo de transporte, tecnologías de operación y variables exógenas asociadas. Como información de entrada para la caracterización de consumos eléctricos de diferentes sistemas de movilidad fluvial se realiza una revisión bibliográfica de las metodologías aplicables para pronosticar el aumento del consumo eléctrico y se analizan los parámetros de entrada y salida, casos de uso y errores estimación de los diferentes métodos.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

La revisión del estado del arte de diferentes metodologías aplicables para pronosticar el aumento de consumo eléctrico en diferentes casos fue necesaria para llevar a cabo esta investigación. En la revisión se analizaron diferentes casos de aplicaciones donde se aplican modelos de series temporales, modelos basados en inteligencia artificial, modelos basados en regresiones y métodos de lógica difusa, también se revisaron parámetros de entrada, salida, variables exógenas relacionadas, porcentajes de error y/o niveles de efectividad de las metodologías utilizadas para los diferentes casos revisados.

3- RESULTADOS

A partir de la revisión del estado del arte se logró identificar 7 tipos de metodologías utilizadas para la estimación y/o pronósticos de variables relacionadas a la demanda eléctrica, que se describen a continuación:

AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA)

En la Tabla 1 se describe la definición general, algunas aplicaciones de esta metodología de estimación y sus resultados en función de los errores tenidos en cuenta en cada aplicación.

Tabla 1. Definición y aplicaciones ARIMA.

	Definición	Aplicaciones y errores
ARIMA	El modelo autorregresivo integrado de promedio móvil (ARIMA) permite describir un valor como una función lineal de datos anteriores y errores aleatorios, pero también puede contener un componente cíclico o estacional [2]. Es decir, debe contener todos los elementos necesarios para describir el fenómeno. Este se desarrolla integrando dos formas diferentes de regresiones lineales, la Autorregresiva (AR) y la Media Móvil (MA) añadiendo una diferenciación de la serie indicada por la letra I (integración) [3].	1. Pronóstico del consumo de energía hidroeléctrica para Pakistán utilizando modelos ARIMA y análisis de oferta y demanda para el año 2030 [4]. Diferencia ±1.6% respecto a datos reales. 2. Pronóstico del consumo y la producción de electricidad en hogares inteligentes mediante métodos estadísticos [5]. MAE[1]: 198,27 Watts respecto a datos reales. 3. Aplicación del enfoque de modificación residual en ARIMA estacional para el pronóstico de la demanda de electricidad: un estudio de caso de China [6]. MAPE[2]: 24.24%, 16.8% y 34.44% respecto a datos reales

Error de predicción:

Los resultados de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para el pronóstico de consumo eléctrico en Pakistán, basado en ARIMA, realizado en [4] indican que los datos estimados siguen de manera acertada los datos de consumo reales para el periodo de 2001 a 2010.

[1] Error Medio Absoluto (MAE-Mean Absolute Error): permite establecer el desempeño de un pronóstico. Fuente: [46].

[2]Error Absoluto Medio Porcentual (MAPE-Mean Absolute Percentage Error): es un indicador del desempeño del Pronóstico que mide el tamaño del error (absoluto) en términos porcentuales. Fuente: [47].

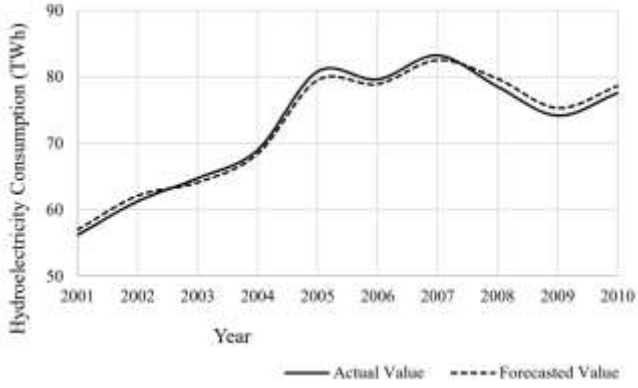


Figura 1. Pronóstico de consumo de hidroelectricidad en Pakistán con ARIMA. Fuente: [4]

TBATS.

En la Tabla 2 se describe la definición general, algunas aplicaciones de esta metodología de estimación y sus resultados en función de los errores tenidos en cuenta en cada aplicación.

Tabla 2. Definición y aplicaciones TBATS

	Definición	Aplicaciones y errores
TBATS	TBATS es una metodología de estimación que proporciona un pronóstico preciso para series de tiempo con estacionalidades complejas [12]. Este modelo permite modelizar múltiples estacionalidades, aunque por contra, no permite añadir regresores o variables independientes [7]. Como curiosidad, el acrónimo del modelo viene de: T (Trigonometric regressors): regresores trigonométricos para múltiples estacionalidades. B (Box-Cox transformations): transformación de Box-Cox, para corregir el defecto de normalidad en los datos. A (ARMA errors): modelización de los errores del ARMA. T (trend): tendencia. S (seasonality): estacionalidad.	1. Rendimiento de series de tiempo para la demanda de carga de electricidad en Johor [8]. TBATS RMSE[3]: 7368.679 respecto a datos reales. 2. Pronóstico de la demanda de carga de vehículos eléctricos utilizando modelos de series de tiempo [9]. TBATS RMSE > 8% 3. Previsión del precio de la electricidad en el mercado diario danés utilizando los métodos TBATS, ANN y ARIMA [10]. TBATS MAE: 37.51

[3] RMSE: Error cuadrático medio (RMSE) mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos. [46]

Error de predicción:

En el pronóstico representado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2, tres métodos de estimación fueron implementados para el pronóstico del precio de la electricidad en el mercado danés durante los primeros 212 días de 2017 [10]; Para este se tomaron los precios de la electricidad del año anterior (2016) con el objetivo de entrenar los modelos. En la Figura 2 se aprecia que la previsión del modelo TBATS para el periodo analizado no sigue los picos de los datos reales en algunos puntos, resultando este el segundo modelo con el error medio más alto (37.5) después de ARIMA con un error de 33.24 puntos y antes de ANN con un error de 41.41 puntos.

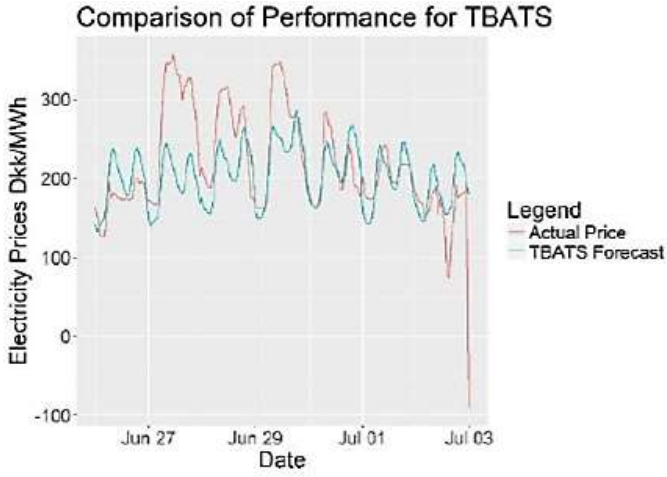


Figura 2. Pronóstico de precio de la electricidad con TBATS en última semana de junio. Fuente: [10].

MULTIVARIATE ADAPTATIVE REGRESSION SPLINE (MARS)

En la Tabla 3 se describe la definición general, algunas aplicaciones de esta metodología de estimación y sus resultados en función de los errores tenidos en cuenta en cada aplicación.

Tabla 3. Definición y aplicaciones MARS.

	Definición	Aplicaciones y errores

MARS	Es un método de análisis de regresión propuesto por Friedman, que es un método de regresión no paramétrico [11]. Fue creado para su uso en funciones lineales o cúbicas. Normalmente, el método es una herramienta estadística flexible y rápida gestionada a través de un método integrado de modelado lineal y no lineal [12].	1. Pronóstico de la producción de energía diaria de un sistema fotovoltaico conectado a la red basado en MARS [13]. MARS MAPE (%): 41.3 2. Pronóstico del precio de la energía de Ontario por hora mediante MARS [14]. Escenario 1 MAPE (%): 13.1 Escenario 2 MAPE (%): 11.8 3. Predicción de la demanda de energía de transporte: splines de regresión adaptativa multivariable [15]. (GR^2)[4]: Modelo 1: 0.839; Modelo 2: 0.978 Modelo 3: 0.979 Modelo 4: 0.978 Modelo 5: 0.972

Error de predicción:

La metodología de estimación utilizada en [15] demuestra que el modelo MARS es efectivo al predecir la demanda de energía en el sector transporte de Turquía. En este estudio se emplearon 5 modelos diferentes de pronósticos con el precio del petróleo como factor común para un periodo de tiempo entre 1975-2019. De todos estos, el modelo 3 presenta mejor comportamiento de pronóstico, resultando con el mayor valor de capacidad de generalización (GR^2).

[4] Error generalizado de validación cruzada normalizado (GR^2): brinda información sobre qué tan bien el modelo construido para el conjunto de entrenamiento puede predecir el conjunto de prueba. Fuente: [15].

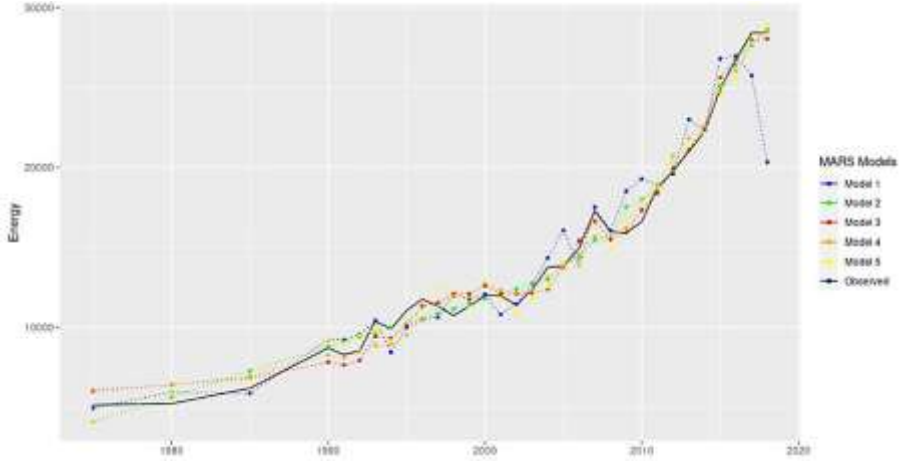


Figura 3. Pronóstico de demanda energética en el sector transporte de Turquía con modelo MARS. Fuente: [15].

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

En la Tabla 4 se describen la definición general, algunas aplicaciones de esta metodología de estimación y sus resultados en función de los errores tenidos en cuenta en cada aplicación.

Tabla 4. Definición y aplicaciones ANN.

	Definición	Aplicaciones y errores
ANN	Las redes neuronales artificiales son herramientas de modelado basadas en datos eficientes ampliamente utilizadas para el modelado dinámico de sistemas no lineales [16], también son empleadas para previsión de demanda de energía. Esta red está formada por tres capas: capa de entrada que toma los datos de la red, capa (s) oculta (s) que reciben la información sin procesar de la capa de entrada y la procesan, y por último la capa de salida que también procesará la información de la capa oculta [17].	1. Pronóstico de la demanda de carga de vehículos eléctricos utilizando modelos de series de tiempo [18]. ANN RSME > 9% 2. Estudio de pronóstico de carga eléctrica utilizando el método de red neuronal artificial para minimizar apagones [19]. Error promedio (%): Algoritmo 1: 0.39; Algoritmo 2: 0.42; Algoritmo 3: 0.32 3. Pronóstico de carga eléctrica basado en ANN aplicado a datos en tiempo real [20]. AFER[5] (%): Tendencia lineal basada en ANN: 15.07; Tendencia parabólica basada en ANN: 16.68; Tendencia exponencial basada en ANN: 26.79

[5] AFER: Error de pronóstico promedio (Average Forecast Error). Fuente: [20].

Error de predicción:

En el estudio realizado en [18], de todos los modelos implementados para el pronóstico de demanda eléctrica, la estimación a través de ANN presentó un buen comportamiento de previsión y la inclusión de variables exógenas (independientemente de los datos históricos) condujo a una mayor precisión del pronóstico a nivel país y de ciudad [18].

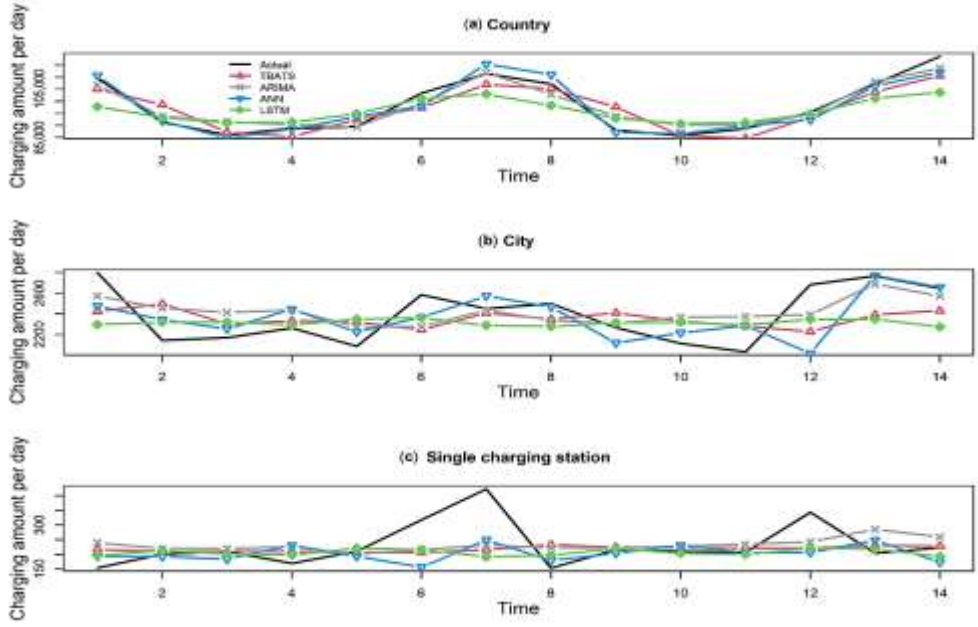


Figura 4. Pronóstico de demanda eléctrica en un día para vehículos eléctricos en escalas (a) país, (b) ciudad, (c) única estación de carga. Fuente: [18].

RECURRENT NEURAL NETWORK (RNN)

En la Tabla 5 se describe la definición general, algunas aplicaciones de esta metodología de estimación y sus resultados en función de los errores tenidos en cuenta en cada aplicación.

Tabla 5. Definición y aplicaciones RNN.

	Definición	Aplicaciones y errores
RNN	La red neuronal recurrente (RNN) Es un modelo basado en secuencias	1. Pronóstico de carga a corto plazo para estaciones de carga de vehículos eléctricos basado en enfoques de

	diseñado para procesar las dependencias de dichas secuencias [16]. Este tipo de redes neuronales tienen la habilidad de aprender sobre datos con series temporales. Estas redes tienen una capa entrada, capas ocultas y capa de salida [17]. Los estados ocultos permiten almacenar información sobre el pasado.	aprendizaje profundo [21]. NMAE (%): Modelo 1: 1.60 Modelo 2: 1.47 Modelo 3: 2.93 2. Aprendizaje por conjuntos para la previsión de la carga de las estaciones de recarga de vehículos eléctricos [22]. MAPE (%): 2.44. 3. Pronóstico de carga eléctrica a corto plazo utilizando Red Neuronal Recurrente [23]. MAPE (%): Modelo 1: 1,47 Modelo 2: 1.60

Error de predicción:

El comportamiento del pronóstico realizado con 6 modelos para la previsión de carga en estaciones de recarga para vehículos eléctricos en [22] muestra una estimación de 7 días donde la metodología basada en RNN posee el segundo error medio absoluto más bajo de los modelos implementados, sin embargo, como se puede evidenciar en la Figura 5 la mayoría de los modelos empleados presentan buen seguimiento de los datos reales.

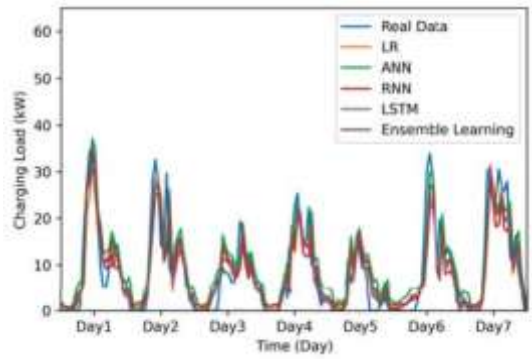


Figura 5. Previsión de carga en estaciones de recarga para una semana con diferentes modelos. Fuente: [22].

LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM).

En la Tabla 6 se describe la definición general, algunas aplicaciones de esta metodología de estimación y sus resultados en función de los errores tenidos en cuenta en cada aplicación.

Tabla 6. Definición y aplicaciones LSTM.

	Definición	Aplicaciones y errores
LSTM	Creada por Sepp Hochreiter y Juergen Schmidhuber en 1997, es un versión mejorada de las redes neuronales recurrentes [24]. Las unidades de memoria a largo-corto plazo LSTM permiten el constante flujo de errores en la red al implementar una cadena de errores constantes en una unidad compleja nombrada celdas de memoria, donde se guarda información del pasado. Tres unidades multiplicativas (compuerta de entrada, una compuerta de salida y una compuerta de olvido) son las encargadas de ayudar que la información sea almacenada, escrita o leída de las celdas y, en conjunto con una compuerta de actualización, se actualice el estado de la celda [25].	1. Predicción del precio de la energía en el mercado rumano utilizando redes de memoria a corto plazo [26]. Error promedio (%): Modelo 1 semana: 9.3 Modelo 1 mes: 22.1 2. Aprendizaje por conjuntos para la previsión de la carga de las estaciones de recarga de vehículos eléctricos [18]. RMSE LSTM > 15% 3. Red de memoria a largo plazo y regresión de vectores de soporte para el pronóstico de carga eléctrica [27]. MAPE (%): Caso 1: 92.24 Caso 2: 73.79 Caso 3: 90.78

Error de predicción:

En [27] para el pronóstico de carga eléctrica se analizan tres casos diferentes, donde en los dos primeros casos se combina red LSTM con otra técnica de aprendizaje profundo para el pronóstico y para el tercer caso se utiliza solo red LSTM. Los resultados de esta investigación ilustrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** revelan que la red LSTM presenta la segunda mejor estimación del pronóstico.

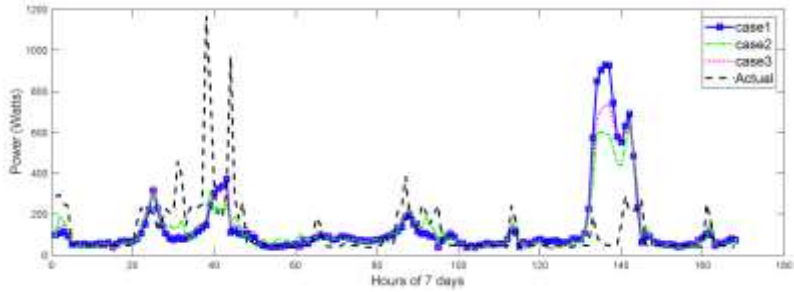


Figura 8. Curvas de pronóstico de carga durante 7 días con LSTM. Fuente: [27].

LÓGICA DIFUSA

En la Tabla 7 se describe la definición general, algunas aplicaciones de esta metodología de estimación y sus resultados en función de los errores tenidos en cuenta

Tabla 7. Definición y aplicaciones Lógica Difusa.

	Definición	Aplicaciones y errores
Lógica Difusa	Se ha considerado que el concepto de lógica difusa dio su primera aparición en 1965 en la universidad de California en Berkeley, introducido por Lofti A. Zadeh [28]. Las lógicas difusas propenden crear aproximaciones matemática en la resolución de ciertos tipos de problemas, arrojando resultados exactos a partir de datos imprecisos, por lo cual son útiles en aplicaciones computacionales o electrónicas [29]. Esta permite la implementación de valores intermedios para poder definir valoraciones entre sí/no, verdadero/falso, negro/blanco, pequeño/grande, entre otros [30].	1. Enfoque difuso para la previsión de la carga a corto plazo [31]. Error promedio (%): ± 3 2. Pronóstico de la demanda eléctrica a corto plazo con lógica difusa [32]. MAPE (%): Lógica Difusa: 1.51 - Método Tradicional: 2 3. Previsión de la carga eléctrica mediante lógica difusa [33]. Error respecto a datos reales (MW): Lógica difusa:27.8 - Excel Forecasting: 38.64

Muchas metodologías de estimación han sido desarrolladas con esta lógica para control y pronóstico de variables, donde su estructura general se compone de un bloque difusor donde a cada variable se le asigna un grado de pertenencia a cada conjunto difuso considerado, un bloque de inferencia donde se relacionan los conjuntos difusos de entrada y salida con una serie de reglas

asociadas al sistema, y un bloque desdifusor en el cual a partir del conjunto difuso obtenido en el bloque de inferencia y mediante métodos matemáticos de desdifusión como el centroide (es uno de las más utilizados), se obtiene el resultado.

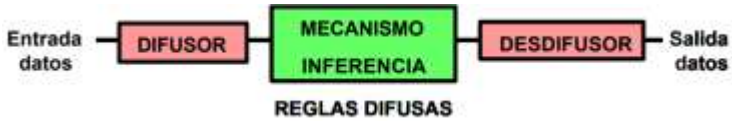


Figura 9. Esquema general de un sistema basado en lógica difusa. Fuente: [34]

Error de predicción:

Para el modelo empleado en [32] se utiliza lógica difusa para lograr un error menor en el pronóstico de la demanda eléctrica diaria en comparación con el método tradicional utilizado en Perú. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar que el modelo basado en lógica difusa sigue de forma más precisa los datos reales en comparación con el modelo de previsión tradicional, resultando un error menor para el pronóstico basado en lógica difusa.

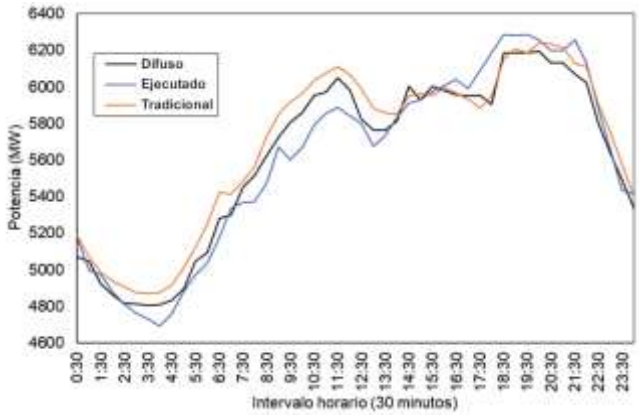


Figura 10. Estimación de demanda eléctrica utilizando lógica difusa. Fuente: [32].

4- DISCUSIÓN

Metodologías de estimación:

La mayoría de las metodologías de estimación empleadas para la predicción de consumo eléctrico y demanda energética recopiladas en esta investigación han sido implementadas para pronósticos a nivel residencial, comercial e industrial, con histórico de datos de asociados a la variable analizada como información de entrada, demostrando buenas capacidades de previsión que pueden dar a conocer el posible comportamiento que tendrán los sistemas a futuro.

Impactos en la matriz energética:

La baja penetración de la electromovilidad en los modos férreo y fluvial, tanto para el transporte de carga como de pasajeros es consecuencia de las bajas tasas de reemplazo de las tecnologías empleadas en la actualidad tanto en la red ferroviaria nacional como en la flota de embarcaciones fluviales, en parte por la ausencia de estudios disponibles que permitan determinar la viabilidad técnico-económica.

Un estudio de predicción de consumo eléctrico es útil como información de entrada para identificar restricciones técnicas como son la autonomía de viaje limitada y los largos tiempos de carga, permitiendo la planeación estaciones de carga en donde se busque la estabilidad del sistema energético a través de tecnologías Grid Edge, como generación distribuida, almacenamiento y microrredes.

5- CONCLUSIONES

1. Este estudio contribuye al conocimiento de diferentes perspectivas que se pueden tener en cuenta al momento de abordar una temática de gran importancia como lo es la estimación de consumo eléctrico.
2. Para la determinación de una metodología de estimación de consumo eléctrico en embarcaciones con sistemas de electromovilidad es mandatorio el levantamiento de un registro de datos en embarcaciones que posean estas tecnologías.

3. La predicción de consumo eléctrico puede ser abordada con diferentes metodologías de previsión y a la vez con diversos datos de entrada.
4. La efectividad de las metodologías descritas en esta investigación está sujeta al histórico de datos recopilado, entre más información posea este para entrenar el modelo predictivo, mayor será la precisión en la estimación de la variable analizada.
5. Se recomienda para trabajos futuros investigar con más profundidad la existencia de otras metodologías de estimación implementadas para previsión de consumo eléctrico.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] T. a. o. Hong, «Energy forecasting: Past, present, and future,» *Foresight: The International Journal of Applied Forecasting*, nº 32, pp. 43--48, 2014.

[2] G. E. a. J. G. M. a. R. G. C. a. L. G. M. Box, Time series analysis: forecasting and control, John Wiley \& Sons, 2015.

[3] K. a. K. A. B. Goswami, «Electricity Demand Prediction using Data Driven Forecasting Scheme: ARIMA and SARIMA for Real-Time Load Data of Assam,» de *2020 International Conference on Computational Performance Evaluation (ComPE)*, 2020, pp. 570--571.

[4] R. Jamil, «Hydroelectricity consumption forecast for Pakistan using ARIMA modeling and supply-demand analysis for the year 2030,» *Renewable Energy*, vol. 154, pp. 1--10, 2020.

[5] A. a. F. U. a. F. A. a. C. R. a. P. F. Gellert, «Forecasting Electricity Consumption and Production in Smart Homes through Statistical Methods,» *Sustainable Cities and Society*, p. 103426, 2021.

[6] Y. a. W. J. a. Z. G. a. D. Y. Wang, «Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China,» *Energy Policy*, vol. 48, pp. 284--294, 2012.

[7] A. M. a. H. R. J. a. S. R. D. De Livera, «Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing,» *Journal of the American statistical association*, pp. 93--165, 2011.

[8] M. H. a. H. E. E. a. M. N. H. a. o. Jifri, «Time series performance for electricity load demand in Johor,» de *TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference*, IEEE, 2017, pp. 998--1003.

[9] Y. a. K. S. Kim, «Forecasting Charging Demand of Electric Vehicles Using Time-Series Models,» *Energies*, pp. 3--10, 2021.

[10] O. A. a. X. G. Karabiber, «Electricity price forecasting in the Danish day-ahead market using the TBATS, ANN and ARIMA methods,» *Energies*, vol. 12, nº 5, pp. 1--2019, 2019.

[11] S. a. J. Y. a. T. C. a. X. Z. a. X. S. Liuping, «Objective Evaluation Method for Speech Articulation Using Multivariate Adaptive Regression Splines,» *Journal of Data Acquisition \& Processing*, vol. 23, pp. 100--103, 2008.

[12] M. A. a. D. H. a. {. M. Y. a. E. E. Sahraei, «Prediction of transportation energy demand: multivariate adaptive regression splines,» *Energy*, vol. 224, pp. 1--3, 2021.

[13] Y. a. H. Y. a. S. Y. a. S. L. Li, «Forecasting the daily power output of a grid-connected photovoltaic system based on multivariate adaptive regression splines,» *Applied Energy*, vol. 180, pp. 392--401, 2016.

[14] H. a. B. K. a. C. C. A. Zareipour, «Forecasting the hourly Ontario energy price by multivariate adaptive regression splines,» de *2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting*, IEEE, 2006, pp. 1--7.

[15] M. A. a. D. H. a. {. M. Y. a. E. E. Sahraei, «Prediction of transportation energy demand: multivariate adaptive regression splines,» *Energy*, vol. 224, pp. 1--3, 2021.

[16] S. Shokry y A. Espuña, «The Ordinary Kriging in Multivariate Dynamic Modelling and Multistep-Ahead Prediction,» de *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 43, Elsevier, 2018, pp. 265-270.

[17] M. Imran y S. A. Alsuhaibani, «A Neuro-Fuzzy Inference Model for Diabetic Retinopathy Classification,» de *Intelligent Data Analysis for Biomedical Applications*, Elsevier, 2019, pp. 147-172.

[18] K. Yunsun y K. Sahm, «Forecasting Charging Demand of Electric Vehicles Using Time-Series Models,» *Energies*, vol. 14, nº 5, 2021.

[19] H. a. S. M. D. Mubarok, «Electrical load forecasting study using artificial neural network method for minimizing blackout,» de *2018 5th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, IEEE, 2018, pp. 256--259.

[20] S. a. S. A. K. a. o. Khatoon, «ANN based electric load forecasting applied to real time data,» de *2015 Annual IEEE India Conference (INDICON)*, IEEE, 2015, pp. 1--5.

[21] Z. Juncheng, Y. Zhile, G. Yuanjun, Z. Jiankang y Y. Huikun, «Short-Term Load Forecasting for Electric Vehicle Charging Stations Based on Deep Learning Approaches,» *Applied Sciences*, vol. 9, 2019.

[22] X. a. W. D. a. B. B. Huang, «Ensemble Learning for Charging Load Forecasting of Electric Vehicle Charging Stations,» de *2020 IEEE Electric Power and Energy Conference (EPEC)*, IEEE, 2020, pp. 1--5.

[23] M. A. a. H. S. P. a. P. L. M. Yahya, «Short-Term Electric Load Forecasting Using Recurrent Neural Network (Study Case of Load Forecasting in Central Java and Special Region of Yogyakarta),» de *2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST)*, IEEE, 2018, pp. 1--6.

[24] S. a. S. J. Hochreiter, «Long short-term memory,» *Neural computation*, vol. 9, nº 8, pp. 1735--1780, 1997.

[25] Y. a. T. K. F. He, «Universities power energy management: A novel hybrid model based on iCEEMDAN and Bayesian optimized LSTM,» *Energy Reports,* vol. 7, pp. 6477--6479, 2021.

[26] A. &. T. R. Ioaneş, «Energy Price Prediction on the Romanian Market using Long Short-Term Memory Networks,» de *2019 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, IEEE, 2019, pp. 1--5.

[27] M. Imani, «Long short-term memory network and support vector regression for electrical load forecasting,» de *2019 International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET)*, IEEE, 2019, pp. 1--6.

[28] L. A. Zadeh, «Fuzzy logic,» *Computer,* vol. 21, nº 4, pp. 83--93, 1988.

[29] G. MORALES LUNA, «Introducción a la lógica difusa,» *Centro de Investigación y Estudios Avanzados. México,* 2002.

[30] C. a. D. V. E. L. a. o. Eduardo, «Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa,» *Revista Americana de Medicina Respiratoria,* vol. 6, nº 3, pp. 128--130, 2006.

[31] S. C. a. D. K. a. R. C. C. A. a. K. N. Pandian, «Fuzzy approach for short term load forecasting,» *Electric power systems research,* vol. 76, nº 6-7, pp. 541--548, 2006.

[32] J. a. N. J. a. o. Blancas, «Pronóstico de la demanda eléctrica a corto plazo con lógica difusa,» *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe,* vol. 2, nº 1, pp. 8--27, 2018.

[33] P. a. M. G. a. B. S. a. M. G. Mukhopadhyay, «Electricity load forecasting using fuzzy logic,» de *2017 7th International Conference on Power Systems (ICPS)*, IEEE, 2017, pp. 812--819.

[34] R. P. Puello, «www.tdx.cat,» [En línea]. Available: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6887/04Rpp04de11.pdf.

[35] M. H. a. H. E. E. a. M. N. H. Jifri, «Forecasting performance of time series and regression in modeling electricity load demand,» de *2017 7th IEEE International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, IEEE, 2017, pp. 12--16.

[36] C. a. K. J. a. L. A. Dittmer, «Power demand forecasting for demand-driven energy production with biogas plants,» *Renewable Energy,* vol. 163, pp. 1871--1877, 2021.

[37] T. S. a. A. R. S. a. L. J. Hui, «Comparison between multiple regression and multivariate adaptive regression splines for predicting CO 2 emissions in ASEAN countries,» de *2013 8th International Conference on Information Technology in Asia (CITA)*, IEEE, 2013, pp. 1--5.

[38] D. H. a. C. W. a. L. S. a. L. S. Li, «Estimation of hourly global solar radiation using Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)--A case study of Hong Kong,» *Energy,* vol. 186, pp. 1--14, 2019.

[39] P. a. O. T. a. E. S. a. M. R. a. E. R. Bajpai, «BATSense: Anomalous Security Event Detection using TBATS Machine Learning,» de *2019 International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (Cyber Security)*, IEEE, 2019, pp. 1--8.

[40] G. Jinquan, H. Hongwen y S. Chao, «ARIMA-Based Road Gradient and Vehicle Velocity Prediction for Hybrid Electric Vehicle Energy Management,» *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 68, nº 6, pp. 5309-5320, Junio 2019.

[41] I. Mona, J. Samir, W. Geneviève y H. Daniel, «Nonlinear autoregressive neural network in an energy management strategy for battery/ultracapacitor hybrid electrical vehicles,» *Electric Power Systems Research*, vol. 136, pp. 262-269, 2016.

[42] X. a. F. F. a. L. J. Zhang, «Weather-classification-MARS-based photovoltaic power forecasting for energy imbalance market,» *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, nº 11, pp. 8692--8702, 2019.

[43] Y. a. K. S. Kim, «Forecasting Charging Demand of Electric Vehicles Using Time-Series Models,» *Energies*, vol. 14, nº 5, pp. 0--16, 2021.

[44] H.-g. a. K. Y. a. K. S. Son, «Time Series Clustering of Electricity Demand for Industrial Areas on Smart Grid,» *Energies*, vol. 13, nº 9, pp. 2--14, 2020.

[45] C. a. D. V. E. L. a. o. Eduardo, «Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa,» *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, vol. 6, nº 3, pp. 128 -- 130, 2006.

[46] S. Acharya, «towardsdatascience.com,» 13 05 2021. [En línea]. Available: https://towardsdatascience.com/what-are-rmse-and-mae-e405ce230383.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

ESTUDIO HIDRODINÁMICO, LÍMITES OPERATIVOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE "WORKABILITY" EN UN BUQUE OSV

Edna D. Rosas Huerta [1,2], José Hernández Hernández [1,2], Cristian M. Salazar Domínguez [2], Gustavo E. Iturbe Rosas [3] Y Agustín L. Herrera May [2,4].

[1] Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales, Universidad Veracruzana, Calzada Ruiz Cortines 455, Boca del Río, Veracruz 94294, México; josehernandez02@uv.mx; edrosas@uv.mx
[2] Maestría en Ingeniería Aplicada, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, Calzada Ruíz Cortines 455, Boca del Río, Veracruz 94294, México; cristian.salazaruv@hotmail.com
[3] Nautical Mexico Consulting & Services, Jardines de Mocambo, Boca del Rio, Veracruz 94294, Mexico; giturbe@nauticalmx.com
[4] Micro and Nanotechnology Research Center, Universidad Veracruzana, Calzada Ruiz Cortines 455, Boca del Río, Veracruz 94294, México; leherrera@uv.mx

RESUMEN

Las operaciones marítimas en alta mar dependen de las condiciones meteorológicas. Uno de los factores más importantes para las operaciones marinas son las condiciones meteorológicas que prevalecerán durante las operaciones, cada operación tiene límites en cuanto a la altura del oleaje y mareas así como velocidad de las corrientes y los vientos para sus distintos escenarios de operación. Los límites operacionales del buque se establecen en función de las características de los principales equipos de a bordo y de la respuesta del buque, que mantienen un funcionamiento continuo. En este trabajo, se obtuvieron los tiempos de operación o *Workability* de una embarcación de apoyo en alta mar tipo OSV (Offshore Support Vessels) en el Golfo de México (GOM), considerando datos metoceánicos de oleaje y vientos en la ubicación del buque y los limites operativos establecidos por los equipos para el servicio principal en operación continua de la embarcación, como son el de Posicionamiento Dinámico, la Grúa de cubierta y la escala de seis grados de libertad. Se consideró que el buque puede prestar servicios a la plataforma fija en dos localizaciones, Sur y Oeste. Se determinaron los movimientos hidrodinámicos de respuesta del buque para cada estado de mar de interés, comparándolos con los límites operativos identificando así los valores favorables y desfavorables que contribuyen al *workability* de la embarcación definiendo los tiempos de operación en los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2019. El

porcentaje de *workability* se determinó identificando las frecuencias con condiciones que resultaron favorables.

Palabras clave: tiempos de operación; límite operativo; datos metoceánicos; buques de apoyo.

1- INTRODUCCIÓN

Los buques de apoyo en alta mar (OSVs) se utilizan habitualmente en el Golfo de México para la exploración, perforación y producción en aguas poco profundas. En la industria del petróleo y el gas en alta mar se utilizan diferentes OSVs, como buques de suministro de plataformas (PSV), embarcaciones para la tripulación (CB), buques de suministro de remolque para la manipulación de anclas (AHTS), remolcadores para la manipulación de anclas, minibuques de suministro (MSV), buques de suministro polivalentes (MPSV), buques de estimulación de pozos (WSV) y buques de inspección, mantenimiento y reparación (IMR). Todo el equipo, los productos químicos, el combustible, los alimentos, el personal y el material utilizados en las operaciones en alta mar son transportados por los OSV [1]. Estas operaciones en alta mar se ven afectadas por los movimientos de los OSV causados por las condiciones del entorno marino, como las cargas de viento, el oleaje y la marea. El equipo de operación a bordo de los OSVs tiene un papel importante en las actividades offshore y puede ser utilizado bajo ciertos límites de operación.

Hong, Lim, Moon y Sim [2]presentaron un trabajo denominado "*Operation Management System of Heavy Lift Crane Vessel*", que incluye un sistema de previsión meteorológica de 72 horas. Su sistema tiene en cuenta el viento y la presión atmosférica para simular el oleaje en la zona de operaciones. Otro estudio relacionado es el de "*Operability analysis of offshore crane vessel operations*" presentado por Mazzuco y Nishimoto [3], que muestran el análisis operacional desde un punto de vista comparativo entre dos tipos de buques. La capacidad de trabajo de la grúa de alta mar se centra en la "condición de péndulo" cuando el peso está suspendido por el cable de izaje. Van del Wal y De Boer [4] reportó en su trabajo "*Downtime Analysis Techniques*", dos métodos diferentes para determinar el tiempo de inactividad. El primer método es una predicción del tiempo de inactividad sobre la base de diagramas de dispersión de olas. El segundo método es menos habitual, pero da lugar a una estimación del tiempo de inactividad mucho más fiable: la

determinación de la cantidad de tiempo en estado operable sobre la base de simulaciones de escenarios.

Para la planificación eficaz de las actividades de la industria petrolera en alta mar que involucren embarcaciones es necesario disponer de estadísticas sobre las condiciones del mar, incluidos los datos de la altura y el periodo de pico de las olas [5]. De este modo, esta selección puede incluir a los OSVs que tienen la mejor operación continúa [6]. Para ello, se compara la respuesta del movimiento del buque con respecto a los límites operativos para lograr el porcentaje total de *workability* evaluado dentro del diagrama de dispersión de olas.

Los requisitos tradicionales de funcionamiento de los OSVs consideran los factores del medio ambiente de las velocidades limitantes del viento, altura de ola y corriente como un parámetro absoluto para determinar si los OSVs pueden operar alrededor de un aparejo fijo. Sin embargo, este parámetro no es suficiente para limitar el funcionamiento de los OSVs. El diseño avanzado de este tipo de embarcación permite un mejor comportamiento marinero en condiciones severas del mar, comparado con otros buques monocasco de tamaño similar.

Para superar este problema, proponemos una metodología para determinar el porcentaje de *workability* por mes, de los OSVs alrededor de una plataforma fija en el Golfo de México. La operación continua estará delimitada por los servicios principales de sus equipos de Posicionamiento Dinámico, Grúa de Cubierta y Escala para acceso de personal a plataforma. Esta metodología considera una operación típica de OSV y criterios metoceánicos (oleaje y carga viento). Se aplica a un OSV con dos escenarios operación (la grúa más pasarela y solo la pasarela) y criterios meteorológicos (oleaje y carga viento) para cada escenario. Se desarrolla el modelo electrónico de la embarcación con el plano de líneas y los planos de arreglo general de la embarcación en el módulo del software Maxsurf Modeler Advanced, el cual se compara con los resultados que arroja el libro de estabilidad de la embarcación para verificar la exactitud de las formas modeladas. Este modelo se utiliza, para determinar los RAOs (Operador de Amplitud de respuesta) para cada combinación de altura significante de la Ola (Hs) y periodo pico de la ola (Tp)

en los 360° de incidencia en intervalos de 30° y movimientos en 6 grados de libertad. Se definen los limites operativos establecidos por los equipos para el servicio principal en operación continua de la embarcación.

Con estas condiciones, se determina un alto porcentaje (90%) de *workability* del OSV en los meses de enero, febrero, marzo y abril. Así, este OSV es adecuado para realizar las operaciones en los dos escenarios de estudio con alto índice de *workability* por mes. Además, la metodología propuesta puede estimar el periodo de tiempo inactividad operacional del OSV, considerando sus escenarios de operación.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología propuesta estima el porcentaje de días que la OSV opera junto a una plataforma fija. La plataforma fija tiene dos ubicaciones diferentes (Fig. 1) en las que se puede ejecutar la operación. Este estudio se centra únicamente en los OSV, se seleccionan dos escenarios como operación típica y se aplican determinados criterios meteorológicos a cada escenario.

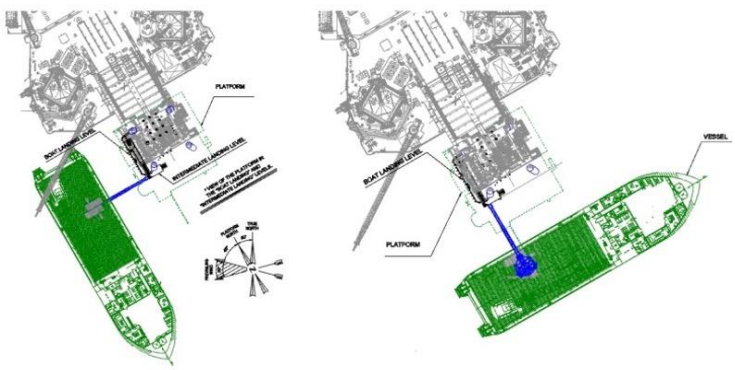


Figura 1. Vista superior de la plataforma y del funcionamiento de la zona del buque.

Para la evaluación de la viabilidad, en función de la información disponible sobre las olas, su ubicación, los límites operativos y las respuestas del movimiento del buque, se selecciona el método de los diagramas de dispersión de las olas.

Las olas son condiciones ambientales que afectan principalmente a los movimientos del buque, pero todos los factores influyen en los movimientos dinámicos del buque durante las operaciones en alta mar. La respuesta del buque y su capacidad para afrontarla dependen de la magnitud de las olas y son las que más influyen en la capacidad de trabajo.

El tiempo de espera para iniciar las operaciones de los buques en las instalaciones del emplazamiento y la duración del servicio dependen de las condiciones meteorológicas inciertas.

Las normas de seguridad actuales exigen el cese de las operaciones de los buques en las instalaciones cuando la altura significante de la ola (Hs), definida como la media del tercio más alto de las olas por período de observación, supera los 3.5 metros o cuando la velocidad del viento (Wsp) es superior a 40 nudos [7]).

En el presente estudio, se evalúa un OSV para operar en el GOM, teniendo en cuenta las condiciones metoceánicas en la zona. El OSV operará junto a una plataforma fija con el fin de transferir personal a través de una pasarela y material utilizando una grúa de brazo. Se utiliza la técnica de predicción de *workability* basada en el diagrama de dispersión, mostrada en la figura 2.

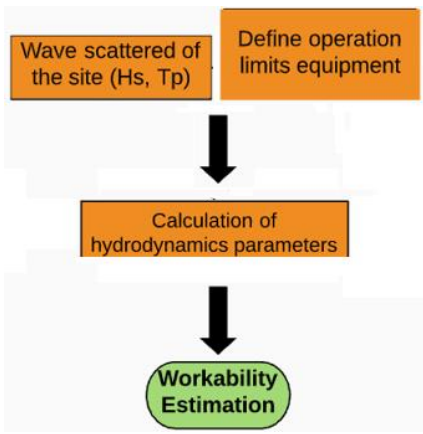


Figura 2. Evaluación de la viabilidad del diagrama de flujo.

Diagrama de dispersión de olas del sitio de operación.

Esta tabla es una distribución a largo plazo de las alturas y periodos de las olas para un lugar determinado en el que operará el buque [8]. Las variaciones a largo plazo de las olas pueden

describirse mediante un conjunto de estados del mar caracterizados por los parámetros del espectro de olas. También define las regiones operables y no operables, y expresa la probabilidad de ocurrencia a largo plazo de cada región sumando las correspondientes probabilidades conjuntas de la altura significante de la Ola (Hs) y el periodo promedio de la ola (Tz) (Fig.3).

Hs (m)	Tz (s) 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Sum Tz
Calm											6.8
0.5	4.9	1.6	1.3	1.1	0.2	1.6	0.9	1.6	1.6	1.1	16.1
1.0	10.4	4.8	2.2	1.1	0.9	1.5	0.5	2.0	1.6	2.6	27.7
1.5	4.6	2.4	1.8	2.0	0.4	0.7	0.7	0.2	1.3	0.7	14.8
2.0	3.3	3.1	1.8	2.0	0.4	0.7	0.7	0.5	-	1.8	14.5
2.5	2.2	2.4	1.5	2.2	0.4	0.9	-	0.2	0.2	0.4	10.3
3.0	0.5	0.2	1.1	1.8	0.5	0.2	0.2	-	-	0.2	4.8
3.5	0.4	-	-	1.3	-	0.2	-	-	-	-	1.8
4.0	0.5	0.2	0.4	0.2	-	0.5	0.2	-	-	-	2.0
4.5	0.4	-	0.2	0.4	0.2	0.2	-	-	-	-	1.3
Sum Hs	27.3	14.7	10.3	12.1	2.9	6.6	3.3	4.6	4.8	6.8	100.

Figura 3. Probabilidad conjunta de los estados del mar, con limitaciones de operación [9].

Definición de los límites operativos.

Los límites operativos es la combinación de valores de datos metoceánicos en donde la operación de algún equipo no puede llevarse a cabo de manera segura. Los límites operativos de los equipos para el servicio principal en la operación continua del buque están definidos, como el Posicionamiento Dinámico, la Grúa en cubierta y la Pasarela de seis grados de libertad para el traslado del personal instalado en cubierta.

Hay otros factores que pueden aumentar la duración de la operación, por ejemplo, el error humano, pero estos están fuera de consideración en este documento.

Tabla 1. Límite operativo de los equipos a evaluar.

Grúa	Escala	DP2
Meteorológico	Meteorológico	Meteorológico
Escora 5º y asiento 2º	Hs = < 3 m	Hs > 3 m

En base a lo anterior, se han definido dos escenarios operativos en funcionamiento continúo considerando la combinación de equipos mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 2. Escenario operativo de los equipos a evaluar.

Caso 1 Grúa, escala y DP2	Caso 2 Escala y DP2

Cálculo de los parámetros hidrodinámicos.

Se considera que la embarcación podrá mantener operación continua en dos ubicaciones de la plataforma fija, por lo que para comparar los resultados de los movimientos de la embarcación por la dirección de incidencia de oleaje, se hace la corrección de dicha dirección del oleaje con respecto a la embarcación considerando el norte verdadero de las dos ubicaciones. La corrección de las direcciones de los resultados del movimiento del buque con respecto a la plataforma fija y la zona operativa se muestra a continuación (Figura 4).

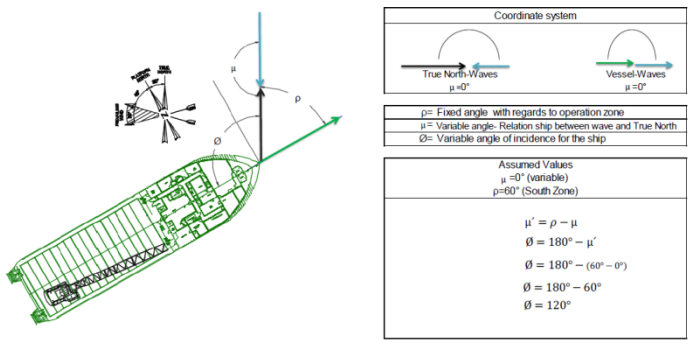


Figura 4. Vista de la posición sur de la plataforma fija.

El Maxsurf Motions es un programa para análisis de comportamiento en la mar en la suite del software Maxsurf. Utiliza el archivo de geometría del Maxsurf para calcular la respuesta de la embarcación a las condiciones definidas por el usuario. El método usado es un análisis hidrodinámico de primer orden de difracción/radiación en donde se usa el método de frontera (BEM Boundary Element Method). El método genera sus elementos de análisis sobre la geometría de las superficies NURBS (B-splines racionales no-uniformes) en el archivo de diseño de Maxsurf (Figura 5). Este método genera los operadores de amplitud de respuesta (RAOs) para los seis grados

de libertad: avance, deriva, arfada, balanceo, cabeceo y guiñada. El desfase entre los movimientos de la embarcación y la ola con relación al centro de gravedad está dado en grados.



Figura 5. Modelo utilizado en el análisis hidrodinámico.

El centro de gravedad vertical de la embarcación fue recalculado, considerando la condición del Libro de Estabilidad, cambiando ciertos parámetros de la grúa como son, peso a izar de 14 Ton y radio de operación de 17.6 m de acuerdo a las operaciones costa fuera con la grúa y considerando un calado de 7.5 m.

Tanto el espectro JONSWAP como el espectro Pierson-Moskovitz, son utilizados en mares completamente desarrollados, pero en este caso para el análisis de espectro de oleaje se utilizó el primero. La fórmula del espectro viene dada por la (Ecuación 1):

$$S_{PM}(\omega) = \left(\frac{5}{16}\right)(H_s^2)(\omega_p^4)(\omega^{-5}) \cdot \exp\left(-\frac{5}{4}\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^{-4}\right) \quad (1)$$

$w_p = 2p/T_p$ es la frecuencia del pico espectral angular.

H_s = altura significante de la ola (m).

T_p = periodo pico (s).

Estimación del *workability*.

Como último paso, sus RAO (Operadores de Amplitud de Respuesta; por sus siglas en inglés), que describen la respuesta de la embarcación, sujeta a un oleaje de amplitud unitaria, en el dominio de la frecuencia. Su obtención permitió realizar la estimación de la respuesta de la embarcación ante oleaje de acuerdo con las condiciones ambientales del Golfo de México (Figura 6).

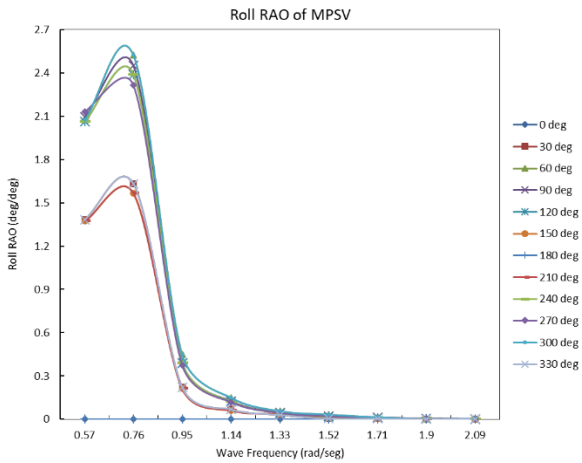


Figura 6. RAO en balanceo con diferentes ángulos de incidencia del oleaje.

La embarcación va adquirir un ángulo de escora por la acción del viento, el cual ha sido calculado considerando un viento de 22m/s con una incidencia a 90° que es la condición más severa, resultando un ángulo de escora que ha sido considerado en el análisis de RAO.

3- RESULTADOS

Los resultados de cada simulación de movimientos del OSV se han calculado en función de la zona de operación, y el mes, reflejando el porcentaje de *workability* en la tabla 3 y en la tabla 4.

Tabla 3. Porcentaje de *Workability* en el Escenario de operación 1.

Workability		
Zona Sur (%)	Zona Oeste (%)	Mes
88.39	86.48	enero
88.78	87.06	febrero
89.99	88.38	marzo
92.82	91.61	abril

Tabla 4. Porcentaje de *Workability* en el Escenario de operación 2.

Workability		
Zona Sur (%)	Zona Oeste (%)	Mes
88.39	88.41	enero
88.78	88.78	febrero
89.99	88.78	marzo
92.82	92.82	abril

Las tablas 3 y 4 representan el porcentaje de *workability* del buque para el propósito deseado. El buque tiene un mayor porcentaje de trabajabilidad en abril similar en los dos escenarios de operación. La zona de operación seleccionada en la plataforma fija en abril no tiene impacto en el resultado. Esto podría plantear dudas sobre si es realmente conveniente para una plataforma fija tener dos puntos de operación para el traslado de personal y materiales. Sin embargo, entre enero y marzo hay diferencias significativas del 1% al 2%. En ambos escenarios de operación, se espera que la zona sur sea la más factible para el funcionamiento continuo.

4- DISCUSIÓN

El actual proyecto tuvo como objetivo principal obtener el porcentaje de *workability* por mes en un buque OSV, que se posicionará en el lado oeste y en el lado sur de la plataforma fija, para condiciones ambientales del Golfo de México de oleaje y viento. La operación continua estará delimitada por los servicios principales de sus equipos de Posicionamiento Dinámico, Grúa de Cubierta y Escala para acceso de personal a plataforma. El trabajo establecido se realizó con

modelos numéricos. Con el modelo electrónico de la embarcación y el uso de software especializado se realizó la estimación de los RAOs, también conocidos como funciones de transferencia, para cada combinación de Hs-Tp en los 360° de incidencia en intervalos de 30° y movimientos en 6 grados de libertad. Su obtención permitió realizar la estimación de la respuesta de la embarcación de acuerdo con las condiciones ambientales del Golfo de México. Las amplitudes significantes de los movimientos estimados de la embarcación se comparan con los límites operativos identificando así los valores favorables y desfavorables que contribuyen al *workability* de la embarcación

Este trabajo se desarrolló con la finalidad de disponer en el Golfo de México de una metodología capaz de determinar el porcentaje de *workability*, considerando el área de localización más conveniente de operación de la embarcación a una plataforma fija, si la seguridad disponible es mayor que la que se exige, entonces, el empleo de embarcación será adecuado; de lo contrario, la embarcación y su entorno estarían en una situación muy vulnerable. Además, los resultados obtenidos serán una herramienta para decidir rentar o no la OSV.

5- CONCLUSIONES

Se presentó un procedimiento para la determinación del indicie de *workability* de un OSV basado en el dominio de la frecuencia de las olas. El modelo digital para el OSV desarrollado en el software se validó para el estudio hidrodinámico comparándolo con el cuaderno de estabilidad del buque proporcionado. Se ha determinado el RAO del buque para cada altura y frecuencia de ola considerando un ángulo de incidencia del viento de 90° con respecto al buque. Los límites operativos del buque se han determinado de acuerdo con las características de los equipos de a bordo esenciales para el funcionamiento continuo del buque.

La corrección del ángulo de la dirección del oleaje se ha realizado con respecto al ángulo del buque y al norte verdadero para cada zona de operación. Es posible determinar el índice de *workability* con la disponibilidad de datos metoceánicos y podría evaluarse una predicción más precisa sí se

dispone de datos mensuales de la altura significativa de las olas (Hs) y del período pico (Tp). Los porcentajes de *workability* del OSV resultantes para los escenarios operativos caso 1 y 2, es decir, el modo 1 Grúa, Escala y DP, el modo 2 Escala y DP, están dentro del rango del 90%.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kaiser, M. J.; Snyder, B. F. Economic impacts of the offshore supply vessel shipbuilding market in the Gulf of Mexico. Maritime Economics Logistics 2013, 15, 256–287. https://doi.org/10.1057/mel.2013.4
2. Hong, Jin W., Lim, Dae U., Moon, Joong S. and Sim, Woo S. "Operation Management System of Heavy Lift Crane Vessel". SNAME Maritime Convention. Washington, 2016.
3. Mazzuco, J. C.; Nishimoto, K. Operability Analysis of Offshore Crane Vessel Operations. The Second International Offshore and Polar Engineering Conference. California, 1992.
4. Van der Wal, Remmelt J. and De Boer, G. "Downtime Analysis Techniques for Complex Offshore and Dredging Operations." The 23rd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. Canada, 2004.
5. Graham, C. The Parameterisation and prediction of wave height and wind speed persistence statistics for oil industry operational planning purposes. Coastal Engineering 1982, 6, 303–329.
6. Kondratenko, A.A.; Tarovik, O.V. Analysis of the impact of artic-related factors on offshore support vessels design and fleet composition performance. Ocean Engineering 2020, 203, 107201. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107201
7. Maisiuk, Y. and Gribkovskaia, I. "Fleet Sizing for Offshore Supply Vessels with Stochastic Sailing and Service Times". Procedia Computer Science, 31 (2014): 939–948.
8. Mazzuco, Joao C. and Nishimoto, K. "Operability Analysis of Offshore Crane Vessel Operations". The Second International Offshore and Polar Engineering Conference. California, 1992.
9. DNV-RP-H103, Modelling and Analysis of Marine Operations, Chapter 8 – Weather Criteria and Availability Analysis, Det Norske Veritas, 2011, Pags. 122–129.

   Scheu, Matti N., Kaufer, D., Schwarzkopf, Marie A. and Kolios, A. "Workability on Offshore Wind Turbines–a Comparative Study of Fixed-bottom and Floating Applications." The 28th International Ocean and Polar Engineering Conference. Japan, 2018.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

DISEÑO CONCEPTUAL DE EMBARCACIONES FLUVIALES DE CARGA Y PASAJEROS PARA EL RÍO MAGDALENA POR MEDIO DE UN MODELO DE SÍNTESIS

Paternina Castro L.[1],Alvarado Carvajal, D.[1], Paipa Sanabria, TN. E.G.[1]

[1]Cotecmar
[1]e-mail: lpaternina@cotecmar.com,

RESUMEN

Hasta mediados del siglo XX, ríos como el Magdalena se constituían como la principal ruta para el transporte de cargas y pasajeros. No obstante, problemas asociados a la perdida de navegabilidad por acumulación de sedimentos, la construcción de vías y ferrocarriles y el posterior afianzamiento de las aerovías, relegaron el transporte de carga a trayectos cortos en embarcaciones pequeñas. Como parte de un estudio que busca revitalizar las actividades económicas con base en el río Magdalena, el presente trabajo detalla el desarrollo del diseño conceptual de embarcaciones fluviales de carga y pasajeros cuyas características y dimensiones posibiliten el mejor desempeño manteniendo una navegación segura. Para tal fin, se desarrolló un modelo de síntesis que permita definir las dimensiones y características para el diseño de embarcaciones efectivas.

Palabras claves: Embarcaciones fluviales, modelo de síntesis, transporte de carga

1- INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, ríos y canales han sido usados como una ruta segura para el transporte de cargas y pasajeros. En Colombia, durante el siglo XIX y hasta mediados del XX, el desarrollo del país, el transporte de mercancías y pasajeros hacia y desde el interior del país dependía casi exclusivamente del río Magdalena. A finales de la primera mitad del siglo XX, con embarcaciones a vapor se transportaba por el río cerca del 60% del comercio de importación y

exportación; para la década de 1970 esta cifra era cercana al 6%. Esto como consecuencia de la acumulación de sedimentos, avances en construcción de vías, líneas de ferrocarril y posteriormente la instauración de aerovías[1]. Lo anterior conllevó al abandono estatal de esta ruta y su limitación al transporte de carga en trayectos cortos y en su mayoría en embarcaciones livianas de limitadas dimensiones[2]. En la actualidad, se adelantan estudios para incluir la navegación por el río Magdalena como pilar fundamental en la estrategia nacional para un sistema de transporte multimodal que permita una mejor conectividad entre regiones.

Para tal fin, se requeriría en primer lugar, la selección de embarcaciones de carga fluviales para el transporte efectivo de carga y pasajeros manteniendo dimensiones y calados que permitan una segura navegación por el río. Por lo tanto, surge la necesidad de definir las características de una embarcación que cumpla, con el mejor desempeño, los requisitos y requerimientos del proyecto.

Para justificar que el resultado del proceso de diseño de como resultado la embarcación más efectiva, se realizó un modelo de síntesis,que,mediante algoritmos, permite la aplicación de diversos modelos para la selección de un conjunto de embarcaciones de diferentes dimensiones que pueden llegar a cumplir los requerimientos propuestos. Las interdependencias de los parámetros de diseño hacen que el proceso sea altamente iterativo [3], por lo que este método de diseño automático permitiría generar un espacio de diseño con un gran número de posibles resultados[4][5].

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es, mediante el uso de un modelo de síntesis, definir el diseño a nivel conceptual de las alternativas que permitan el mejor desempeño para el transporte de cargas y pasajeros por el río Magdalena. A futuro, los diseños obtenidos al final del proceso pueden ser extendidos a diseños funcionales en la ejecución de proyectos futuros.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

En primer lugar, se definen como entrada los límites de las dimensiones que puede llegar a tener la embarcación de acuerdo a las características del río Magdalena. A partir de regresiones realizadas en embarcaciones fluviales de condiciones de navegación similares,se obtienen las relaciones de Eslora/Manga (L/B), Eslora/ Puntal (L/D) y Manga/ Calado (B/T) propias para embarcaciones fluviales[6][7] [ver tabla 1].

Junto a las relaciones anteriores, se tiene en cuenta las dimensiones, restricciones y características del canal en temporadas secas y dentro de los límites de intermodalidad propuestos [8].Estos límites se restringen principalmente por la profundidad, ancho del canal y radio de curvatura en los meandros. De esta manera, se obtienen los límites superiores e inferiores para desarrollar las iteraciones [ver tabla 2].

Tabla 1. Límites de las relaciones geométricas para embarcaciones de carga y de pasajeros

Relación geométrica	Embarcación de carga	Embarcación de pasajeros
LOA/D	22,20 – 17,04	17,60 – 10,11
LOA/B	5,85 – 4,40	6,80 – 3,53
B/T	10,38 – 7,54	8,89 –4,42
Cb	0,8 – 0,9	0,8 – 0,9

Tabla 2. Límites de las dimensiones para embarcaciones de carga y de pasajeros

Dimensiones/Características	Embarcación de carga	Embarcación de pasajeros
Manga [m]	12,4 – 7,4	12,4 – 6,0
Eslora [m]	78,1 – 41,5	77,6 – 20,0
Puntal [m]	3,5 – 2,5	3,5 – 0,7
Calado [m]	1,6 – 1,2	1,6 – 0,45
Velocidad [kn]	9,0 – 4,2	9,0 – 4,2

Para el desarrollo del modelo de síntesis se elaboró un código de Matlab que implementa el algoritmo mostrado en la Figura 1.

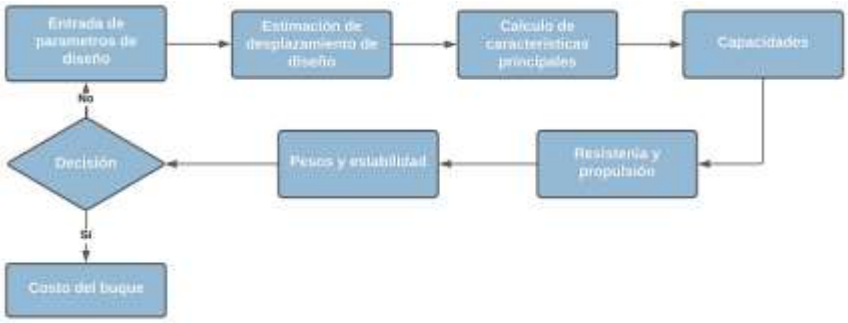


Figura 1. Modelo de síntesis propuesto

Dentro del rango de dimensiones y dependiendo del paso definido en la iteración,se generóun arreglo multidimensional que contiene todas las posibles combinaciones de cada uno de los valores para cada parámetro de diseño. Posteriormente se recorre el espacio de diseño y se evalúa cada alternativa con los módulos de arquitectura naval que contienen los modelos analíticos y semi-empiricos para la estimación de los pesos, la potencia requerida, la autonomía, y los chequeos de estabilidad.Las alternativas que no superaron con los chequeos fueron descartadas

2.1 Condición de equilibrio de pesos

Una restricción básica dentro del modelo de síntesis corresponde al balance entre el peso ligero (*LWT*), peso muerto (*DWT*) y el desplazamiento. Las alternativas cuya suma del peso ligero y peso muerto no son iguales al desplazamiento son descartadas como soluciones.

$$L*B*T*C_b - LWT - DWT = 0 \quad (1)$$

2.2 Módulo de estimación de potencia

Las estimaciones de la potencia al freno en etapas iniciales del diseño pueden ser inexactas dada que las formas del casco y su relación con el sistema de propulsión están apenas definidas. Schneekluth &Bertram [9] proponen una relación semi-empírica para embarcaciones fluviales en función de la velocidad, desplazamiento y resistencia del casco en régimen de aguas profundas (2).

$$\frac{RT}{\Delta} = 73{,}73(\gamma)^4 - 144{,}9\left(\frac{V}{\sqrt{L}}\right)^3 + 115{,}9\left(\frac{V}{\sqrt{L}}\right)^2 - 28{,}87\left(\frac{V}{\sqrt{L}}\right) + 2{,}99\ \frac{lbf}{t} \quad (2)$$

A partir de la ecuación anterior, Lackenby [10] presentó una relación aplicable para aguas someras en función de la profundidad respecto a la quilla (CWD), profundidad del río (h), calado (T) y velocidad (V). A pesar que esta relación no tiene en cuenta el trimado, es usualmente usada para corregir la resistencia del casco en aguas de poca profundidad [11].

$$\frac{RT\,(h)}{RT\,(\infty)} = -0{,}125 + 0{,}875\left(\mathrm{KwD0} + 0{,}4\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{T}}\,\mathrm{KwD1}\right) \quad (3)$$

$$KwD0 = 1 + 0{,}97e^{-2{,}74\left(\frac{h-T}{T}\right)}$$

$$KwD1 = 0{,}75e^{-4{,}87\left(\frac{h-T}{T}\right)}$$

La resistencia total del buque (RT) necesaria para estimar la potencia requerida se calcula como la suma de la resistencia del casco desnudo en aguas profundas, la resistencia adicional por efecto de aguas poco profundas, la resistencia por apéndices; estimada en 15% de la resistencia del casco, y un margen de diseño del 15%. La potencia requerida (*PE*) es estimada a partir del producto de la resistencia total (*RT*)y la velocidad del buque (*V*) (4). La eficiencia del sistema (n_{prop}), mostrada en (5), es el cociente de la potencia efectiva (*PE*) y la potencia al freno (*PB).*

$$PE = RT*V \quad (4)$$

$$n_{prop} = PE/PB \quad (5)$$

2.3 Módulo de autonomía

La autonomía de las alternativas es calculada en función de la capacidad de carga, consumo de provisiones por tamaño de la tripulación y duración del trayecto y por la tasa de consumo de combustible. Para el consumo de agua potable se recomienda utilizar 30 galones por persona por cada día y el almacenamiento debe ser suficiente, como mínimo, para 2 días al contarse con una planta para tratamiento de agua potable.

2.4 Módulo de pesos

Los pesos son estimados a partir de regresiones desarrolladas para buques de prestaciones similares. El desplazamiento viene expresado como la suma del peso ligero y el peso muerto. Los componentes del peso ligero para una embarcación consisten en el peso estructural, el peso

del equipo, el peso de maquinaria y un margen del 5%. Todos los anteriores son calculados a partir de relaciones semi-empíricas[6]. El peso muerto está conformado principalmente por el peso de los contenedores en embarcaciones de carga, y para las embarcaciones de pasajeros por el peso de los mismosy su respectivo equipaje[7].

2.5 Módulo de estabilidad

En etapas tempranas del diseño la altura metacéntrica transversal (GM_T) indica el nivel de estabilidad del buqueen función del centro vertical de flotación (KB), el radio transversal metacéntrico (BM_T) y el centro vertical de gravedad (KG) [ver ecuación 4].Al igual que para embarcaciones marítimas, el GM_T debe estar por encima de 1 metro [6].

$$GM_T = KB + BM_T - KG \quad (6)$$

2.6 Módulo de costos

El modelo incluye un módulo para el cálculo de los costos de construcción. Estos costos están clasificados en costos laborales, costos de materiales, y costos generales. A su vez, los costos de construcción están conformados por los costos de acero de casco, costo de equipamiento e ingeniería de casco, y el costo de la maquinaria.

3- RESULTADOS

3.2 Modelo de síntesis para embarcaciones de carga

De la ejecución del modelo para embarcaciones de carga, se obtuvo 181440 alternativas de las cuales 15048 son convergentes.Los resultados obtenidos del modelo de síntesis permiten revisar el efecto de las características de la embarcación en el desempeño de los parámetros. Entre estas, el efecto del calado y coeficiente de bloque en la potencia al freno requerida y desplazamiento, peso ligero y peso muerto.

La Figura 3 muestra la relación de la potencia de frenado respecto al desplazamiento del barco a la eslora (L) y manga (B). Con la finalidad de caracterizar el espacio de diseño, en la Figura 4 se analizó el efecto del calado, coeficiente de bloque sobre la relación de potencia – desplazamiento.

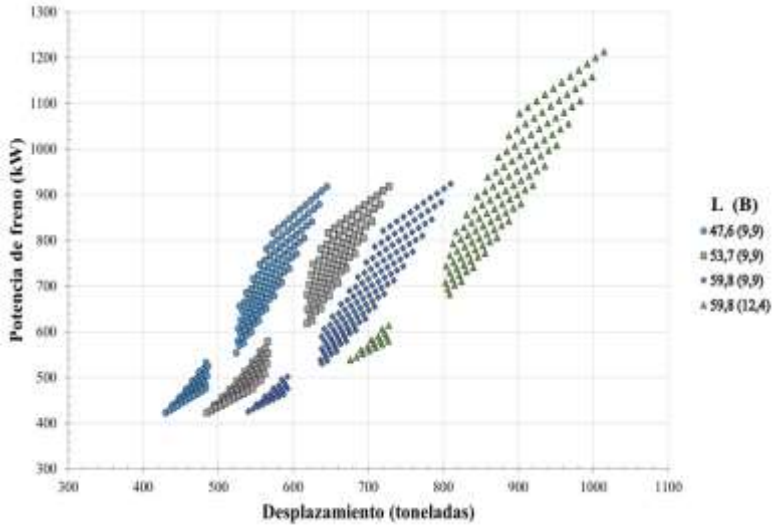


Figura 3. Relación de potencia –desplazamiento en función de la eslora y manga para de 9 nudos.

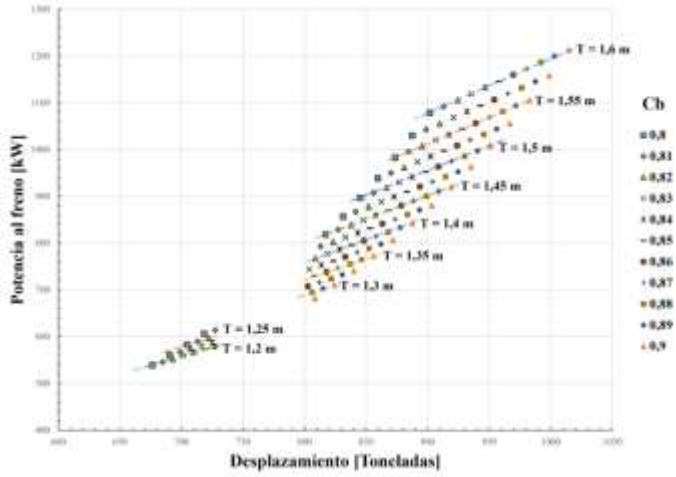


Figura 4. Relación de potencia – desplazamiento resaltando el calado y el coeficiente de bloque

DESAMPARADOS No.201, MUELLE "JUAN MANUEL DÍAZ",
HABANA VIEJA, LA HABANA, CUBA.
Telef: (53) 7861 0920
ipin@enet.cu

3.3 Modelo de síntesis para embarcación de pasajeros

Para el modelo de embarcación de pasajeros, se generaron 176000 alternativas, de las cuales convergieron 2418. Se llevó a cabo un proceso de evaluación y descarte de alternativas similar al llevado a cabo para las embarcaciones de carga. Así mismoLa Figura 5 muestra la relación de la potencia de frenado respecto al desplazamiento del barco a la eslora (L) y manga (B) a 9 nudos.

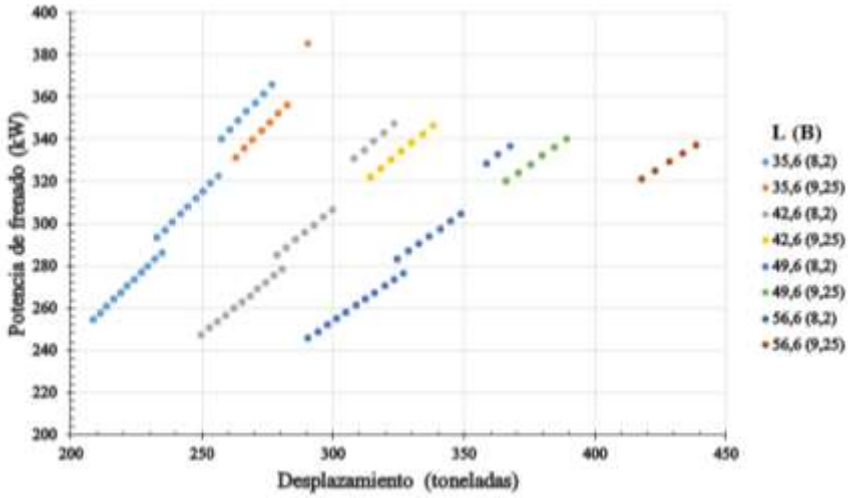


Figura 5. Relación de desplazamiento – potencia en función de eslora y manga.

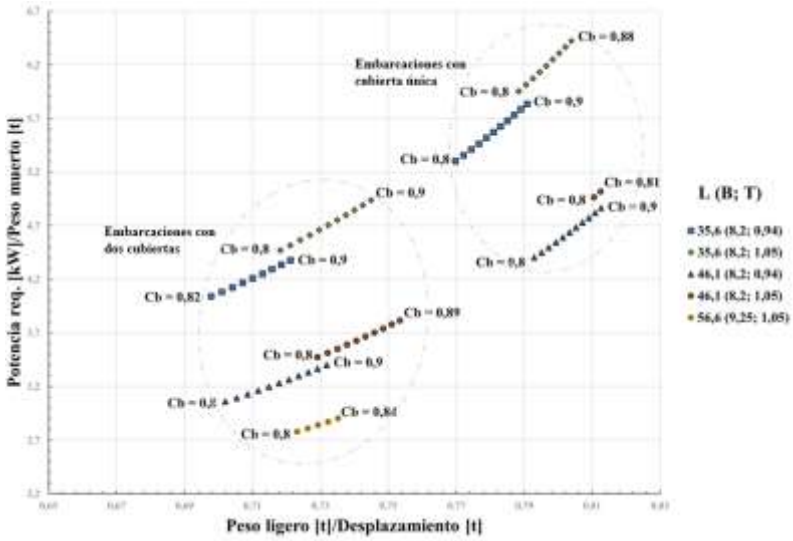


Figura 6. Relación de desplazamiento – potencia en función de eslora y manga

Una vez descrito la relación entre los datos obtenidos, se determinan las embarcaciones más efectivas.Para el tránsito rentablepor el río Magdalena se requiere una embarcación cuyo calado no supere 1,6 m, con una relación adecuada de capacidad de carga y potencia requerida al tiempo en que su peso ligero es reducido. El alcance debe ser suficiente para alcanzar embarcaderos y puertos lejanos río arriba con la menor cantidad de paradas para repostaje.

Para escoger la embarcación con el mejor desempeño, es necesario generar una figura de mérito para jerarquizar la prioridad de los diversos parámetros. La jerarquía de las diferentes variables relacionadas con el diseño de la embarcación y su calificación ponderada fue definida mediante el software de decisiones multi-variable 'Expert Choice' [ver Tabla 4].

Tabla4.Jerarquía de parámetros para figura de mérito para cascos de carga

	Figura de mérito	
Parámetros	**Carga**	**Pasajeros**
Peso muerto	*38.8%*	*41.4%*
Potencia al freno	*31.1%*	*30.5%*
Calado	*14.3%*	*14.0%*
Peso ligero	*10.4%*	*9.1%*
Alcance	*5.4%*	*5.0%*

Después del estudio de jerarquía de las variables, se seleccionaronembarcaciones de carga con esloras comprendidas entre 47,6 y 59,8 metros, y mangas entre 9,9 y 12,4 metros.Las alternativas propuestas para la embarcación de pasajeros se encuentran en un rango de una o dos cubiertas, esloras entre 35,6 y 56,6 m y manga entre 8,2 y 9,5 m.

De las alternativas convergentesse escogen las dos mejores calificadas en dos rangos distintos conforme a las necesidades económicas de la región cuyas implicaciones se discutirán en la siguiente sección [ver tabla 5].

Tabla 5. Características de las alternativas seleccionadas para embarcación de pasajeros y carga

	Embarcaciones			
	Pasajeros		Carga	
Características	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**
Eslora total (LOA)	56,6 ± 3,5 m	35,6 ± 3,5 m	47,60 ± 3 m	59,80 ± 3 m
Eslora línea de agua (LWL)	53,77 ± 3,5 m	33,82 ± 3,5 m	45,22 ± 3 m	56,81 ± 3 m
Pasajeros	360 personas	72 pasajeros	N/A	N/A
Manga (B)	9,25 ± 0,5 m	8,2 ± 0,5 m	9,90 ± 1,25 m	12,4 ± 1,25 m
Puntal (D)	3,5 m	2,3 m	2,30 m	2,30 m
Calado (T)	1,05 m	0,94 m	1,20 m	1,20 m
Potencia al freno (9 nudos)	321,252 kW	254,53 kW	423,135 kW	538,73 kW
Peso muerto	115,66 t	48,016 t	181,68 t	281,80 t
Peso ligero	302,13 t	193,732 t	248,09 t	394,47 t
Desplazamiento	417,79 t	208,548 t	429,77 t	676,266 t
KG [m]	3,10 m	1,96 m	2,33 m	2,37 m
Coeficiente Bloque (Cb)	0,8	0,8	0,8	0,8
Cubiertas de pasajeros	2	1	N/A	N/A

De las embarcaciones obtenidas se analizala relación de potencia requerida por pasajero transportado [ver figura 7] y de potencia requerida por tonelada de peso muerto para embarcaciones de carga [ver Figura 8].

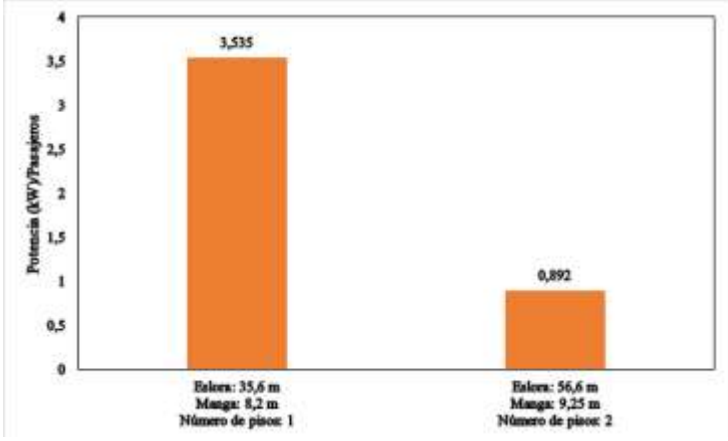


Figura 7. Relación Potencia/ Pasajeros

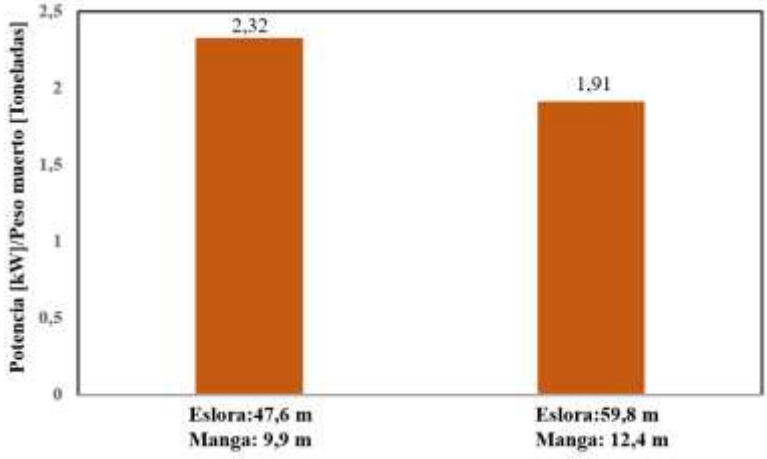


Figura 8. Relación Potencia/ Peso muerto para embarcaciones de carga

Finalmente, se grafican las curvas de potencia obtenidas en el rango de velocidades del proyecto para embarcaciones de carga [C] y pasajeros [P] [ver figura 9].

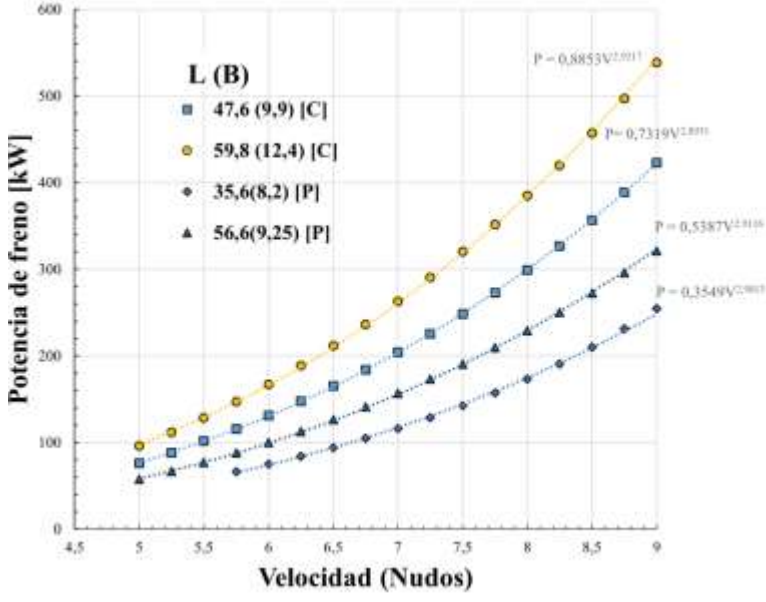


Figura 9. Curvas de potencia para las soluciones seleccionadas

4- DISCUSIÓN

4.1 Modelo de síntesis para embarcaciones de carga

De la figura 3, en que se relacionan todas las alternativas convergentes cuya potencia al freno permitiría una potencia de 9 nudos, se puede observar que se obtienen 4 combinaciones de eslora y manga y que en cada una de estas hay dos conjuntos de embarcaciones que varían en su puntal, calado y coeficiente de bloque. Se muestra una fuerte dependencia de la potencia al freno respecto a la manga y una menor dependencia frente a la eslora.Tomando como referencia los resultados de la potencia al freno y desplazamiento para el conjunto de datos de 78,1 m de eslora y 12,4 m de manga, a continuación, se describirá la naturaleza de cada uno de los puntos en términos de coeficiente de bloque (Cb) y calado (T).

A su vez, En la figura 4, se puede analizar el efecto que tiene el calado y el coeficiente de bloque en la potencia requerida. Se encontró que el calado, dados los modelos analíticos usados, tiene una mayor influencia en el aumento de requerimientos de potencia al freno que el coeficiente de bloque.De esta manera, mientras que un incremento del 12,5% en el coeficiente de bloque implica un aumento cercano al 20% en la potencia al freno requerida, un incremento cercano a 8% en calado conlleva a un incremento de 21% en los requerimientos de potencia. Esta tendencia se mantiene para el análisis de embarcaciones de pasajeros.

4.2Modelo de síntesis para embarcaciones de pasajeros

Al igual que el caso de embarcaciones de carga, en la figura 5 se gráfica las embarcaciones con capacidad de navegar a 9 nudos en relación con la potencia al freno y el desplazamiento, se obtiene un rango de diseño entre 240 y 380 kW de potencia al freno para embarcaciones entre 200 y 450 toneladas, siendo la manga el factor de mayor influencia en la potencia al freno, y la eslora en el desplazamiento. En la Figura 6, al relacionar la potencia al frena requerida por cada tonelada de peso muerto y la fracción del peso ligero en desplazamiento, se evidencian dos grupos: el de embarcaciones con una cubierta y las embarcaciones con cubierta doble. Las embarcaciones con única cubiertapresentan requerimientos de potencia al freno por cada tonelada de peso muerto hasta 1,3 veces mayor. Adicionalmente, comparando ambas alternativas, un

incremento del puntal de 11 % representa un incremento en el requerimiento de potencia en 8% y un aumento de la fracción del peso ligero respecto al desplazamiento en 2,5%.

4.2 Selección de embarcaciones

Dadas las condiciones variables del río Magdalena, el tamaño de puertos y embarcaderos y la funcionalidad de las embarcaciones, la nave más efectiva encontrada puede no ser apropiada para las funciones de transporte más comunes. Por ende, se formaron dos conjuntos con los resultados en función de su manga y de cada conjunto se obtuvo una embarcación que cumpliría de formas más efectivas con los requisitos de diseño.

Para el caso de las embarcaciones de pasajeros [ver tabla 5] se seleccionaron dos embarcaciones. La primera embarcación tiene una eslora de 35 metros, una cubierta y 8,2 m de manga. La segunda, es una embarcación mayor, de 2 cubiertas, 56 metros de eslora y 9,25 m de manga. La primera estaría destinada a transporte de personas en cortos trayectos departamentales y la segunda; con mayor desplazamiento, a trayectos interdepartamentales superiores a 1500 millas náuticas. Al comparar ambas alternativas en términos de requerimientos de potencia por pasajeros transportadosse tiene que la embarcación de 35 metros de eslora requiere una potencia al freno por pasajero transportado 4 veces mayor a la embarcación de 56 metros [ver figura 7]; esto está relacionado con la mayor fracción de peso ligero respecto a desplazamiento en las embarcaciones de menor eslora [ver figura 6].

En el caso de las embarcaciones de carga, se seleccionaron dos naves, la primera con una eslora de 47,6 m y una manga de 9,9 m y la segunda con una eslora de 59,8 m y 12,4 m de manga. La primera embarcación estaría destinada a transporte de cargaen trayectos departamentales mientras que la segunda se diseñaría para el transporte de carga en rangossuperiores a 1600 nm. En la figura 8 se evidencia que la embarcación de menor eslora presentaría un requerimiento de potencia 1,21 veces mayor por cada tonelada de peso muerto desplazado debiéndose, al igual que

en las embarcaciones de pasajeros, por la mayor fracción de peso ligero en el desplazamiento conforme disminuye la eslora.

Finalmente, en la figura 9 se resumen los requerimientos de potencia al freno de las 4 embarcaciones seleccionadas. En esta, se puede observar que debido principalmente a efectos de la manga y calado, se registra un 68% de incremento en potencia al freno en relación con las embarcaciones de carga y pasajeros con mayor eslora.

5- CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló un modelo de síntesis orientado a seleccionar las embarcaciones fluvialesmás adecuadas para el transporte de carga y pasajeros por el río Magdalena. El modelo se desarrolló mediante el uso de expresiones analíticas y semi-empiricas para definir el espacio de diseño y se realizó una selección de las embarcaciones más efectivas por medio de una figura al méritoa partir de los requerimientos de diseño.

Se definió el diseño conceptual de dos embarcaciones de carga: la primera de 47,6 m de eslora y 9,9 m de manga y la segunda de eslora y manga 59,8 m y 12,4 m respectivamente y un calado de 1,2 m. Para embarcaciones de pasajeros se definieron dos embarcaciones con una y doble cubierta

con y 35,6 m de eslora y 8,2 m de manga en la primera ycon 56,6 m de eslora y 9,25 m de manga en la segunda. Esto con la finalidad de poder cubrir el rango de requerimientostécnicos y económicos para el transporte por el río Magdalena.

Para ambos escenarios se encontró que un incremento en la eslora disminuye la fracción de peso ligero respecto al desplazamiento. A su vez, considerando que la potencia al freno requerida está fuertemente influenciada por la manga de la embarcación,las naves con mayor grado de esbeltez (L/B) presentan menos requerimientos de potencia por la carga muerta o cantidad de pasajeros transportados.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Alvear Sanin, Manual del río Magdalena, Medellín: Cormagdalena, 2005.

[2] J. Lancheros, Plataforma Logística y Puerto Multimodal para Consolidar Puerto Berrío como puerto Multimodal, Bogotá: Universidad Javeriana, 2017.

[3] G. Vernengo y E. Rizzuto, «Ship synthesis model for the prelimary design of a fleet of compressed natural gas carriers,» *Ocean Engineering*, vol. 89, pp. 189-199, 2014.

[4] V. Zanic, J. Andric y P. Prebeg, «Design synthesis of complex ship structures,» *Ships and Offshore Structures*, vol. 8, pp. 384-403, 2013.

[5] V. Zanic, «Methods and concepts for the mult-criteria synthesis of ship structures,» *Ship and Offshore Structures*, vol. 8, pp. 225-244, 2013.

[6] G. Younis, M. Gaafary, H. El-Kilani y M. Moustafa, «Techno-Economical Optimization for River Nile Container Ships,» *Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike*, vol. 62, nº 4, pp. 383-395, 2011.

[7] K. Rawson, Basic Ship Theory. Volume I. Ship Dynamics and Design, Butterworth-Heinemann, 2001.

[8] L. Polo, «Restricciones para el diseño de un sistema de transporte intermodal de contenedores a traves del río Magdalena,» COTECMAR, Cartagena, 2015.

[9] H. Schneekluth y V. Bertram, «Ship Design for Efficiency and Economy,» Butterworth- Heinemann, Oxford, 1998.

[10] H. Lackenby, «The effect of shallow water on ship speed,» *The ship builder and the marine engine builder*, 1963.

[11] E. Rotteveel, Investigation of inland ship resistance, propulsion, and manoeuvering using literature study and potential flow calculations, TU DELF, 2013.

¿QUE ES EL IPIN?
NOTAS DEL SECRETARIO – SECRETARY´S NOTES

El **IPIN** es una sociedad civil, sin fines lucrativos, que se destina a promover el progreso de la Ingeniería Naval, y el Transporte por agua en el Continente Americano. El Instituto se compone de miembros individuales, que son los ingenieros, técnicos y estudiantes vinculados con las actividades navales, de Miembros Colectivos, que son las compañías navieras, astilleros e industrias concurrentes de la construcción y reparaciones navales y de Miembros Patronales, que son las Armadas del Continente. Además existen los Miembros Nacionales, que son las asociaciones de ingenieros navales o entidades afines.

La sede del IPIN está en Cartagena de Indias, Colombia, donde funciona su Secretaría Ejecutiva, encargada de la coordinación de las actividades de los Directores del IPIN y de las diversas entidades afiliadas.

Cada dos años la Asamblea General renueva los Miembros del Directorio y del Consejo Consultivo, durante la realización de un Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria, en el país determinado por la Asamblea anterior.

Los fondos del IPIN provienen de aportes anuales de sus Miembros, en cuotas según se indica a continuación:

Miembros Patronales	US$	1 500.00
Miembros Colectivos	US$	300.00
Miembros Individuales	US$	30.00

El IPIN mantiene un programa permanente de prácticas en astilleros, de este y de otros Continentes. A través de este programa, muchos ingenieros y técnicos han conocido las instalaciones de astilleros e industrias concurrentes, buscando el perfeccionamiento profesional y la transferencia directa de tecnología.

El IPIN mantiene también un programa de divulgación sistemática de los adelantos de la ingeniería naval y de los transportes por agua, sea a través del boletín IPEN NEWS o la revista IPEN JOURNAL.

Tiene a disposición de los socios un servicio de copiado de trabajos presentados en congresos u otros eventos técnicos y hasta puede localizar trabajos en otras bibliotecas, por solicitud de los asociados.

Y, finalmente, realiza cada dos años un Congreso Panamericano en algún país-miembro, donde posibilita el reencuentro de sus Miembros para debatir problemas específicos, intercambiar informaciones y experiencias y vivir intensamente la confraternidad panamericana.

Por tanto si Ud., lector, es un profesional de la rama naval-marítima, un ingeniero, técnico o estudiante, quien desea estar actualizado con lo que pasa en el área panamericana, y además tiene interés por estrechar lazos con sus colegas de otros países, le sugerimos llenar la planilla en la hoja siguiente y enviarla a la Secretaría del IPIJN, juntamente con un cheque de US$ 30.00 por concepto de pago de la anualidad corriente. ¡Hágase socio, júntese a nosotros!

¿WHAT THE IPEN IS?

The Pan-American Institute of Naval Engineering – IPEN is a non – profit institution intended to promote progress in naval architecture and marine engineering and water transportation in the Americas.

The membership of IPEN includes individual Members, such as engineers, technicians and students engaged in maritime activities; Supporting Members, that is, shipping companies, shipyards, and other related industries; and Patronal Members, like the Pan-American Navies. Besides, there are the National Members, composed by the Naval Architecture and Marine Engineering and related organizations.

The IPEN headquarters and the office of the Executive Secretary are located in Cartagena de Indias, Colombia. The latter coordinates the activities of the Institute´s Directors and those of others related organizations.

Every two years the General Assembly elects new members of the Board of Directors and of the advisory Council, at the Pan-American Congress of Naval Engineering, Maritime transportation and Port Engineering, held in the country chosen by the previously Assembly.

The IPEN funds come from annual membership dues, according to the following rates:

Patronal Members	US$	1 500.00
Supporting Members	US$	300.00
Individual Members	US$	30.00

A permanent program of training in both Pan-American and overseas shipyards is kept by IPEN. Though this program, many engineers and technicians have known the facilities of shipyards and related industries, aiming to refine their professional background and to transfer technical know-how.

IPEN also keep a systematic and permanent dissemination of the development of the naval engineering and water transportation, either by means of bulletin (IPIEN NEWS) or trough IPEN JOURNAL

Copies of technical papers presented at their Congresses or another technical meetings are available to all members, besides the facility of locating technical papers in others libraries, whenever requested.

Finally, the IPEN hold a Pan-American Congress in one the member-countries every two years. The Congress allows the rejoinig of member discuss specific problems, to exchange valuable information and experiences and live in a very intense way the Pan-American confraternization.

So, if you, dear reader, are a professional of the naval-maritime community, an engineer, a technician or a student who wishes to be update on what is going on in the Pan-American area and also wishes to become acquainted with your colleagues from others countries, we suggest you to fill in the application from on the next sheet, and mail it to IPEN Secretariat, together with a US$ 30.00 check in order to pay this annual dues.

Be a members, join us!

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING

INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

IPIN No._____

PLANILLA DE INSCRIPCIÓN PARA MIEMBROS INDIVIDUALES

Nombre
completo_____

Dirección_____

_____

Telef. part. _____ e-mail _____

Fecha de nacimiento _____ C I
_____

Nacionalidad
_____

Formación profesional
_____

Grado o categoría científica o docente _____
_____

Actividades
ctuales_____

Centro de trabajo
_____

Dirección _____

Telef. _____ e-mail _____

_____ _____

Miembro Proponente Firma

Fecha de Alta:_____

¿QUE ES EL IPIN CUBA?

IPIN CUBA: SECCION CUBA DEL INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

El IPIN CUBA es una organización técnico profesional sin fines lucrativos, destinada a promover el progreso de la Ingeniería Naval, el Transporte Marítimo y la Ingeniería Portuaria y es filial del IPIN AMERICA, que es una sociedad con similares propósitos del continente americano cuya sede se encuentra en Colombia.

Son miembros del IPIN AMERICA: Argentina, Brasil, Bolivia, Canadá, Chile, Cuba, Ecuador, Colombia, Estados Unidos, México, Perú, Panamá, Paraguay, Venezuela.

El IPIN CUBA, al igual que en el resto de los países, lo integran Miembros Individuales, que son especialistas vinculados a las actividades navales y marítimo - portuarias en general, así como Miembros Patronales y Colectivos, que son Empresas, Astilleros, Empresas Navieras, Industrias cooperantes de construcción y reparación naval suministradores de equipos navales, Transitarios, Sociedades de Clasificación, Empresas Portuarias, así como otras entidades vinculadas a la actividad marítima – portuaria.

En el 2022 son miembros: Administración Marítima de Cuba (AMC) como Miembro Patronal y como Miembros Colectivos están: Grupo Empresarial Marítimo (GEMAR), Caribbean Drydocks Company (CDC), Registro Cubano de Buques Sociedad Clasificadora (RCB), Empresa de Proyectos, Construcciones y Servicios Navales CEPRONA, Astilleros del Oriente (ASTOR), SEPOC, Empresa Navegación Caribe (ENC), SELECMAR, LLOYDS REGISTER OF SHIPPING Sociedad Clasificadora Oficina Habana, Astilleros del Caribe ASTICAR, Astillero Cabañas, EMI GRANMA, Empresa OBRAS MARITIMAS, CIMAB, pertenecientes al transporte, industria pesquera, la construcción y otras ramas de la economía. Además de más de 454 miembros individuales (383 hombres y 71 mujeres), entre especialistas y técnicos vinculados a 72 instituciones vinculadas a las actividades navales, marítimas y portuarias.

Las actividades básicas del IPIN CUBA se pueden resumir en cuatro aspectos:

PRIMERO:

DESAMPARADOS No.201, MUELLE "JUAN MANUEL DíAZ",
HABANA VIEJA, LA HABANA, CUBA.
Telef: (53) 7861 0920
ipin@enet.cu

Colaborar en programas de trabajo en las actividades específicas de enseñanza y de normalización en la rama marítima. Fomentar e intercambio regular de las informaciones sobre estos temas, así como programar eventos de interés sobre esta materia, incluyendo cursos de corta duración especialmente dirigidos a sus Miembros, los que son impartidos por expertos de reconocida experiencia y capacidad. Estos cursos persiguen la actualización constante y sistemática de los asociados en temáticas de interés directo para su perfeccionamiento profesional.

SEGUNDO:

La divulgación sistemática y permanente de material técnico relacionado con lo naval, marítimo y portuario entre los miembros. Estos materiales están constituidos principalmente por trabajos técnicos y revistas editadas en los distintos países Miembros del IPIN AMERICA, y es una forma de hacer llegar a los Miembros la producción técnica de otros países americanos, además de sus propios trabajos técnicos.

El IPIN edita también los trabajos seleccionados para los Congresos de Ingeniería Naval y Simposios técnicos patrocinados o copatrocinados por la Institución, lográndose que de esta manera que la información actualizada llegue a todos los asociados.

TERCERO:

Participar en el programa de prácticas en Astilleros y Empresas de este y otros continentes, el cual se efectúa desde hace años, patrocinado por el IPIN AMERICA, con la colaboración de sus Miembros Colectivos.

Las prácticas para los especialistas tienen por objetivos la transferencia directa de tecnología y el perfeccionamiento profesional y para los recién graduados la complementación de la enseñanza teórica con la aplicación práctica.

Además promueve becas para especialistas en cursos regulares de verano y de post- grado, los cuales se complementan con visitas a Astilleros y empresas afines de la rama.

CUARTO:

La realización de Congresos y Simposios Panamericanos constituyen el objetivo principal de las actividades del IPIN AMERICA y su filial en Cuba, la que trabaja intensamente en la celebración en nuestro país de simposios nacionales e internacionales sobre la actividad naval y marítimo -

portuaria, pues tal política posibilita el reencuentro de los Miembros para debatir problemas específicos, e intercambiar informaciones. La realización de tales eventos da oportunidades únicas de conocer de cerca la industria de los promotores de los eventos, así como las posibilidades del nuestro.
Los fondos del IPIN CUBA, al igual que los del IPIN AMERICA se nutren de los aportes anuales de sus miembros.

La inscripción como miembros pueden ser efectuadas directamente en la Oficina del IPIN Cuba, sito en:

Secretaría del IPIN CUBA
Desamparados No. 201 Muelle “Juan Manuel Díaz”
Habana Vieja, La Habana, Cuba
Teléfono: 7 8610920
E-mail: ipin@enet.cu

PLANTILLA PARA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS IPEN JOURNAL

Primer Autor (Apellidos, Iniciales del Nombre)[1], Segundo Autor (Apellidos, Iniciales del Nombre)[2],.....

[1]Filiación, [2]Filiación,……
[1]e-mail: de autor de contacto

A continuación, se describen las instrucciones para preparar su artículo y enviarlo a consideración del Comité Científico de la revista. El trabajo se escribirá en formato Word, siguiendo los estilos y características de esta plantilla. Mantener el encabezamiento y el pie de página.

Título del artículo y autores

En la primera página del artículo escribir el título, los nombres de los autores, sus filiaciones y el correo electrónico del autor de contacto. Escribir el título centrado con el tipo de letra Time New Roman12 pt en negritas, solo con mayúsculas y a espaciado sencillo, el cual deberá reflejar de manera clara y directa el contenido del artículo. El título del artículo no debe exceder las 15 palabras (100 caracteres incluyendo los espacios). No use abreviaturas.

El número máximo de autores del artículo debe ser cuatro y ser identificados apropiadamente con superíndices sus afiliaciones y direcciones. Escriba primero todos los apellidos y después iniciales de nombres, centrados debajo del título. Use el tipo de letra Time New Roman 11 pt en negritas, con mayúsculas y minúsculas. Deje un renglón vacío (de 8 ptos) entre los nombres de los autores y sus filiaciones. Escriba las filiaciones y sus direcciones, usando mayúsculas y minúsculas y espaciado sencillo. Use el tipo de letra Time New Roman10 pt.

RESUMEN

Tome en cuenta las siguientes indicaciones: escriba el texto de su artículo a una sola columna dentro de los márgenes ya establecidos en este formato (tamaño de papel DIN A4, márgenes superior, inferior y derecho de 2,0 *cm* y margen izquierdo de 2.5 *cm*); todo el texto con interlineado 1,5, no imprima ningún marco alrededor del texto; el resumen debe ser escrito con no menos de 100 palabras y no exceder de 300 palabras; use el tipo de letra Time New Roman 12 puntos. Las figuras deben ser de buena calidad y junto con las tablas deben estar intercaladas en el texto; deben ser declaradas convenientemente toda la nomenclatura de los símbolos empleados y las unidades correspondientes; el uso del Sistema Internacional de Unidades es obligatorio; el artículo debe ser escrito en español, portugués o inglés. Debe tener resumen y palabras claves; el artículo debe tener una extensión de entre 8 y 15 páginas.

PALABRAS CLAVES: anote hasta un máximo de cinco palabras o frases, separadas por comas (,)

Resumen y palabras claves

El resumen será ubicado en la primera página del artículo (100 - 300palabras), no debe contener referencias ni fórmulas. El contenido debe expresar brevemente aspectos relativos a los objetivos e importancia del trabajo, los materiales y métodos, los resultados obtenidos y las conclusiones más importantes del trabajo. Escriba el resumen en una sola columna usando el tipo de letra Time New Roman de 12 puntos.

Las palabras claves deben ser hasta un máximo de cinco palabras. Se escribirán en orden de prioridad y deben describir el contenido del artículo para facilitar su inclusión en índices. Las palabras claves, pueden ser palabras combinadas o frases cortas y se escriben todas en minúsculas.

El artículo presentado, contendrá las siguientes secciones, que son los encabezados principales y son los únicos que se numeran, para ello emplee números enteros en orden ascendente, negrita y mayúscula. En general, los encabezados serán **1- INTRODUCCIÓN, 2- MATERIALES Y MÉTODOS, 3- RESULTADOS, 4- DISCUSIÓN, 5- CONCLUSIONES** y **6- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.**

1- INTRODUCCIÓN

Escritura de la introducción

El primer encabezado del artículo será "**1- INTRODUCCIÓN**" y comenzará en la primera hoja después de dejar una línea en blanco (espacio) al finalizar "palabras claves".

En la introducción será definido el problema e importancia de la investigación realizada y se expondrá una revisión (sin ser extensa) de lo publicado sobre el tema del artículo. Debe plantearse la pregunta de investigación, los objetivos del trabajo, la hipótesis o idea a desarrollar y por último la importancia y las limitaciones del estudio. Puede ser declarado (sin explicar) el método de investigación utilizado en el trabajo. Se escribirá en tiempo presente.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Escritura de materiales y métodos

En este apartado el autor (o autores) debe redactar con todo detalle el diseño de la investigación, incluyendo los antecedentes y las limitaciones. Será justificada la selección de materiales y métodos, equipos y procedimientos, de forma tal que el trabajo pueda ser reproducido. Las modificaciones o los métodos nuevos se describirán detalladamente. Debe definirse claramente el universo y

especificar cómo fue seleccionada la muestra y porqué esta es representativa. El procesamiento de los datos será en base a la aplicación práctica de una base teórica, al desarrollo y obtención de ecuaciones o modelo o mediante la programación racional de un algoritmo de cálculo, según sea necesario. En los materiales, deben ser incluidas las especificaciones técnicas y las cantidades, la procedencia y si es necesario el método para su elaboración.

Preparación del texto

El formato de archivo *Word* (.doc) es el único aceptado para el envío de los artículos. No son aceptados artículos escritos en Word 2007 (.docx) o versiones superiores. Tampoco son aceptadas colaboraciones en formato *pdf*.

El texto debe escribirse en una sola columna con renglones con interlineado 1,5 y justificado. La redacción será impersonal. Se omitirán las abreviaturas y las siglas deben aparecer con su significación debidamente aclarada. No use cuadros de textos, ni saltos de página y sección. No escriba en el encabezado ni en el pie de página.

Uso de unidades

Será utilizado el Sistema Internacional (SI) de unidades de medida.

Encabezados

Use solo dos tipos de apartados: apartados principales y apartados secundarios.

Los apartados principales se escribirán en mayúsculas y negritas en el lado izquierdo de la columna usando el tipo de letra Time New Roman12 pt. Se debe dejar un renglón vacío arriba y abajo del encabezado principal.

Los apartados secundarios se escribirán iniciando con la primer letra mayúscula usando negritas y el tipo de letra de 12 pt. Así mismo, deben ubicarse en el lado izquierdo de la columna y dejando un renglón vacío arriba del encabezado secundario.

3- RESULTADOS

Escritura de resultados

Este apartado corresponde con una presentación lógica de los resultados que demuestran el verdadero aporte del trabajo, con un nivel de detalle que garantice justificar las posteriores conclusiones del trabajo. Las partes anteriores, INTRODUCCIÓN, MATERIALES y MÉTODOS sirven para explicar cómo se obtienen los resultados. Utilice tablas y figuras para su explicación. Los resultados deben redactarse en pretérito, de forma breve y sencilla. Evitar la redundancia en la presentación de resultados. Debe ser la sección más corta.

Tablas y figuras

Debe ser referida cada tabla o figura en el texto, centradas. Numeradas las tablas y figuras por separado y de forma consecutiva con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. Ubique las tablas y figuras en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la primera referencia en el texto. Las tablas y figuras no deben repetir los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo.

El título de las tablas se escribe sobre las mismas, a espacio simple, como se muestra en la Tabla 1. El título de las figuras debe escribirse debajo de éstas, a espacio simple, como se indica en la Figura 1. El título de las tablas y figuras debe ser breve pero suficientemente explicativo.

El texto y los símbolos en las tablas y figuras deben ser claros y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de presentación del conjunto. Las tablas no deben ser presentadas en formato de imagen.

En el caso de figuras serán consideradas las fotos, dibujos, gráficos y esquemas. Las figuras deben ser preparadas en algún editor gráfico en formato JPG, GIF. TIF y con una resolución suficiente que garantice la calidad de la imagen cuando sea visualizada en aumentos de hasta 200%. Las figuras hechas con las herramientas de Word deben ser convertidas en imágenes. Las fotografías deben ser de buena calidad en formato JPG o EPS. Los textos, las leyendas, los ejes y las líneas de los gráficos deben leerse con claridad y nitidez. Solo se aceptan figuras con textos en español. Si en un trabajo se utilizan imágenes previamente publicadas, el autor debe poseer permiso para su reproducción.
A continuación se muestran los ejemplos de una tabla y una figura:

Tabla 1. Contratos de alquiler de buques por tiempo reportados en el mercado marítimo internacional entre los años 2011 y octubre de 2015.

T/C Activity... ...over 1 year		Total Fixtures				To Date
		2011	2012	2013	2014	2015
VLCC	200,000 +	13	26	12	30	52
Suezmax	120-200,000	13	20	14	25	27
Aframax	80-120,000	12	21	42	61	44
Panamax	60-80,000	10	21	27	28	23
Handy	10-60,000	60	108	139	101	83
Total No. Fixtures		108	196	234	245	229
Total in m. dwt		10.9	19.9	18.9	26.5	30.5

Estimated owners' rates. Modern=no more than 10 years old.

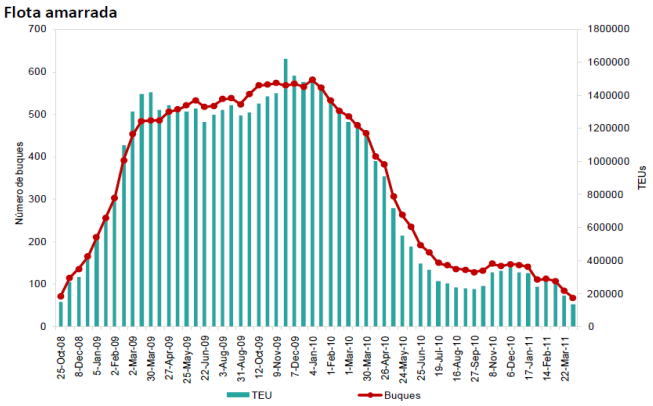


Figura 1. Flota amarrada de buques portacontenedores 2008 - 2011.

4- DISCUSIÓN

Escritura de la discusión

En este apartado se analizan e interpretan los resultados, su significado, logros y limitaciones, además se resalta los aspectos novedosos del estudio, sus aplicaciones prácticas y las conclusiones que se derivan de ellos. Si es necesario en este apartado se puede proponer recomendaciones derivadas de los propios resultados que se presentan en el trabajo.

Escritura de ecuaciones.

Para escribir las ecuaciones en el texto utilice un editor de ecuaciones compatible con Microsoft Word (no utilice Microsoft Word 2007 o superior). Las ecuaciones se deben escribir centradas dejando un renglón vacío arriba y debajo de las mismas. Numérelas consecutivamente con números entre paréntesis, por ejemplo: (1), con alineación del número de orden a la derecha. Cuando se refiera a una ecuación en el texto escriba (1). Cuando se refiera a varias ecuaciones consecutivas en el texto escriba (1)-(3).

Muestra de escritura de ecuación:

$$d = (S_{zy} / v) + T_p \qquad (1)$$

Donde:

S- distancia entre el origen ***z*** y el destino ***y***, millas

*v***-** velocidad del buque, nudos

T_p- tiempo promedio de maniobra de todos los atraques disponibles del puerto de destino, hrs

Asegúrese de que los símbolos en su ecuación hayan sido definidos antes de que aparezca la ecuación o inmediatamente después. Los símbolos deben aparecer en cursiva y usarán el mismo tipo de fuente que el resto del artículo. Las ecuaciones se escribirán completas y no pueden presentarse en formato imagen. Los subíndices y exponentes deben ser legibles, escritos en un tamaño adecuado.

5- CONCLUSIONES

Escritura de conclusiones.

En este apartado se recomienda que sea conciso y redactar las conclusiones de la forma más nítida posible. Las conclusiones deben estar acorde con los objetivos del trabajo y las preguntas científicas formuladas en la INTRODUCCIÓN, además pueden ser realizadas referencia a la importancia del trabajo y sugerir aplicaciones y generalizaciones.

Escritura de reconocimientos

Si fuera necesario, este apartado debe ser ubicado posterior a las conclusiones. En caso de que sea procedente expresar agradecimientos, se sugiere utilizar un encabezamiento típico como: "Los autores desean agradecer…" máximo un párrafo.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Todas las referencias bibliográficas deben citarse y estar identificadas entre corchetes (paréntesis cuadrados) en el texto. Las referencias deben tener un orden numérico de acuerdo a como van apareciendo en el texto.Las referencias serán agrupadas al final del texto en el orden de aparición.
Las referencias deben ser de actualidad y se recomienda que el 60% de las referencias hayan sido publicadas en los últimos 10 años. En la bibliografía será imprescindible la referencia de al menos 1 publicación indexada. La bibliografía se redactará de acuerdo a las normas APA, como se expone a modo de ejemplo en el siguiente párrafo.
Las siguientes referencias son ejemplos de: artículo de revistas [1], libro [2], tesis [3], reporte [4], memoria de congreso [5], documentos normativos [6], documento electrónico (pdf) en Internet [7] e información en página Web en Internet [8].

1. Rodríguez Ramos, P. A.; Goyos Pérez, L.; Piloto Rodríguez, R.; Zumalacárregui de Cárdenas, L.; Pérez Ones, O. "Impacto medio ambiental del aceite de jatropha curcas utilizado como biocombustible". *Rev. Ingeniería química*. Uruguay. 2014. No. 44. pp. 33-40 (Web of Science).
2. De Souza, A.; "Puertos y la interface con el transporte multimodal. Guayaquil, Ecuador. Editorial ESPOL – FIMCM. 2003. 213pp. ISBN: 9978-41-876-8
3. Ali Nofal, M.; "Análisis de las transportaciones marítimas y elaboración de un procedimiento para la distribución de las cargas por vía marítima en Siria, mediante un modelo de optimización". Tutor: Dr. Federico Reiners Abreu. Tésis de doctorado. Universidad de la Habana, Facultad de Economía. La Habana, Cuba. 1992.
4. Ermus Mestre, O.; "Los tiempos del ISM". TR: IPEN. ISSN 1011 – 5951. La Habana, Cuba. Julio 1998. 80 pp.
5. Galiano Ortíz, A.; "Vías para el uso racional y aprovechamiento energético en las embarcaciones pesqueras". En CD del XXII Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria. Buenos Aires, Argentina. 2011. Registro no. 10. 13 pp.

6. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. "Rolling bearings — Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings".*ISO Technical Specification (TS) 16281: 2008*. 28 pp. ISO/IEC Office. Geneva, Switzerland. 2008.
7. White C."A Roadmap to Enterprise". [enlínea]. Information Integration Solutions. IBM Software Group. New York, USA, [ref. febrero 2006]. Disponible en Web: ftp://service.boulder.ibm.com/ps/software/emea/de/db2 /RoadmapToEDI_WP_021306.pdf [consultado en octubre 2009].
8. U.S. ISBN Agency. *The Digital World and the Ongoing Development of ISBN* [enlínea].RR Bowker, New Providence, New Jersey, USA, [ref. Julio 2004]. Disponible en Web: http://www.isbn.org/standards/home/isbn/digitalworld.asp [consultado en diciembre 2009].

Se considera una referencia bibliográfica el documento publicado para difundir actividades investigativas serías y relevantes que ha sido evaluado por expertos y puesto a la disposición de la comunidad científica, con posibilidad de que otros investigadores del tema puedan entender los avances descritos en el documento y repetir los resultados publicados. Por tal motivo, no son aceptados como referencias bibliográficas los siguientes documentos: Documentos o apuntes derivados de la preparación de cursos de pregrado o postgrado que no hayan sido publicados con distribución amplia. Libros y Monografías no publicadas. Si las monografías han sido publicadas en CD o impresas, deben estar accesibles en Internet para que el lector tenga acceso a ellas. Artículos aceptados, pero sin publicar. Normas de empresas u otras entidades no reconocidas internacionalmente. Documentos procedentes de sitios en Internet no reconocidos por su rigor científico. Trabajos de eventos no reconocidos: fórums y eventos nacionales de cualquier tipo. Trabajos de diploma, tesis de doctorado o maestría no publicados en Internet. Programas de televisión y artículos de periódicos. Cualquier otro tipo de documento no publicado.

SOBRE LOS AUTORES

Al final del artículo se incluirá, con una extensión no mayor de un párrafo, información sobre cada autor, donde sea declarada titulación (año), institución y labor que desempeña, categoría docente (año) y categoría científica (año), membresía en organizaciones profesionales, otros de interés.

CONTACTOS

Envío del trabajo completo a:

- Dr. Pedro A. Rodríguez Ramos: Miembro del ejecutivo IPIN CUBA / parr@ceim.cujae.edu.cu
- Dr. Amado Galiano Ortíz: Vicepresidente IPIN CUBA / amado.galiano@almendar.alinet.cu
  Si tiene alguna pregunta u observación en la preparación de su artículo, por favor contacte con nosotros.

FULL – 118. (cont.)

correspondientes, posteriormente se agruparon por el nivel jerárquico en relación con el objetivo de disminución de este y se determinó el nivel de influencia. De acuerdo con la implementación del modelo desarrollado, se encontraron dos aspectos razonablemente viables para abordar: 1. Los aspectos estructurales que tienen que ver con las embarcaciones y con las herramientas de las embarcaciones 2. Capacidades de afrontamiento relacionado directamente con educación y formación. Se concluye que, al identificar los factores críticos, se logra un abordaje apropiado para la reducción de los efectos negativos que provocan dichos factores y de esta manera se plantea una forma efectiva de disminuir los elevados niveles de vulnerabilidad determinados en el sector marítimo panameño.

Palabras claves: vulnerabilidad, fragilidad, sector marítimo, desastre.

FULL - 28. AUDITORÍA TECNOLÓGICA Y MODELO DE MADURACIÓN DE LA INNOVACIÓN EN ASTILLEROS DE CONSTRUCCIÓN NAVAL

Serrano Argüelles, Carlos[1], Blanco Maceiras, Moisés[2], [1]Co-fundador CRM Solintec, [2]Co-fundador CRM Solintec
navalsolintec@gmail.com

La innovación impulsa la demanda de bienes y servicios por entender las necesidades de una sociedad cambiante, utilizando nuevas tecnologías compatibles con la alta rentabilidad al ofrecer antes lo que el mercado demanda.

Para evaluar el grado de implementación de la innovación en empresas de carácter industrial los autores desarrollan un método basado en el Modelo de Capacidades de la ISO/IEC 15504-2 para ser aplicados a distintos sectores industriales.

El sector naval, en concreto el de los pequeños y medianos astilleros de construcción naval presenta niveles muy bajos de implementación de la innovación, por lo que existe gran potencial de mejora de su competitividad.

Tras analizar los resultados los autores plantean vías de mejora de la competitividad en los pequeños y medianos astilleros de construcción naval.

Palabras clave: Auditoria Tecnología, Innovación, Mejora de competitividad sector naval, Modelo de Capacidades.

XXVII COPINAVAL

congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Naval

PALABRAS DEL PRESIDENTE

Amigos IPINISTAS, colegas todos que trabajamos en los astilleros de construcción y reparación, en los puertos, en buques mercantes y pesqueros, buróes de diseño, sociedades de registro y clasificación, agentes de cargas y buques, así como en escuelas formadoras de especialistas de calificación media, academias navales y universidades, en fin todos los que de una forma u otra y de las más disimiles especialidades relacionadas con el mar que nos une y que hemos convocado al XXVII COPINAVAL, y en esta ocasión, también al III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Naval:

Este evento se efectúa en un escenario de crisis que podemos calificar sin precedentes. Si recordamos que por los puertos y mares del mundo transitan más de las tres cuartas partes del comercio mundial podremos comprender que el desarrollo y la eficiencia de nuestro sector tiene una gran responsabilidad con nuestro mundo, con nuestro continente y con nuestros países.

Resulta necesario recalcar que la economía marítima en su conjunto le incorpora al comercio mundial índices de valor que se estimaban globalmente en el entorno del 10%, tomando en consideración los volúmenes y valores de los distintos tipos de cargas y sus formas de transportación. Por lo anterior y como una forma de incrementar la eficiencia para minimizar los costos de embarques y transportación, es que se ha ido escalando en el tamaño de los buques y como consecuencia de ello, en los parámetros de admisión de los puertos y de las tecnologías de manipulación de las cargas.

Bajo esta línea de pensamiento cobra importancia capital, la elevación del nivel técnico de nuestros trabajadores de todas las especialidades y entes empresariales, como una forma inequívoca de alcanzar metas técnicas y tecnológicas superiores y he aquí donde cobra vital importancia el establecimiento de nexos entre todos los que trabajamos en los distintos niveles para estar siempre en pos de una superación que posibilite el avance de nuestra industria y mercado marítimo en nuestros países y en nuestro continente. En esto la labor que realiza el IPIN resulta de gran importancia posibilitar el intercambio técnico entre nuestros especialistas y países con la realización de simposios con enfoques de perfiles sectoriales entre los congresos, tal y como fueron realizados en décadas pasadas, practica esta que se ha visto un poco que abandonada y se debe retomar.

Seguro que podremos.

Reciban todo un gran saludo y les damos la bienvenida al XXVII COPINAVAL y el III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Naval, en la ciudad de La Habana, Cuba.

Dr. José R. González Cobas
PRESIDENTE IPIN AMERICA

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL - 114. (cont.)

Definir las culturas del detalle, del diálogo desarrollador y del clic, sus características y principios; profundizar en las emociones y los sentimientos en un contexto individuo- colectivo- sociedad, y exponer experiencias, como la Cartilla sobre el tema, elaborada y aplicada a un grupo de alumnos de la Universidad Marítima de Cuba durante su etapa de alumnos y su seguimiento después de graduados; además se exponen resultados en la educación de las emociones y de los sentimientos.

Palabras claves: Cultura del detalle, diálogo desarrollador, cultura del clic, educación de emociones, educación de sentimientos.

FULL – 115. SOCIALIZACIONES IMPLOSIVAS, UN DESAFÍO A LA EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI

Arrechea Mildestein N. A.[1], de la Rosa Llano, V.[2] , [1]IPIN CUBA, [2] Instituto de Cibernética, Matemática y Física Correo electrónico
navegarrech@nauta.cu

El trabajo forma parte de la investigación “Retos de la educación en el Siglo XXI” con la formación de seres sentipartipensantes en equilibrio de la interacción libertades individuales- necesidades nacionales- requisitos internacionales. Tiene como objetivos definir el concepto de ríos lingüísticos, profundizar en las socializaciones implosivas, y en una de sus fuentes: la ignorancia, apreciada desde diferentes niveles con citas de diversas personalidades a lo largo de la historia. Se aborda los triángulos de la ignorancia activa y de la educación proactiva y experiencias para aprender a vivir juntos y aprender a ser en el Siglo XXI, que el autor denomina Proceso educación para la convivencia – socialización para vivir en paz.

Palabras clave: Ríos lingüísticos, efecto radar, socializaciones implosivas, ignorancia activa, educación proactiva.

FULL – 118. FACTORES CRÍTICOS QUE INTERVIENEN EN LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS SOCIONATURALES PARA ACTIVIDADES EN EL MAR TERRITORIAL DE PANAMÁ

Fong Lee, A., Universidad Marítima de Panamá, Sistema Nacional de Investigación (SNI), ZoarTech Consulting
afong@umip.ac.pa

La vulnerabilidad es un concepto ampliamente utilizado para tratar de describir la fragilidad de una persona, un grupo o un sistema. Para el caso del sector marítimo, aunque existe un modelo desarrollado para medir la vulnerabilidad global, existe la necesidad de determinar la vulnerabilidad específica para identificar los factores significativos con el objetivo de abordarlos de forma apropiada. Es por ello que analizamos los factores críticos dentro del modelo de evaluación de vulnerabilidad para describir el comportamiento frente a las múltiples amenazas socionaturales, específicamente en el sector marítimo panameño. Para lograr lo anterior, se agruparon 50 indicadores dentro de los factores

FULL - 111. (cont.)

Majana, y al sur de Guanimar, Los 21 metros y Playa del Cajío fueron lentas, alcanzando magnitudes máximas extremas en las proximidades del Cajío, en julio de 2019. En Majana predominaron corrientes con rumbos de componente este durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea; su influencia es significativa desde Guanimar hasta Cajío. La dirección del flujo de agua estimado a través de Maravilla y Los 21 metros y los ríos Guanimar y Cajío coincidió con el drenaje o no de los badenes del Dique Sur más próximos a cada uno de estos pasos. El volumen de agua estimado entrando al rio Cajío en enero de 2019, fue mayor que el saliente en julio de 2019, en época lluviosa del año y con lluvias persistentes durante el muestreo; por tanto, en Cajío la intrusión salina podría ser acelerada sistemáticamente por el comportamiento de la circulación marina litoral; sin embargo, afirmar esto requiere realizar mediciones por un periodo mayor de tiempo y que se incluyan otros puntos del litoral costero sur de Artemisa.

Palabras clave: corrientes marinas, intrusión marina, Artemisa cuba

FULL 112. CORRIENTES MARINAS LITORALES AL NOROCCIDENTE DE PENÍNSULA DE HICACOS

Arriaza Oliveros, L.[1], García Santos, R.[1], Carrillo Betancourt, Y.[2] Lugioyo Gallardo, G.M.[1] ,
[1]Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), [2]Instituto de Geografía Tropical (IGT)
arriazaoceano@gmail.com

Se realiza el análisis de las corrientes marinas litorales, o movimiento del agua a pocos metros del litoral costero, y predominantemente paralelo a este. Se emplean mediciones y estimaciones numéricas. El movimiento del agua más próxima al litoral costero del noroccidente de la península de Hicacos es preferencialmente hacia el suroeste, transportando cualquier contaminación vertida a lo largo de este litoral desde el noreste hacia el suroeste. La distribución de las magnitudes de las corrientes marinas litorales muestra disminución en la velocidad del movimiento del agua al suroeste de Plaza América. Este comportamiento, y el predominio del rumbo suroeste con las mayores velocidades, favorecen que cualquier contaminación vertida en cualquier punto del litoral noroccidental de la península permanezca mayor tiempo entre las zonas conocidas localmente como Plaza América y Caleta.

Palabras claves: Corrientes marinas litorales, varadero

FULL - 114. EDUCACIÓN Y CULTURAS DEL DETALLE, DEL DIÁLOGO DESARROLLADOR Y DEL CLIC

Arrechea Mildestein N. A.[1] de la Rosa Llano, V.[2], [1]IPIN CUBA [2]Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF)
navegarrech@nauta.cu

El trabajo tributa a dos objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y forma parte de la investigación “Retos de la educación en el Siglo XXI”. Tiene como objetivos:

COMITÉ ORGANIZADOR

Dr. José González Cobas	IPIN CUBA
Ing. Betty Mulens Maceo	A.M.C.
Ing. Daymara Juan	A.M.C.
Dr. Amado Galiano Ortíz	CEPRONA
Msc.Roberto González Suárez	IPIN CUBA
Ing. Carlos León Acevedo	MGR
Dr. José A. Montero Bueno	CID 5
Ing. Osmany Zamora	GEIA
Lic Yisel Figueroa	GEMAR
Lic. Natasha Águila Valdés	CEPRONA

ORGANIZADORES Y PATROCINADORES

IPIN CUBA, Filial cubana IPIN Américas

Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España

Administración Marítima de Cuba

Registro Cubano de Buques, Sociedad Clasificadora

Caribbean Drydock Company

Grupo Empresarial de Transporte Marítimo Portuario

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 109. (cont.)

los métodos que existen para el cálculo de la protección catódica de los buques y se elaboró una metodología de cálculo, que comprende el cálculo de ánodos en el casco (bandas y fondo), ánodos en espejo de popa teniendo en cuenta el área de la hélice, ánodos en cajas de mar, ánodos en arbotantes y ánodos en palas de timón. En este trabajo no se pretende tratar esta teoría de forma explícita, aunque se realizó un estudio de varias fuentes sobre el tema. Por lo que se muestra la implementación de un sistema de protección catódica con macros en Excel, que brindan una solución práctica a los profesionales del mar, para el cálculo y determinación de la cantidad de ánodos de sacrificio en las diferentes partes de la obra viva del buque, ya sea en el proceso de diseño o de explotación del buque.

Palabras claves: Sistema de protección catódica, ánodos de sacrificio, casco de buques, potencial electronegativo, densidad de corriente.

FULL – 110. MÉTODO DE DISEÑO HIDRODINÁMICO DE EMBARCACIONES QUE NAVEGAN EN MEDIO BIFÁSICO

Marzan Tachel, Z.[1], Prieto Fernández, A. P.[2], Borrego Rodríguez, L.[1], Pérez Amador, G.A.[1,]

[1]CIDNAV, [2]CIDNAV-UTH

zaiki@nauta.cu

En la fase de diseño conceptual del buque, desde el punto de vista hidrodinámico, uno de los factores más relevantes es la resistencia al avance. Una vez definido su valor, es posible determinar la potencia necesaria para alcanzar la velocidad demandada. Optimizar las formas del casco del buque en función de la velocidad contribuye a disminuir la resistencia al avance y la potencia de la instalación propulsora. En los límites del presente trabajo se desarrolla un método de diseño hidrodinámico de embarcaciones que navegan en medio bifásico.

Palabras claves: resistencia al avance, velocidad, método de diseño hidrodinámico

FULL - 111. CORRIENTES MARINAS E INTERCAMBIO DE AGUA AL SUR DE LA PROVINCIA ARTEMISA

Arriaza Oliveros, L.[1], Carrillo Betancourt, Y.[2], Trincado Ventura, J. A.[3], Pérez Sánchez, E. O.[4] y García Santos, R.[1]

[1]Instituto de Ciencias del Mar, Cuba; [2]Instituto de Geografía Tropical, Cuba; [3]Universidad de Colima, México; [4]Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Universidad de Guadalajara, Jalisco, México;

arriazaoceano@gmail.com

La zona costera ubicada al sur de la provincia Artemisa, parte del golfo de Batabanó, es el área donde se realizaron las investigaciones. En enero y julio de 2019, se midieron corrientes marinas en los principales canales o ríos de este litoral; cuya selección se realizó según criterios del cuerpo de guarda bosques de la zona, y se calcularon los flujos de agua a través de estos pasos de intercambio con el golfo. Las corrientes marinas en la ensenada de

FULL – 102. (cont.)

costa al centro sur de la isla, por toda la información que se posee y el conocimiento en la práctica de la zona. Se considera muy novedosa esta propuesta por no existir en Cuba experiencias en el aprovechamiento de estas energías en la generación de electricidad, siendo éstas, las fuentes renovables más limpias y estables, que no generan emisiones contaminantes, por lo que se propone su introducción en la matriz energética de Cuba.

Palabras claves: energías renovables, termal, mecánica, osmótica.

FULL – 103. FRAMEWORK DE BIG DATA ANÁLISE EMISSÃO DE CO2 EM TERMINAIS DE CONTAINER

Novaes Mathias, T.[1], Shinoda, T. [1], Botter, R. C.[2], [1]Kyushu University-Japan, [2]Universidade de São Paulo-Brasil
tiago@kyudai.jp

As tecnologias de coleta de dados vêm avançando nas últimas décadas com IoT (Internet of things) nos mais diversos campos, e além de fornecer um entendimento mais profundo nas operações, também está mudando a forma de como os processos são realizados. Nos terminais de containers, o maquinário de movimentação de carga são a principal fonte de emissão de CO2. Para se mantar competitivo no mercado com a crescente demanda de carga, os terminais de container devem aumentar sua capacidade de movimentação sendo mais eficiente. A análise de Big Data pode ser uma ferramenta poderosa para extrair as características operacionais para movimentar e estocar containers no pátio. Há uma crescente pressão da sociedade com a questão ambiental de emissão de CO2. Considerando esses fatores, este artigo apresenta um Framework para análise de Big Data para mensurar a emissão de CO2 gerada por um terminal de container localizado na cidade de Fukuoka – Japão. Além disso, os dados coletados servem para verificar e entender os gargalos operacionais que atrapalham a produtividade do terminal e, consequentemente, aumentando a emissão de gases na atmosfera.

Palavras-Chave: Emissão de CO2, Big Data, IoT, Terminal de Container.

FULL – 109. SISTEMA DE CÁLCULO DE PROTECCIÓN CATÓDICA DE LOS BUQUES CON MACROS EN EXCEL

Montero Bueno J.A., Díaz Cervantes L.M., Centro de Investigación y Desarrollo Naval.
monteroarturo917@gmail.com

La protección catódica por ánodos de sacrificio, en conjunto con el uso de distintos esquemas de pintura es el método más utilizado para el control de la corrosión en los cascos de las embarcaciones. Este trabajo brinda un sistema de cálculo de protección catódica de los buques, realizado con macros en Excel para una mejor interacción con el usuario, que le resulte fácil y operativo, teniendo en cuenta la gran cantidad de datos a introducir si se quiere realizar un cálculo a conciencia, que abarque las diferentes partes sumergidas de la embarcación que van a estar sometidas a la corrosión galvánica. Se realizó un estudio de

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. José González Cobas	CUBA
Ing. Marvin Gutierrez Morales	MÉXICO
Ing. Jorge Pérez Prieto	ARGENTINA
Ing. Carlos Brañas	ARGENTINA
Dr. Rui Carlos Botter	BRASIL
Ing. Roberto Gonzalez Suárez	CUBA
Dr. Amado Galiano Ortiz	CUBA
Dr. Alejandro Prieto Fernández	CUBA
Dr Pedro A. Rodriguez Ramos	CUBA
Dr. Jorge Carreño Moreno	COLOMBIA
Dr. Luis Ordoñez Rubio	COLOMBIA
Dr. Marcos Salas Inzunza	CHILE
Msc. Cristóbal Mariscal Díaz	ECUADOR
Dr. Patrick Townsend	ECUADOR
Dr. José Angel Fraguela Formoso	ESPAÑA
Dr. Luis Carral Couce	ESPAÑA
Dr. Adán Vega Saenz	PANAMA
Msc. William Cipriano Quinteros	PERU
Dr.. Jorge Freiria Pereira	URUGÜAY
Ing. Ruisdael Ramallo Caramés	URUGÜAY
Prof. Tiago Santos	PORTUGAL
Dr. Rodolfo P. Ripoll Salcines	CUBA
Dra. Ma Elena Castellanos González	CUBA

PROGRAMA CIENTÍFICO - DÍA 1

HORARIO	LUGAR, EVENTO		
9:00 - 9:30	**SALON PLENARIO: PALABRAS DE BIENVENIDA E INAUGURACION SESIONES TECNICAS**		
9:30 - 10:00	COFEE BREAK		
10:00 - 11:00	**CONFERENCIA MAGISTRAL No. 1. LA ADMINISTRACION MARITIMA DE CUBA. HOY Y FUTURO** PONENTE: DIRECTOR ADMINISTRACION MARITIMA DE CUBA		
11:00 - 12:00	**CONFERENCIA MAGISTRAL No. 2: CONSTRUCCION DEL CORREDOR FERROVIARIO TRANSISTMICO DE UNION DE LOS PUERTOS CATZACOALCOS Y SALINA CRUZ EN MEJICO.** PONENTE: ING MARVIN GUTIERREZ MORALES - MEJICO		
12:00	**INAUGURACION OFICIAL DEL CONGRESO CON LA PRESENCIA DE AUTORIDADES DEL PAIS**		
12:00 - 2:00	ALMUERZO		
2:00 -5:30	**SESIONES TECNICAS**		
	SALON PLENARIO: COMISION CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES	**SALA 1: COMISION MEDIO AMBIENTE Y EDUCACION NAVAL**	**ACTIVIDAD COLATERAL**
2:00 - 2:30	**FULL-4.**	**FULL-19.**	VISITA A LA FERIA INTERNACIONAL DEL TRANSPORTE (OPCIONAL - RESERVA EN EL COMITÉ ORGANIZADOR HASTA LAS 11 AM)
2:30 - 3:00	**FULL-34**.	**FULL-85**.	
3:00 - 3:30	**FULL-11.**	**FULL-103.**	
3:30 - 4:00	**FULL-33.**	**FULL-102.**	
4:00 - 4:30	**FULL-75.**	**FULL-114**. .	
4:30 - 5: 00	**FULL-57**.	**FULL-95.**	
5:00 - 530	**FULL-62.**	**FULL-26.**	
6:00	**COCTEL DE BIENVENIDA**		

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL - 100. (cont.)

vías navegables en Cuba, que han contribuido al incremento de la seguridad de las maniobras de los buques de diseños, una mayor confiabilidad de los canales e incremento de operatividad de estos.

Palabras claves: simulaciones náuticas, canales, buques, dragado.

FULL – 101. POTENCIALIDADES DE LOS ESTUDIOS DE RIESGOS NÁUTICOS BASADO EN ANÁLISIS PROBABILISTAS DE SEGURIDAD

Lazo Porta, L.[1], Barrera Luque, Z.[1], Acosta Chipi, F.[2,] [1]Empresa GEOCUBA Estudios Marinos, [2]Academia Naval "Granma"
lazoporta76@gmail.com

La gestión de riesgos constituye un elemento fundamental dentro de los Estudios de Seguridad y Náutica. A nivel internacional se desarrollan importantes avances en cuanto a metodologías y soluciones, que tributan a la efectividad de estos estudios. A partir de investigaciones asociadas al diseño del canal de acceso al Puerto del Mariel, para dar viabilidad operativa a los buques que operaran en la terminal de contenedores allí enclavada, se han desarrollado soluciones innovadoras y creativas, sobre la base de la investigación científica; abordando las problemáticas vinculadas a las simulaciones y riesgos náuticos, desde una nueva perspectiva. En el presente trabajo se expone, bajo una dimensión panorámica -multifactorial, la implementación de los Análisis Probabilistas de Seguridad en los estudios de riesgos náuticos, derivado del proceso de simulaciones en tiempo rápido y en tiempo real. Se presenta, además un modelo para el cálculo del riesgo de varada dinámico, sobre la base de la entropía de los estados operativos del buque de diseño y las configuraciones de maniobra, modeladas desde la etapa de diseño bajo un enfoque preoperacional-probabilista. Se exhiben resultados aplicados a proyectos de desarrollo de vías navegables, a nivel nacional, que contribuyen al incremento de la seguridad del buque de proyecto. Se identifican los niveles de riesgo de cada nuevo canal navegable y las estrategias de maniobra diseñadas, bajo criterios de seguridad y riesgo.

Palabras claves: riesgo, maniobra de buques, seguridad, operaciones.

FULL – 102. ENERGÍAS PROPORCIONADAS POR EL MAR Y SU POSIBLE INTRODUCCION EN LA MATRIZ ENERGETICA DE CUBA, BAHIA DE CIENFUEGOS Y SU COSTA

González Suárez, R. L., Administración Marítima de Cuba, Puerto de Cienfuegos
robertoluisgonzalezsuarez@gmail.com

El trabajo realiza un breve estudio de los tipos de energías que pueden ser aportadas por los océanos para la generación de electricidad, proponiendo como objetivo, el estudio de sus manifestaciones contenidas en los mares de Cuba, recomendando a través de las técnicas de compilación de información, el equipamiento más eficiente en correspondencia con su geografía, y las características de sus ríos, costas, corrientes, mareas y profundidades. Como resultado se escogió a modo de conclusión, el estudio de la Bahía de Cienfuegos y su

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 99. (cont.)

países, no qual, terminais portuários possuem um papel de destaque em relação a produtividade, tanto na importação quanto exportação. Conforme as economias se desenvolvem e alterações nas rotas comerciais ocorrem, os portos são desafiados quanto a sua capacidade de desenvolvimento a longo prazo, adequando sua capacidade operacional. Esse cenário de competitividade, exige muitas vezes o investimento em infraestrutura portuária, que é essencial para manter de forma eficiente a capacidade portuária em atender à demanda esperada para todos os tipos de carga. Porém, os custos envolvidos nesses investimentos são elevados em ativos de infraestrutura de longo prazo e devem ser feitos apesar de uma variedade de incertezas futuras que podem potencialmente influenciar o desempenho de um porto. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta de suporte ao projeto que possa ser utilizada durante o projeto conceitual de um novo terminal a granel seco ou de um já existente. A ferramenta é composta por uma interface, desenvolvida em Microsoft Excel, e pelo modelo integrado (sistema marítimo, de estocagem e de transporte terrestre) de simulação em Anylogic. Ao utilizar um porto multiproduto brasileiro como estudo de caso, este trabalho aprimora o processo de tomada de decisão de investimento para a infraestrutura portuária através da aplicação bem-sucedida da metodologia para o desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio na seleção de uma estratégia de investimento ideal para lidar com as restrições de capacidade dentro de um sistema portuário.

Palavras-chave: Simulação. Terminal portuário. Sistema integrado.

FULL - 100. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES NÁUTICAS APLICADAS AL DISEÑO DE ÁREAS DE NAVEGACIÓN EN CUBA

Barrera Luque, Z., Lazo Porta, L., Empresa GEOCUBA Estudios Marinos, zuzel@emarinos.geocuba.cu

El diseño de canales y vías navegables en Cuba se ha incrementado a partir de la modernización de los puertos y la explotación de instalaciones turísticas, desde el punto de vista náutico. En tal sentido, el proceso asociado al diseño y desarrollo de nuevos proyectos de dragado han posibilitado implementar las ciencias, orientada a la ingeniería portuaria desde una óptica de seguridad tecnológica. En Cuba se han diseñado, disímiles obras hidrotécnicas basada en modernas metodologías, normas y recomendaciones, internacionales y nacional. Como resultado se han obtenido canales, más seguros, eficaces y operativos. Todo ello ha sido posible al fusionar al diseño determinístico, estudios probabilísticos y de simulaciones de maniobras náuticas. El disponer del Modelo Numérico de Maniobra de Buques con Autopiloto (SHIPMA; SHIP MAnoeuvering) y un Simulador Marítimo Avanzado, en tiempo real "Full Mission" Navi Trainer Professional 4000, ha permitido obtener resultados relevantes, que facilitan el desarrollo de proyectos técnicos ejecutivos, sobre la base de criterios de seguridad. En el presente trabajo se exponen alguno de los principales aportes derivados de implementación de las simulaciones náuticas, aplicadas al diseño de

PROGRAMA CIENTÍFICO - DÍA 2

<table>
<tr><th>HORARIO</th><th colspan="3">LUGAR, EVENTO</th></tr>
<tr><td rowspan="2">9:00 - 12:30</td><td colspan="3">SESIONES TECNICAS</td></tr>
<tr><td>SALA 1: COMISION CONSTRUCCION Y REPARACION NAVAL</td><td colspan="2">SALA 2 : COMISION TRANSPORTE MARITIMO</td></tr>
<tr><td>9:00 - 9:30</td><td>FULL-109.</td><td colspan="2">FULL-90.</td></tr>
<tr><td>9:30 - 10:00</td><td>FULL-76.</td><td colspan="2">FULL-99.</td></tr>
<tr><td>10:00 - 10:30</td><td>FULL-74.</td><td colspan="2">FULL-78.</td></tr>
<tr><td>10:30 - 11:00</td><td colspan="3">COFEE BREAK</td></tr>
<tr><td>11:00 - 11:30</td><td>FULL-82.</td><td colspan="2">FULL-112.</td></tr>
<tr><td>11:30 - 12:00</td><td>FULL-54.</td><td colspan="2">FULL-111.</td></tr>
<tr><td>12:00 - 12:30</td><td>FULL-89</td><td colspan="2">FULL-87.</td></tr>
<tr><td>12:30 - 2:00</td><td colspan="3">ALMUERZO</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2:00 -5:30</td><td colspan="3">SESIONES TECNICAS</td></tr>
<tr><td>SALON 1: COMISION HIDRODINAMICA NAVAL</td><td>SALA 1: COMISION TRANSPORTE E INDUSTRIA NAVAL</td><td>ACTIVIDAD COLATERAL</td></tr>
<tr><td>2:00 - 2:30</td><td>FULL-12.</td><td>FULL-20.</td><td rowspan="11">VISITAS A ENTIDADES CUBANAS (POR INSCRIPCION EN EL COMITÉ ORGANIZADOR EL</td></tr>
<tr><td>2:30 - 3:00</td><td>FULL-59.</td><td>FULL-25.</td></tr>
<tr><td>3:00 - 3:30</td><td>FULL-79.</td><td>FULL-115.</td></tr>
<tr><td>3:30 - 4:00</td><td>FULL-65.</td><td rowspan="4">REUNION CONSEJO CONSULTIVO INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL</td></tr>
<tr><td>4:00 - 4:30</td><td>FULL-86.</td></tr>
<tr><td>4:30 - 5: 00</td><td>FULL-96.</td></tr>
<tr><td>5:00 - 530</td><td>FULL-110.</td></tr>
<tr><td colspan="3">FIN DE LA JORNADA</td></tr>
</table>

PROGRAMA CIENTÍFICO - DÍA 3

HORARIO	LUGAR, EVENTO	
9:00 - 12:30	**SESIONES TECNICAS**	
	SALA 1: COMISION MEDIO AMBIENTE	**SALA 2 : COMISION TRANSPORTE MARITIMO**
9:00 - 9:30	**FULL-88.**	**MESA REDONDA: EL MERCADO MARITIMO INTERNACIONAL .**
9:30 - 10:00	**FULL-118.**	
		SALA 2 : COMISION HIDRODINÁMICA
10:00 - 10:30	**FULL-31.**	**FULL-77.**
10:30 - 11:00	COFEE BREAK	
11:00 - 11:30	**FULL-21.**	**FULL-97.**
11:30 - 12:00	**FULL-28.**	**FULL-100.**
12:00 - 12:30	**REUNIÓN DEL COMITÉ TÉCNICO DE ESTANDARIZACIÓN Y SOCIEDADES DE CLIFICACIÓN DE BUQUES**	**FULL-101.**
12:30 - 2:00	ALMUERZO	
2:00 - 5:30	**SESIONES TECNICAS**	
	SALON PLENARIO	
2:00 - 3.00	**CONFERENCIA MAGISTRAL No. 3: EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL EN ASMAR (FULL-13.)** MANUEL MASSOGLIA V, CHILE. ASTILLEROS Y MAESTRANZA DE LA ARMADA (ASMAR) TALCAHUANO,	
3.00 - 4:00	**CONFERENCIA MAGISTRAL NO. 4 : LA INDUSTRIA NAVAL EN CADENAS GLOBALES DE VALOR . UNA OPORTUNIDAD EN EL CONTEXTO DE COLOMBIA (FULL-94.)** JORGE CARREÑO MORENO , CARLOS DELGADO AGUDELO, COLOMBIA, CEO GHENOVA COLOMBIA S.A.S. CARTAGENA DE INDIAS.	
4:00 - 5:00	ASAMBLEA GENERAL IPIN AMERICA	
5:30 -6:00	**CEREMONIA CLAUSURA**	
6:00	**ACTIVIDAD SOCIAL DEL CLAUSURA**	

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 96. EVOLUCIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE PLATAFORMAS SEMISUMERGIBLES DE PRODUCCIÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO

Vite Flores A., Sánchez García D., López Lara J., Universidad Veracruzana, México
avite@uv.mx

En el presente documento se presenta un estudio de la evolución de los criterios de estabilidad de plataformas semisumergibles de producción en una zona específica como lo es el Golfo de México con la finalidad de proponer una mejora si así lo amerita la investigación. Se muestra cada uno de los temas que conforman la investigación. Una descripción de los sistemas flotantes de producción, los criterios de estabilidad aplicados a plataformas semisumergibles. Las condiciones metoceánicas del Golfo de México y las comparativas entre normativas nacionales e internacionales a lo largo de 10 años. Este trabajo fue desarrollado como trabajo de Tesis y continuará con el tema de investigación para extender los análisis a otras entidades regulatorias e incluir los efectos del cambio climático en las variables expuestas en este trabajo.

Palabras claves: Plataformas semisumergibles de producción, criterios, estabilidad.

FULL – 97. ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE USE OF INTEGRATED AUTOMATION SYSTEMS FOR CONTAINER HANDLING IN THE IMPROVED TERMINAL CONTEXT: ARMSVS AND QUAY RAILS

Schmeing F. D. , Netto J. F., Universidade de São Paulo – Escola Politécnica – Department of Naval Architecture and Ocean Engineering.
felipe.dare@usp.br

Containerized cargo trading is a globally growing activity with big players, large amounts of capital, and several risks. These conditions lead to the prioritization of investments in scale gain and operation optimization, leading to changes in vessels and ports towards growth, expansion, and automation. This paper delves into the concept of Improved Container Terminal, an deep-water facility that works as a hub port receiving Ultra Large Container Ships from other Improved Terminals and performs the transshipment for coastal shipping and overland flow. To lower the costs with port operations and maximize throughput, this facility relies on solutions based on innovations in and out of the port industry, such as the High Bay Storage from BOXBAY Terminal. This article is in the sequence of studies started in Scientific Initiation research (Schmeing, 2021). The analysis here presented has focused on the ARMSVs and the Quay Rails.

Keywords: Container terminal, Material-handling equipment, Port Expansion, Automation.

FULL – 99. DIMENSIONAMENTO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO ATRAVÉS DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO

Fugiwara, E. S., Mota, D. O., Botter, R. C., CILIP. Universidade de São Paulo, Brasil
erickfugi@usp.br,

A globalização tem como um dos aspectos mais relevantes a competição entre empresas e

FULL – 90. (cont.)

Palabras claves: Carbón vegetal, mercancía peligrosa, desempeño logístico, capacitación, buenas prácticas.

FULL – 94. LA INDUSTRIA NAVAL EN CADENAS GLOBALES DE VALOR, UNA OPORTUNIDAD EN EL CONTEXTO DE COLOMBIA

Carreño Moreno, J.E.[1], Delgado Agudelo, C.A.[2], [1]CEO GHENOVA Colombia S.A.S, Cartagena de Indias, Colombia. [2]Marine & Defense Manager GHENOVA Colombia S.A.S, Cartagena de Indias, Colombia
carlos.delgado@ghenova.net

Las complejidades que se generan en el ámbito internacional ante una economía globalizada, nos conducen a analizar como las Cadenas Globales de Valor (CGV) están transformando el comercio mundial con procesos disruptivos, en cuanto a que las líneas de producción ya no se encuentran limitadas dentro de un espacio físico, restringido por límites geográficos o grandes distancias; sino que permiten la integración de capacidades productivas entre diferentes países, con base en los conceptos de productividad y competitividad. Una empresa consigue insertarse en una cadena global de valor mediante la optimización de sus procesos productivos, identificando la fase de la cadena donde su nivel de competitividad es mayor, ajustando el diseño de sus productos o los servicios que presta para la integración de la cadena de valor y aprovechando en su favor toda la capacidad productiva a nivel global, superando todo tipo de barreras geográficas, económicas, culturales y normativas.

Palabras claves: Cadena Global de Valor, Diseño y Construcción Naval, Integración, Productividad, Competitividad.

FULL – 95. PRÁCTICA PROFESIONAL EN ASTILLEROS Y TALLERES NAVALES Y EN ENTIDADES DE DISEÑO

Vite Flores, A[1]. Martínez Villa, P.[2,] [1]Universidad Veracruzana. México. [2]Jubilado. IPIN - Cuba
avite@uv.mx

El presente trabajo muestra las formas de vinculación del trabajo docente educativo; en la carrera de ingeniería en construcción naval, con la labor productiva y de servicios que se desarrolla en Astilleros de Construcción y Reparación Naval, en Centros de Diseño, y en Talleres Navales, como formación inicial para lograr la adquisición de habilidades útiles para ganar una experiencia en el ámbito laboral y poder desarrollar posteriormente una carrera profesional exitosa, en cualquiera de las entidades del sector . De mucha utilidad para los alumnos a graduarse que realizan pasantías en estas entidades bajo la dirección y control de los centros de enseñanza de esta carrera.

Palabras claves: Práctica profesional, trabajo docente educativo, astilleros, diseño

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 4. UN ROMPEHIELOS PARA CHILE

Zapata Machmar Jorge Eduardo, Astilleros y Maestranzas de la Armada, Asmar Talcahuano-Chile,
jzapatam@asmar.cl

Desde el 2018, en ASMAR - Talcahuano se construye el primer buque Rompehielos, denominado “Proyecto Antártica I”, el que tendrá la capacidad de romper una capa de hielo de hasta un metro de espesor con 20 cm de nieve en su superficie, con una velocidad de 3KN, permitiendo al mundo científico y Gobierno de Chile, realizar múltiples tareas tales como Investigación Oceanográfica e Hidrografía, satisfacer necesidades logísticas de las Bases Chilenas como extranjeras y funciones de búsqueda y rescate en la ANTARTICA (SAR). La construcción del buque rompehielos es el resultado de un codiseño entre VARD MARINE, la Dirección de Programas de Investigación y Desarrollo de la Armada de Chile y ASMAR. La nave actualmente en construcción presenta un avance global aproximado de un 65 %. Albergará a 86 tripulantes y 34 científicos con una autonomía de 60 días. Su entrega está considerada para el segundo semestre del año 2024. El presente documento muestra las capacidades y características del Proyecto, además de las distintas etapas realizadas para implementar y llevar a cabo su construcción.

FULL – 11. ESTANDARES Y TRAZABILIDAD DE LOS DISEÑOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EMBARCACIONES PUMAR®

Olivares Soriano A. R., Dpto. Ingeniería Naval, Astilleros y Maestranza de la Armada. Planta Industrial Valparaíso. Chile
aolivares@asmar.cl

PUMAR® es la línea de botes Neumáticos y Semirrígidos fabricados por los Astilleros y Maestranzas de la Armada, en su planta industrial de Valparaíso. Desde su creación en 1992, PUMAR® ha desarrollado y producido miles de botes, pero fue solo en el año 2015, donde después de variados problemas: alto costo de producción, extensos plazos de entrega, productos únicos y bajas significativas en las ventas nacionales a manos de empresas extranjeras, se determina iniciar la estandarización de los procesos de fabricación y del diseño, en los dos modelos neumáticos, de mayor producción. Lo anterior permitió lograr una trazabilidad en la fabricación y el diseño por consecuencia: mejorar la calidad del producto entregable, generar un ahorro de tiempo en la producción y un ahorro de costos, con el fin último de ser más competitivos, logrando reposicionar la marca en el mercado nacional e internacional. La experiencia obtenida después de transcurridos cinco años de estandarización de los diseños de embarcaciones PUMAR®, es el importante rol que cumple el Departamento de Ingeniería Naval, en la mantención de los estándares y trazabilidad de cada diseño PUMAR®, con un directo y constante trabajo con las áreas de; producción y comercial. El objetivo del presente trabajo es reafirmar la importancia del Departamento de Ingeniería Naval de ASMAR (Valparaíso), en la estandarización y trazabilidad, de los diseños para nuestros productos PUMAR®, con el fin de entregar al cliente productos de calidad, minimizando los costos por garantía y rehecho.

Palabras claves: Estándares, trazabilidad, diseño, PUMAR®
Conceptos: Estándares, Trazabilidad, Diseño.

FULL – 12. DISEÑO DE UN CANAL DE ENSAYOS HIDRODINÁMICOS PARA MEDIR LA RESISTENCIA AL AVANCE DE EMBARCACIONES

Jeldres Neira, Armada de Chile
fjeldresn@gmail.com

En los últimos años, la Armada de Chile ha potenciado la construcción naval con proyectos como el nuevo Buque Rompehielos de Clase Polar, los Patrulleros de Alta Mar y el Buque de Investigación Oceanográfica, los que tienen en común el notable avance tecnológico de estas unidades, así como las capacidades que debió adoptar la planta industrial ASMAR para lograr la construcción de cada proyecto. Por su parte, la Academia Politécnica Naval, formadora de los especialistas técnicos y profesionales de la Armada de Chile, durante años ha promovido la investigación, desarrollo e innovación en sus aulas, logrando insertarse en el mundo académico y, de esta forma, generar instancias para que sus alumnos se involucren cabalmente en actividades de esta índole. De la mano con lo anterior, el año 2018 alumnos de la Academia se adjudicaron recursos monetarios para llevar a cabo el proyecto denominado "Implementación de un laboratorio autosustentable de ensayos hidrodinámicos para la docencia e investigación en el ámbito marítimo", proyecto postulado al concurso del Fondo de Desarrollo Institucional del Ministerio de Educación. Este trabajo muestra el proceso de diseño que permitió implementar un Canal de Ensayos Hidrodinámicos de proporciones académicas para medir la resistencia al avance de embarcaciones a través del estudio del comportamiento de diferentes cascos a escala.

Palabras claves: Canal de Ensayos Hidrodinámicos, Docencia, Innovación, Investigación y Desarrollo, Construcción Naval.

FULL – 13. EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL EN ASMAR

Massoglia Vargas M. A., Astilleros y Maestranzas de la Armada, ASMAR Talcahuano-Chile
mmassogliav@ASMAR.cl

Se expone cómo Astillero y Maestranza de la Armada (ASMAR) Chile, ha evolucionado en las capacidades de Construcción Naval desde los años 1960 a la fecha y sus próximas inversiones, esto, con el fin de mejorar la calidad de sus productos y las condiciones del trabajo, tanto ambientales como de seguridad del personal, los procesos involucrados en esta presentación son los de Ingeniería y Producción, estos desarrollos fueron apoyados por distintos planes para asegurar el éxito de estas mejoras, que detallaremos en el presente trabajo.

Palabras claves: evolución, construcción naval, asmar

FULL – 15. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS BUQUES. UNA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Fraguela Formoso J. A., López Arranz A., Álvarez Feal C., Carral- Couce L., Universidad de A Coruña, España
jafraguelaformoso@gmail.com

Con la finalidad de lograr una extinción rápida y eficaz de los incendios en buques, la OMI ha aprobado prescripciones funcionales, a cumplir por los sistemas fijos de extinción de

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 88. (cont.)

alternativas de fabricación y de transporte y se presentan brevemente varias líneas futuras de trabajo. Es importante destacar que todos estos trabajos se han realizado en el marco del convenio PROARR financiado por la Xunta de Galicia, que tiene como objetivo el desarrollo, fabricación e instalación de arrecifes artificiales respetuosos con el medio ambiente y que permitan la regeneración de los ecosistemas de las rías gallegas.

Palabras claves: arrecifes artificiales, sostenibilidad, economía circular.

FULL – 89. RESONANCIAS EN SISTEMAS DE PROPULSION DE BUQUES RELACIONADO CON LA OPERACIÓN PROLONGADA A TRAVÉS DE LOS AÑOS DE SERVICIO

Torres Cuevas A. A., Astilleros y Maestranzas de la Armada, Chile
atorresc@asmar.cl

Las estructuras de los buques son en general estables a lo largo de su vida útil, sin embargo, existen embarcaciones que pasado prolongados años de operación suelen presentar modos de vibración atípicos en alguno de los componentes del sistema. De los casos que se han estudiado, esta problemática se ha podido catalogar como un fenómeno de resonancia. El presente trabajo tiene por finalidad proponer una metodología simple de medición y análisis de la respuesta vibratoria para la identificación de algunos tipos de resonancias en sistemas propulsores. El resultado evidenció que la resonancia genera un incremento drástico en el nivel vibratorio y síntomas característicos que permiten diferenciarlos de otras fallas convencionales. El cambio en las propiedades de rigidez y forma respecto del diseño original, generan el entorno para la aparición de este fenómeno, pudiendo ser detectable a través del análisis de vibraciones.

Palabras claves: Sistema propulsor, resonancia, vibraciones, reparación.

FULL – 90. LA EXPORTACIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN CONTENEDORES Y LOS INCENDIOS EN ALTAMAR

Corrales González D., PREGER. Escuela Ramal del Ministerio de Transporte.
diego@preger.transnet.cu

El carbón vegetal se ha convertido para muchos países en vías de desarrollo en uno de sus importantes rubros de exportación. Cuba, ante las necesidades de incrementar sus exportaciones, ha apostado por incluir el carbón vegetal entre sus principales renglones a partir de que dispone de excelentes materias primas como el Marabú y otras maderas con excelentes características. Con el impetuoso avance de la contenedorización internacional, el modo de transporte que se viene utilizando en las exportaciones no es otro que los contenedores ISO, pero no siempre son bien utilizados. El carbón vegetal es considerado como mercancía peligrosa con número ONU 1364 clase 4.2 del código IMDG de la OMI (Organización Marítima Internacional). Ignorar esta realidad y las disposiciones reguladas en dicho código entraña grandes riesgos durante las transportaciones en buques portacontenedores.

FULL - 87. (cont.)

como la OCDE, la Unión Europea o Naciones Unidas se han interesado por el potencial económico de los océanos y los mares, y las profesiones relacionadas, que se espera vayan en crecimiento en los próximos años. OBJETIVOS: - Analizar las competencias demandadas para preparar programas de formación ad hoc que capaciten a los futuros profesionales. - Transmitir la importancia de la formación de profesionales a lo largo de su vida laboral, no sólo en cuestiones técnicas, operativas y comerciales, sino también en habilidades blandas. - Concienciar a las empresas sobre la importancia de retener a los profesionales, estableciendo un plan de carrera y ofreciéndoles incentivos atractivos. - Tomar conciencia de la importancia de educar a las próximas generaciones en asuntos marítimos, con el fin de tener jóvenes dispuestos a trabajar en el transporte marítimo.

Palabras claves: educación azul, retos industria marítima, formación ad hoc, habilidades blandas

FULL – 88. DISEÑO, FABRICACIÓN, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE "ARRECIFES ARTIFICIALES VERDES" EN LAS RÍAS GALLEGAS: UNA OPORTUNIDAD DE ECONOMÍA CIRCULAR Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Carral Couce L.[1], Rodriguez Guerreiro M.J[1], Lamas Galdo I.[1], Santiago Caamaño L.[1], Camba Fabal C[1]., Tarrío Saavedra J.[1], Díaz Díaz A.[1], Castro Santos L.[1], Alvarez Feal C.[1], Munín Doce A.[1,] Cartelle Barros J.J[1]., Carballo Sánchez R.[2,] [1]Escuela Politécnica de Ingeniería de Ferrol – Universidade da Coruña, [2]Escola Politécnica Superior – Universidad de Santiago de Compostela ' lcarral@udc.es

Las rías gallegas están sufriendo las consecuencias de la contaminación y de patrones de pesca poco sostenibles. El volumen de capturas de muchas especies es cada vez más reducido, lo que supone graves pérdidas económicas para la actividad pesquera y marisquera. La recuperación de los ecosistemas marinos de las rías mediante el empleo de arrecifes artificiales (ARs) representa una oportunidad prometedora para uno de los principales pilares socioeconómicos de Galicia. La aplicación de los principios de la economía circular y el desarrollo sostenible en el proceso de fabricación, transporte e instalación de ARs resulta fundamental para la obtención de beneficios socio-económicos con el mínimo impacto ambiental. En este trabajo se estudia la posibilidad de fabricar arrecifes artificiales verdes (ARVs). La incorporación de residuos de concha de la industria conservera gallega y de materiales de deshecho procedentes de la industria naval permite reducir el empleo de árido del hormigón. La idoneidad de los materiales propuestos se demuestra mediante ensayos mecánicos y un posterior análisis estadístico. En la evaluación del índice de sostenibilidad de diferentes ARVs se ha empleado un modelo basado en un método multicriterio de toma de decisiones, teniendo en cuenta indicadores económicos, sociales y medioambientales. También se han estimado los potenciales de calentamiento global y de demanda energética acumulada asociados a un programa de recuperación de los ecosistemas marinos de todas las rías gallegas. En el trabajo se han considerado diferentes

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 15. (cont.)

incendios, en la Regla 10 del Capítulo II-2 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, SOLAS 1974, (enmendado). Mediante códigos internacionales, establece especificaciones técnicas generales a todos los buques, así como otras exigencias específicas para determinados buques. En este trabajo, se revisa el estado del arte de algunas instalaciones de extinción de incendios, proponiendo mejoras contempladas en normas específicas y el buen hacer de los técnicos de prestigio en esteC tipo de instalaciones. **Palabras claves:** buques, contraincendios, equipos, normativa.

FULL – 25. REPRESENTACIONES SOCIALES DE LA RAMA NAVAL INHERENTES AL LENGUAJE POPULAR CUBANO

Labañino Pérez l.[1], Gell Labañino A.[1], Riverí Juliens J. A.[2], [1]Universidad de Oriente, [2]Empresa de Astilleros del Oriente, lucelia@uo.edu.cu

El presente trabajo se fundamenta desde la teoría de las representaciones sociales, desarrollada por Moscovici y sus seguidores. Aborda las representaciones sociales referidas a un conjunto de vocablos, frases, locuciones y refranes provenientes de la jerga naval que tienen un significado aprehendido en la vida cotidiana de los pobladores del litoral de la provincia Santiago de Cuba, como parte del lenguaje popular santiaguero, las cuales fueron identificadas por la aplicación de métodos y técnicas de investigación como: la entrevista, cuestionarios, el análisis de documentos y la observación científica. Esta investigación destaca elementos del imaginario social existente en los pobladores referidos, reflejándose en las costumbres, valores, apreciaciones, gustos y el lenguaje propio de las actividades de pesca, marítimas, portuarias, construcción y reparación naval, entre otras, que forman parte indispensable de la tradición naval que por su continuo enriquecimiento ha trascendiendo a otros ámbitos sociales e incorporados al habla coloquial.

Palabras claves: Representaciones sociales de la rama naval, lenguaje popular cubano, tradición naval, litoral santiaguero.

FULL – 26. CULTURA DE LAS PROFESIONES NAVALES. ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LAS RELACIONES SOCIOLABORALES EN ASTOR

Riverí Juliens J. A.[1], Robert Brady Y.[2], Labañino Pérez L.[2], [1]Empresa de Astilleros del Oriente (ASTOR), [2] Universidad de Oriente, riveri@astor.transnet.cu

La dinámica actual del contexto cubano impone cambios en el sistema de relaciones sociolaborales del entramado empresarial del país, por ello se precisa de estudios que aborden el impacto del conjunto de transformaciones que ha generado la aplicación de las políticas sociales en torno al trabajo y la manera particular en que las empresas han buscado alternativas para potenciar el desarrollo de las fuerzas productivas en cada organización. A pesar de que la actividad de construcción y reparación naval, dentro del sector marítimo, se ha retomado como una prioridad por el Ministerio del Transporte, aún persisten limitaciones, contradicciones y disímiles problemáticas en el sistema de relaciones socio-laborales de los astilleros nacionales, que unido a las características de cada territorio y a diversos

FULL – 26. (cont.)

factores objetivos y subjetivos a niveles macro y micro societales, condicionan un ritmo de desarrollo desigual en las organizaciones dedicadas a la actividad naval. La literatura especializada en el sector empresarial refiere algunas soluciones utilizadas por las organizaciones y gobiernos para potenciar el sistema de relaciones socio- laborales en la rama naval. Sin embargo, se aprecia una escasa utilización, al menos de manera explícita, del desarrollo de la cultura de las profesiones navales como una alternativa para potenciar el éxito empresarial. El trabajo se realiza en la Empresa de Astilleros del Oriente, revelando en el diagnóstico, las principales dificultades, contradicciones e insuficiencias que limitan su sistema de relaciones socio-laborales, para luego aplicar como alternativa de desarrollo, una estrategia integral para el tratamiento a la cultura de las profesiones asociadas a las actividades de construcción y reparación naval.

Palabras Claves: Cultura de las profesiones, sistema de relaciones socio- laborales, construcción y reparación naval, Empresa de Astilleros del Oriente

FULL – 31. ANÁLISE DE VIABILIDADE À IMPLEMENTAÇÃO DE EMBARCAÇÕES FOTOVOLTAICAS NO TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA

Loureiro, E. S. P.[1], Gomes, F. V.[2], Pereira, B. de J. A.[3], [1]UFPA/ITEC, [2]UFPA/ITEC, [3]UFPA/ITEC
emannuel@ufpa.br

A Região Metropolitana de Belém (RMB), assim como muitas outras regiões no mundo, tem sua malha rodoviária de transporte de passageiros sobrecarregada. Localizada na barra sul da foz do Rio Amazonas, a cidade de Belém fica em uma península cercada pela Baía do Guajará e pelo Rio Guamá. Devido a isso, o potencial hidroviário local é estudado como alternativa sustentável de mobilidade urbana por meio da aplicação de transporte fluvial de passageiros. No passado, houve tentativas de implementação dessa modalidade de transporte, contudo, sem muito êxito pois um dos principais motivos para o insucesso era o alto valor da tarifa. Porém, este custo pode ser reduzido pela implementação de fontes renováveis de energia. Seguindo uma tendência mundial na busca por alternativas de mobilidade elétrica, neste estudo é realizada uma análise de viabilidade técnica e econômica para a implementação de embarcações fotovoltaicas no transporte fluvial urbano de passageiros em uma cidade amazônica, tendo em vista não somente o aspecto financeiro, mas também a minimização de danos causados ao meio ambiente com a utilização de energias renováveis. O estudo contempla também a análise de uma rota fluvial com pontos de paradas estratégicos em função da demanda de transporte da cidade. Assim, observar a viabilidade do emprego dessas embarcações em tais áreas, poderá gerar um impacto positivo considerável na vida da população local.

Palavras chaves: mobilidade urbana, embarcação, fotovoltaico, sustentável.

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 85.)cont.)

seguridad marítima, enfocada a la contaminación marina.

Palabras claves: Metodología científica forense, Contaminación Marina, Hidrocarburos, MARPOL.

FULL – 86. SEGURIDAD DEL BUQUE ATRACADO: INFLUENCIA DE LA FALTA DE SIMETRÍA EN EL AMARRE

Correa Ruiz, F. J., Madariaga Domínguez, E., Escuela Técnica Superior de Náutica, Universidad de Cantabria, España
francisco-correa@unican.es

La Asociación Mundial para la Infraestructura del Transporte Marítimo (PIANC), explica que un buque atracado y amarrado se ve sometido a fuerzas externas debidas a los vientos, corrientes, oleajes, ondas estacionarias, mareas, buques en navegación y por las propias operaciones de carga. La importancia de los movimientos de un buque amarrado es trascendente, no tan sólo desde el punto de vista de la seguridad, también del rendimiento de las operaciones de carga. El Foro Marítimo Internacional de Compañías Petroleras (OCIMF), nos explica en su Guía de Equipamiento para Atraques, versión cuarta (MEG4), como ha de ser el equipo de amarre de un buque y como éste debe ser amarrado con una disposición de los cabos simétrica con relación a la maestra del buque, para poder contrarrestar de manera adecuada las fuerzas anteriormente descritas. Las terminales suelen diseñarse para acoger el mayor rango posible de buques. No obstante, este rango se ve reducido notablemente si exigiésemos que el amarre de los buques cumpla con la condición de simetría requerida por la (OCIMF). En este estudio, demostramos como la efectividad del amarre, cumpliendo los requisitos básicos establecidos en el MEG4, se ve notablemente mermado ante fuerzas externas similares, por la falta de simetría derivada de la inadecuación entre la disposición del amarre de la terminal y del buque.

Palabras claves: Seguridad Marítima, Maniobra, Fuerzas amarre, Efecto buque pasante,

FULL - 87. EDUCACIÓN AZUL, MOTOR DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA MARÍTIMA

Pardo Gil-Alberdi M., Del Río Gimeno, L, CEO del IME
mercedespardo@ime.es

Todos sabemos la importancia del elemento humano en el transporte marítimo y, por lo tanto, la capacitación es uno de los desafíos más importantes que tiene nuestra industria. Las universidades y las instituciones dedicadas a formación tienen la responsabilidad y el deber de diseñar y ofrecer formación de acuerdo con las nuevas competencias que se requieren. Los desafíos de la gente de mar tienen que ver con esto. Tenemos que prepararlos para esta transformación donde los buques autónomos, blockchain, ciberseguridad, gemelo digital, sostenibilidad y digitalización son algunos de los retos que tiene nuestra industria. La Comisión Europea afirma que el mar y las costas son motores de la economía mundial. En los últimos años un número creciente de países, empresas o instituciones

FULL – 79. (cont.)

acquired in two loading cases by a double bow ferry ship was studied showing similar results. These results have been complemented with the numerical study of the problem with StarCCM+.

Keywords: Sinkage, Bow Shapes, Simulations, CFD

FULL – 82. 3D MODEL – TECHNOLOGY ISLAND IN SHIP DESIGN OR A CENTRAL PIECE FOR SHIPBUILDING PROJECT DATA?

Seppälä Ludmila, Prieto Juan, CADMATIC, ludmila.seppala@cadmatic.com

Historically, 3D models have been at the core of ship design solutions in shipbuilding. With the development of IT technology, the 3D model has taken on the position of a 3D dashboard and is more widely used. Adding information on top of the 3D model makes it an information-rich digital twin of the project, which can be used on any device, including AR/VR/XR. Besides the visual role, it can serve as a dashboard for communication, integration, consolidation, and an entry point for different interfaces at any stage of a shipyard's activities. This paper presents several use cases of 3D dashboards based on CADMATIC eshare use by the shipyards and outlines the primary considerations for using digital twin platforms in shipbuilding.

Keywords: ship design, 3D model, shipbuilding data management, digital twin

FULL – 85. PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA FORENSE PARA LA DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE UNA CONTAMINACIÓN MARINA PRESUNTAMENTE DESCONOCIDA

Correa Ruiz, F. J, Madariaga Domínguez, E, Escuela Técnica Superior de Náutica, Universidad de Cantabria, España, francisco-correa@unican.es

En el presente estudio, deseamos aportar nuestra propia experiencia y una metodología científica forense que pueda ayudar a establecer de manera inequívoca y fehaciente el o los responsables de una contaminación marina. Parece evidente que para determinar el origen de un vertido de hidrocarburos en el medio marino con la finalidad de adoptar las medidas adecuadas, tanto en la futura prevención de situaciones similares, como en la acción punitiva para evitar la posible acción dolosa y/o reiterada, a priori, parecería suficiente con la toma de muestras de las aguas contaminadas y del presunto contaminante. De hecho, existen normas nacionales, en el caso de España, como internacionales, tanto para la toma de muestras, del medio marino como de los potenciales contaminantes, como su posterior análisis y comparación. Muchos de los casos de contaminación marina producida por hidrocarburos, sobre todo en los puertos, confunden el tipo de hidrocarburo que ha contaminado por tener una contaminación constante de sus aguas y no conocer la calidad “real” de sus aguas. La situación se complica cuando son varias las manchas oleosas que pueden aparecer simultáneamente en diferentes zonas próximas dentro de un área costera y/o portuaria, existiendo decenas, incluso centenares, de potenciales efluentes, tanto terrestres como marinos. Se hace necesario el tener una cultura de

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 34. ESTANQUES MARINOS POR DERIVACIÓN PARA CULTIVO Y COSECHA DE OSTIÓN, PEPINO DE MAR Y MACHUELO

Flores Labrada, F.L., Empresa de Astilleros del Oriente, Santiago de Cuba, Cuba
yudiel.flores@nauta.cu

Esta investigación se desarrolla sobre la perspectiva de la metodología observacional y el criterio de usuarios como método para su evaluación factible. La construcción de piscifactorías permite cultivar animales marinos bajo condiciones semi-controladas en estanques artificiales hasta su cosecha, proceso y comercialización. Objetivo, fomentar la construcción y manejo de estanques marinos por derivación para cultivar ostiones, pepinos de mar y machuelos. El rendimiento de las pesquerías en el Golfo del Guacanayabo no se incrementa en los últimos años para las especies comerciales comúnmente conocidas por ostión, pepino de mar y machuelo. Este trabajo contempla la construcción de estanques rectangulares de 10m x 10m y una profundidad media de 1,2m sobre la línea costera teniendo en cuenta las bondades topográficas de la zona. La tecnología a emplear es simple y se utilizará la arcilla propia del lugar permitiendo el flujo del agua del mar por derivación según las mareas. Aportes: Favorece el encadenamiento de la piscicultura con industrias locales cuyos desechos se utilizarán como alimento para el ostión, pepino de mar y machuelo. Resultados: Soluciona los problemas de alimentación y de generación de empleos. Conclusiones: Contribuye al desarrollo local y a la soberanía alimentaria.

Palabras claves: Piscicultura, estanques, metodología observacional, soberanía alimenta-

FULL – 35. MODELACIÓN ECONÓMICA MATEMÁTICA EN LA DEFECTACIÓN DE REPARACIONES NAVALES

Gainza V. J., Universidad de Oriente. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
vicente@astor.transnet.cu

La importancia de la transportación marítima en el desarrollo económico conduce necesariamente a que las embarcaciones se fabrican por encargo de las empresas transportista, su diseño responde al roll que está desempeña en la economía, muchas son únicas en el trabajo que realiza, sus múltiples usos en la carga de mercancías, combustibles, pesca y pasaje lleva implícito un riguroso control de la calidad que garantice la seguridad de la navegación. Estas condicionantes imponen a las empresas reparadoras la búsqueda de formas de uso óptimo de la fuerza laboral disponible que le permita satisfacer las exigencias tecnológicas de cada embarcación a la vez los plazos pactados para la puesta en funcionamiento con calidad rigurosamente exigida. Utilizando herramientas estadísticas a partir del comportamiento de los parámetros promedio por hombre especialidad, tipo de embarcación y complejidad se realizan inferencias de los valores poblacionales (μ media poblacional y σ desviación típica poblacional). Con el objetivo de determinar los tiempos de ejecución en las diferentes posiciones en tiempo real. Facilitando el control del cronograma de trabajo de cada proyecto, además de crear condiciones para normas de trabajo

FULL – 35. (cont.)

ajustada al desarrollo tecnológico de cada entidad. El número de obreros a utilizar es analizado por modelos de tomas de decisiones, utilizando técnicas de programación lineal en asignación de recursos.

Palabras clavea: Defectación, reparación naval, modelación económica matemática.

FULL – 54. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SOLDADURA FLUX CORED ARC WELDING

Alcayaga Rojas, A., Armada de Chile
aalcayagar@armada.cl

El acero es uno de los principales materiales que se utiliza en la construcción naval; dentro sus tipos, el acero DH 36, es el utilizado por los Astilleros y Maestranzas de la Armada (ASMAR) para la construcción y reparación de buques que tienen misión de operar en el territorio antártico. Para la unión de este acero se utiliza la soldadura Flux Core Arc Welding (FCAW) 71T1C tubular MIG (Argón – CO2) y como alternativa, soldadura FCAW 71T1C tubular MAG (CO2), manteniendo los mismos principios, variando únicamente la protección. El objetivo del estudio es analizar comparativamente las propiedades mecánicas de la soldadura mencionada, utilizando un proceso combinado MIG o MAG en un acero DH 36, con aplicación en construcción naval. Lo anterior se responde sometiendo los materiales a ensayos mecánicos de tracción, impacto, doblado y dureza; luego de los cuales, al efectuar el análisis comparativo de los datos obtenidos, se logra determinar cuál de las dos protecciones tiene mejores propiedades mecánicas.

Palabras claves: Acero DH 36, Soldadura FCAW 71T1C Mig/Mag, Ensayos mecánicos.

FULL - 57. DEFECTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN DE BUQUES MEDIANTE VIBRACIONES EMPLEANDO ACELERÓMETROS

Fernández Ruiz A., Pérez Rivero E., Morales Mantilla A., Centro de Investigación y Desarrollo Naval, afdezruiz92@gmail.com

La presencia de vibraciones en las embarcaciones es causada por factores asociados a desperfectos en máquinas y sistemas. Una forma de determinar sus causas sería analizar sus características, es por ello que, en la industria, el transporte y otras muchas esferas de la producción, las vibraciones son empleadas como método predictivo por parte de los equipos de técnicos e ingenieros de mantenimiento. Luego de un proceso de realineación efectuado a un buque auxiliar perteneciente a la empresa Prácticos de Cuba, la tripulación manifestó que las máquinas perdían potencia y se percibían vibraciones anormales, los tripulantes las asociaban a problemas de alineación. Se demandó estudiar el fenómeno y para ello era necesario un equipo de medición de vibraciones, los cuales se pueden adquirir en el extranjero a un precio relativamente asequible, pero en un considerable tiempo de arribo. Se empleó un acelerómetro como instrumento de medición y se desarrolló un

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL – 77. (cont.)

identificando así los valores favorables y desfavorables que contribuyen al workability de la embarcación definiendo los tiempos de operación en los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2019. El porcentaje de workability se determinó identificando las frecuencias con condiciones que resultaron favorables.

Palabras claves: tiempos de operación; límite operativo; datos metoceánicos; buques de apoyo.

FULL – 78. DISEÑO CONCEPTUAL DE EMBARCACIONES FLUVIALES DE CARGA Y PASAJEROS PARA EL RÍO MAGDALENA POR MEDIO DE UN MODELO DE SÍNTESIS

Paternina Castro L., Alvarado Carvajal, D., Paipa Sanabria, TN. E.G., COTECMAR
paternina@cotecmar.com

Hasta mediados del siglo XX, ríos como el Magdalena se constituían como la principal ruta para el transporte de cargas y pasajeros. No obstante, problemas asociados a la perdida de navegabilidad por acumulación de sedimentos, la construcción de vías y ferrocarriles y el posterior afianzamiento de las aerovías, relegaron el transporte de carga a trayectos cortos en embarcaciones pequeñas. Como parte de un estudio que busca revitalizar las actividades económicas con base en el río Magdalena, el presente trabajo detalla el desarrollo del diseño conceptual de embarcaciones fluviales de carga y pasajeros cuyas características y dimensiones posibiliten el mejor desempeño manteniendo una navegación segura. Para tal fin, se desarrolló un modelo de síntesis que permita definir las dimensiones y características para el diseño de embarcaciones efectivas.

Palabras claves: Embarcaciones fluviales, modelo de síntesis, transporte de carga

FULL – 79. EFFECT OF THE BOW SHAPES ON THE SINKAGE OF SHIPS

Perez-Rojas, Luis, Portillo-Juan, Adrián, Universidad Politécnica de Madrid, Model Basin Facilities (CEHINAV), adrian.portillo.juan@alumnos.upm.es

The scope of knowledge about sinkage currently suggests that this hydrodynamic effect is caused by the changes occurred in the dynamic pressure field of a ship-hull when it sails. Consequently, this hydrodynamic effect could be optimized by changing the hull forms design, and at this respect, it has been stated that the bow shapes might be the most related part of the hull forms towards sinkage. The aim of this work is to continue studying the geometry-sinkage issue, deepening in how the bow shapes can influence this phenomenon. Based on the towing tests results of a ship database it was confirmed that sinkage leads to significant drag increase, which in some cases can be up to more than the 20% of drag, reinforcing the need of studying how to address its optimization. As well, the idea of the key effect of the bow shapes on the sinkage of ships was refused based on the following results. Firstly, there were two pair of hulls which share the particularity of just differing in the bow – one of each had a bulbous bow while the other presented a straight bow – and each pair showed similar levels of sinkage for both designs. After that, the sinkage

FULL – 76.)cont.)

movilidad fluvial, teniendo en cuenta tipo de transporte, tecnologías de operación y variables exógenas asociadas a condiciones de navegabilidad en el territorio colombiano. Se realizó una revisión bibliográfica de las metodologías aplicadas para estimaciones de consumo eléctrico en diferentes sectores a nivel mundial basadas en métodos estadísticos, inteligencia artificial, entre otros, que sirvió para definir la metodología basada en lógica difusa para la estimación del consumo eléctrico. El modelo busca minimizar el error de estimación de consumo eléctrico de embarcaciones fluviales con electromovilidad a través de un preprocesamiento y pronóstico de datos de embarcaciones con similares características, tipo de transporte y tecnologías de operación. Para la implementación de alternativas tecnológicas de electromovilidad es crucial estimar la magnitud del impacto energético que puede sufrir la red nacional referente a estaciones de carga requeridas en puertos, muelles y embarcaderos.

Palabras Claves: Electricity Consumption Forecast, Fuzzy logic, ARIMA, TBATS, ANN, LSTM.

FULL – 77. ESTUDIO HIDRODINÁMICO, LÍMITES OPERATIVOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE "WORKABILITY" EN UN BUQUE OSV

Edna D. Rosas Huerta[1,2], José Hernández Hernández[1,2], Cristian M. Salazar Domínguez[2], Gustavo E. Iturbe Rosas[3], Agustín L. Herrera May [2,4], [1]Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales, Universidad Veracruzana, México; [2]Maestría en Ingeniería Aplicada, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana México; [3]Nautical Mexico Consulting & Services, Jardines de Mocambo, Mexico; [4] Micro and Nanotechnology Research Center, Universidad Veracruzana, México; edrosas@uv.mx

Las operaciones marítimas en alta mar dependen de las condiciones meteorológicas. Uno de los factores más importantes para las operaciones marinas son las condiciones meteorológicas que prevalecerán durante las operaciones, cada operación tiene límites en cuanto a la altura del oleaje y mareas, así como velocidad de las corrientes y los vientos para sus distintos escenarios de operación. Los límites operacionales del buque se establecen en función de las características de los principales equipos de a bordo y de la respuesta del buque, que mantienen un funcionamiento continuo. En este trabajo, se obtuvieron los tiempos de operación o Workability de una embarcación de apoyo en alta mar tipo OSV (Offshore Support Vessels) en el Golfo de México (GOM), considerando datos metoceánicos de oleaje y vientos en la ubicación del buque y los limites operativos establecidos por los equipos para el servicio principal en operación continua de la embarcación, como son el de Posicionamiento Dinámico, la Grúa de cubierta y la escala de seis grados de libertad. Se consideró que el buque puede prestar servicios a la plataforma fija en dos localizaciones, Sur y Oeste. Se determinaron los movimientos hidrodinámicos de respuesta del buque para cada estado de mar de interés, comparándolos con los límites operativos

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

FULL - 57. (cont.)

método para procesar las aceleraciones y obtener los valores de amplitud y velocidad característicos de las vibraciones presentes en el cuarto de máquinas con los que comparar contra las normas. Para el procesamiento, luego de las mediciones, se emplearon técnicas propias del tratamiento digital de señales, en particular la Transformada Rápida de Fourier con la ayuda del programa Matlab y mediante las ecuaciones clásicas que definen los fenómenos vibratorios se determinó los parámetros necesarios para dictaminar si son aceptables las cargas vibratorias presentes en la embarcación.

Palabras claves: Vibraciones, procesamiento de señales, valores RMS de amplitud y velocidad.

FULL – 59. MÉTODO DE DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE SENSORES ACÚSTICOS APLICADOS A LA TECNOLOGÍA SUBACÚATICA

González Zamora, C., González Hurtado, A., Calderón Álvarez, A.F., Centro de Investigación y Desarrollo Nava, cid5@reduim.cu

El trabajo describe las experiencias en el diseño y la caracterización de sensores acústicos que emplean cerámicas piezoeléctricas como elemento sensible y un soporte mecánico de acuerdo a las funciones que realizan. Se muestra el método empleado para lograr el cálculo teórico, obtención del modelo aproximado y la simulación de su respuesta por método de elementos finitos. Finalmente se realiza la caracterización eléctrica con análisis Bode y la caracterización acústica en el aire y en el agua en tanque de experimentación, observándose la correspondencia de los resultados teóricos con los resultados reales obtenidos después de construido. Este trabajo posee gran novedad y aplicación en los sistemas acústicos de aplicación en tecnología submarina.

Palabras claves: Métodos de diseño, sensores acústicos, tecnología submarina.

FULL – 62. CÁLCULO TEÓRICO Y MODELACIÓN COMPUTACIONAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE UNA LANCHA

Suárez Díaz-Pimienta E., Palma Medina D., CID Naval, esdpimienta1991@gmail.com

El trabajo recoge los cálculos teóricos realizados al sistema de ventilación de la lancha rápida LP20 perteneciente a la empresa Prácticos de Cuba que es utilizada en la bahía del Mariel. Los objetivos de la investigación fueron: 1. Caracterización del sistema de ventilación de dicha embarcación. 2. Calcular los caudales de aire necesario para el trabajo estable del sistema. 3. Comprobar los cálculos teóricos realizados, a través de una simulación computacional (CFD) en el programa Ansys 16.0, del trabajo del sistema de ventilación. 4. Lograr una visualización en tres dimensiones del comportamiento del flujo de aire dentro del cuarto de máquinas, así como una mejor vista de la distribución de las temperaturas dentro del mismo. 5. Caracterizar el sistema en cuanto a otras variables como la presión del fluido dentro del cuarto y en las zonas cercanas a las admisiones y las velocidades del fluido en distintos lugares del cuarto. Fueron propuestos como resultados principales los

FULL – 62. (cont.)

valores de caudal de aire a entregar por el sistema de ventilación al cuarto de máquinas de la embarcación; el diseño de un nuevo sistema de ventilación que satisfagan las necesidades actuales y la propuesta detallada del ventilador a instalar en dicho sistema. El trabajo realizado logró restablecer el funcionamiento de una embarcación de vital importancia para el desarrollo económico de la Zona Especial de Desarrollo Mariel (ZEDM). Los niveles de exigencia científico-técnica fueron elevados y sus resultados quedaron avalados con las distintas pruebas de navegación realizadas a dicha embarcación. Hoy día, se explota con magníficos resultados la embarcación en la bahía del Mariel.

Palabras claves: Diseño, sistema de ventilación, modelación computacional, caudal, fluido.

FULL – 65. INFLUENCIA DEL CAMPO DE ESTELA EN LA EFICIENCIA DE LAS HÉLICES PENETRANTES DE SUPERFICIE

Borrego Rodríguez, L., Prieto Fernández, A. P., Marzán Tachel, Z., Pérez Amador, G. A, Centro de Investigación y Desarrollo Naval, cid5@reduim.cu

La demanda de vehículos marinos con sistemas de propulsión-gobierno que garanticen regímenes de alta velocidad, responde a las necesidades de los sectores comercial y naval. Los métodos de diseño y técnicas de modelación desarrollados, permiten el análisis del casco, propulsor y medios de gobierno de manera independiente. En el presente trabajo, se analizan los resultados de la investigación sobre la interacción del sistema propulsión-gobierno y el casco. Además, se aborda la influencia del campo de estela generado por un casco de planeo sobre un propulsor que trabaja en un medio bifásico aire-agua. El estudio de este tipo de interacción, permite optimizar el diseño hidrodinámico de las embarcaciones de alta velocidad.

Palabras claves: propulsión, planeo, estela

FULL – 74. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL CAJÓN DE TORSIÓN DE UN PORTACONTENEDORES DE 2.400TEU

Silva-Campillo, A.[1]; Suárez-Bermejo, J.C[2]; Herreros-Sierra, M. A[1], [1]Departamento de Arquitectura, Construcción y Sistemas Oceánicos y Navales. Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid. España. [2]Centro de Investigación en Materiales Estructurales (CIME). UPM. Madrid. España , a.silva@upm.es

El objetivo del presente estudio es evaluar mediante análisis numérico la estructura del cajón de torsión de un buque portacontenedores tipo feeder de 2.400TEU de capacidad, a partir del establecimiento del estado límite de fatiga y del estado límite último, a lo largo de su perímetro. Mediante el empleo del estado límite de fatiga y distintas alternativas geométricas, relativas a las dimensiones locales del cajón de torsión, se obtiene el grado de influencia de las mismas en la determinación de la vida a fatiga relativa a nueve disposiciones posibles del detalle estructural, compuesto por la intersección del refuerzo

TRABAJOS CIENTÍFICOS - RESÚMENES

longitudinal y la bulárcama. En términos del estado límite último, se determina la influencia de las modificaciones geométricas en el establecimiento de los valores que hacen referencia a las tensiones locales de pandeo, las tensiones tangenciales inducidas por los esfuerzos cortantes verticales y horizontales y las tensiones tangenciales de alabeo.

Palabras claves: Cajón de torsión, fatiga, resistencia estructural, tensión tangencial.

FULL – 75. RESTAURACIÓN DEL HISTÓRICO VELERO ALEMÁN "PEKING"

Grannemann F., Grannemann Lobeira S. de R.L. de C.V. (GLOBE). Energy Services. Integral Solutions, fritz.grannemann@globe.mx

El velero "Peking" fue construido en 1911 en el astillero Blohm & Voss en Hamburgo como un "Flying P. Liner" de 4 mástiles para la naviera alemana F. Laeisz. En sus viajes entre Alemania y Chile cruzó 34 veces el Cabo de Hornos. Se presentarán los trabajos a bordo que fueron realizados de manera muy tradicional, sin medidas de seguridad y con actividades manuales sin apoyo de maquinaria o electricidad. Durante de la primera guerra mundial el velero fue internado en Chile, después fue activado otra vez como carguero entre Hamburgo y Chile, posteriormente fue vendido a una compañía Británica y más tarde fue vendido al Museo Naval Seaport en Nueva York.

Debido a sus malas condiciones técnicas un grupo alemán compró el velero "Peking" en US$100 y lo transportó a Alemania para su restauración completa e integral que tardó 3 años y costó 38 Mill de Euros con financiamiento por parte del gobierno alemán. Será presentada la historia del barco y su restauración que fue realizada en un astillero alemán y también para la jarcia que fue llevado a cabo por el Museo Naval de Hamburgo por medio de sistemas antiguos que todavía están aplicables. Actualmente el velero "Peking" se encuentra en el Museo Naval de Hamburgo.

Palabras Claves: historia, restauración, sistemas antiguos, velero peking,

FULL – 76. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DE EMBARCACIONES CON TECNOLOGÍAS DE ELECTROMOVILIDAD EN EL TRANSPORTE FLUVIAL EN COLOMBIA

Sanabria Vargas O.A, Vergara Pestana H.D, Mendoza R.R, Paipa Sanabria E.G, Grupo de Diseño e Ingeniería-COTECMAR, osanabria@cotecmar.com

En el marco del proyecto FerroFluvial 4.0 el cual tiene como objetivo formular un plan de investigación para la para la evaluación y priorización de tecnologías de electromovilidad en el sector férreo y fluvial, es necesario conocer el consumo eléctrico de las embarcaciones que posean tecnologías orientadas hacia la electromovilidad para así estimar los impactos energéticos futuros que tendría la implementación de estas soluciones en el sector fluvial sobre la matriz energética del país. Este estudio tiene como objetivo determinar una metodología de estimación de consumos eléctricos de diferentes sistemas de

COMITÉ ORGANIZADOR

Dr. José González Cobas	IPIN CUBA
Ing. Betty Mulens Maceo	A.M.C.
Ing. Daymara Juan Gil	A.M.C.
Dr. Amado Galiano Ortíz	CEPRONA
Msc.Roberto González Suárez	IPIN CUBA
Ing. Carlos León Acevedo	MGR
Dr. José A. Montero Bueno	CID 5
Ing. Osmany Zamora	GEIA
Ing. Yisel Figueroa Llebez	GEMAR
Lic. Natasha Águila Valdés	CEPRONA

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. José González Cobas	CUBA
Ing. Marvin Gutierrez Morales	MÉXICO
Ing. Jorge Pérez Prieto	ARGENTINA
Ing. Carlos Brañas	ARGENTINA
Dr. Rui Carlos Botter	BRASIL
Ing. Roberto Gonzalez Suárez	CUBA
Dr. Amado Galiano Ortiz	CUBA
Dr. Alejandro Prieto Fernández	CUBA
Dr Pedro A. Rodriguez Ramos	CUBA
Dr. Jorge Carreño Moreno	COLOMBIA
Dr. Luis Ordoñez Rubio	COLOMBIA
Dr. Marcos Salas Inzunza	CHILE
Msc. Cristóbal Mariscal Díaz	ECUADOR
Dr. Patrick Townsend	ECUADOR
Dr. José Angel Fraguela Formoso	ESPAÑA
Dr. Luis Carral Couce	ESPAÑA
Dr. Adán Vega Saenz	PANAMA
Msc. William Cipriano Quinteros	PERU
Dr. Jorge Freiria Pereira	URUGUAY
Ing. Ruisdael Ramallo Caramés	URUGUAY
Prof. Tiago Santos	PORTUGAL
Dr. Rodolfo P. Ripoll Salcines	CUBA
Dra. Ma Elena Castellanos González	CUBA

TRABAJOS PRESENTADOS

FULL – 4. UN ROMPEHIELOS PARA CHILE

Zapata Machmar Jorge Eduardo, Astilleros y Maestranzas de la Armada, Asmar Talcahuano-Chile
jzapatam@asmar.cl

FULL – 11. ESTANDARES Y TRAZABILIDAD DE LOS DISEÑOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EMBARCACIONES PUMAR®

Olivares Soriano A. R., Dpto. Ingeniería Naval, Astilleros y Maestranza de la Armada. Planta Industrial Valparaíso. Chile
aolivares@asmar.cl

FULL – 12. DISEÑO DE UN CANAL DE ENSAYOS HIDRODINÁMICOS PARA MEDIR LA RESISTENCIA AL AVANCE DE EMBARCACIONES

Jeldres Neira, Armada de Chile.
fjeldresn@gmail.com

FULL – 13. EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL EN ASMAR

Massoglia Vargas M. A., Astilleros y Maestranzas de la Armada, ASMAR Talcahuano-Chile
mmassogliav@ASMAR.cl

FULL – 15. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS BUQUES. UNA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Fraguela Formoso J. A., López Arranz A., Álvarez Feal C., Carral- Couce L., Universidad de A Coruña, España,
jafraguelaformoso@gmail.com

FULL – 25. REPRESENTACIONES SOCIALES DE LA RAMA NAVAL INHERENTES AL LENGUAJE POPULAR CUBANO

Labañino Pérez I.[1], Gell Labañino A.[1], Riverí Juliens J. A.[2], [1]Universidad de Oriente, [2]Empresa de Astilleros del Oriente.
lucelia@uo.edu.cu

FULL – 26. CULTURA DE LAS PROFESIONES NAVALES. ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LAS RELACIONES SOCIOLABORALES EN ASTOR

Riverí Juliens J. A.[1], Robert Brady Y.[2], Labañino Pérez L.[2], [1]Empresa de Astilleros del Oriente (ASTOR), [2] Universidad de Oriente
riveri@astor.transnet.cu

FULL - 28. AUDITORÍA TECNOLÓGICA Y MODELO DE MADURACIÓN DE LA INNOVACIÓN EN ASTILLEROS DE CONSTRUCCIÓN NAVAL

Serrano Argüelles, Carlos[1], Blanco Maceiras, Moisés[2], [1]Co-fundador CRM Solintec, [2]Co-fundador CRM Solintec
navalsolintec@gmail.com

FULL – 31. ANÁLISE DE VIABILIDADE À IMPLEMENTAÇÃO DE EMBARCAÇÕES FOTOVOLTAICAS NO TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA

Loureiro, E. S. P.[1], Gomes, F. V.[2], Pereira, B. de J. A.[3], [1]UFPA/ITEC, [2]UFPA/ITEC, [3]UFPA/ITEC
emannuel@ufpa.br

FULL – 33. MODELACIÓN ECONÓMICA MATEMÁTICA EN LA DEFECTACIÓN DE REPARACIONES NAVALES

Gainza V. J., Universidad de Oriente. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
vicente@astor.transnet.cu
Palabras clavea: Defectación, reparación naval, modelación económica matemática.

FULL – 34. ESTANQUES MARINOS POR DERIVACIÓN PARA CULTIVO Y COSECHA DE OSTIÓN, PEPINO DE MAR Y MACHUELO

Flores Labrada, F.L., Empresa de Astilleros del Oriente, Santiago de Cuba, Cuba
yudiel.flores@nauta.cu

FULL – 54. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SOLDADURA FLUX CORED ARC WELDING

Alcayaga Rojas, A., Armada de Chile
aalcayagar@armada.cl

FULL - 57. DEFECTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN DE BUQUES MEDIANTE VIBRACIONES EMPLEANDO ACELERÓMETROS

Fernández Ruiz A., Pérez Rivero E., Morales Mantilla A., Centro de Investigación y Desarrollo Naval
afdezruiz92@gmail.com

FULL – 59. MÉTODO DE DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE SENSORES ACÚSTICOS APLICADOS A LA TECNOLOGÍA SUBACÚATICA

González Zamora, C., González Hurtado, A., Calderón Álvarez, A.F., Centro de Investigación y Desarrollo Naval

cid5@reduim.cu

FULL – 62. CÁLCULO TEÓRICO Y MODELACIÓN COMPUTACIONAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE UNA LANCHA

Suárez Díaz-Pimienta E., Palma Medina D., CID Naval
esdpimienta1991@gmail.com

FULL – 65. INFLUENCIA DEL CAMPO DE ESTELA EN LA EFICIENCIA DE LAS HÉLICES PENETRANTES DE SUPERFICIE

Borrego Rodríguez, L., Prieto Fernández, A. P., Marzán Tachel, Z., Pérez Amador, G. A, Centro de Investigación y Desarrollo Naval
cid5@reduim.cu

FULL – 74. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL CAJÓN DE TORSIÓN DE UN PORTACONTENEDORES DE 2.400TEU

Silva-Campillo, A.[1]; Suárez-Bermejo, J.C[2]; Herreros-Sierra, M. A[1], [1]Departamento de Arquitectura, Construcción y Sistemas Oceánicos y Navales. Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid. España. [2]Centro de Investigación en Materiales Estructurales (CIME). UPM. Madrid. España
a.silva@upm.es

FULL – 75. RESTAURACIÓN DEL HISTÓRICO VELERO ALEMÁN "PEKING"

Grannemann F., Grannemann Lobeira S. de R.L. de C.V. (GLOBE). Energy Services. Integral Solutions
fritz.grannemann@globe.mx

FULL – 76. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DE EMBARCACIONES CON TECNOLOGÍAS DE ELECTROMOVILIDAD EN EL TRANSPORTE FLUVIAL EN COLOMBIA

Sanabria Vargas O.A, Vergara Pestana H.D, Mendoza R.R, Paipa Sanabria E.G, Grupo de Diseño e Ingeniería-COTECMAR
osanabria@cotecmar.com

FULL – 77. ESTUDIO HIDRODINÁMICO, LÍMITES OPERATIVOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE "WORKABILITY" EN UN BUQUE OSV

Edna D. Rosas Huerta[1,2], José Hernández Hernández[1,2], Cristian M. Salazar Domínguez[2], Gustavo E. Iturbe Rosas[3], Agustín L. Herrera May [2,4], [1]Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales, Universidad Veracruzana, México; [2]Maestría en Ingeniería Aplicada, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat,

Universidad Veracruzana México; [3]Nautical Mexico Consulting & Services, Jardines de Mocambo, Mexico; [4] Micro and Nanotechnology Research Center, Universidad Veracruzana, México;
edrosas@uv.mx

FULL – 78. DISEÑO CONCEPTUAL DE EMBARCACIONES FLUVIALES DE CARGA Y PASAJEROS PARA EL RÍO MAGDALENA POR MEDIO DE UN MODELO DE SÍNTESIS

Paternina Castro L., Alvarado Carvajal, D., Paipa Sanabria, TN. E.G., COTECMAR
paternina@cotecmar.com

FULL – 79. EFFECT OF THE BOW SHAPES ON THE SINKAGE OF SHIPS

Perez-Rojas, Luis, Portillo-Juan, Adrián, Universidad Politécnica de Madrid, Model Basin Facilities (CEHINAV),
adrian.portillo.juan@alumnos.upm.es

FULL – 82. 3D MODEL – TECHNOLOGY ISLAND IN SHIP DESIGN OR A CENTRAL PIECE FOR SHIPBUILDING PROJECT DATA?

Seppälä Ludmila, Prieto Juan, CADMATIC
ludmila.seppala@cadmatic.com

FULL – 85. PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA FORENSE PARA LA DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE UNA CONTAMINACIÓN MARINA PRESUNTAMENTE DESCONOCIDA

Correa Ruiz, F. J, Madariaga Domínguez, E, Escuela Técnica Superior de Náutica, Universidad de Cantabria, España
francisco-correa@unican.es

FULL – 86. SEGURIDAD DEL BUQUE ATRACADO: INFLUENCIA DE LA FALTA DE SIMETRÍA EN EL AMARRE

Correa Ruiz, F. J., Madariaga Domínguez, E., Escuela Técnica Superior de Náutica, Universidad de Cantabria, España
francisco-correa@unican.es

FULL - 87. EDUCACIÓN AZUL, MOTOR DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA MARÍTIMA

Pardo Gil-Alberdi M., Del Río Gimeno, L, CEO del IME
mercedespardo@ime.es

FULL – 88. DISEÑO, FABRICACIÓN, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE "ARRECIFES ARTIFICIALES VERDES" EN LAS RÍAS GALLEGAS: UNA OPORTUNIDAD DE ECONOMÍA CIRCULAR Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Carral Couce L.[1], Rodriguez Guerreiro M.J[1], Lamas Galdo I.[1], Santiago Caamaño L.[1], Camba Fabal C[1]., Tarrío Saavedra J.[1], Díaz Díaz A.[1], Castro Santos L.[1], Alvarez Feal C.[1], Munín Doce A.[1,] Cartelle Barros J.J[1]., Carballo Sánchez R.[2,] [1]Escuela Politécnica de Ingeniería de Ferrol – Universidade da Coruña, [2]Escola Politécnica Superior – Universidad de Santiago de Compostela
lcarral@udc.es

FULL – 89. RESONANCIAS EN SISTEMAS DE PROPULSION DE BUQUES RELACIONADO CON LA OPERACIÓN PROLONGADA A TRAVÉS DE LOS AÑOS DE SERVICIO

Torres Cuevas A. A., Astilleros y Maestranzas de la Armada, Chile
atorresc@asmar.cl

FULL – 90. LA EXPORTACIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN CONTENEDORES Y LOS INCENDIOS EN ALTAMAR

Corrales González D., PREGER. Escuela Ramal del Ministerio de Transporte.
diego@preger.transnet.cu

FULL – 94. LA INDUSTRIA NAVAL EN CADENAS GLOBALES DE VALOR, UNA OPORTUNIDAD EN EL CONTEXTO DE COLOMBIA

Carreño Moreno, J.E.[1], Delgado Agudelo, C.A.[2], [1]CEO GHENOVA Colombia S.A.S, Cartagena de Indias, Colombia. [2]Marine & Defense Manager GHENOVA Colombia S.A.S, Cartagena de Indias, Colombia
carlos.delgado@ghenova.net

FULL – 95. PRÁCTICA PROFESIONAL EN ASTILLEROS Y TALLERES NAVALES Y EN ENTIDADES DE DISEÑO

Vite Flores, A[1]. Martínez Villa, P.[2,] [1]Universidad Veracruzana. México. [2]Jubilado. IPIN - Cuba
avite@uv.mx

FULL – 96. EVOLUCIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE PLATAFORMAS SEMISUMERGIBLES DE PRODUCCIÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO

Vite Flores A., Sánchez García D., López Lara J., Universidad Veracruzana, México
avite@uv.mx

FULL – 97. ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE USE OF INTEGRATED AUTOMATION SYSTEMS FOR CONTAINER HANDLING IN THE IMPROVED TERMINAL CONTEXT: ARMSVS AND QUAY RAILS

Schmeing F. D. , Netto J. F., Universidade de São Paulo – Escola Politécnica – Department of Naval Architecture and Ocean Engineering.
felipe.dare@usp.br

FULL – 99. DIMENSIONAMENTO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO ATRAVÉS DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO

Fugiwara, E. S., Mota, D. O., Botter, R. C., CILIP. Universidade de São Paulo, Brasil
erickfugi@usp.br,

FULL - 100. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES NÁUTICAS APLICADAS AL DISEÑO DE ÁREAS DE NAVEGACIÓN EN CUBA

Barrera Luque, Z., Lazo Porta, L., Empresa GEOCUBA Estudios Marinos,
zuzel@emarinos.geocuba.cu

FULL – 101. POTENCIALIDADES DE LOS ESTUDIOS DE RIESGOS NÁUTICOS BASADO EN ANÁLISIS PROBABILISTAS DE SEGURIDAD

Lazo Porta, L.[1], Barrera Luque, Z.[1], Acosta Chipi, F.[2], [1]Empresa GEOCUBA Estudios Marinos, [2]Academia Naval "Granma"
lazoporta76@gmail.com

FULL – 102. ENERGÍAS PROPORCIONADAS POR EL MAR Y SU POSIBLE INTRODUCCION EN LA MATRIZ ENERGETICA DE CUBA, BAHIA DE CIENFUEGOS Y SU COSTA

González Suárez, R. L., Administración Marítima de Cuba, Puerto de Cienfuegos
robertoluisgonzalezsuarez@gmail.com

FULL – 103. FRAMEWORK DE BIG DATA ANÁLISE EMISSÃO DE CO2 EM TERMINAIS DE CONTAINER

Novaes Mathias, T.[1], Shinoda, T. [1], Botter, R. C.[2], [1]Kyushu University-Japan, [2]Universidade de São Paulo-Brasil
tiago@kyudai.jp

FULL – 109. SISTEMA DE CÁLCULO DE PROTECCIÓN CATÓDICA DE LOS BUQUES CON MACROS EN EXCEL

Montero Bueno J.A., Díaz Cervantes L.M., Centro de Investigación y Desarrollo Naval.
monteroarturo917@gmail.com

FULL – 110. MÉTODO DE DISEÑO HIDRODINÁMICO DE EMBARCACIONES QUE NAVEGAN EN MEDIO BIFÁSICO

Marzan Tachel, Z.[1], Prieto Fernández, A. P.[2], Borrego Rodríguez, L.[1], Pérez Amador, G.A.[1,] [1]CIDNAV, [2]CIDNAV-UTH
zaiki@nauta.cu

FULL - 111. CORRIENTES MARINAS E INTERCAMBIO DE AGUA AL SUR DE LA PROVINCIA ARTEMISA

Arriaza Oliveros, L.[1], Carrillo Betancourt, Y.[2], Trincado Ventura, J. A.[3], Pérez Sánchez, E. O.[4] y García Santos, R.[1]
[1]Instituto de Ciencias del Mar, Cuba; [2]Instituto de Geografía Tropical, Cuba; [3]Universidad de Colima, México; [4]Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Universidad de Guadalajara, Jalisco, México;
arriazaoceano@gmail.com

FULL 112. CORRIENTES MARINAS LITORALES AL NOROCCIDENTE DE PENÍNSULA DE HICACOS

Arriaza Oliveros, L.[1], García Santos, R.[1], Carrillo Betancourt, Y.[2] Lugioyo Gallardo, G.M.[1] , [1]Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), [2]Instituto de Geografía Tropical (IGT)
arriazaoceano@gmail.com

FULL - 114. EDUCACIÓN Y CULTURAS DEL DETALLE, DEL DIÁLOGO

DESARROLLADOR Y DEL CLIC
Arrechea Mildestein N. A.[1] de la Rosa Llano, V.[2], [1]IPIN CUBA [2]Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF)
navegarrech@nauta.cu

FULL – 115. SOCIALIZACIONES IMPLOSIVAS, UN DESAFÍO A LA EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI

Arrechea Mildestein N. A.[1], de la Rosa Llano, V.[2] , [1]IPIN CUBA, [2] Instituto de Cibernética, Matemática y Física Correo electrónico
navegarrech@nauta.cu

FULL – 118. FACTORES CRÍTICOS QUE INTERVIENEN EN LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS SOCIONATURALES PARA ACTIVIDADES EN EL MAR TERRITORIAL DE PANAMÁ

Fong Lee, A., Universidad Marítima de Panamá, Sistema Nacional de Investigación (SNI), ZoarTech Consulting
afong@umip.ac.pa

FULL – XX. ACTUALIDAD DEL COMERCIO Y TRANSPORTE INTERNACIONAL: BREVE RESUMEN INFORMATIVO

ANTONIO HERNANDEZ, IPIN CUBA, COMAR
tonyjhny3@gmail.com

FULL – XXI. ESTUDIOS NAUTICOS PARA LA INSTALACION DE PATANAS DE GENERACION DE ENERGIA EN LA BAHIA DE MARIEL.

Barrera Luque, Z.[1], Verdugo, I, [1]Empresa GEOCUBA Estudios Marinos, [2] SIPORT 21
zuzel@emarinos.geocuba.cu

UN ROMPEHIELOS PARA CHILE

Zapata Machmar Jorge Eduardo

Astilleros y Maestranzas de la Armada, Asmar Talcahuano-Chile
jzapatam@asmar.cl

RESUMEN

Desde el 2018, en ASMAR - Talcahuano se construye el primer buque Rompehielos, denominado "Proyecto Antártica I", el que tendrá la capacidad de romper una capa de hielo de hasta un metro de espesor con 20 cm de nieve en su superficie, con una velocidad de 3KN, permitiendo al mundo científico y Gobierno de Chile, realizar múltiples tareas tales como Investigación Oceanográfica e Hidrografía, satisfacer necesidades logísticas de las Bases Chilenas como extranjeras y funciones de búsqueda y rescate en la ANTARTICA (SAR). La construcción del buque rompehielos es el resultado de un codiseño entre VARD MARINE, la Dirección de Programas de Investigación y Desarrollo de la Armada de Chile y ASMAR. La nave actualmente en construcción presenta un avance global aproximado de un 65 %. Albergará a 86 tripulantes y 34 científicos con una autonomía de 60 días. Su entrega está considerada para el segundo semestre del año 2024.

El presente documento muestra las capacidades y características del Proyecto, además de las distintas etapas realizadas para implementar y llevar a cabo su construcción.

Palabras clave: buque Rompehielos, codiseño, capacidades, características

1- INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de reemplazar el Buque Antártico AP "Viel", después de 50 años en servicio, el Gobierno y la Armada de Chile decidieron su renovación con un nuevo Buque Antártico que cumpla con las normas medio ambientales vigentes y que cuente con capacidades Científicas, Logísticas, Búsqueda y Rescate (SAR).

Objeto desarrollar la idea y definición de las RAN. Se efectuó un estudio de escenario operacional y levantamiento de requerimientos de grupos de interés (INACH, Ejército, Fuerza Aérea y Armada de Chile).

Producto de lo anterior, se obtiene la Especificación Técnica y plano de arreglo general de diseño conceptual.

Licitado internacionalmente el Desarrollo de la Ingeniería básica del Proyecto, se adjudica a la empresa VARD Marine Canadá.

Definido el Proyecto y dada la envergadura de este, se definen las necesidades de efectuar inversiones para modernizar el Astillero en Infraestructura junto con capacitar al personal tanto para las nuevas inversiones como para satisfacer los requerimientos técnicos del Proyecto.

Con la Ingeniería básica desarrollada, se establece precio definitivo y plazo de construcción, junto con identificar los riesgos técnicos del Proyecto.

De acuerdo con las nuevas capacidades del Astillero, se define y desarrolla la Estrategia Constructiva, Plan logístico y Plan de Ingeniería de detalle convergiendo estos en el Plan de Construcción del Proyecto, integrando las actividades de Logística, Ingeniería y Producción dentro del Costo, Plazo y Calidad exigidos.

De esta manera, tanto la adquisición del Equipamiento, Componentes y Materiales, van en sintonía con el Plan de Construcción, integrando el Equipamiento y Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, minimizando los trabajos sobre cabeza, rutas de ingreso, interferencias y seguridad del personal.

El avance al 30 de septiembre se proyecta entorno a un 65% y se espera entregar el Proyecto en agosto del año 2024 objeto efectuar el entrenamiento de la dotación, para efectuar su primera campaña a la Antártica a fines del año 2024.

Con este nuevo Buque se espera cubrir el 100% del territorio antártico chileno, y operar sin restricciones en la Antártica hasta por 8 meses del año, exceptuando los meses de invierno.

Cumpliendo toda la normativa medio ambiental vigente, incluido el código Polar y disponer abordo con la tecnología de última de generación como Buque científico e investigación.

2- MATERIALES Y METODOS

Definida la zona de Operación del Buque en el extremo Sur de Chile, con base en la ciudad de Punta Arenas, aumentando la capacidad para cubrir al 100% el territorio Antártico de Chile y operando el doble de tiempo por año.



Fig 1: Área SAR de responsabilidad nacional de Chile

A continuación en Tabla 1, se resume y detalla la cronología en el tiempo para el desarrollo de la Ingeniería Básica del Proyecto hasta definido el Producto Buque. Lo cual permite establecer las nuevas necesidades de Infraestructura y/o capacitación técnica del Astillero, junto a definir el Plazo de Construcción y Costo asociado, para luego en base esta acordar el Contrato de Construcción de la Nave.

Tabla 1: Cronología Desarrollo del Proceso de Ingeniería Básica

FECHA	ACTIVIDADES RELEVANTES	METODOS/COMENTARIOS
ene-12	Identificación de la Idea y Definición de RAN para presentar el Perfil	Estudio Escenario Operacional
		Requerimientos Operacionales iniciales, levantamientos requerimientos entre grupos de Interés:
		Instituto Antártico Chileno Ejercito Fuerza Aerea Armada Estudio de Mercado Requerimientos de Alto Nivel
mar-14	Se eleva el Perfil al Ministerio de Defensa	
2014-2015	Desarrollo Diseño Conceptual	Especificación Técnica Diseño Conceptual.
		Arreglo General Diseño Conceptual.
2014-2015	Validación de Requerimientos de Alto Nivel	Operadores Antárticos
		Intendencia Región de Magallanes
		Estado Mayor Conjunto
mar-15	Se Firma el Contrato por el Desarrollo de la Ingeniería Básica entre la Armada y ASMAR.	Se da inició al proceso de selección del Diseñador
oct-15	Se selecciona a la Empresa Vard Marine para desarrollar la Ingeniería Básica	
ene-16	Se firma el Contrato por el Desarrollo de l Ingeniería Básica (IB) entre ASMAR y VARD	Kick Of Meeting Mar-2016
		1ra Reunión Revisión Dic-2016
		2da Reunión Revisión Mar-2017
		3ra Reunión Revisión Jun 2017
		Reunión de Cierre Sep 2017
oct-17	Se entrega la Ingeniería Básica a la Armada	
nov-17	Se Firma el Contrato de Construcción entr la Armada y ASMAR.	Se define el Precio, plazo, flujos de pago, etc
dic-17	Se Produce la Entrada en Vigencia del Contrato de Construcción.	

3- RESULTADOS

3.1 Descripción del Proyecto: El resultado del proceso de Ingeniería Básica es un Buque de última generación, amigable con el medio ambiente en todos sus ámbitos de operación, cumpliendo toda la normativa y regulaciones internacionales vigentes.

Características Principales:

- Buque POLAR PC5, Diseñado, construido bajo la supervisión y certificación de la Casa clasificadora: Lloyd's Register, con notación de Clase LR ✠100A1, Research / Supply Ship, Ice Class, *IWS, ✠LMC, UMS, DP (AM), PC5
- Winterización H(-30), D(-30), IBS
- Eslora : 111 mts.
- Manga : 21 mts.
- Calado : 7.2 mts.
- Desplazamiento : 10.500 toneladas
- Dotación : 120 personas (86 tripulantes y 34 científicos)
- Autonomía: 60 días sin reabastecerse.
- Propulsión Diesel-Eléctrica:
- Potencia Generación : 11.58 MW
- Potencia Propulsora : 9 MW
- Velocidad máxima : 15 Kn
- Velocidad en hielo : 3 Kn c/ hielo de espesor de 1 metro.
- Cumple todas las regulaciones internacionales vigentes, tales como:

SOLAS, MARPOL, CÓDIGO POLAR (vigente desde 01/01/2017).

Roles de Operación:

"EL PROYECTO ANTARTICA I" es un Buque para el Estado de Chile, operado por la Armada, cuyos Roles son:

- Investigación Científica: Este es el rol principal y viene a satisfacer las necesidades del mundo científico nacional e Instituto Chileno Antártico.

Este Buque está equipado con tecnología de punta, para efectuar investigación oceanográfica e hidrográfica de alto nivel (Fig 2), estudio de biomasa y fauna marina, con una cubierta completa para el desarrollo de ciencia abordo con una capacidad de acomodar a 34 científicos.Laboratorios y salas especiales tales como: Laboratorio húmedo de pesca, laboratorio húmedo de uso general, laboratorio químico; sala de operación de sensores acústicos; frigoríficos de temperaturas regulables.

Pescantes, Grúas y winches científicos para toma de muestras.

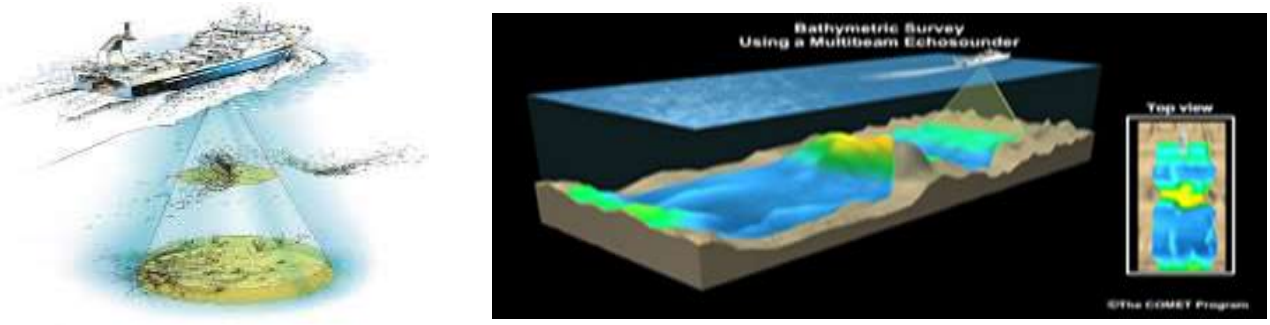


Fig: 2 : Sensores acústicos y perfilador de fondo Marino

Sensores acústicos, tales como Ecosonda EM124 multihaz de alta y media profundidad hasta 11000 metros y un barrido de 32000 metros; ecosonda científica monohaz de alta presición EK80; ecosonda monohaz para grandes profundidades EA640; perfiladores de fondo marino SBP29 con penetración hasta 200 metros en sedimento blando; perfilador de velocidad del sonido hasta 1000 metros MinosX; sonares de rebusca omnidirecccional de largo y corto alcance para biomasa SX90 y SC90 respectivamente; subsistemas de posicionamiento acústico de alta precisión HIPAP502 entre otros equipamientos.

- **Logística**: Misiones de apoyo logístico a bases Antárticas tanto nacionales como extranjeras, para ello dispone de los espacios y equipos para transporte y manejo de 19 contenedores de 20 pies

para carga general, donde 5 de ellos se pueden habilitar para carga refrigerada inclusive, 400 m3 de carga paletizada a granel, 400 m3 de combustible, 300 tambores de 200 lt de Jet A1, consta de una barca autopropulsada para descarga de contendores a tierra, además de Grúa por ambas bandas de 20 toneladas, área de cubierta para carga, 2 botes de trabajo, etc.

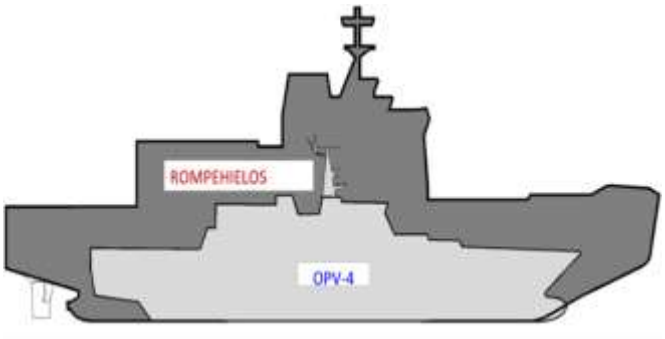
- **Búsqueda y Rescate (SAR): C**uenta con el Equipamiento de Hospital, 2 Botes de rescate y salvataje y 2 Helicópteros Medianos Super Puma.

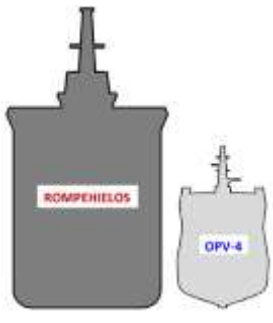
Preparación del astillero para la construcción

En base a la Ingeniería Básica del Proyecto, se establecen las necesidades de Infraestructura, dotaciones y capacitación del personal del Astillero para materializar la Obra.

- **Capacidades e Infraestructura Astillero previas a la Construcción del Rompehielos.**

La infraestructura Astillero estaba diseñada para producir Bloques de hasta 50 Toneladas y tamaño de buques del orden de las 2.500 Toneladas de TRG. Este proyecto requería producir bloques de hasta 150 toneladas y un total de 10.000 TRG., lo cual se grafica/resume en la figura 3:





	Descripción	Proyectos OPV	Proyectos Antartica I
CARACTERISTICAS	Eslora (m.)	80,60	111,00
	Manga (m.)	13,00	21,00
	Puntal a Cbta. Ppal.(m.)	6,50	10,60
	Tripulantes	30	86
	Pasajeros	30	4
	Cientificos	0	30
	Total trip/pasajeros	**60**	**120**
PARAMETROS	Acero neto	764	3.720
	Cables eléctricos (m.)	74.110	348.590
	Área pintura (m².)	32.455	130.000
	Área aislación (m².)	8.369	31.805
	Área paneles (m².)	2.041	6.984
	Área cielo falso (m².)	919	3.951

Fig 3: Buque OPV vs ANTARTICA 1

En resumen, se incrementaron las capacidades del Astillero e Infraestructura se puede apreciar en Figura 4 para Producir Bloques de hasta 150 Toneladas.



Fig 4: Diversas Inversiones en Infraestructura Astillero por 21.5 MUSD

- **Capacitación y entrenamiento del personal.**

Capacitación y entrenamiento en Nuevas tecnologías requeridas por el Proyecto.

- WPS (Welding procedure Steel)
- Homologación de Soldadores

- Nuevos Equipos y Sistemas, tales como Acústica, ICS, IBS, Ballast Water, Winterización, etc.
- Nuevas Normativas aplicable al Buque, código Polar
- Regulación de Clase L.R.S.

Nuevo Equipamiento Infraestructura

En total, se capacitaron 300 funcionarios Nacionalmente y 34 Funcionarios en el extranjero.

Construcción del proyecto

De acuerdo con las nuevas capacidades del Astillero, se define y desarrolla la Estrategia Constructiva, Plan logístico y Plan de Ingeniería de detalle convergiendo estos en el Plan de Construcción integral del Proyecto, con el objetivo que la Logística, Ingeniería y Producción se enmarquen en el Costo, Plazo y Calidad exigidos. De esta manera, tanto la adquisición del Equipamiento, Componentes y

Materiales. Van en sintonía con el Plan de Construcción, integrando el Equipamiento y Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, minimizando los trabajos sobre cabeza, rutas de ingreso, interferencias y seguridad del personal.



Fig.5: Layout Proyecto ANTARTICA 1 en Grada Lanzamiento

- **Definición de Zonas para desarrollo de Ingeniería de Producción.** El Proyecto de acuerdo a sus especificaciones técnicas y definición de espacios, se definió quebrar en 9 Zonas. Objeto efectuar el desarrollo de Ingeniería de Producción e Integración en distintos tiempos por cada una de las zonas, en sintonía con la Planificación global de la Construcción.

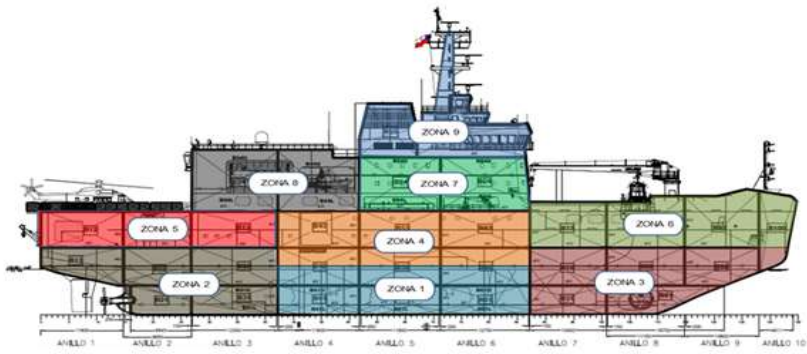


Fig.6: Zonificación del Proyecto ANTARTICA 1

- **Definición y secuencia de Armado de Bloques para desarrollo de Ingeniería de Producción**. Definidas las 9 zonas para el Desarrollo de Ingeniería de Producción, estas se dividen en Bloques, secuencia de corte, fabricación y montaje. Siendo estos los subproductos de cómo emitir la información técnica a Producción para el resto de las especialidades de Outfitting. (Trabajos de

instalación de bandejas de cables, suportaciones, cañerías, equipos menores, trabajos de pintado, etc.)

SECUENCIA DE EMISION Y ARMADO DE BLOQUES

ITEM	BLOQUE
1	B61L
	B61U
2	B51L
	B51U
3	B41L
	B41U
4	B71
5	B31L
	B31U
6	B52
7	B62
8	B42
9	B21
10	B72
11	B53
12	B32
13	B63
14	B43
15	B22
16	B73
17	B33
18	B11
19	B23
20	B12
21	B81
22	B54L
	B54U
23	B82
24	B44L
	B44U
25	B64L
	B64U
26	B83
27	B55
28	B92
29	B34L
	B34U
30	B93
31	B65
32	B100
33	B66



Fig.7: Bloques del Proyecto ANTARTICA 1

- **Definición de Planificación e Hitos principales del Proyecto.** En base a la Zonificación y Bloqueo, se establece la Planificación global del Proyecto, donde convergen las actividades de Ingeniería, Logística y Producción, siendo este un proceso iterativo y permanente durante el desarrollo del Proyecto, manteniendo el objetivo de Integrar e incorporar trabajos de Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, estableciéndose así los Hitos principales del Proyecto.

- **Definición de Estrategia Logística en línea a planificación y estrategia constructiva.** En base a la planificación del Proyecto, se enmarca el Plan Logístico, el cual incluye los compromisos de entrega de Información técnica de los proveedores para el desarrollo e integración de la Ingeniería de Producción.



Tabla 2: Secuencia Proceso Logístico

- **Definición de Estrategia Constructiva y proceso de Construcción.** La Estrategia Constructiva establece la forma de construir con el propósito de vestir al máximo los Bloques en términos de Outfitting previo al Montaje definitivo en Grada. De esta esta forma tanto el Plan logístico como el Plan de Ingeniería de Producción convergen en el Plan de Construcción integral del Proyecto. De esta manera, tanto la adquisición del Equipamiento, Componentes y Materiales. Van en sintonía con el Plan de Construcción, integrando el Equipamiento y Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, minimizando los trabajos sobre cabeza, rutas de ingreso, interferencias y seguridad del personal. Definido el Subproducto Bloque, la Ingeniería de Producción se desarrolla en forma virtual integrada para todas las especialidades como evidencia Fig 8 (Estructura, Mecánica, Electricidad y Acomodaciones). Concluido este proceso, recién ahí se emiten los documentos a Producción para materializar los trabajos interdisciplinarios.

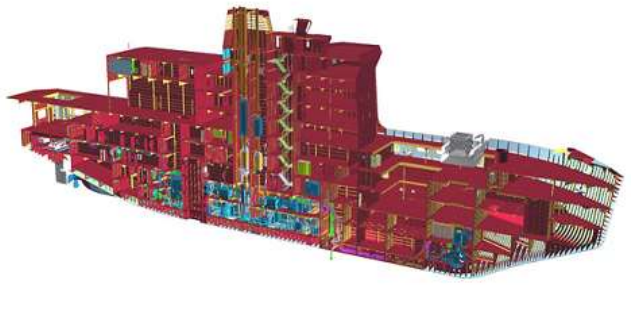


Fig. 8 Modelo Virtual Integrado con desarrollo de Ingeniería de Detalle.

Figura 9, representa los distintos stage´s definidos para el efectuar el proceso de Outfitting (Trabajos cañerías, misceláneos estructurales, equipos menores, bases, instalar pasadas de mamparos/cubiertas, preparación de superficie y pinturas, canalizaciones eléctricas, etc).

E1: Concluido el proceso de entrega estructural del Bloque tanto al Cliente como la Clase, se inician trabajos de Outftting incorporando estructuras menores y trabajos sobre cabeza (Bloques invertidos).
E2: Llevado Bloque a Pre-grada de lanzamiento; se efectúa el volteo del Bloque y da continuidad a trabajos de Outfitting .

E3: Reubicado en pre-grada, se mantiene continuidad de trabajos de Outfitting e incorporan Equipos menores además de trabajos de pintura.

E4: Preparación del Bloque para montaje definitivo y continuidad a trabajos de Outfitting y pintura.

E5: Montaje de Bloque en Grada de lanzamiento de acuerdo a secuencia de Montaje de Bloques.

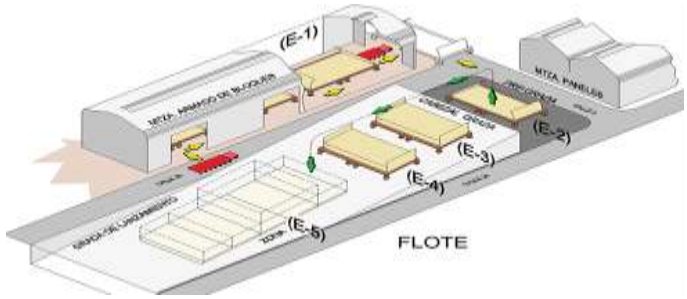


Fig. 9 : Stage definidos por Astillero para Outfitting en proceso de Bloques

4- DISCUSIÓN

- **Estado de avance actual:** Se realiza en forma mensual, para todos los procesos y subprocesos del Proyecto y obedece a un polinomio de curvas de avance desarrollado y depurado en el tiempo por el propio Astillero en base a las Construcciones anteriores. De esta forma al 31-05-2022 el avance global es de un 62.23 %.

Procesos Principales	Avance Proyectado	Avance Real
Ingeniería	97.80	96.80
Abastecimiento	88.55	88.55
Estructura	97.90	97.84
Outfitting	51.19	48.33
Pruebas	0	0
Total Proyecto	**64.09**	**62.23**



Fig 10: Resumen control avance

- **Próximo Hitos relevante del Proyecto:**
    - Proceso de Terminación Outfitting a flote.
    - Montaje y alineamiento de Generadores Principales
    - Lanzamiento.
    - Proceso de alineamiento a flote de sistema Propulsor
    - Periodo de Dique para instalación de transductores del casco, sonares, Hipap.
    - Proceso de Pruebas de Muelle y Mar y entrega.

Se estable PIP del Proyecto, donde se identifican todas las pruebas de Muelle y Mar, incluido detalle de protocolos asociados, participación de técnicos de fábrica y responsabilidades de distintas Inspectorías externas (CLASE, ITO, BANDERA).

- **Estudio de Lanzamiento.** De acuerdo al avance previsto a la fecha del Lanzamiento del Buque, se establecen las condiciones de peso estimado para el cálculo de este, junto a establecer el control de pesos abordo y sus hitos objeto enmarcarse en este. Junto a lo anterior se define el diseño de estanques de boyantes en popa y alargar quilla en proa como se aprecia en Fig 11, objeto mejorar la fuerza de empuje durante maniobra de lanzamiento y reducir las fuerzas de quebranto a la que se verá sometido.

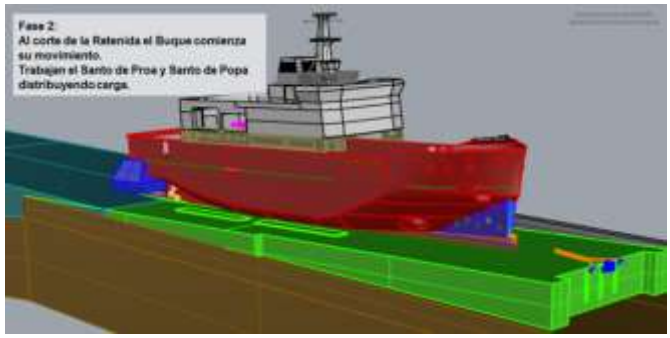


Fig.11: Buque en grada previo al Lanzamiento.

5- CONCLUSIONES

De acuerdo al avance actual del Proyecto, las principales experiencias se resumen en:

La columna vertebral del Negocio de Construcción Naval es el proceso de INGENIERIA, siendo los procesos de LOGISTICA Y PRODUCCION absolutamente dependientes y en gran parte consecuencia de ésta. Establecer formalmente los canales de COMUNICACIÓN contractualmente tanto con el cliente como con los proveedores principales, ya que estos son un dato de entrada fundamental para el proceso de Ingeniería e integración de sistemas. Necesidad de establecer una planificación integrada y permanente de los distintos procesos del Proyecto: INGENIERIA-LOGISTICA-PRODUCCION. CONTROL DEL PROYECTO E INFORMES DE GESTION: Disponer las instancias de control del Proyecto tanto en COSTOS, PLAZOS y CALIDAD en forma periódica y permanente objeto permitir la toma de decisiones y/o medidas de mitigación oportunas.

La evaluación de los riesgos del proyecto es fundamental en la determinación de las fortalezas y debilidades, objeto definir dónde concentrar el esfuerzo tanto en infraestructura como en capacitación. Capacidad de ADAPTARSE A LOS CAMBIOS Y FLEXIBILIDAD, es fundamental para adecuarse a las contingencias tanto nacionales como extranjeras, ejemplo claro de lo anterior fueron los efectos de la Pandemia. Las nuevas Capacidades en Infraestructura y experiencia del Astillero, le permite abordar proyectos de mayor envergadura y complejidad, enfocados en mantener un proceso de Construcción Naval continua para satisfacer las necesidades de la Armada de Chile, enfocados en sus unidades auxiliares en el

corto plazo, como lo son el Proyecto Escotillón, consistente en la Construcción de 2 Unidades multipropósito de 110 metros de eslora y 21 de manga.

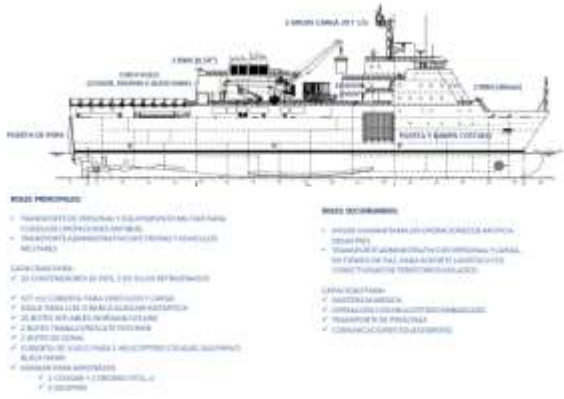


Fig. 12. Proyecto ESCOTILLON

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Circular OMI “Area SRA” del 2005 D.S. 1.190 de 1976
2. Normas y Regulaciones para la Clasificación de Buques Lloyd´s Register de Enero 2016, con las siguientes notaciones de clase: LR + 100 A1, Búsqueda/suministro buque, Clase Hielo, *IWS, + LMC, UMS, DP (AM), PC 5.
3. Convención Internacional para Control y Manejo de Agua Lastre y Sedimentos del buque (BWM) 2004 e IMO MEPC163 (56) Guía para intercambio de agua lastre en el Área de Tratado Antártico.
4. Guía IMO en Diseño y Construcción de entrada de mar bajo condiciones de hielo cubierto de nieve. MSC/Circ. 504.
5. IMO “Código Internacional para Operación de Buques en Aguas Polares (Código Polar)”, 2017.
6. Protocolo en Protección Medio Ambiental al tratado Antártico (1991).

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

ESTÁNDARES Y TRAZABILIDAD DE LOS DISEÑOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EMBARCACIONES PUMAR®

Primer Autor (Olivares Soriano, A R)[1]

[1]Departamento de Ingeniería Naval, astilleros y Maestranzas de la Armada, Planta Industrial Valparaíso, Chile.

[1]e-mail: aolivares@asmar.cl

RESUMEN

PUMAR® es la línea de botes Neumáticos y Semirrígidos fabricados por los Astilleros y Maestranzas de la Armada, en su planta industrial de Valparaíso. Desde su creación en 1992, PUMAR® ha desarrollado y producido miles de botes, pero fue solo en el año 2015, donde después de variados problemas: alto costo de producción, extensos plazos de entrega, productos únicos y bajas significativas en las ventas nacionales a manos de empresas extranjeras, se determina iniciar la estandarización de los procesos de fabricación y del diseño, en los dos modelos neumáticos, de mayor producción.

Lo anterior permitió lograr una trazabilidad en la fabricación y el diseño por consecuencia: mejorar la calidad del producto entregable, generar un ahorro de tiempo en la producción y un ahorro de costos, con el fin último de ser más competitivos, logrando reposicionar la marca en el mercado nacional e internacional.

La experiencia obtenida después de transcurridos seis años de estandarización de los diseños de embarcaciones PUMAR®, es el importante rol que cumple el Departamento de Ingeniería Naval, en la mantención de los estándares y trazabilidad de cada diseño PUMAR®, con un directo y constante trabajo con las áreas de; producción y comercial.

Palabras claves: Estándares, Trazabilidad, Diseño, PUMAR®.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es exponer el importante rol que tiene el Departamento de Ingeniería Naval de ASMAR (Valparaíso), en la estandarización y trazabilidad, de los diseños para nuestros productos PUMAR®, con el fin de entregar al cliente productos de calidad, minimizando los costos por garantía y rehecho.

2. MATERIALES Y METODOS

En el año 2015, ASMAR (V) define iniciar una renovación de los diseños PUMAR®, para cumplir este requerimiento, se realizaron grandes cambios, en las tres áreas involucradas: Comercial, Ingeniería y Producción.

Lo que se realiza por medio de: estandarización, innovación y trazabilidad.

2.1. Estandarización

El primer cambio, consiste en la estandarización, donde se actualizan y fusionan, los diseños existentes, con enfoque en los productos de mayor venta los "botes neumáticos". Este trabajo es desarrollado por el Departamento de Ingeniería, iniciando con el espiral de diseño, levantando los siguientes antecedentes existentes:

a) Cambios del diseño, generados por requerimiento del cliente, revisión del diseño, actividades de verificación, validación, requisitos legales. Los cambios del diseño y desarrollo incluyen la evaluación de cambios en las partes constitutivas y en el

producto ya entregado. Dependiendo de la magnitud del cambio, puede ser necesario dar inicio a otro diseño.

b) Se analizan las materias primas, utilizadas y se verifica que su ciclo de vida cumpla con los requerimientos de gestión ambiental, Norma ISO 14.001[1] y si es factible de mejorar se realiza el cambio.

c) Se analiza el ROL que el modelo especifico de la embarcación Neumática PUMAR®, desempeña con los distintos clientes y se aplican las mejoras detectadas.

d) Se evalúan las mejoras competitivas que son factibles de ejecutar, analizando a la competencia directa, asegurando así elementos diferenciadores, que forman parte de las fortalezas de nuestros productos.

Con este conjunto de información recopilada, se da inicio al desarrollo del diseño, generándose los nuevos modelos de embarcaciones neumáticas (ver Figuras 1 a la 6):

PUMAR® MI 585 A
PUMAR® MI 470 C
PUMAR® MI 370 IBS
PUMAR® MI 470 D
PUMAR® MI 420 P



Figura 1, PUMAR® MI 360 Instrucción, Diseño actualizado PUMAR® MI 370 IBS.



Figura 2, PUMAR® MI420 Patrulla, se actualiza diseño al PUMAR® MI 420P.



Figura 3, PUMAR® MI 470 Comando se actualiza diseño al PUMAR® MI 470C.



Figura 4, PUMAR® MI 470 Danubio, se actualiza diseño al PUMAR® MI 470D.



Figura 5, PUMAR® MI 530C, nuevo modelo basado 100%, en actual PUMAR® MI 585A.



Figura 6, PUMAR® MI 585 Asalto y Mi 585 Faena, se fusionaron en PUMAR® MI 585A.

Estos nuevos modelos son los datos de entrada para los procesos de: cotización, estimación, programación, producción, compras, subcontratos y ventas.

Como ejemplo, en el área de comercial, los nuevos modelos forman el porfolio estándar de ventas PUMAR®, a los que se les pueden incorporar una serie de accesorios, dependiendo de las necesidades del cliente.

En el área de producción, se crean estándares de construcción para cada nuevo modelo PUMAR®, definiendo:

a) Una etapa para cada secuencia de armado (ver figura 7),
b) Para cada etapa un procedimiento especifico de fabricación,
c) Cada proceso debe ser verificado por control de calidad,
d) Para cada etapa se determina un tiempo de fabricación, correspondiente a la mano de obra
e) Para cada etapa se define una cantidad de materiales.

En la figura 7, se muestra el estándar de fabricación, correspondiente al bote neumático PUMAR® MI 585A (REV 2022), en la ventana emergente del software de ASMAR, que administra los trabajos de producción PUMAR®.

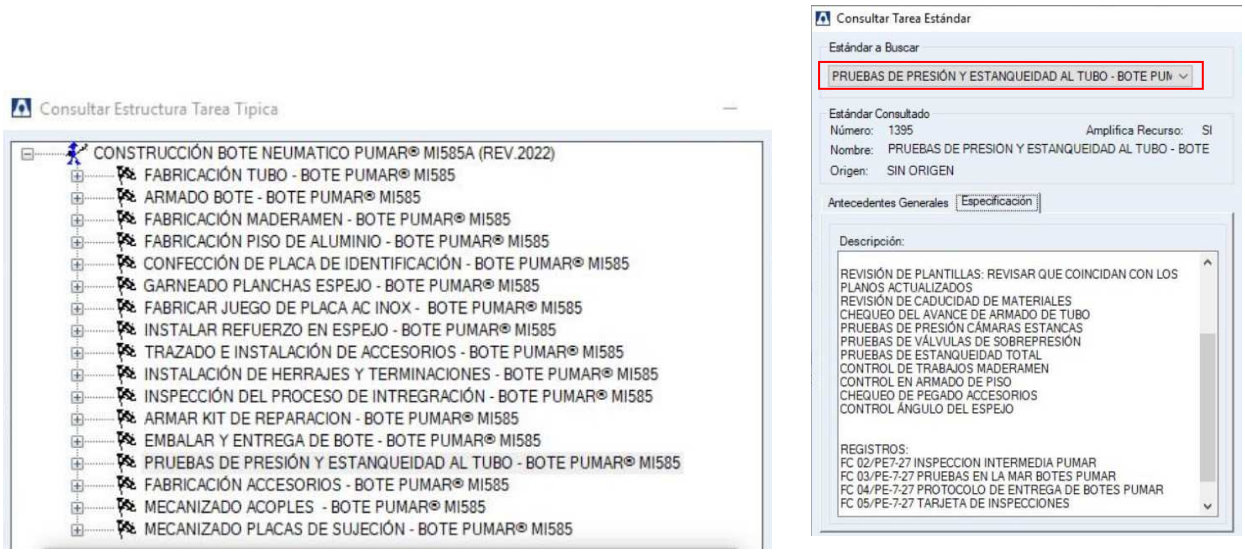


Figura 7, estándar de fabricación bote neumático MI 585A, en producción PUMAR®.

2.2. Innovación

El Departamento de Ingeniería Naval, como encargado del diseño y desarrollo de los productos PUMAR®, comparte una tarea fundamental con las áreas de Comercial y producción, que es la incorporación de nuevas tecnologías y nuevos materiales, siendo responsable su búsqueda, análisis, puesta en marcha, aplicación y validación.

Botes Neumáticos

- Nuevos tipos de adhesivos para la cobertura de Hypalon neopreno, con menos agentes contaminantes para los trabajadores y disminución de los tiempos en el proceso de pegado.
- Nuevas válvulas de inflado, sobrepresión y transferencia, de mayor precisión y con menor índice de fayas.
- Mejor aprovechamiento de material en el proceso de corte, creación de una sala de corte para todos los modelos.
- Nuevas coberturas de Hypalon neopreno, con menor espesor, manteniendo la misma resistencia mecánica y con menor costo de adquisición.

Botes Semirrígidos

- Nueva técnica de fabricación para casco, cubierta y consola, de PRFV, "Laminado por infusión al vacío", disminuye al mínimo la exposición de los trabajadores a los agentes químicos (Resinas y solventes), nuevo proceso que asegura una alta calidad final del producto, mejorando sus características mecánicas de resistencia y permitiendo una eficiente utilización de resina.

- Incorporación de nuevas mantas de fibra de vidrio, que aportan a una mayor resistencia estructural, 100% compatibles con proceso de "laminado por infusión al vacío".

2.3. Trazabilidad

ASMAR es una empresa certificada en la Norma de Calidad ISO 9001 [2], y en ella se establecen claramente los beneficios a obtener cuando la empresa cumple a cabalidad las clausulas en ellas establecidas:

"Los beneficios potenciales para una organización al implementar un sistema de gestión de la calidad basado en esta Norma internacional (ISO 9001) [2] *son:*

a. *La capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requerimientos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.*
b. *Facilitar oportunidades de aumentar la satisfacción del cliente.*
c. *Abordar los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos.*
d. *La capacidad de demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados"*

Para el cumplimiento del sistema de gestión de la calidad, ASMAR (V) genera su *"Programa de control y aseguramiento de la calidad"*, donde uno de sus *"Objetivos específicos"*, es:

"Asegurar una mayor evidencia y trazabilidad de los siguientes procesos:

a. *Determinación de requisitos y expectativas de calidad del cliente.*
b. *Liberación de productos y o servicios.*
c. *Salidas no conforme.*
d. *Tratamiento de No Conformidades (Análisis de causa raíz y acciones correctivas).*
e. *Cambios en el diseño; materiales, ingeniería, procesos productivos".*

Por esta razón el Departamento de Ingeniería, como responsable del "Diseño y desarrollo de los productos PUMAR® ", cumpliendo con la política de calidad de la empresa, tiene la obligación de respaldar cada una de las actividades definidas para la organización, planificación y control, del proceso de diseño, establecidas por medio de sus procedimiento especifico:

PE-7-41/ vig. "CONTROL DEL DISEÑO Y DESARROLLO"

Objetivo:

- *Asegurar que las actividades de diseño y desarrollo se ejecuten en forma controlada y así cumplan con los requerimientos especificados.*
    - *a) Datos Iniciales*
    - *b) Planificación y Control del Diseño*
    - *c) Datos Varios*
    - *d) DARES (Datos resultantes)*
    - *e) Revisión del Diseño*
    - *f) Verificación del Diseño*
    - *g) Validación del Diseño*
    - *h) Cambios del Diseño*
    - *i) Cierre del Diseño*

PE-7-31/vig. "CONFECCIÓN Y CONTROL DE PLANOS Y CROQUIS"

Objetivo:

- *Asegurar que las actividades de confección, modificación, aprobación, archivo y distribución de planos y croquis se ejecuten en forma controlada y así cumplan con los estándares de calidad de ASMAR (V).*

También por medio del programa de control y aseguramiento de calidad, con el objetivo de aumentar los estándares de calidad, se genera un nuevo procedimiento documentado, transversal a las subgerencias de: Comercial, Producción y Logística, enfocado directamente a los productos PUMAR®, este es el:

PE-7-181/vig. "CONSTRUCCION NAVAL DE PORFOLIO DE EMBARCACIONES PUMAR CON CAMBIOS AL DISEÑO"

Objetivo:

- *Asegurar que la comercialización, diseño y construcción de embarcaciones menores PUMAR (porfolio), cumpla con la Política de Construcción Naval Corporativa.*
- *Establecer el proceso interno que se debe seguir para asegurar que los proyectos de construcción naval menor del porfolio PUMAR, que tengan cambios a su diseño básico, sean evaluados y aprobados por el Departamento de Ingeniería Naval, certificando si los cambios son considerados mayor o menor al diseño.*
- *Asegurar que los proyectos de construcción naval menor se ajusten a marco presupuestario y a plazos estimados.*

Tal como se menciona en el PE anterior, la dirección de ASMAR, cumpliendo a lo dispuesto en su Planificación Estratégica 2017-2020, dispone para cada una de sus plantas industriales, la **POLÍTICA DE CONSTRUCCION NAVAL**, estableciendo algunas de las siguientes disposiciones, que rigen de forma específica, a ASMAR (V), al Departamento de Ingeniería de ASMAR (V) y a los productos PUMAR®:

Párrafo 2.

La actividad de Construcción Naval se desarrollará en la Planta Industrial de ASMAR (T), excepto por los productos PUMAR, desarrollados en ASMAR (V), y las balsas y pontones desarrollados en ASMAR (M).

Párrafo 6

No se cotizarán proyectos de construcción, ni se informarán ni comprometerán presupuestos, si no se cuente, para su evaluación, al menos con el diseño básico desarrollado hasta su etapa de diseño contractual. Esto es, con las especificaciones técnicas y todos los planos requeridos por la sociedad clasificadora debidamente aprobados por ésta, por el cliente y por los organismos reguladores que correspondan, lo que será validado el Departamento de Proyectos de Construcción Naval en ASMAR (T) en el caso de construcciones de embarcaciones y artefactos navales, y por el Departamento de Ingeniería Naval de ASMAR (V), en caso de productos PUMAR.

Por lo expuesto en este capítulo, se puede evidenciar el importante rol que cumple el Departamento de Ingeniería Naval de ASMAR (V), en el desarrollo Comercial, Productivo y Logístico de los productos PUMAR®, y la importancia del respaldo de sus procesos, para asegurar la trazabilidad que es el objetivo específico del aseguramiento de la calidad.

3. RESULTADO

ASMAR (V) desde la creación de su marca PUMAR®, a delegado en su Departamento de Ingeniería Naval, la responsabilidad de llevar a cabo, todas las "Actividades de diseño y desarrollo de los productos PUMAR®", todo en base a los procedimientos y políticas de calidad vigentes.

Habiendo detallado los cambios implementados en el año 2015, los siguientes puntos muestran la evolución de los productos PUMAR® en sus 30 años de vida, donde queda claramente reflejado que la tercera etapa PUMAR®, es la más productiva.

- Primera etapa : Aprendizaje y descubrimiento del arte.
- Segunda etapa : Experiencia y consolidación mercado nacional.
- Tercera etapa : Modernización basado en la estandarización.

3.1. Primera etapa PUMAR®

En la primera etapa de vida del producto PUMAR® (1998 - 2008), se diseñaban embarcaciones que cumplían a cabalidad los requerimientos del clientes, pero resultaban diseños de embarcaciones únicas y muy específicas, como fue el Semirrígido PUMAR® 540 COMBUTAC del año 2001, casco de PRFV, que por su corta Eslora, no fue utilizado en ningún otro diseño y fue descontinuado.

PUMAR® buscando ampliar el mercado, incorporo nuevos diseños de modelos neumáticos Deportivos, para clientes particulares, diseños pequeños versátiles en su aplicación y fabricados con cobertura de PVC. Como los modelos PUMAR® MI300 Paseo, y PUMAR® MI330 Deportivo, ambos del periodo 2006 al 2008. Estos diseños no lograron las ventas esperadas, y dado el elevado costo de su mano de obra, se determino descontinuarlos.

En este primer periodo ASMAR (V), ha dado forma a un producto de alta calidad, basado en su sistema de gestión de calidad, avanzando en la mejora continua de sus procesos, por esto PUMAR® se consolido como la embarcación neumática y de casco rígido, oficial de la Armada de Chile, para su empleo en labores de apoyo a unidades navales, operaciones de interdicción marítima, labores del ámbito marítimo, de la Infantería de Marina y de las Fuerzas Especiales de la Armada

Siendo las embarcaciones neumáticas más requeridas por la Armada de Chile, en este periodo, el PUMAR® MI 585 Asalto y PUMAR® MI 470 Danubio.

Las embarcaciones semirrígidas, fabricadas para la Armada de Chile, que más destacan para este periodo, son el PUMAR® AR 740 OPV y PUMAR® AR 740 BRT.

3.2. Segunda etapa PUMAR®

En esta segunda etapa de vida del producto PUMAR®, que va desde el año 2009 al 2014, es la de transición, donde la Armada de Chile sigue siendo nuestro principal cliente nacional, al que se le suma el Ejercito y Carabineros de Chile, e inicia sus primeras ventas fuera de Chile, específicamente a Ecuador y Argentina.

En cuanto a los sistemas de gestión, el Lloyd's Register Quality Assurance (L.R.Q.A.) después de auditar los procesos y gestión, recomendó nuevamente la renovación de la certificación en la Norma ISO-9001:2008 "Sistema de Gestión de la Calidad"[2], en la Norma OHSAS 18001:2007 "Sistema de Gestión de la Salud y Seguridad Ocupacional" y en la norma ISO 14001:2004 "Sistema de Gestión Medioambiental" [1], todas con vigencia hasta diciembre de 2017.

Las embarcaciones neumáticas más requeridas por la Armada de Chile, en este periodo, continúan siendo el PUMAR® MI 585 Asalto y PUMAR® MI 470 Danubio, los que pasaron a ser un equipamiento estándar para las distintas unidades a flote y terrestres.

La venta de embarcaciones neumáticas, que más destaca en este periodo, son las adquiridas por la Armada Argentina, PUMAR® MI 585 Asalto, PUMAR® MI 585 Faena, vendidos a una empresa de turismo en Ecuador, y PUMAR® MI 470 Comando para el GOPE de Carabineros de Chile.

Las embarcaciones semirrígidas, fabricadas en este periodo que más destacan son, cuatro PUMAR® AR 740 OPV, un PUMAR® WR 900 MONTT, y un PUMAR® AR 740 ES, todas para la Armada de Chile.

3.3. TERCERA ETAPA PUMAR®

En esta tercera etapa, que va del año 2015 al 2021, donde la experiencia adquirida por ASMAR (V), en los 20 años de vida del producto PUMAR®, y la necesidad de ser cada vez más competitivos en el mercado Nacional e internacional, se requería la modernización los diseños, incluyendo elementos diferenciadores y reducir los costos de producción. Por esta razón a principio del año 2015, ASMAR (V) da inicio a una estandarización de PUMAR®, lo que abarcó desde la actualización del diseño de cada modelo, hasta el análisis de todos los procesos de producción.

En el mes de diciembre del 2021, el Lloyd's Register Quality Assurance (L.R.Q.A.) después de auditar los procesos y gestión de ASMAR (V), renovó la certificación de su Sistema de Gestión en Salud y Seguridad ocupacional bajo la Norma ISO 45001[3], su Sistema de Gestión en Calidad bajo la Norma ISO 9001[2], y su Sistema de Gestión Medioambiental en la Norma ISO 14001[1]. Certificaciones que mantiene válidas para el período enero 2021 a diciembre 2023.

La Armada de Chile sigue siendo el principal cliente nacional de PUMAR®, aún cuando, en este periodo se han sumado otras Instituciones de la defensa como, el Ejercito de Chile, la Fuerza Aérea de Chile y Carabineros de Chile, así como también clientes provenientes de entidades estatales como: SERNAPESCA, MINSAL, INACH, y también clientes civiles como: Navieras y Bomberos de distintas localidades del sur de Chile, y también clientes extranjeros como: Armada de Uruguay, organización ecológica Greenpeace y empresa de turismo en Ecuador.

La venta de embarcaciones neumáticas, que más destaca en este periodo, son las adquiridas por:

- PUMAR® MI 585A, para GREENPEACE

- PUMAR® MI 530C para Ejercito de Chile,
- PUMAR® MI 470D para Bomberos de Chile,
- PUMAR® MI 420P para GOPE Carabineros de Chile,

Las embarcaciones semirrígidas, fabricadas en este periodo que más destacan son, dos PUMAR® WR 900MINSAL, tres PUMAR® WR 1250MINSAL, un PUMAR® WR1250SERNAPESCA, seis PUMAR® AR670E y un PUMAR® AR 740ES JET.

4. CONCLUSIONES

La experiencia obtenida después de transcurridos seis años de estandarización de los diseños de botes PUMAR®, nos demuestra el importante rol que cumple el Departamento de Ingeniería Naval, en la mantención de los estándares y trazabilidad de cada diseño PUMAR®, con un directo y constante trabajo con las áreas de; producción, logística y comercial.

Lo anterior permitió por consecuencia: mejorar la calidad del producto terminado, generar un ahorro de tiempo en la producción y un ahorro de costos, con el fin último de ser más competitivos, logrando mantener el posicionamiento de la marca en el mercado nacional e internacional.

5. CREFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Internacional de Normalización, "Sistema de gestión del medio ambiente", Norma ISO 14001:2015(es).
2. Organización Internacional de Normalización, "Sistema de gestión de la calidad", Norma ISO 9001:2015 (es).
3. Organización Internacional de Normalización, "Sistema de Gestión de la Salud y Seguridad en el trabajo", Norma ISO 45001:2018(es).

DISEÑO DE UN CANAL DE ENSAYOS HIDRODINÁMICOS PARA MEDIR LA RESISTENCIA AL AVANCE DE EMBARCACIONES

Jeldres Neira, F.

Armada de Chile.
e-mail: fjeldresn@gmail.com

RESUMEN

En los últimos años, la Armada de Chile ha potenciado la construcción naval con proyectos como el nuevo Buque Rompehielos de Clase Polar, los Patrulleros de Alta Mar y el Buque de Investigación Oceanográfica, los que tienen en común el notable avance tecnológico de estas unidades, así como las capacidades que debió adoptar la planta industrial ASMAR para lograr la construcción de cada proyecto. Por su parte, la Academia Politécnica Naval, formadora de los especialistas técnicos y profesionales de la Armada de Chile, durante años ha promovido la investigación, desarrollo e innovación en sus aulas, logrando insertarse en el mundo académico y, de esta forma, generar instancias para que sus alumnos se involucren cabalmente en actividades de esta índole. De la mano con lo anterior, el año 2018 alumnos de la Academia se adjudicaron recursos monetarios para llevar a cabo el proyecto denominado "Implementación de un laboratorio autosustentable de ensayos hidrodinámicos para la docencia e investigación en el ámbito marítimo", proyecto postulado al concurso del Fondo de Desarrollo Institucional del Ministerio de Educación. Este trabajo muestra el proceso de diseño que permitió implementar un Canal de Ensayos Hidrodinámicos de proporciones académicas para medir la resistencia al avance de embarcaciones a través del estudio del comportamiento de diferentes cascos a escala.

Palabras clave: Canal de Ensayos Hidrodinámicos, Docencia, Innovación, Investigación y Desarrollo, Construcción Naval.

1. INTRODUCCIÓN

La Armada de Chile ha sido protagonista de un importante auge en el área de la construcción naval durante los últimos años. De la mano de la planta industrial ASMAR se han desarrollado ambiciosos

proyectos, de los cuales el más reciente corresponde a la construcción de un rompehielos de más de 100 metros de eslora.

Lo anterior, ha logrado consolidar nuevas capacidades técnicas del personal, ha potenciado la inversión en el astillero gracias a la adquisición de modernos equipos para los distintos talleres y le ha permitido al país, y a su Armada, desarrollarse de manera más independiente. Sin embargo, generalmente el diseño básico de los buques a construir es contratado a empresas externas de ingeniería, mientras que el diseño de detalle es realizado en el astillero con ingeniería propia.

Una forma de acercar el estudio y diseño de la arquitectura naval a los Ingenieros Navales se presenta en este trabajo, cuyo objetivo general es mostrar el proceso de diseño de un canal de ensayos hidrodinámicos para medir la resistencia al avance de embarcaciones y contribuir a la docencia e investigación en el ámbito marítimo en la Academia Politécnica Naval. Este trabajo forma parte un proyecto postulado al concurso del Fondo de Desarrollo Institucional del Ministerio de Educación el año 2018 y que le adjudicó a la Academia recursos monetarios para su implementación. Con una instalación de este tipo, el desarrollo y la innovación en el ámbito marítimo se ven fuertemente potenciados, en consecuencia directa con la completa accesibilidad que tiene el país hacia el océano. Además, el canal de ensayos puede ser complementado, con el fin de no solo ser útil para embarcaciones, sino que también prototipos de toda índole en el área marítima y oceánica, como por ejemplo generadores mareomotrices, plataformas offshore y artefactos submarinos, los cuales podrían ser modelados y estudiados en un laboratorio de este tipo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Resistencia al Avance del casco de una embarcación

El casco de un artefacto naval cualquiera está sometido a una serie de fuerzas que se oponen a su desplazamiento. Estas fuerzas juegan un papel fundamental a la hora de diseñar el sistema de propulsión, por ejemplo, o bien al estudiar la estabilidad y las dinámicas de dicha embarcación. Al conjunto de todas las fuerzas que se oponen al movimiento del casco de un cuerpo flotante en aguas tranquilas – es decir, sin el efecto externo del viento, mareas, olas y/o corrientes – lo llamaremos “Resistencia Total al Avance”. Como se puede ver en la Figura 1, la Resistencia al avance se debe a

la suma de los siguientes efectos, que están relacionados entre sí: fricción, presión, viscosidad y generación de olas.

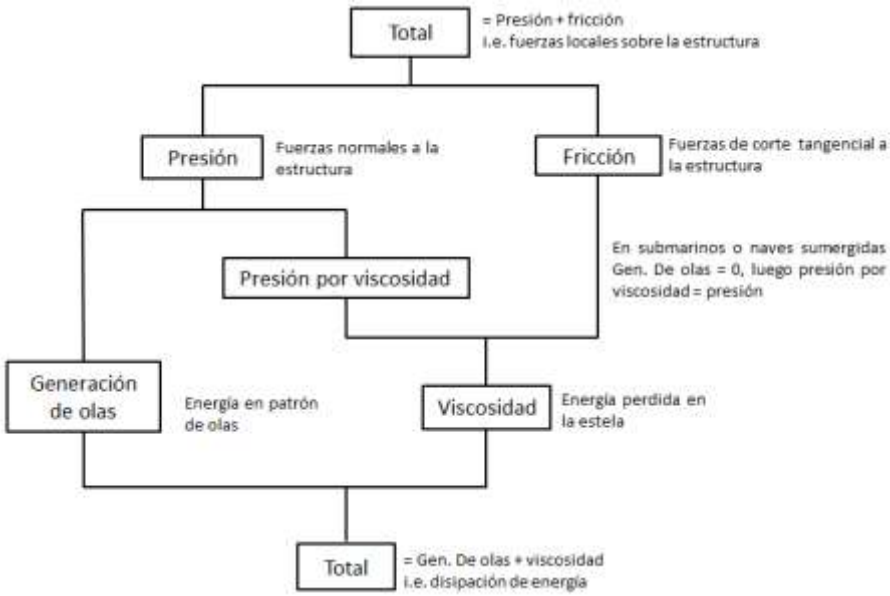


Figura 1. Componentes de la Resistencia del Casco. [1]

2.2. Modelo - Embarcación

En el siglo XIX el ingeniero hidráulico y arquitecto naval William Froude apuntó a establecer un procedimiento lo más certero posible para determinar la Resistencia al Avance que experimenta una embarcación en base a ensayos con modelos a escala. Su trabajo fundó las bases para el procedimiento establecido que un siglo después adoptó la International Towing Tank Conference, ITTC. Este último es hoy en día el modelo más utilizado por arquitectos e ingenieros navales en el mundo.

Los ensayos de modelos a escala de buques en un canal son una de las formas más utilizadas para determinar la Resistencia al Avance que experimentará un prototipo real. La experiencia indica que la Resistencia al Avance de una embarcación es función de los siguientes parámetros:

$$C_T = f\left(\frac{vL}{\nu}, \frac{v}{\sqrt{gL}}\right) = f(Re, Fr) \qquad \textbf{(1)}$$

Donde:

C_T : Coeficiente de Resistencia Total al Avance.

$Re = \frac{vL}{\nu}$: Número de Reynolds, contiene principalmente la componente de viscosidad y

$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$: Número de Froude, asociado principalmente a la generación de olas.

Para tener similitud entre las relaciones físicas de una embarcación real y su modelo a escala, se deben cumplir tres condiciones:

a) Similitud geométrica: todos los elementos λ_i dimensionales deben ser iguales, es decir:

$$\lambda = \frac{L_S}{L_M} = \frac{B_S}{B_M} = \frac{H_S}{H_M} = \cdots \quad \text{(L: eslora, B: manga, H: calado, etc.)}$$

b) Ambos Re deben ser iguales:

$$\left(\frac{vL}{\nu}\right)_S = \left(\frac{vL}{\nu}\right)_M$$

Y considerando igual viscosidad para los fluidos en que navega la embarcación real y el modelo:

$$\frac{v_S}{v_M} = \left(\frac{L_M}{L_S}\right)\left(\frac{v_S}{v_M}\right) = \left(\frac{L_M}{L_S}\right) = \frac{1}{\lambda} \qquad \textbf{(2)}$$

c) Ambos Fr deben ser iguales:

$$\left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)_S = \left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)_M \quad \Rightarrow \quad \frac{v_S}{v_M} = \frac{\sqrt{g_S L_S}}{\sqrt{g_M L_M}} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_S}{v_M} = \frac{\sqrt{L_S}}{\sqrt{L_M}} = \sqrt{\lambda} \qquad \textbf{(3)}$$

Luego, se desprende que no se pueden satisfacer las tres condiciones de similitud simultáneamente. El problema se puede reducir dejando Re o Fr constante. Luego, al observar la ecuación (3) queda en evidencia que bajo un régimen de Fr constante la velocidad del modelo a escala se reduce con respecto a la de la embarcación real, situación que es más aplicable para un ensayo en laboratorio.

3. RESULTADOS

El proyecto de diseño fue desglosado en 4 partes: el Estanque de agua, el Carro de arrastre, el Sistema de remolque y control de velocidad, y el Sistema de adquisición de datos.

3.1. Estanque de agua

Teniendo en consideración el monto total de recursos disponibles para el proyecto, así como las dependencias disponibles en la Academia para implementar el estanque y las siguientes experiencias y recomendaciones publicadas por la ITTC:

- El área de la sección transversal máxima del modelo a escala no debe exceder el 0,5% de la sección transversal del estanque.
- La eslora máxima del modelo debe ser menor o igual a dos tercios del ancho del estanque.
- La relación entre el ancho y la profundidad del estanque sea de $2:1$.
- La velocidad final del modelo debe ser mantenida por al menos el tiempo suficiente, de forma tal de asegurar una correcta adquisición de datos.

Se definieron, entonces:

$B_{TT} = 1600\ [mm]$: Ancho del Canal

$L_{TT} = 11400\ [mm]$: Largo del Canal

$D_{TT} = 800\ [mm]$: Nivel de agua del Canal

$S_{TT} = 1{,}28 \cdot 10^6\ [mm^2]$: Sección transversal del Canal

Luego, sin perder generalidad, considerando el modelo a escala como un triángulo equilátero de lado a, el área de la sección transversal, S_M, está restringida por:

$$S_M = a^2 \frac{\sqrt{3}}{4} \leq 0{,}5\% \cdot S_{TT} = 6400\ [mm^2] \quad \Rightarrow \quad a \leq 121{,}57\ [mm] \qquad \textbf{(4)}$$

Es decir, una manga del modelo limitada a $0{,}12\ [m]$.

Con las medidas del estanque definidas, se realizó el diseño en base a perfiles de acero ASTM A36 de medidas $75x75x3\ [mm]$, y planchas del mismo acero de $3\ [mm]$ de espesor, todos de fácil adquisición en el comercio y bajo costo relativo. Además, se consideró incluir dos secciones laterales de vidrio en el medio longitudinal de la estructura, para poder visualizar los fenómenos que ocurren en la superficie del agua, al interior y fondo del estanque. La estructura fue seccionada en 6 partes iguales, sobre los que se realizaron los cálculos de las principales fuerzas que actúan en ella y sus elementos.

a) Base:

Cada una de las seis secciones consideró una plancha base para ser el fondo del estanque de agua y bajo ésta una superficie en base a crucetas teniendo en cuenta una mayor distribución de los esfuerzos, como se puede ver en la Figura 2. De esta forma, se analizaron los esfuerzos sobre la plancha de acero y sobre las vigas centrales que conforman la crucet(b)a.

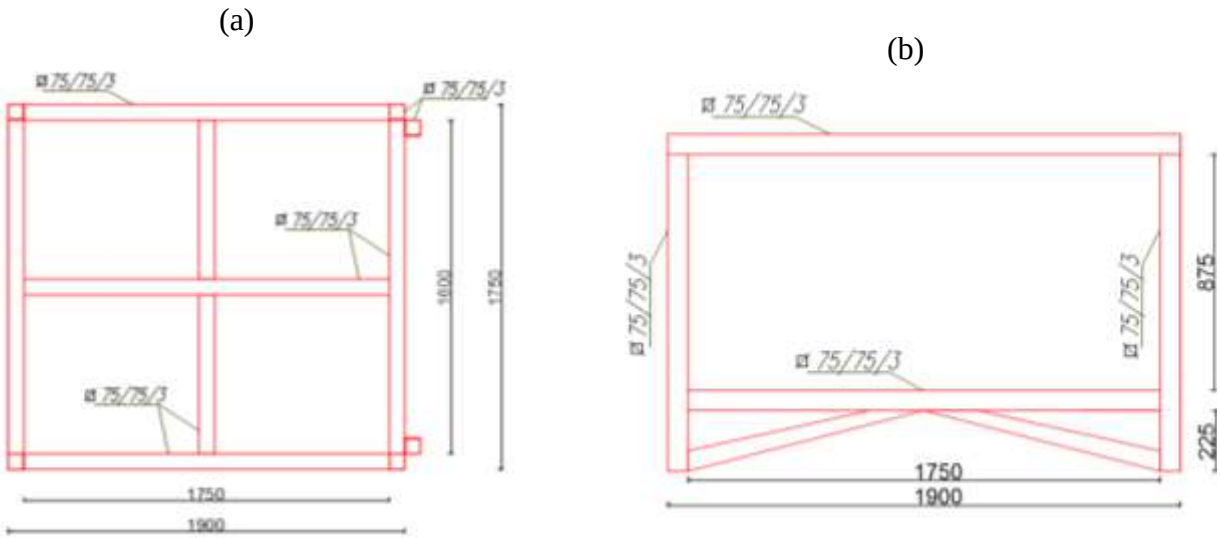


Figura 2. Esquema de una sección estructural. (a) Vista en planta de la estructura base. (b) Vista lateral de la estructura base. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la deformación en la zona sin apoyo, es decir, donde no cubre espacio la cruceta, los cálculos se hicieron dividiendo la plancha en cuatro partes iguales, de dimensiones $875\ [mm]\ x\ 800\ [mm]$ cada una. De esta forma, la carga distribuida, q_b, en cada plancha pequeña, se deduce a partir de:

$$m = \rho \cdot V = 1000\ \left[\frac{kg}{m^3}\right] \cdot (0{,}875 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8)\ [m^3] = 560\ [kg] \qquad \textbf{(5)}$$

$$q_b = \frac{Peso}{Área} = \frac{560\ [kg] \cdot 9{,}81\ \left[\frac{m}{s^2}\right]}{(0{,}875 \cdot 0{,}8)\ [m^2]} = 7848\ \left[\frac{N}{m^2}\right] \qquad \textbf{(6)}$$

El esfuerzo máximo en la plancha de acero se puede aproximar por la ecuación (7), la que considera la máxima tensión al centro del borde empotrado menor. [2]

$$\sigma_{máx,lineal} = \beta_e q_b \left(\frac{b}{h}\right)^2 \quad \textbf{(7)}$$

Con

$$\beta_e = [2(1+\alpha^4)]^{-1} = 0{,}294$$

Donde,

$\sigma_{máx,lineal}$	: Esfuerzo máximo bajo la teoría lineal
β_e	: Coeficiente adimensional, borde empotrado
$b = 0{,}8\ [m]$	: Lado menor de la plancha
$a = 0{,}875\ [m]$	: Lado mayor de la plancha
$h = 3 \cdot 10^{-3}\ [m]$	: Espesor de la plancha
$\alpha = b/a = 0{,}914$	: Relación de lados

Luego, como el acero ASTM A36 tiene un esfuerzo de fluencia de $250\ [MPa]$ y considerando un factor de seguridad de $1{,}5$ para el diseño estructural [3], se tiene que el esfuerzo admisible es de $166{,}67\ [MPa]$, por lo que, despejando el espesor, h, de la ecuación (7) se tiene que:

$$h = \sqrt{\frac{\beta_e q_b b^2}{\sigma_{adm}}} = \sqrt{\frac{0{,}294 \cdot 7848\ \left[\frac{N}{m^2}\right] \cdot (0{,}8\ [m])^2}{166{,}67\ [MPa]}} \approx 3\ [mm] \quad \textbf{(8)}$$

A modo de verificación se simuló el comportamiento de la placa en el programa SOLDIWORKS. En la Figura 3 se muestran los resultados.

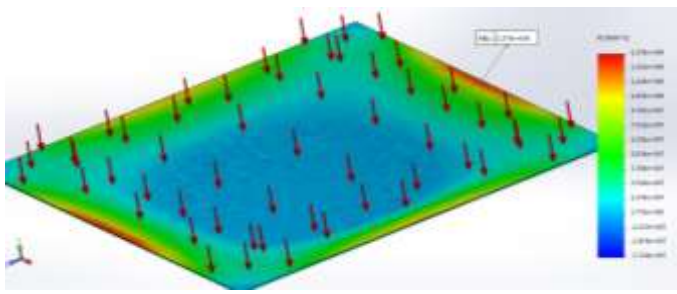


Figura 3. Gráfico del esfuerzo sobre una sección de plancha base, simulado en SOLIDWORKS

b) Vigas centrales

De la misma manera, se calculó el esfuerzo que soporta cada viga central longitudinal. La viga más larga de cada sección concentra esfuerzos importantes, ya que debe soportar el peso del agua más la plancha base.

Como cada plancha de acero de 3 $[mm]$ de espesor tiene una masa de 24 $[kg/m^2]$ y la sección tiene una plancha de aproximadamente 1,9 $[m]$ x 1,75 $[m]$, se tiene que:

$$masa\ plancha = 24\ \left[\frac{kg}{m^2}\right] \cdot 1{,}9\ [m] \cdot 1{,}75\ [m] = 79{,}8\ [kg] \qquad \textbf{(9)}$$

Y, además, la masa de agua sobre la sección equivale a:

$$masa\ agua = \rho \cdot V = 1000\ \left[\frac{kg}{m^3}\right] \cdot 1{,}9\ [m] \cdot 1{,}75\ [m] \cdot 0{,}8\ [m] = 2660\ [kg] \qquad \textbf{(10)}$$

Se tiene entonces que el peso es:

$$P = (79{,}8 + 2660)\ [kg] \cdot 9{,}81\left[\frac{m}{s^2}\right] = 26877{,}44\ [N]$$

Luego, la carga distribuida sobre la viga, q_v, es:

$$q_v = \frac{26877{,}44\ [N]}{1{,}75\ [m]} = 15358{,}54\ \left[\frac{N}{m}\right]$$

La viga se comporta como un elemento con movimientos restringidos en los bordes, ya que va soldada a la estructura. Luego, se puede realizar el diagrama de esfuerzo de corte y momento flector para verificar los puntos de la viga más tensionados [4]. La Figura 4 muestra un esquema de la viga bajo una carga distribuida.

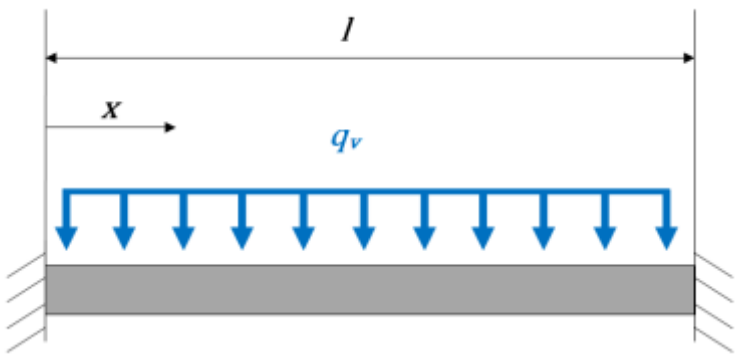


Figura 4. Esquema general de la viga cargada uniformemente. Elaboración propia.

La fuerza de corte para cualquier posición x de la viga viene dada por:

$$V_x = V_0 + \int_0^x -q_v dx = q_v \frac{l}{2} - q_v x = q_v \left(\frac{l}{2} - x\right) \quad \textbf{(11)}$$

La fuerza de corte máxima ocurre en los extremos:

$$V_{máx} = \frac{15358{,}54 \left[\frac{N}{m}\right] \cdot 1{,}75\ [m]}{2} = 13438{,}72\ [N]$$

Por otro lado, el momento flector en cualquier posición x de la viga viene dado por:

$$M_x = M_0 + \int_0^x V_x dx = M_0 + \int_0^x q_v \left(\frac{l}{2} - x\right) dx = -\frac{1}{12} q_v l^2 + q_v \left(\frac{l}{2} x - \frac{x^2}{2}\right) \quad \textbf{(12)}$$

O bien,

$$M_x = \frac{q_v}{12}(6lx - l^2 - 6x^2) \quad \textbf{(13)}$$

Donde se utilizó el hecho que:

$$M_0 = -\frac{1}{12} q_v l^2 \quad \textbf{(14)}$$

Luego, el momento flector máximo ocurre en los bordes empotrados:

$$M_{máx} = -\frac{q_v}{12} l^2 = -\frac{15358{,}54 \left[\frac{N}{m}\right]}{12} (1{,}75\ [m])^2 = -3919{,}63\ [Nm]$$

Además, para un perfil cuadrado hueco de dimensiones $75x75x3\ [mm]$, el momento de inercia viene dado por:

$$I = \frac{1}{12}[(lado\ exterior)^4 - (lado\ interior)^4] = \frac{1}{12}[(0{,}075\ [m])^4 - (0{,}069\ [m])^4]$$

$$I = 7{,}48 \cdot 10^{-7}\ [m^4]$$

Y la deflexión máxima en el centro se calcula a partir de:

$$w_{máx} = \frac{q_v l^4}{384EI} = \frac{15358{,}54 \left[\frac{N}{m}\right] \cdot (1{,}75\ [m])^4}{384 \cdot 200\ [GPa] \cdot 7{,}48 \cdot 10^{-7}\ [m^4]} \approx 2{,}5\ [mm] \quad \textbf{(15)}$$

Finalmente, simulando la estructura soportando el peso del agua y de la plancha base, sobre todos los perfiles y el perímetro completo de una sección de la estructura, se obtiene un esfuerzo máximo de $31{,}58\ [MPa]$ y una deformación vertical máxima menor a $0{,}5\ [mm]$, como se ve en la Figura 5.

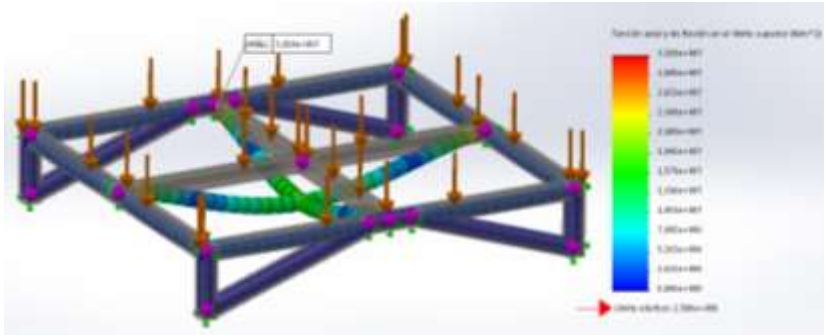


Figura 5. Simulación en SOLIDWORKS de los esfuerzos sobre una sección de la estructura.

c) Vidrios

Los estudios en torno a las propiedades del vidrio son bastante más acotados.

El vidrio templado ha sufrido tratamientos térmicos para aumentar su resistencia, es ampliamente usado como vidrio de seguridad y de fácil adquisición, por lo que es preferible en este caso para soportar la presión hidrostática del estanque de agua. Distintas normas orientan sobre la resistencia que puede tener el vidrio templado, por lo que se tomará el promedio de ellas a modo de referencia, equivalente a 66 $[MPa]$.

Para una placa cualquiera sumergida en un fluido se definen los siguientes conceptos ilustrados en la Figura 6:

$C.O.P.$	: Centro de presión (del inglés, Center of Pressure)
y_P	: Posición vertical del C.O.P.
$a = 1{,}75\ [m]$	: Lado mayor de la placa
$b = 0{,}875\ [m]$	: Lado menor de la placa
h	: Espesor de la placa
s	: Profundidad mínima del cuerpo
q_p	: Carga máxima distribuida sobre la placa vertical
F_R	: Fuerza hidrostática resultante
P_C	: Presión en el centroide de la placa

A : Fuerza de reacción en el borde superior

B : Fuerza de reacción en el borde inferior

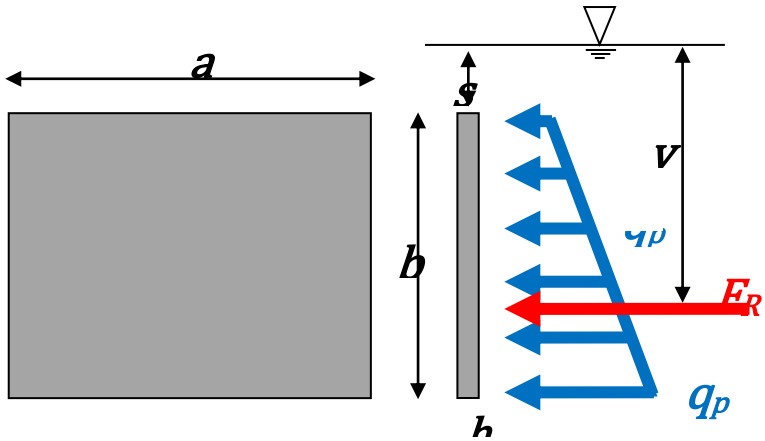


Figura 6. Esquema básico de una placa de vidrio sumergida en un fluido. Elaboración propia.

Para el caso del estanque del Canal, la placa no está sumergida en su totalidad, por lo que el valor de s es negativo. Luego, para el sistema anterior, se cumplen las relaciones de la Tabla 1.

Tabla 1. Relaciones para la placa sumergida de la Figura 6.

$F_R = \rho g a b \left(s + \frac{b}{2}\right)$	$y_P = b - \frac{s+b}{3}$	$A = F_R - B$
$q_p = 2\frac{F_R}{s+b}$	$B = \frac{F_R \cdot y_P}{b}$	$\sigma_{máx} = \frac{M_{máx} \cdot \frac{h}{2}}{I}$

Se aplicó el método de las secciones para determinar las fuerzas cortantes y los momentos flectores para distintos espesores de placa. El siguiente código en Matlab permite obtener los resultados que a continuación se muestran:

```
clear all
close all
clc

ro=1000;
g=9.81;
s=-0.075;
b=0.875;
a=1.75;
h5=5e-3;
h8=8e-3;
h10=10e-3;
```

```
% Segundo corte:
V2=zeros(1,length(x2));
M2=zeros(1,length(x2));
for i=1:length(x2)
V2(i)=A-
0.5*q*((x2(i)+s)^2)/(s+b);
M2(i)=(0.5*q*((x2(i)+s)^2)/(s+
b))*(-
s+2/3*(x2(i)+s))+V2(i)*x2(i);
end

V=[V1 V2];
```

```
h12=12e-3;
h15=15e-3;
h19=19e-3;

Fr=ro*g*a*b*(s+b/2);
q=2*Fr/(s+b);
Yp=b-(s+b)/3;
B=Fr*Yp/b;
A=Fr-B;

x1=linspace(0,-s,200);
x2=linspace(-s,b,800);
x=[x1 x2];

% Primer corte:
V1=zeros(1,length(x1));
M1=zeros(1,length(x1));
for i=1:length(x1)
V1(i)=A;
M1(i)=V1(i)*x1(i);
end
```

```
M=[M1 M2];
Mmax=max(M)
I5=(1/12)*a*h5^3;
I8=(1/12)*a*h8^3;
I10=(1/12)*a*h10^3;
I12=(1/12)*a*h12^3;
I15=(1/12)*a*h15^3;
I19=(1/12)*a*h19^3;


Smax5=Mmax*h5/2/I5
Smax8=Mmax*h8/2/I8
Smax10=Mmax*h10/2/I10
Smax12=Mmax*h12/2/I12
Smax15=Mmax*h15/2/I15
Smax19=Mmax*h19/2/I19

plot(x,V)
hold on
plot(x,M)
```

$\sigma_{máx,5\,[mm]} = 84{,}08\ [MPa]$	$\sigma_{máx,10\,[mm]} = 21{,}02\ [MPa]$	$\sigma_{máx,15\,[mm]} = 9{,}34\ [MPa]$
$\sigma_{máx,8\,[mm]} = 32{,}84\ [MPa]$	$\sigma_{máx,12\,[mm]} = 14{,}60\ [MPa]$	$\sigma_{máx,19\,[mm]} = 5{,}82\ [MPa]$

Con la información anterior, y teniendo en consideración un factor de seguridad de 4,5, casi el doble de lo recomendado en [5], se deciden utilizar placas de 12 $[mm]$ de espesor.

3.2. Carro de arrastre

El diseño de la estructura del Carro de arrastre está hecho a partir de perfiles rectangulares de sección 80 [mm] x 40 [mm] de aluminio AA6063-T5, aleación ampliamente utilizada en la industria, debido a su alta resistencia a los esfuerzos mecánicos y a la corrosión. [6]

El Carro abarca el ancho completo del Canal y se fija por un lado a una guía lineal, mientras que por el otro lado se apoya sobre dos ruedas con núcleo de aluminio y banda de poliuretano. Un esquema general del Carro se puede ver en la Figura 7.

(a) (b)



Figura 7. Esquema general del Carro apoyado sobre las dos ruedas de aluminio y banda de poliuretano, además de sus respectivas horquillas fijas. (a) Esquema general, vista isométrica. (b) Ruedas de apoyo del Carro. Elaboración propia.

Por su parte, la guía lineal consta de un perfil de aluminio AA6063-T5 tipo C de sección 80 [mm] x 40 [mm] que está apernado a la parte superior de la estructura del Canal y recorre toda su longitud. Sobre el perfil tipo C, dos bases rectangulares que soportan el Carro tienen 6 ruedas de policarbonato. En la Figura 8 se muestra un esquema general de la guía lineal.

(a) (b)

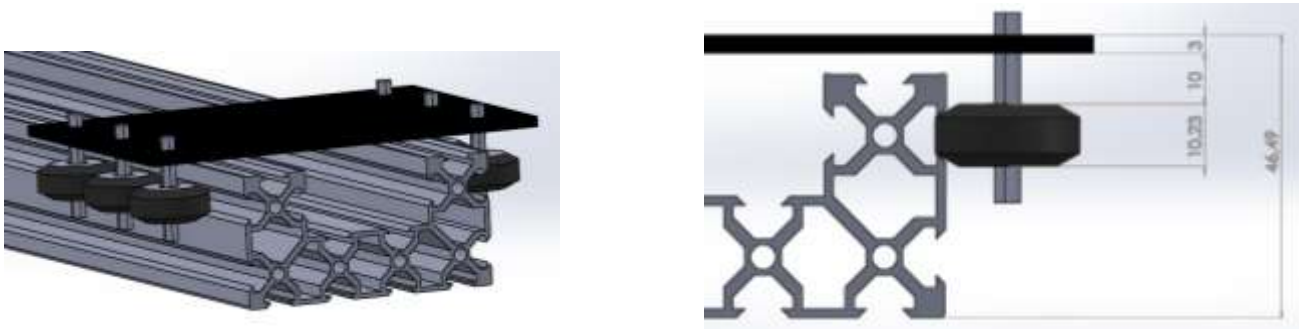


Figura 8. Esquema general de la guía lineal con una base rectangular y sus 6 ruedas de policarbonato. (a) Vista en ángulo. (b) Vista frontal, cotas. Elaboración propia.

3.3. Sistema de remolque y control de velocidad

Recordando que:

$$\lambda = \frac{B_S}{B_M} \qquad \frac{v_S}{v_M} = \sqrt{\lambda} \qquad a \leq 0,12\ [m]$$

se pueden determinar los parámetros geométricos de distintos modelos a escala, así como su velocidad y número de Froude. Tomando como base algunos parámetros de buques de la Armada de Chile, se genera la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de algunos buques de la Armada de Chile. [7]

	Fragata tipo 23	Fragata tipo L	Fragata tipo M	Patrullero OPV	Barcaza clase Batral	Remolcador ATF	Lancha LSG
Eslora buque $[m]$	133	130,5	123,7	80,6	79,4	58,3	33
Manga buque $[m]$	16,1	14,6	14,37	13	13,5	12,2	6,6
$\lambda = \frac{Manga\ buque}{Manga\ modelo}$	134	122	120	108	112	102	55
Eslora modelo $[m]$	0,99	1,07	1,03	0,75	0,71	0,57	0,6
Manga modelo $[m]$	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
$v_M = \frac{v_S}{\sqrt{\lambda}}\ [m/s]$	0,67	0,70	0,70	0,74	0,73	0,77	1,03
$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$	0,215	0,216	0,220	0,273	0,277	0,326	0,425

Luego, manteniendo un margen para la velocidad de remolque de hasta el doble de la máxima estimada en la Tabla 2, se tiene que el sistema debe ser capaz de remolcar el Carro hasta una velocidad lineal de 2 $[m/s]$.

Por otro lado, considerando el coeficiente de roce de las ruedas de poliuretano y policarbonato con metal (0,5 y 0,3 respectivamente), la masa del Carro (14,175 kg) y las siguientes cinco fuerzas que el sistema de remolque debe vencer:

F_1, F_2 : Fuerzas de fricción debido a las dos ruedas de apoyo.

F_3, F_4 : Fuerzas de fricción debido a los dos puntos de apoyo de la guía lineal.

F_5 : Resistencia al avance del modelo.

F : Fuerza de remolque.

Se tiene que:

$$F_1 = F_2 = \mu \cdot \frac{N}{4} = 0{,}5 \cdot \frac{14{,}175\ [kg] \cdot 9{,}81\ \left[\frac{m}{s^2}\right]}{4} = 17{,}38\ [N] \qquad \textbf{(16)}$$

$$F_3 = F_4 = \mu \cdot \frac{N}{4} = 0{,}3 \cdot \frac{14{,}175\ [kg] \cdot 9{,}81\ \left[\frac{m}{s^2}\right]}{4} = 10{,}43\ [N] \qquad \textbf{(17)}$$

Consolidando la información publicada en [8], [9], [10], [11], [12], [13] y [14], se puede estimar que este Canal tendrá valores de resistencia al avance no mayores a 30 [N], por lo que, considerando factores de seguridad al cálculo se establecerá un valor máximo de F_5 igual a 50 [N].

De esta forma, para que el Carro avance con velocidad constante la fuerza de remolque viene dada por:

$$\sum_i F_i = F - F_1 - F_2 - F_3 - F_4 - F_5 = 0 \qquad \Rightarrow \qquad F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = 105{,}62\ [N]$$

Luego, si la velocidad lineal máxima del Carro es de 2 $[m/s]$, la potencia de remolque, P_R, debe ser:

$$P_R = F \cdot v = 105{,}62\ [N] \cdot 2\ [m/s] = 211{,}24\ [W] \qquad \textbf{(18)}$$

Para tener control sobre un motor de inducción, se consideró un Variador de Frecuencia, VFD, capaz de ajustar la velocidad de salida del motor eléctrico.

Se debe tener en cuenta, que cada uno de los elementos descritos anteriormente tiene pérdidas de energía asociadas, cuya eficiencia, η, aproximada se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Eficiencia de los elementos asociados. [15], [16], [17]

Equipo	$\boldsymbol{\eta}$
Motor de inducción comercial	65%
Reductor de velocidad	$>$ 89%
VFD	$>$ 74%
Polea con cable	$>$ 90%

De esta manera, la potencia máxima requerida para el motor viene dada por:

$$P_M = \prod_i \frac{P_R}{\eta_i} = 211{,}24\ [W] \cdot \frac{1}{0{,}6} \cdot \frac{1}{0{,}89} \cdot \frac{1}{0{,}74} \cdot \frac{1}{0{,}9} \approx 594\ [W] \qquad \textbf{(19)}$$

Además, siguiendo un esquema típico de dimensionamiento de la potencia de un motor eléctrico, se debe aumentar en un 20% el valor calculado y luego aproximar al equipo más cercano de mayor potencia disponible en el comercio. Entonces, [18]

$$P_M = 594\ [W] \cdot 1{,}2 = 713\ [W] = 0{,}96\ [HP] \approx 1\ [HP]$$

3.4. Sistema de adquisición de datos

El objetivo del Sistema de Adquisición de Datos es, no solo capturar y almacenar toda la información proveniente de los distintos sensores, sino que también procesarla y mostrarla al usuario de forma simple y útil.

Se utilizaron elementos de electrónica de bajo costo relativo y fácil adquisición en el comercio local. Los componentes principales son los siguientes:

- Tarjeta Arduino:

  Actúa como placa base para conectar los demás dispositivos, recibir, procesar y entregar la información necesaria.
- Módulo Wifi:

  Permite enviar la información a otra estación de trabajo que será la encargada de recibir todos los datos enviados por la tarjeta Arduino desde los distintos sensores del Canal, procesarla y mostrar los resultados en una pantalla de TV.
- Celda de carga y Conversor A/D:

  Corresponde a un transductor que convierte una fuerza mecánica en una señal eléctrica, a través de una o más galgas que posee en su interior dispuestas en un puente Wheatstone. Esta configuración permite detectar de forma muy precisa pequeños cambios en la resistencia eléctrica de un conductor, provocadas tras someterlo a tensión.

  Se utilizó un conversor A/D para que el microcontrolador Arduino interprete los datos de la Celda de carga.
- Sensor de temperatura:

  La sonda de temperatura se utilizará para medir la temperatura a una profundidad igual a la mitad del calado del modelo a escala, según lo recomendado por la ITTC.
- Sensor de ultrasonido:

Se utilizará el sensor de ultrasonido para que el motor se detenga cuando el Carro haya llegado al final del Canal.

4. DISCUSIÓN

Fue posible implementar un laboratorio de estas características con recursos muy limitados comparativamente a las evaluaciones económicas de proyectos de esta índole.

El proyecto de implementación del Canal de Ensayos Hidrodinámicos para medir la Resistencia al Avance de embarcaciones fue ejecutado durante el año 2019 y 2020, permitiendo su inauguración y entrega oficial a la Academia.

Se plantearon las potenciales capacidades factibles de ser implementadas en el laboratorio con el objetivo de promover su mejora continua.

5. CONCLUSIONES

Se elaboró el diseño y las especificaciones técnicas del estanque de agua del Canal de Ensayos Hidrodinámicos, permitiendo su implementación a bordo de la Academia Politécnica Naval.Fue posible diseñar el Carro de arrastre y el Sistema de remolque y control de velocidad, logrando combinar los requerimientos técnicos, las limitaciones físicas y los recursos disponibles. El Sistema de adquisición de datos fue diseñado, implementado y probado a través de un software y un hardware Open Source, permitiendo así su futura manipulación si se requiere, sin la necesidad de destinar recursos para comprar licencias o para contratar servicios de ingeniería.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOLLAND A., TURNOCK, S., et al, Ship Resistance and Propulsion, Reino Unido: Cambridge University Press, 2011, pp. 14.
2. MASSA, J., GIRÓ J., et at, Compendio Cálculo Estructural II, Argentina: FCEFyN y UNC, 2015, pp.74.
3. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. Design Examples. [En línea]. Actualizada: 2011. [consulta: 2 marzo 2019]. Disponible en: https://www.aisc.org/globalassets/aisc/university-programs/teaching-aids/first-semester-design-examples.pdf
4. GERE J., GOODNO B., Mecánica de Materiales. México: Cengage Learning Editores, 2009.
5. WURM J., Glass Structures. Berlín: Birkhäuser. 2007.

6. TORRES E., ARBELÁEZ J., Caracterización de Aleación de Aluminio AA6063-T5 Mediante Microscopía Óptica, Electrónica de Barrido y Electrónica de Transmisión. Medellín: Revista Colombiana de Materiales N° 5, Congreso Internacional de Materiales, 1 noviembre 2013, pp. 59-64.
7. ARMADA DE CHILE. Nuestras Fuerzas [En línea]. [consulta: 15 julio 2019]. Disponible en: https://www.armada.cl /armada/nuestra-armada/nuestras-fuerzas/2019-04-15/090813.html.
8. INTERNATIONAL TOWING TANK CONFERENCE [En línea]. Actualizada: 30 diciembre 2015. [Fecha de consulta: 10 abril 2019]. Disponible en: https://ittc.info /media/5732/towing_tank.pdf.
9. RAHIM, A. Resistance Test Model Report [En línea]. Actualizada: 03 julio 2019. [Fecha de consulta: 03 julio 2019]. Disponible en: https://www.academia.edu/ 5479251/Resistance_Test_Model_Report.
10. OLIVIERI A., PISTANI F., et at, Towing Tank Experiments of Resistance, Sinkage and Trim, Boundary Layer, Wake, and Free Surface Flow Around a Naval Combatant Insean 2340 Model [En línea]. Actualizada: septiembre 2001. [consulta: 03 julio 2019]. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org /a25f/a72a64bd18743909a96fd0bfcdcacdd34ba1.pdf.
11. DURGUN O., KAFALI K., Blockage Correction, Gran Bretaña: Pergamon Press, 1991, pp.10.
12. INTERNATIONAL TOWING TANK CONFERENCE [En línea]. Actualizada: 2002. [consulta: 1 junio 2019]. Disponible en: https://ittc.info/media/1818/75-02-02-02.pdf
13. MOLLAND A., TURNOCK, S., et al, Ship Resistance and Propulsion, Reino Unido: Cambridge University Press, 2011, pp. 444.
14. INTERMEC S.A., Transmisión de Potencia Poleas en "V", Colombia, 2013.
15. MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES DE CANADÁ, Variable Frequency Drives: Energy Efficiency Reference Guide [En línea]. Actualizada: 05 enero 2016. [consulta: 30 mayo 2019]. Disponible en: https://www.nrcan.gc.ca/ energy/products/reference/15362
16. CLIMBING TECHNOLOGY. Duetto [En línea]. [consulta: 30 mayo 2019]. Disponible en: https://www.climbingtechnology.com/es/outdoor-es/poleas-y-bloqueadores/poleas/duetto.
17. GUEVARA, C. ¿Cómo incrementar la eficiencia de los motores de inducción? [En línea]. [consulta: 16 agosto 2019] Disponible en: http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1169&edi=62&xit=como-incrementar-la-eficiencia-de-los-motores-de-induccion.
18. INTERNATIONAL TOWING TANK CONFERENCE [En línea]. Actualizada: septiembre 2014. [Fecha de consulta: 3 junio 2019]. Disponible en: https://ittc.info/media/4056/75-02-02-021.pdf.

EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL EN ASMAR

Massoglia Vargas Manuel Alberto

Astilleros y Maestranzas de la Armada, ASMAR Talcahuano-Chile
mmassogliav@ASMAR.cl

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo, exponer cómo Astillero y Maestranza de la Armada (ASMAR) Chile, ha evolucionado en las capacidades de Construcción Naval desde los años 1960 a la fecha y sus próximas inversiones, esto, con el fin de mejorar la calidad de sus productos y las condiciones del trabajo, tanto ambientales como de seguridad del personal, los procesos involucrados en esta presentación son los de Ingeniería y Producción, estos desarrollos fueron apoyados por distintos planes para asegurar el éxito de estas mejoras, que detallaremos en el presente trabajo.

1- INTRODUCCIÓN - POBRE

Frente a los continuos desarrollos e innovaciones tecnológicas en el mundo de la Construcción Naval, el Astillero y Maestranza de la Armada (ASMAR) decidió que desarrollaría en su astillero de Talcahuano las capacidades de Construir los Buques que la Armada de Chile requiriera, como también necesidades de clientes externos, este camino fue llevado a cabo con el pasar de los años caminando por los distintas herramientas que el mercado entregaba a los Astilleros y hoy nuestra Empresa está en un nivel de desarrollo a nivel mundial.







2- MATERIALES Y METODOS

Definido el mercado en el cual el Astillero participaría, se definió en un plan de desarrollo de las distintas areas del negocio de la Construcción Naval, es decir, Ingeniería, Logística y Producción, en tabla 1 se detalla cronológicamente los eventos principales.

Años	Capacidades	METODOS/COMENTARIOS
1963-1982	Convencional	Ingeniería desarrollada manualmente
		Sala de Gálibos
		Construcción Pieza a Pieza
1982-2016	CAD/CAM	Ingeniería 2 D Construcción por Bloques
2017-2022	CAD/CAM/CAE	Sistema Integrado 3D.
		Construcción Integrada

Tabla 1: Cronología del Desarrollo del Astillero VA ARRIBA

~~1.~~ 3 RESULTADOS

1.1 Evolución de la Ingeniería

1.1.1 Generación de Planos en Papel

• Entre los años 1963 al 1982 el desarrollo de la Ingeniería para Producción de los distintos Proyectos Navales se materializaba en tableros de dibujo, todo esto en 2D y con una baja integración de los sistemas del buque y para el proceso de la estructura principal, se trabajaba con el apoyo de una sala de trazado, en donde se dibujaba el buque en el suelo escala 1:1 con el fin de obtener las piezas, plantillas y formeros para la construcción de la estructura principal y para la fabricación de los sistemas mecánicos, la información era referencial y había que esperar tener la estructura principal construida, para hacer el levantamiento de esta, mediante alambres maleables y proceder a levantar los recorridos de los sistemas en estas plantillas y para el caso de la sala de máquinas se construía una maqueta a escala para así poder asegurar la posición de equipos, tableros, las distintas cañerías y sistemas eléctricos de la sala de máquinas.



Fig. 1 Sala de Dibujo



Fig. 2 Sala de Dibujo



Fig. 3 sala de Gálibos -Trazado y Plantillas

1.1.2 Incorporación de Sistemas CAD/CAM

Entre los años 1982 al 1996 ASMAR tomo la decisión de incorporar a su Departamento de Diseños, los Sistemas de Dibujo Asistido por Computador y Manufactura Asistida por Computador.

1.1.2.1 El Dibujo Asistido por Computador, en esos años esta herramienta permitía solo el dibujo de un proyecto, no un diseño como es en la actualidad, pero permitió dar un salto importante con el abandono del dibujo manual, el sistema incorporado fue AutoCAD en red, el primero instalado en Sud-América.

1.1.2.2 La Manufactura Asistida por Computador, que se incorporó fue el Sistema de Control Numérico, desarrollado por el Astillero Emaq de Rio de Janeiro, la cual permitía en un lenguaje propio, el ingreso de formas del Buque(mediante un digitalizador se ingresaba el plano de líneas del buque) y este paquete tenía las herramientas para alisar las formas, generar las piezas planas, desarrollar las planchas del casco y sus respectivas plantillas de conformados, nestificado de planchas para su posterior corte en maquina CNC y las contracurvas para el conformado de perfiles curvos(transversales/longitudinales) de la estructura del buque, además incorporó en sus procesos de producción equipamiento como: Máquina de corte automática CNC, Prensa para conformado de planchas y Curvadora de perfiles, mejorando con ello la capacidad de producción llegando a construir 48 buques, entre los que se destacan Barcazas, Pesqueros, Buques de Pasajeros, Lanchas y Patrulleros, la metodología era fabricar los bloques estructurales y posterior a su montaje la instalación de los sistemas.





Fig. 4 Microcomputadores con AutoCAD



Fig.5 Digitalizador

1.1.3 Sistema Foran

En el año 1996 ASMAR adquirió el Sistema FORAN, un software de diseño naval que posee herramientas de CAD/CAM/CAE Naval creado por SENER España, para el diseño y producción de cualquier tipo de buque y artefacto navales. Es un sistema multidisciplinar e integrado, que puede ser utilizado en todas las fases de diseño y producción del buque. El Sistema recoge toda la información en una base de datos única, permite crear eficientemente un detallado modelo 3D virtual del barco a partir del cual es posible obtener, de forma automática, toda la información que requiere su fabricación y montaje.



Fig. 6 Sistema CAD/CAM/CAE



Fig. 7 Modelo 3D Proyecto Rompehielos

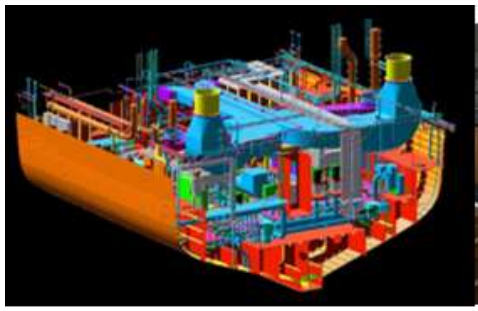




Fig. 8 Modelo 3D SSMM RH **Fig. 9 Ing. Depto. Diseños**

1.2 Evolución de Producción

1.2.1 Elaboración Manual

Entre los años 1963 al 1982, los proyectos ejecutados fueron en los talleres de Producción procesados manualmente, es decir todas las piezas estructurales planas, se traspasaron a las planchas copiando la plantilla elaboradas por la sala de trazado y se corte manual, las piezas con formas se elaboraron formeros y sobre ellos se le dieron las formas con calos y su corte final, esta para las planchas de casco y perfiles con forma, los sistemas mecánicos con la elaboración de plantillas de alambre.

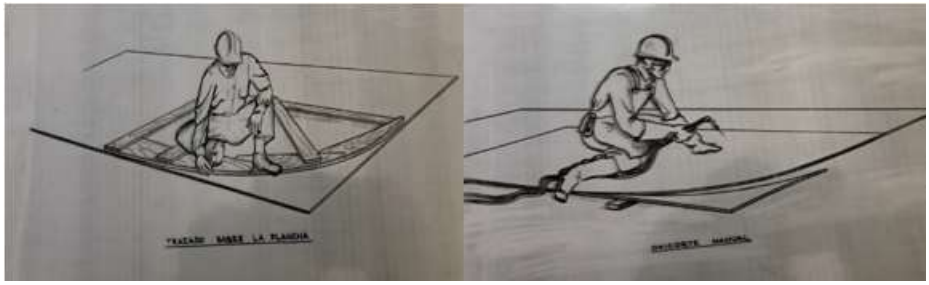


Fig. 10 Trazado y corte Manuel de Piezas con apoyo de Plantillas

Construcciones con Elaboración Manual



Fig. 11 Transbordador



Fig. 12 Barcaza Transporte Ligero

1.2.2 Sistema Control Numérico

El año 1982 hasta el 1996 debido a la incorporación de la tecnología CAD/CAM, incorporó en sus procesos de producción equipamiento como: Máquina de corte CNC, Prensa para conformado de planchas ,Curvadora de perfiles y una Línea de Perfiles Rectos, siendo esto en su tiempo un gran salto tecnológico para el Astillero, pero dada la herramienta que se utilizada para el diseño(CAD), los sistemas mecánicos aun había que apoyarse fuertemente con plantillas para su elaboración, por lo que logramos construir os proyectos por bloques, peor con un bajo outfitting de estos.



Fig. 13 Prensa



Fig. 14 Curvadora de Perfiles





Fig. 15 Maquina de Corte **Fig. 16 Montaje Bloque sin Outfitting**

Construcciones con CAD/CAM





Fig. 17 Buque de Transporte Carga- Pasajeros – **Fig. 18 Pesqueros de Cerco y Arrastre**

1.2.3 Foran

Con la incorporación de esta herramienta en el Departamento de Ingeniería, a Producción le permitió abandonar el tema de las plantillas para los sistemas mecánicos y comenzar su elaboración de estos en paralelo con la construcción de los distintos bloques estructurales, pero por las limitaciones que se mantenían en capacidades de traslado (50 Ton.) y de levante de bloques (70 Ton.) no permitía pensar en la incorporación de equipos o sistemas en los bloques en construcción, debiendo efectuarse el Outfitting recién cuando el bloque se encontraba en grada en su posición definitiva.



Fig. 19 Sistema Traslado



Fig. 20 Sistema Levante

Construcciones con Elaboración Foran



Fig. 21 Buque Oceanográfico



Fig.22 Patrullero Multipropósito – Islandia

1.2.4 Producción HOY

Con la existencia en el Departamento Ingeniería del Sistema Foran que permite obtener un detallado modelo 3D de los proyectos lo cual permite obtener toda la información que requiere Producción para la construcción estos, el Tsunami el 2010 y los requerimientos de la Armada de Chile, impulsó al Astillero a elaborar distintos planes con el fin de posicionar en lo más alto posible a nuestro astillero y permitir con ello satisfacer a los requerimientos de nuestro Cliente, a continuación detallo las planes materializados:

1.2.5 Plan de Inversiones

El daño ocasionado por el Terremoto/Tsunami del 2010 y las capacidades existentes disponible, hacían inviable la Construcción del Proyecto Rompe-Hielo, como los otros proyectos solicitados por

la Armada, ante lo cual la empresa decidió dar el salto definitivo en la mejora de sus procesos e instalaciones, las inversiones más relevantes se destacan:

- Línea de Paneles Planos, Curvadora de Perfiles, Carro Multirueda, Grúa Pórtico 150 Ton, Máquina de Corte de Planchas, Taller de Armado de Bloques, Taller de Cañerías y Estructuras Menores, Estación Láser Leica TDRA6000



Fig.23 Línea de Paneles Planos



Fig. 24 Curvadora de Perfiles



Fig. 25 Carro Multi-Ruedas



Fig. 26 Grúa Pórtico **Fig. 27 Taller de Armado de Bloques**



Fig. 28 Estación Láser Leica

1.2.6 Plan de Capacitación

- Soldadura Lincoln
- Interpretación de Planos Universidad Austral
- Electricidad Inacap
- Oxicorte Proingas
- Operación Línea de Paneles Astilleros Oceana-Navantia
- Pintura Hempel
- Operación Curvado de Perfiles Holanda
-

1.2.7 Plan de Integración con el Mundo Escolar

Se firmaron acuerdo de mutua ayuda con el mundo escolar tanto de universidades, Institutos y Colegios Industriales, con el fin de incorporar personal entrenado en el team naval:
Universidad de Concepción, Inacap Concepción-Talcahuano, Liceo Industrial Metodista de Coronel, Liceo de la Madera Coronel.



Fig. 29 Liceo Industrial Metodista Coronel



Fig. 30 Instituto Inacap Concepción-Talcahuano



Fig. 31 Universidad de Concepción

Las actividades más relevantes que se efectúan son:

Charlas de Construcción Naval, Exposiciones de los Procesos en una CN, Estadía de Estudiantes en Practica en el Astillero, Visitas de Alumnos y Profesores a las instalaciones





Fig. 32 Exposición Inacap **Fig. 33 Clases Liceo Industrial Coronel**

1.2.8 Plan de Cambio de Metodología de Construcción

En los inicio de la Construcción Naval la construcción era pieza a pieza y una vez armada la estructura principal se incorporaban los sistemas del buque, posteriormente se comenzó la construcción por bloques, también la gran mayoría de los equipos y sistemas se instalaban posterior a la unión de los bloques en grada de lanzamiento, ahora con la nuevas inversiones nos llevó a reestructurar la emisión de la ingeniería en el cuándo y el que debía enviarse a producción, el tema logístico también sufrió un cambio respecto al el cuándo debían llegar los materiales y equipos, todo esto para poder implementar la construcción con outfitting avanzado, es decir el máximo de equipos y sistemas montados en los bloques, para materializarlo formo un equipo que genero la estrategia del cómo, el cuándo y dónde construiríamos los bloques y el nivel de terminación de cada uno de ellos antes de montarlos en la grada de lanzamiento, se muestran imágenes del antes y después de la construcción Naval en ASMAR Talcahuano.



Fig. 34 Montaje de Bloques sin Outfitting



Fig. 35 Montaje de Bloques Proyecto RH con Outfitting

1.2.9 Plan de Próximas Mejoras

La segunda fase de las inversiones nos llevará a automatizar los procesos de fabricación de previas, paneles curvos, armado de bloques, aumento de los tamaños de los bloques a procesar y a pintar el 100% los bloques antes de ser montados en la grada de lanzamiento, para lograr estas mejoras debemos incorporar a nuestros procesos:



Fig. 36 Estación Micro-Paneles



Fig.37 Estación Soldadura Bloques



Fig. 38 Estación Paneles Curvos

4- DISCUSION - POBRE

La demanda, exigencia y calidad de los nuevos Proyectos Navales, los compromisos con el tema del medio ambiente, los temas de seguridad personal y finalmente la competitividad en el que se ubican los Astilleros Constructores hace que estemos continuamente revisando nuestros procesos y evaluando continuamente las mejoras que debemos implementar.

5- CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expuesto podemos concluir que ASMAR ha intentado estar hoy mejorando sus procesos para estar a la altura de las exigencias de sus clientes, comprometido con el medio ambiente, con las organizaciones y empresas a fines, con el fin de asegurar el éxito esperado en sus construcciones ASMAR en la Ciudad de Talcahuano, Chile.

¿? - NO TIENE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS BUQUES. UNA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Fraguela Formoso J. A.[1], López Arranz A.[2], Álvarez Feal C.[3], Carral- Couce L.[4]

[1]Universidad de A Coruña, España, [2]Universidad de A Coruña, España, [3]Universidad de A Coruña, España, [4]Universidad de A Coruña, España
e-mail de autor de contacto jafraguelaformoso@gmail.com

RESUMEN

Con la finalidad de lograr una extinción rápida y eficaz de los incendios en buques, la OMI ha aprobado prescripciones funcionales, a cumplir por los sistemas fijos de extinción de incendios, en la Regla 10 del Capítulo II-2 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, SOLAS 1974, (enmendado).

Mediante códigos internacionales, establece especificaciones técnicas generales a todos los buques, así como otras exigencias específicas para determinados buques.

En este trabajo, se revisa el estado del arte de algunas instalaciones de extinción de incendios, proponiendo mejoras contempladas en normas específicas y el buen hacer de los técnicos de prestigio en este tipo de instalaciones.

Palabras claves: buques, contraincendios, equipos, normativa.

1- INTRODUCCIÓN

Las consecuencias de los incendios en los buques, en cualquiera de los escenarios posibles, suelen ser extremadamente graves, por las grandes pérdidas humanas, materiales y al medio ambiente que pueden producir.

La prevención de incendios constituye el conjunto de conocimientos científicos y medios tecnológicos que, aplicados sobre la situación de riesgo, eliminan o limitan la probabilidad de que se inicie el incendio. Las técnicas a utilizar en esta etapa son las llamadas técnicas operativas, de

concepción, que actuarán sobre: el factor técnico, en la fase inicial de diseño y proyecto de las instalaciones, equipos y métodos de trabajo o en una fase posterior, mediante las técnicas operativas de corrección de riesgos, menos eficaces y más costosas, que las de corrección; el factor humano, mediante una adecuada selección, formación y adiestramiento, con el apoyo de unas documentadas y experimentadas normas de trabajo. Estas técnicas conducirán a la eliminación o reducción del grado de peligrosidad de las instalaciones o procesos.

La protección contra incendios constituye el conjunto de conocimientos científicos y medios tecnológicos que es necesario aplicar para que, una vez iniciado el incendio, este no se propague y si lo hace, que las lesiones a las tripulaciones y los daños a equipos, e instalaciones del buque, incluso la propia pérdida del buque, sean las menores posibles. Para ello se utilizan los medios de protección materiales y humanos.

Lo medios de protección materiales se agrupan en dos tipos: medios de protección activa, que actúan directa o indirectamente sobre uno o varios de los factores del incendio, para lograr su extinción; medios de protección pasiva, que, sin tener una actuación sobre los factores del incendio, tienen una gran influencia sobre la cadena del incendio, ya sea en la ignición, en la propagación o en las consecuencias.

Las estadísticas de los incendios en los buques, no son nada satisfactorias. Las causas de su origen, son diversas: muchos incendios se producen en operaciones de mantenimiento y reparaciones, realizadas por personas que no han seguido procedimientos de trabajo seguros, o sin cualificación para ello; otras causas tienen su origen en, deficientes diseños y mantenimientos de los diferentes equipos, sistemas y servicios del buque. Las causas de su propagación, suelen estar en: la deficiente formación de las tripulaciones en el uso de medios portátiles de extinción; en la inadecuada concepción de la correspondiente instalación fija de extinción de incendios; uso de un inadecuado estándar de diseño, instalación y revisión periódica de la correspondiente instalación específica de extinción de incendios.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Los documentos legislativos de obligado cumplimiento, basados en un sistema previamente calculado de asignación directa de los diferentes medios de extinción de incendios, presentan importantes errores técnicos y omisiones, que convierten las instalaciones en lentas e ineficaces. En un sistema técnico calculado, el proyectista de las instalaciones, deberá respetar las exigencias mínimas establecidos por la OMI, pero solo logrará la pretendida rapidez y la eficacia, cuando realice la planificación, diseño y mantenimiento de los diferentes sistemas de extinción de incendios, siguiendo los estándares de cálculo de referencia en su ámbito, mediante normas EN del Comité Europeo de Normalización, normas NFPA de la National Fire Protection Association y otras.

La Política de la Unión Europea de Seguridad del Producto y su aplicación a los equipos de los buques, el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, el Código Internacional de Sistemas de Seguridad contra el Fuego (Código SSCI), y su complemento, mediante el Código Internacional para la Aplicación de Procedimientos de Ensayo de Exposición al Fuego (Código FTP), serán las disposiciones de referencia para el desarrollo de este trabajo.

LA POLÍTICA DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO EN LA UNIÓN EUROPEA

El camino de la Unión Europea hacia la Seguridad del Producto, se inicia con la Directiva 83/189/CEE del Consejo [1], con la introducción de una serie de medidas de especial relevancia: la paralización de la actividad independiente reglamentaria y de normalización de los países comunitarios en materia de seguridad; la armonización de los procedimientos para la evaluación y declaración o certificación de la conformidad de un producto; la regulación de la marca europea de seguridad “marca CE”, que deberán llevar los productos seguros.

El “nuevo enfoque”, se basa en dos principios: el reconocimiento mutuo de las normativas nacionales; la armonización legislativa a nivel comunitario, que se aplicará en aquellos ámbitos en que los objetivos de las normativas nacionales no sean equivalentes.

La libre circulación de productos, implica la necesidad de lograr una armonización técnica (nuevo sistema de armonización no detallada) consistente en la elaboración de Directivas que fijen las exigencias generales que deben cumplir los productos y de las normas que desarrollen las exigencias generales de los productos.

Con ello se pasa de los sistemas nacionales de reglamentación-homologación al sistema europeo de normalización-certificación.

El libro Verde de la Comisión sobre el "Desarrollo de la Normalización Europea: medidas para acelerar la integración tecnológica en Europa"considera que, el papel de la Normalización Europea en el mercado interior es importantísimo por varios motivos, entre los que podría citar los siguientes: la armonización de las normas industriales europeas es un instrumento esencial para eliminar los obstáculos técnicos para el mercado interior de la Unión Europea; la actividad de normalización europea obedece fundamentalmente a razones económicas; las tecnologías de nuevo desarrollo necesitan de esta normalización.

La Resolución del Consejo Europeo, relativa a un "planteamiento global" en materia de evaluación de la conformidad [3] pretende implantar en Europa una nueva filosofía, consistente en la promoción de la utilización en todos los Estados Miembros de las normas europeas de gestión y aseguramiento de la calidad y el establecimiento de los procedimientos que permitan evaluar la conformidad de los productos (sistemas de acreditación, certificación, ensayos y calibraciones), estableciéndose las condiciones que deben reunir las entidades de certificación, los laboratorios de ensayo, las entidades auditoras y de inspección y los laboratorios de calibración industrial.

En la Directiva 89/106/CE del Consejo [4,5], se define la "Norma Armonizada (NA)", la "Norma Transposición de Norma Armonizada (NTNA)", el "Documento de Idoneidad Técnica Europeo (DITE)", la "Especificación Técnica Nacional Reconocida (ETNR)" y la "Marca CE de Conformidad".

La Directiva 85/374/CEE del Consejo [6,7], relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros en materia de responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos, tiene como objetivo conseguir un régimen jurídico sustancialmente homogéneo en el ámbito de la Unión Europea, en caso de conflicto sobre daños resarcibles por parte del fabricante de un producto defectuoso.

La Directiva 96/98/CE del Consejo [8], sobre equipos marinos, modificada y actualizada por la Directiva 98/85/CE [9], considera, entre otros, que: «el *riesgo de accidentes navales puede reducirse con eficacia mediante la aplicación de normas comunes que garanticen altos niveles de seguridad en el funcionamiento del equipo embarcado en los buques; que las normas y métodos de ensayo pueden influir en gran medida en el rendimiento futuro de tal equipo»*. Es de aplicación a: los aparatos de navegación; los equipos de protección contra incendios; los dispositivos de salvamento; los equipos de prevención de la contaminación marina; los equipos de radiocomunicación.

En su artículo 1, indica que, *«el objetivo de la presente Directiva es aumentar la seguridad en el mar y prevenir la contaminación marina mediante la aplicación uniforme de los instrumentos internacionales en relación con el equipo detallado en el Anexo A que se haya de embarcar en buques para los que los Estados miembros u otros en su nombre expiden certificados de seguridad con arreglo a los convenios internacionales, y garantizar la libre circulación de dicho equipo dentro de la Comunidad»*.

Dice en su artículo 2, apartado n), que, *« se entenderá por "normas de ensayo" las normas fijadas por: la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), el Comité Europeo de Normalización (CEN), el Comité Europeo de Normalización Electrónica (CENELEC), y el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), vigentes en la fecha de adopción de la presente Directiva y establecidas de conformidad con los correspondientes convenios*

internacionales y resoluciones y circulares de la OMI para definir los métodos de ensayo y los resultados de los ensayos, exclusivamente en la forma que se menciona en el Anexo A».

Para favorecer la armonización internacional en esta materia, se adopta la Decisión del Consejo 2004/425/CE [10], relativa a la celebración de un Acuerdo entre la Comunidad Europea y los Estados Unidos de América sobre el reconocimiento mutuo de los certificados de conformidad para equipos marinos.

CONVENIO INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD DE LA VIDA HUMANA EN EL MAR

El Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS 1974 enmendado) [11], es el más importante de los tratados internacionales relativos a la seguridad de los buques mercantes.

En sus disposiciones técnicas, indica que, *«El objetivo principal del Convenio SOLAS es establecer normas mínimas relativas a la construcción, el equipo y la utilización de los buques, compatibles con su seguridad…… La versión actual del Convenio SOLAS contiene disposiciones por las que se establecen obligaciones de carácter general, procedimientos de enmienda y otras disposiciones, acompañado de un anexo dividido en 14 capítulos».*

En su Capítulo II-2, establece medidas activas y pasivas de prevención, detección y extinción de incendios. En concreto, «*En este capítulo figuran disposiciones pormenorizadas de seguridad contra incendios aplicables a todos los buques, que incluyen medidas específicas en relación con los buques de pasaje, los buques de carga y los buques tanque».*

CÓDIGO INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE SEGURIDAD CONTRA EL FUEGO

El Código Internacional de Sistemas de Seguridad contra el Fuego (Código SSCI) [12], es un Código de protección activa, complementario del CSSCI, que interviene sobre aquellos medios,

que actúan directa o indirectamente sobre uno o varios de los factores del incendio, para lograr su extinción.

En el apartado 1 de su Preámbulo, dice que «*El presente Código tiene por objeto proporcionar unas normas internacionales sobre determinadas especificaciones técnicas para los sistemas de seguridad contra incendios prescritos en el capítulo II-2 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, enmendado*».

Se aplica a los sistemas de seguridad activa contra incendios, portátiles, fijos y automáticos, siguientes: conexiones internacionales a tierra; protección del personal; extintores de incendios; sistemas fijos de extinción de incendios por gas; sistemas fijos de extinción de incendios a base de espuma; sistemas fijos de extinción de incendios por aspersión de agua a presión y por nebulización; sistemas automáticos de rociadores, de detección de incendios y de alarma contraincendios; sistemas fijos de detección de incendios y de alarma contraincendios; sistemas de detección de humo por extracción de muestras; sistemas de alumbrado a baja altura; bombas contraincendios de emergencia fijas; disposición de los medios de evacuación; sistemas fijos a base de espuma instalados en cubierta; sistemas de gas inerte.

3- RESULTADOS

La OMI ha aprobado prescripciones funcionales y especificaciones técnicas, de los sistemas de protección contra incendios. Con lo aprobado hasta ahora, debemos de preguntarnos: ¿con las normas mínimas del Convenio SOLAS, las normas internacionales del Código SSCI y otros códigos de la OMI, es posible diseñar instalaciones de protección activa contra el fuego, que respondan con eficacia ante el mismo, garantizando la seguridad de la tripulación, del buque y del medio ambiente? La respuesta es un no rotundo, dado que, a la vista de las estadísticas y del análisis realizado, podemos calificarlas como, pobres y limitadas herramientas técnicas, para el diseño, instalación, mantenimiento y funcionamiento de las instalaciones de protección activa contra el fuego, a bordo de los buques.

Por la limitación de espacio, seleccionamos y acotamos el campo del análisis, al *Capítulo II-2 del SOLAS. Regla 10 "Lucha contra incendios", apartado 2 "Sistemas de suministro de agua".*

DIÁMETRO DEL COLECTOR CONTRA INCENDIOS

El apartado "*2.1.3. Diámetro del colector contra incendios"*, dice*: «El diámetro del colector y de las tuberías contra incendios será suficiente para la distribución eficaz del caudal máximo de agua prescrito respecto de dos bombas contra incendios funcionando simultáneamente, salvo cuando se trate de buques de carga, en cuyo caso bastará con que el diámetro sea suficiente para un caudal de agua de 140 m^3/h».*

El párrafo "….suficiente para la distribución eficaz,,,", no tiene ningún valor técnico y no sirve para realizar ningún cálculo. El diámetro nominal de la tubería correspondiente, deberá ser determinado mediante el cálculo de necesidades de caudal, de los sistemas específicos de extinción de incendios en cada caso. Para calcular la sección de la tubería y con esta su diámetro), es necesario conocer la velocidad del fluido que circula por ella. Nada dice este apartado, sobre la velocidad a utilizar en los colectores y tuberías contra incendios.

Ante esta situación, es frecuente ver como el proyectista, recurre a utilizar un valor recomendado en otra instalación, como ocurre con el Capítulo II.1 "Construcción – Compartimentado y estabilidad, instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas", del SOLAS, Parte C "Instalaciones de máquinas", Regla 35.1 "Medios de bombeo de aguas de sentina", Apartado 3 "Buques de pasaje", donde dice:

3.5 Toda bomba de sentina motorizada será capaz de bombear el agua a una velocidad no inferior a 2 m/s en el colector de achique prescrito…;

3.9 El diámetro del colector de achique se calculará utilizando la fórmula dada a continuación…..

$$d = 25 + 1{,}68\sqrt{L(B+D)}$$

Donde:

d es el diámetro interior del colector de achique (en milímetros);

L y *B* son la eslora y la manga del buque (en metros), tal como éstas quedan definidas en la regla 2, y

D es el puntal de trazado del buque medido hasta la cubierta de cierre (en metros),…..

Esto es un error, siendo este un punto de enorme importancia conceptual, técnica y económica, para el diseño y explotación del buque. Sirva como ejemplo, la norma UNE-EN 12845 “Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento”, en cuyo 13.2.3, limita la velocidad máxima del agua, a: 6 m/s a través de cualquier, dispositivo de supervisión de caudal y/o filtros; 10 m/s en cualquier otro punto del sistema.

NÚMERO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS BOCAS CONTRA INCENDIOS

El apartado *“2.1.5. Número y distribución de las bocas contra incendios”*, establece que, *«El número y la distribución de las bocas contra incendios serán tales que por lo menos dos chorros de agua no procedentes de la misma boca contra incendios, uno de ellos lanzado por una manguera de una sola pieza, puedan alcanzar cualquier parte del buque normalmente accesible a los pasajeros o a la tripulación mientras el buque navega, y cualquier punto de cualquier espacio de carga cuando éste se encuentre vacío, cualquier espacio de carga rodada o cualquier espacio para vehículos; en este último caso los dos chorros alcanzarán cualquier punto del espacio, cada uno de ellos lanzado por una manguera de una sola pieza. Además, estas bocas contra incendios estarán emplazadas cerca de los accesos a los espacios protegidos»*

Lo indicado en este apartado es correcto. La condición de dos chorros de agua, se considerará para el cálculo de necesidades de caudal y presión del sistema manual de extinción de incendios,

mediante manguera y lanza. Para determinar su emplazamiento, debería dar los alcances del chorro de agua estimado.

PRESIÓN DE LAS BOCAS CONTRA INCENDIOS

El apartado *"2.1.6. Presión de las bocas contra incendios"*, establece que, *«Cuando las dos bombas descarguen simultáneamente por las lanzas de manguera especificadas en el párrafo 2.3.3 el caudal de agua especificado en el párrafo 2.1.3 a través de cualquiera de las bocas contra incendios adyacentes, se mantendrán las siguientes presiones en todas las bocas contra incendios:*

1. *Buques de pasaje:*
   - *De 4000 toneladas o más, de arqueo bruto, 0,40 N/mm2*
   - *De menos de 4000 toneladas, de arqueo bruto, 0,30 N/mm2*
2. *Buques de carga:*
   - *De 6000 toneladas o más, de arqueo bruto, 0,27 N/mm2*
   - *De menos de 6000 toneladas de arqueo bruto, 0,25 N/mm2*

3. En ninguna de las bocas contra incendios la presión máxima excederá de aquella a la cual se pueda demostrar que la manguera contra incendios puede controlarse eficazmente»

Estos valores se considerarán como valores mínimos reglamentarios, pero, en la práctica estas presiones son ineficaces para el sistema manual de extinción de incendios, mediante manguera y lanza.

Un profesional, utiliza presiones en punta de lanza del orden de 7 bares. Teniendo en cuenta que, una manguera de 45 mm de diámetro y 20 m de longitud, tiene una pérdida de carga de 1 bar, la presión requerida en el punto de conexión de la manguera, será del orden de 8 bares. Con ello, el caudal unitario de agua que proviene de una lanza, será el correspondiente a aplicar la presión disponible en la entrada de la lanza de contra incendios. La presión no solo proporciona caudal de agua al fuego, si no también, alcance eficaz del agua.

BOMBAS CONTRA INCENDIOS

Bombas aceptadas como bombas contra incendios

El apartado *"2.2.1. Bombas aceptadas como bombas contra incendios"*, dice: *«Las bombas sanitarias, las de lastre, las de sentina y las de servicios generales podrán ser consideradas como bombas contra incendios, siempre que no se utilicen normalmente para bombear combustibles, y que, si se destinan de vez en cuando a trasvasar o elevar combustible líquido, estén dotadas de los dispositivos de cambios apropiados»»*

Debemos recordar, que los estándares más importantes del mundo, son las normas EN del Comité Europeo de Normalización, las ISO de la Organización Internacional de Normalización y las NFPA de la National Fire Protection Association. La OMI no sigue ningún criterio de técnico de las normas EN, ISO, ni NFPA, para sus instalaciones de bombas de contraincendios. Las bombas del apartado 2.2.1, no reúnen los requisitos técnicos necesarios para considerarlas como bombas de contraincendios.

En las normas EN, la curva característica de una bomba de un sistema de extinción de incendios, cumple con el punto nominal de diseño de la figura 1 (caudal nominal Q_n, presión nominal H_n) y otros puntos, como son: el punto de sobrecarga, en el cual, la bomba suministrará el 140 % del caudal nominal, a una presión superior al 70 % de la presión nominal (la correspondiente norma NFPA, considera para el punto de sobrecarga. Que la bomba suministrará el 150 % del caudal nominal, a una presión superior al 65 % de la presión nominal); la presión máxima a caudal 0 l/min, es 130 % de la presión nominal (la norma NFPA considera el 140% de la presión nominal); la potencia neta de los motores es igual o superior a la máxima absorbida por la bomba en cualquier punto de toda la curva.

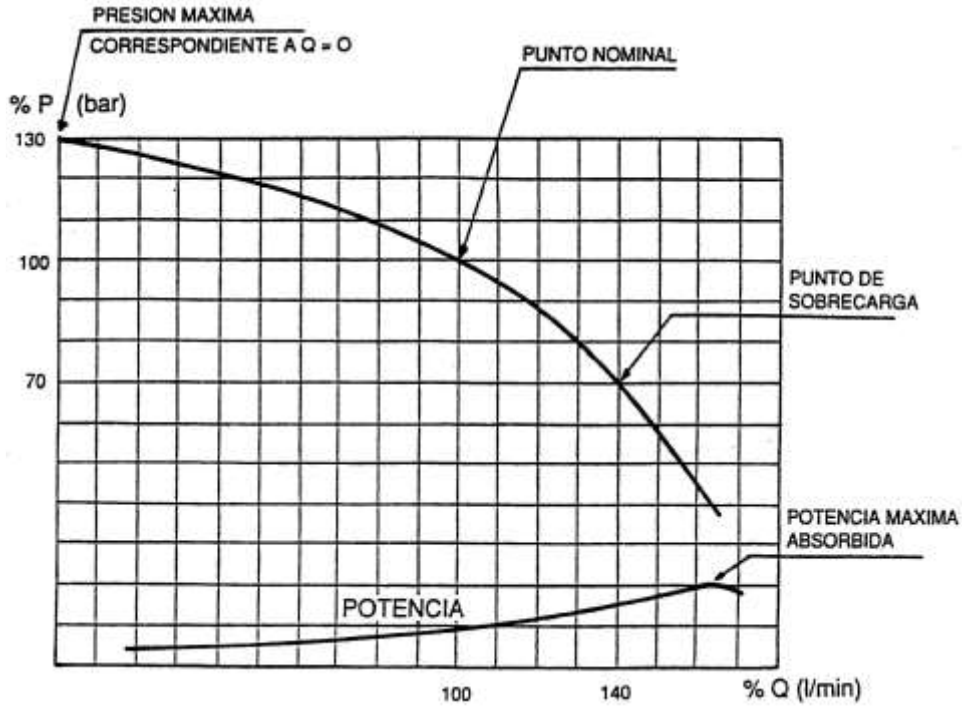


Figura 1. Curva Característica de cada Grupo de Bombeo Principal, de Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios

Capacidad total de las bombas contra incendios requerida

El apartado "*2.2.4.1 Capacidad total de las bombas contra incendios requerida*", establece caudales de las bombas contra incendios para buques de pasaje y de carga, en función del caudal que deben evacuar las bombas de sentina, cuando se las utilice en operaciones de achique, aunque no será necesario que en ningún buque de carga la capacidad total exigida de las bombas contra incendios exceda de 180 m^3/h.

Las necesidades de caudal y presión de un sistema específico de extinción de incendios, deben definirse por cálculo, siguiendo una norma técnica detallada de diseño, cálculo, instalación y

mantenimiento, de un organismo de normalización de reconocido prestigio, como son las normas EN, ISO o NFPA.

Capacidad de cada bomba contra incendios

El apartado *"2.2.4.2. Capacidad de cada bomba contra incendios",* establece que, «C*ada una de las bombas contra incendios prescritas (aparte de cualquier bomba de emergencia prescrita en el párrafo 2.2.3.1.2 para buques de carga} tendrá una capacidad no inferior 80% de la capacidad total exigida dividida por el número mínimo de bombas contra incendios prescritas, que nunca será de menos de 25 m^3/h ……..»*

Estos son valores mínimos reglamentarios del SOLAS. Las necesidades reales se determinarán mediante cálculo de las necesidades de caudal y presión, de las instalaciones de contra incendios específicas correspondientes.

Mangueras contra incendios y lanzas

El apartado *"2.3. Mangueras contra incendios y lanzas"*, establece en 2.3.1.1. que *«Las mangueras contra incendios serán de materiales no perecederos aprobados por la Administración…»* Para las lanzas, en 2.3.3.1 dice que *«A los efectos del presente capítulo los diámetros normales de lanza serán de 12 mm, 16 mm y 19 mm, o de medidas tan próximas a éstas como resulte posible. Cabrá utilizar diámetros mayores si la Administración juzga oportuno autorizarlos».*

Los diámetros de lanzas contra incendios, citados en el apartado 2.3.3.1, son totalmente absurdos e indican un total desconocimiento de la normativa y el mercado internacional.

Para extinción de incendios en buques con medios portátiles, se utilizan: mangueras de 100 mm, usadas en la aspiración de motobombas portátiles; mangueras de 70 mm, usadas para acercarse al fuego con menores pérdidas de carga que si se usa manguera de 45 mm, y una vez cerca del fuego, se conecta un reductor 70 / 45 para conectar una manguera de 45 mm y una lanza también

de 45 mm, o bien, se conecta una bifurcación de 70 / 45 / 45 para usar dos tiros de manguera de 45 mm, con sus correspondientes lanzas de 45 mm.; mangueras de 45 mm, para extinción manual de incendios, con su correspondiente lanza de 45 mm.

Serán mangueras con certificado de conformidad a normas, de altas prestaciones, de cuatro capas, bajo coeficiente de fricción, gran elasticidad y flexibilidad y elevada resistencia a las agresiones externas.

4- DISCUSIÓN

Un sistema de abastecimiento de agua de contra incendios, es el formado por los siguientes componentes: una o varias fuentes de alimentación de agua, uno o varios sistemas de impulsión, una red general de distribución a las distintas instalaciones que alimente. El sistema estará destinado a asegurar, para uno o varios sistemas específicos de extinción de incendios, el caudal y presión de agua necesarios durante el tiempo de autonomía.

El Capítulo II-2 del SOLAS, dice textualmente, *«En este capítulo figuran disposiciones pormenorizadas de seguridad contra incendios aplicables a todos los buques, que incluyen medidas específicas en relación con los buques de pasaje, los buques de carga y los buques tanque»*.

Pormenorizar es, describir o enumerar minuciosamente, las instalaciones de protección contra incendios, conclusión que no se tiene después de realizar el análisis del apartado 2 “Suministro de agua” de la Regla 10 “Lucha contra incendios”, del Capítulo II-2 del SOLAS, dado que utiliza el método de sistemas pre calculados, donde una parte de los componentes del sistema de suministro de agua, se especifica en sus apartados y el resto se calcula. Un sistema pre calculado, es técnicamente muy limitado y conduce a resultados equívocos e insuficientes, como se puede ver en el apartado anterior.

Lo correcto, técnicamente hablando, sería utilizar un sistema calculado hidráulicamente, para determinar el caudal, presión y diámetro de las tuberías. En un sistema calculado, las

instalaciones específicas de contra incendios a base de agua, se diseñan utilizando las normas desarrolladas, detalladas y contrastadas (EN, EN-ISO, UNE-EN, UNE-EN-ISO, ISO o NFPA), siguiendo los siguientes pasos: se parte siempre, de los valores de caudal y presión de agua necesaria, en los puntos y/o áreas de operación más alejados, con mayor riesgo intrínseco de incendio y/o mayores pérdidas de carga; se toman los valores de la velocidad del agua admitidos para cada parte del sistema, en la correspondiente norma; se calculan las secciones de las tuberías; se calculan los diámetros de las tuberías; se calculan las pérdidas de carga de los tramos de tubería (por fricción y por gravedad); se determina el caudal y presión específicas de la bomba para cada instalación específica; se elige el caudal y presión nominales, de todos los sistemas específicos de extinción de incendios; se calcula le sección de la tubería de aspiración de cada bomba, para que esta no cavite. Puede aplicarse un factor de simultaneidad, para utilizar más de un sistema específico de extinción de incendios

5- CONCLUSIONES

En la actualidad, existen suficientes conocimientos científicos y medios tecnológicos para actuar eficazmente de forma preventiva y con medios de protección, sobre los factores del incendio, su desarrollo y su control.

La mayor eficacia en la lucha contra los incendios, se logra con las instalaciones de detección y alarma; instalaciones de extinción de incendios; instalaciones auxiliares, como pueden ser las de actuación sobre sistemas de ventilación, aporte de combustible, puertas cortafuegos, etc.

Una vez que se produce un incendio a bordo, su extinción o el control de su evolución, se puede realizar con: medios manuales (extintores, mangueras de agua, sistemas portátiles de espuma) con: instalaciones automáticas de extinción permitidas en lugares donde el disparo automático pueda afectar a la tripulación y pasajeros (agua nebulizada, rociadores automáticos, agua pulverizada); instalaciones automáticas de gases inertes, con disparo manual retardado; instalaciones fijas de espuma.

Lo cierto, es que se producen demasiados incendios, que causan grandes daños al buque, incluida su propia desaparición, como también a las tripulaciones y al medio ambiente. Señal de que, nuestros sistemas de protección contra incendios, no están bien diseñados.

La UE, ha montado hace décadas, una infraestructura para la calidad y seguridad industriales, para todos sus estados miembros. Ha implantado un nuevo sistema de armonización no detallada, basado en disposiciones legislativas tipo Directivas, que fijarán exigencias generales de los productos, que se desarrollarán detalladamente mediante normas EN y EN-ISO. Las ventajas de este sistema de normalización-certificación, han sido planteadas en este artículo.

El modelo, podía ser adoptado por la OMI, legislando sobre los equipos de protección contra incendios, con un sistema de armonización no detallada, adoptando para su desarrollo detallado, las normas anteriores y otros de reconocido prestigio internacional, que puedan existir. Normas que deben abordar la certificación de los equipos y el diseño, mantenimiento y revisión periódica de los servicios y sistemas instalados.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. UNIÓN EUROPEA. *"Directiva 83/189/CEE del Consejo, de 28 de marzo de 1983, por la que se establece un procedimiento de información en materia de las normas y reglamentaciones técnicas"* (DO L 109, de 26.4.1983).
2. UNIÓN EUROPEA. *"Libro Verde de la Comisión sobre el Desarrollo de la Normalización Europea: Medidas para acelerar la Integración Tecnológica en Europa"* (Diario Oficial de las Comunidades Europeas C 20, de 28-01-1991).
3. UNIÓN EUROPEA. *"Resolución del Consejo Europeo, de 21 de diciembre de 1989, relativa a un planteamiento global en materia de evaluación de la conformidad"*. (Diario Oficial C 10, de 16.1.1990).
4. UNIÓN EUROPEA. *"Directiva 89/106/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1988, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción"* (DO L 40, de 11.2.1989)

5. UNIÓN EUROPEA. *"Directiva 93/68/CEE del Consejo, de 22 de Julio de 1993, por la que se modifica la - Directiva 89/106/CEE (productos de construcción"* (DO L 220, de 30.8.199).
6. UNIÓN EUROPEA. *"Directiva 85/374/CEE del Consejo, de 25 de julio de 1985, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros en materia de responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos"* (DO L 210, de 7.8.1985).
7. UNIÓN EUROPEA. *"Rectificación a 85/374/CEE: Directiva del Consejo, de 25 de julio de 1985, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en materia de responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos"* (DO L 307, de 12.11.1988).
8. UNIÓN EUROPEA. *"Directiva 96/98/CE del Consejo, de 20 de diciembre de 1996, sobre equipos marinos"* (DO L 46, de 17.2.1997)
9. UNIÓN EUROPEA. *"Directiva 98/85/CE, de la Comisión, de 11 de noviembre de 1998, por la que se modifica la Directiva 96/98/CE del Consejo sobre equipos marinos (Texto pertinente a los fines del EEE)"* (DO L 315, de 25. 11. 1998)
10. UNIÓN EUROPEA. *"Decisión del Consejo 2004/425/CE, de 21 de abril de 2004, relativa a la celebración de un Acuerdo entre la Comunidad Europea y los Estados Unidos de América sobre el reconocimiento mutuo de los certificados de conformidad para equipos marinos"* (DO L 150, de 30-04-2004)
11. ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL. *"Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS, 1974, enmendado)"*. Adopción 1 de noviembre de 1974. Entrada en vigor 25 de mayo de 1980. Publicaciones de la OMI, 4 Albert Embankment, Londres SE1 7SR, Reino Unido. e-mail:sales@imo.org, Tel : + 44 (0)20 7735 7611
12. ORGANIZACIÓN MARÍTMA INTERNACIONAL. *"Código Internacional de Sistemas de Seguridad contra el Fuego (Código SSCI)"*, adoptado el 5 de diciembre de 2000, mediante Resolución MSC. 98 (73). Texto consolidado con la enmienda MSC.206(81). Publicaciones de la OMI, 4 Albert Embankment, Londres SE1 7SR, Reino Unido. e-mail:sales@imo.org,

XXVII
COPINAVAL
congreso panamericano
de ingeniería naval,
transporte marítimo
e ingeniería portuaria

REPRESENTACIONES SOCIALES DE LA RAMA NAVAL INHERENTES AL LENGUAJE POPULAR CUBANO

Labañino Pérez l.[1], Gell Labañino A.[1], Riverí Juliens J. A.[2]

[1]Universidad de Oriente, [2]Empresa de Astilleros del Oriente.
[1]e-mail: lucelia@uo.edu.cu

RESUMEN

El presente trabajo se fundamenta desde la teoría de las representaciones sociales, desarrollada por Moscovici y sus seguidores. Aborda las representaciones sociales referidas a un conjunto de vocablos, frases, locuciones y refranes provenientes de la jerga naval que tienen un significado aprehendido en la vida cotidiana de los pobladores del litoral de la provincia Santiago de Cuba, como parte del lenguaje popular santiaguero, las cuales fueron identificadas por la aplicación de métodos y técnicas de investigación como: la entrevista, cuestionarios, el análisis de documentos y la observación científica. Esta investigación destaca elementos del imaginario social existente en los pobladores referidos, reflejándose en las costumbres, valores, apreciaciones, gustos y el lenguaje propio de las actividades de pesca, marítimas, portuarias, construcción y reparación naval, entre otras, que forman parte indispensable de la tradición naval que por su continuo enriquecimiento ha trascendiendo a otros ámbitos sociales e incorporados al habla coloquial.

Palabras claves: Representaciones sociales de la rama naval, lenguaje popular cubano, tradición naval, litoral santiaguero.

1- INTRODUCCIÓN

El término representación social tiene su antecedente más cercano en el vocablo conciencia colectiva, el cual ha sido utilizado por disímiles investigadores sociales, entre los que se destaca

el sociólogo E. Durkheim (1898), el cual establece la idea de "un conjunto de ideas, criterios, percepciones, que aunque tienen naturaleza subjetiva, existen fuera e independientemente de las conciencias individuales y deben ser estudiados como cosas." (Álvaro, 2012)

Sin embargo fue el psicólogo social S. Moscovici (1961) el que inicialmente definió el término representaciones sociales planteando que:

> (…) son construcciones simbólicas que se crean y recrean en el curso de las interacciones sociales; no tienen un carácter estático ni determinan inexorablemente las representaciones individuales. Son definidas como maneras específicas de entender y comunicar la realidad e influyen a la vez y son determinadas por las personas a través de sus interacciones. (Álvaro, 2012).

Entre los seguidores de esta teoría, se destaca especialmente los aportes realizados por Farr (1983), Ibañez (1988), Jodelet (1986) y Banchs (1986), entre muchos otros; quienes enriquecen, la conceptualización de las representaciones sociales aportando nuevos elementos para su comprensión.

Teniendo en cuenta las ideas de Moscovici de la representación social, el presente trabajo se concierne a un conocimiento de sentido común, que debe ser flexible y ocupa una posición intermedia entre el concepto que se obtiene del sentido de lo real y la imagen que la persona reelabora para sí.

Por ello se considera un proceso y producto de construcción de la realidad de grupos e individuos atendiendo a las interacciones que se producen en un contexto histórico y social determinado en el que comparten un sistema de creencias, valores colectivos, referencias históricas y culturales.

En este trabajo, la representación social es portadora de un significado asociado a la rama naval en sí y al referirse específicamente al lenguaje popular, se trabaja sobre las creencias, valores,

actitudes, opiniones y sobre a aquellas costumbres y manifestaciones en torno a las actividades de pesca, marítimas, portuarias, construcción y reparación naval, entre otras, que se consideran valiosas socialmente y forman parte indispensable de la tradición naval.

Por estas razones, se realiza un estudio sobre las representaciones sociales de la rama naval, tomando como unidad de análisis una de las ciudades costeras del país, Santiago de Cuba, donde afloran innumerables valores culturales relacionados con la rama naval y que se ponen de manifiesto especialmente en el lenguaje popular cubano.

El trabajo aporta información que permite profundizar en la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las representaciones sociales de la rama naval en el lenguaje popular, en los pobladores del litoral santiaguero?

En consonancia con lo anterior, se traza como objetivo general: Identificar las representaciones sociales de la rama naval inherentes al lenguaje popular de los pobladores del litoral de la bahía de Santiago de Cuba. Los objetivos específicos son: Describir el contenido de las representaciones sociales de la rama naval que tienen los pobladores del litoral santiaguero con respecto a su lenguaje popular.

El desarrollo del estudio parte de la idea que las representaciones sociales de la rama naval inherentes al lenguaje popular se determinan a partir de la tradición y saberes populares asociado a este sector, en diversos ámbitos sociales que se han anclado en las prácticas sociales y en los discursos cotidianos del cubano.

La importancia del estudio es evidente por la relación entre las representaciones sociales de la rama naval y el continuo enriquecimiento de términos, a través de expresiones y refranes de uso cotidiano. Por otra parte se identifica la sistematización de prácticas sociales legitimadas o no en el tiempo y que son populares en el litoral de la bahía santiaguera.

Se advierte como limitaciones, las desventajas propias que pueden ocurrir al utilizar los métodos

para la investigación: la observación científica que se lleva a cabo en el contexto natural donde tiene lugar los acontecimientos del fenómeno referido y las entrevistas realizadas a pobladores del litoral santiaguero para obtener información de forma amplia y abierta del tema en cuestión.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realiza en Santiago de Cuba, una de las ciudades costeras del país, que presenta disímiles condiciones geográficas, históricas, sociales, culturales, económicas y políticas, lo cual han propiciado el desarrollo de una infraestructura especializada en actividades asociadas a la rama naval, así como el recibimiento cotidiano del aporte lingüístico propio de la terminología de esta esfera de la sociedad.

El litoral del municipio Santiago de Cuba, presenta pocas irregularidades y se caracteriza por las llanuras costeras y mesetas. Su cuenca, es una depresión o fosa tectónica producida por el hundimiento de la zona y donde las aguas del mar penetraron originando el accidente más destacado del municipio. Además de las playas de arenas oscuras y guijarros, flanqueadas por las montañas de la Sierra Maestra.

Al oeste del litoral se encuentra la zona industrial con: La línea, San Miguel de Parada, el Carmen, San Agustín y playa Mar Verde perteneciente a la comunidad de Mar Verde. Mientras al oeste hay diversas playas de aguas transparentes y tranquilas entre ellas: Siboney, Juraguá, Daiquiri, Verraco, Sigua, Casonal, entre otras; con instalaciones como hoteles, moteles, restaurantes, cafeterías, bases de campìsmo y áreas para la práctica de la pesca y el buceo.

La muestra que se toma para el estudio, radica en el litoral de la bahía Santiago de Cuba, seleccionando un total de 100 personas escogidos intencionalmente de forma que se incluyeran en el estudio personas con diferentes edades, grados de escolaridad, comunidades de residencia y ocupaciones). La muestra escogida presenta estas características:

- Distribución por sexo (50 femenino y 50 masculino).
- Distribución por edad: menor de 20(3 %), 20 -29 (7 %), 30-39(6 %), 40-49(39 %), 50-59(33%), 60 o más (12 %)
- Distribución por niveles de escolaridad: primario (2 %), secundario (4 %), preuniversitario (22 %), técnico profesional (43 %), universitario (29 %).
- Relación por profesión u organismos: estudiante (7), ama de casa (2), jubilados (9), desempleados (4), pescadores (9), INDER (3), Gastronomía(4), Cultura (2), dirigentes (4), ASTOR(16), Educación(1), Prácticos del puerto (6), Puerto (8), Navegación Caribe(13), otros(12).
- Relación por comunidades y barrios de residencia: El Tivolí (8), Cangrejitos (11), Mariana de la Torre (10), Van Van (13), Venceremos(6), Punta Gorda(9), Ciudamar (12), Merrimac (6), Barrio Técnico(9), Júcaro(2), Caracoles(1), Aguadores(1),la Socapa (1) cayo Granma (11).

Los métodos y técnicas empleados para obtención de los datos fueron la encuesta, la entrevista semiestructurada y la observación, con el objetivo de identificar elementos que caracteriza el imaginario social de la población del litoral de la bahía de Santiago de Cuba, respecto a la rama marítima, visto desde el lenguaje popular. Se trata de una investigación triangulada por datos cualitativos y cuantitativos para evaluar los resultados obtenidos mediante la tabulación de la información y la clasificación de la muestra.

3- RESULTADOS

La bahía de Santiago de Cuba presenta una extensión de 8,3 Km. de largo por 2,8 Km. de ancho y una profundidad máxima (fondeadores) de 9,1 m y 8,8 m de muelle, es considerada una bahía de bolsa.

Las comunidades que conforman el litoral de la bahía santiaguera son los siguientes: por el este los barrios, Tivolí; Cangrejitos; Mariana de la Torre; Van Van; Venceremos; Punta Gorda; Ciudamar; Merrimac; Barrio Técnico y Aguadores. Por el oeste, Júcaro; Caracoles; la Socapa y en el centro cayo Granma. Al norte se encuentra parte de la ciudad de Santiago de Cuba y al sur el mar Caribe.

Las comunidades del litoral de la bahía de Santiago de Cuba agrupan un conjunto de instalaciones para el descanso, el deporte y la recreación, así como otras instalaciones laborales, que conjuntamente con las viviendas, centros escolares, entre otros, constituyen un entorno funcional en el que se destacan por comunidades los siguientes:

- Tivolí: Alameda, el puerto, Cervecería Puerto del Rey, Empresa Navegación Caribe, el Restaurante El Náutico, Cafetería Patana PC- 400.
- Cangrejitos: el restaurante Los Cangrejitos, la comunidad pesquera, Varadero….,
- Mariana de la Torre:
- Van Van: Vermari, Fábrica de Cemento.
- Venceremos: Empresa ASTOR Santiago, Bella Vista (recreación del MINIT)
- Punta Gorda: Marina Marlín, Villa Mar Paraíso, Parque Frank País.
- Ciudamar: complejo histórico del Castillo del Morro, el restaurante, las instalaciones en el entorno del antiguo club náutico, Playa la Estrella
- Merrimac: instalaciones anexas de la EIDE en la especialidad de remos y canotaje
- Barrio Técnico: viviendas con vista al mar
- Aguadores: viviendas con vista al mar

- Júcaro: viviendas con vista al mar
- Caracoles: viviendas con vista al mar
- Socapa: viviendas con vista al mar
- Cayo Granma: base de lancha, restaurantes, instalaciones y viviendas con vista al mar.

La muestra escogida tiene una alta incorporación a oficios y profesiones relacionados con la rama marítima, tal es el caso de pescadores, trabajadores en faenas de transportación de cargas y personal; en maniobras portuarias y de cabotaje, actividades de construcción y reparación naval, entre otros.

Todos los participantes expresaron palabras, imágenes o expresiones, relacionadas con la rama marítima, con algunas diferencias relacionadas las variables el oficio, edad, ocupación que presentan. Por medio de las entrevistas y las encuestas se accede además a los elementos que constituyen el universo semántico del término naval y revela los aspectos no conscientes y los menos reflexivos de cada sujeto entrevistado.

De estas palabras se puede discernir los elementos centrales que confluyen en el significado de objeto de la representación social investigada. Cabe señalar que dicha similitud se observa luego de un proceso de unificación u homologación de palabras semejantes por ejemplo, "buque, barco, lancha, patana, embarcación o bote" y " mar, orilla del mar". En estos ejemplos cabe destacar diferencias en el uso de las palabras. En el primer caso embarcación y patana es mayormente utilizado por los trabajadores de centros especializados como el Astillero o la Empresa de navegación Caribe. Las palabras bote, lancha, son utilizada mayormente por pescadores. La palabra buque la utilizan los trabajadores de navieras y las palabras barco o patana es utilizada mayormente los estudiantes, amas de casa y otras personas que normalmente no trabajan en entidades especializadas.

El asentamiento en donde se reside también juega un papel importante en las palabras utilizadas. Las palabras patana, bote, etc. Son utilizadas mayormente por las personas que residen en comunidades muy cercanas al mar que muchas veces dependen de patanas y botes para su transportación diaria a sus centros laborales o escolares, tal es el caso de los pobladores de Cayo Granma, Ciudamar, la Socapa, Punta Gorda, Barrio Técnico, etc.

Para una parte importante de los entrevistados consideran, la rama naval significativa, porque han permanecido vinculado a ella, ya sea en su vida laboral, como familiar, además de los elementos de belleza que en ella se encierra, convirtiéndose en atención y entretenimiento para los pobladores de las comunidades y los que visitan las mismas.

Uno de los aspectos más utilizados en entre la población del litoral de la bahía de Santiago de Cuba son los refranes, en que se ha podido notar, especialmente por la aplicación de las técnicas de investigación que los mismos son más utilizados por las personas ubicadas en los rangos de edades superiores a los 40 años.

La población en su generalidad plantea haber aprendido dichos refranes de los mayores, ya sean padres, abuelos, vecinos y que ¨esos dicharachos se mantienen desde hace tiempo atrás¨. De lo planteado se puede inferir el papel que ha jugado la tradición oral por medio de la cual se trasmiten saberes, refranes, códigos, significados, entre otros aspectos. Los refranes más mencionados durante la aplicación de las técnicas investigativas, fueron:

- Detrás de la tormenta, viene la calma.
- Donde manda capitán no manda marinero
- El capitán aunque esté en su casa, sigue siendo capitán.
- Marinero abordo: centinela alerta.
- Caballo sin espuela, barco sin remos ni vela.

- Viento en popa y a toda vela.
- En cada puerto un amor.
- Barco a la deriva.

También persisten palabras utilizadas en lo cotidiano que refieren las partes de embarcaciones y pueden utilizarse como símiles al hablar coloquialmente por ejemplo: babor, estribor, popa, proa, crujía, manga, eslora, puntal, vela, anclas, cuadernas, cubierta, bodega, varadero, escala, patana, la mar, muelle, zarpar, atracar, máquina, patrón, escaramujo, entre otras.

La proyección marinera a otros ámbitos se pone de manifiesto en las frases alegóricas a la rama, que se utilizan con frecuencia para pintar mejor las realidades cotidianas. Poesías, canciones, discursos políticos y comparaciones se nutren de la nomenclatura naval o marinera, lo cual se ha hecho notable en el lenguaje y la cultura popular del litoral de la bahía santiaguera. Por ejemplo:

- *Llegar a buen puerto o llegar a puerto seguro: equivale a un logro.*
- *¿Para cuándo el barco?: Preguntan a la embarazada.*
- *Viento en popa y a toda vela: es avanzar favorablemente.*
- *Mantenerse a flote: es sobrevivir dentro de una situación.*
- *Estar en la cresta de la ola: es integrar un importante entorno.*
- *Piratería: hábito de apropiarse de lo ajeno.*
- *Lastre: lo pesado e improductivo y del cual no encuentra cómo deshacerse.*
- *Mi empresa se hunde: quiebra u otras travesuras.*
- *Cuando el barco se hunde las ratas huyen: deslealtad de los falsos amigos.*
- *Remar contra la corriente: Ser contrario a algo.*
- *En cada puerto un amor: expresión de desconfianza de la mujer hacia un marino.*
- *Barco a la deriva: Dícese de la persona o situación que va por mal camino y por cuyo motivo es de presumir que acabará mal.*

- *Guacharero o poliano: Se le dice al pescador de orilla que sea mal pescador.*
- *Tiburón de Orilla: Se dice de la persona que no sabe nadar y se baña en la orilla de la playa.*

Otras locuciones de la rama marítima forman parte de los códigos, palabras, frases del lenguaje propio, que toman significado y son entendibles por las personas que se relacionan o forman parte del entramado social naval, algunos de ellos son:

- *Achicar: Orinar.*
- *Agarrar el puerto o fondeadero: Llegar con el buque al puerto o fondeadero después de pasar muchas dificultades y malos tiempos.*
- *Amarrar con la quilla: Varar, embarrancar el buque.*
- *Atracar: Apearse al muelle.*
- *Babor: Costado de la Izquierda*
- *Barcada: Tripulación o conjunto de personas que van a bordo del buque*
- *Chispas: Apodo con el que se conoce normalmente al oficial radiotelegrafista del buque.*
- *Chocolatera: Nombre con el que se conoce a bordo la máquina o motor principal del buque.*
- *Escribir en el mar: Figuradamente, remar.*
- *Estar solo al abrigo de una boya: Estar en una situación bastante comprometida y con pocas defensas.*
- *Estribor: Costado de la Desrcha*
- *Ferro: Nombre con el que se conoce el ancla.*
- *Gafe: Persona cuya presencia a bordo se considera que va a traer mala suerte al buque.*
- *Hacer el costo: Aprovisionar de víveres el buque.*
- *Hijo del cañón: Entre los anglosajones, término con el que se designaba al que nosotros conocemos como naonato, es decir, el nacido a bordo de un buque. La expresión procede*

de la época en que se aceptaba la presencia a bordo de las esposas de los marineros durante la estancia del buque en puerto, y al llegar el momento de dar a luz, el único espacio de cubierta disponible para ello era el situado entre los cañones.

- *Lobo de mar: Marinero de gran experiencia y no necesariamente viejo.*
- *Marinero matalote: El que es rudo y a la vez torpe en su profesión.*
- *Máquina: Se le dice a los motoristas de una embarcación.*
- *Nudo falso: Dícese del nudo mal hecho, y por lo tanto inútil, cuyo empleo, a veces, constituye un serio peligro.*
- *Patrón: Máximo responsable a bordo, en embarcaciones de pequeño y mediano porte.*
- *Ponerse horizontal: Acostarse, ir a dormir o tumbarse en la cama.*
- *Popa: Parte trasera de la embarcación.*
- *Proa: Parte delantera de la embarcación.*
- *Raquear: Buscar por las playas los restos de naufragios u objetos arrojados por el mar.*
- *Remache: Calificativo que se da al tripulante que se considera insustituible y también al que lleva mucho tiempo navegando en el mismo buque.*
- *Sobrecargado: Dícese del tripulante que está saturado de trabajo o de bebidas alcohólicas.*
- *Tener el pie de marino o andar con pies de mar: Tener la habilidad suficiente para mantenerse en pie a bordo, pese a los balances y movimientos del buque. Esto se consigue con la práctica.*
- *Viejo: Mote con el que se conoce a bordo al capitán o comandante del buque*
- *Zapatero: Marinero torpe y poco hábil. Se le conoce también como chanfla.*
- *Zarpar: Se dice de una embarcación cuando sale del puerto para navegar.*

4- DISCUSIÓN

La palabra naval está relacionado con la navegación marítima que es el arte y la ciencia de conducir una embarcación desde una situación de salida (zarpado). Varios autores la consideran arte por las destrezas que debe tener el navegante para sortear los peligros de la navegación y otros la ven como ciencia porque se basa en conocimientos físicos, matemáticos, oceánicos, cartográficos, astronómicos, entre otros.

A pesar de que en el lenguaje popular las personas utilizan indistintamente las palabras naval y marítima, realmente no significan lo mismo aunque están estrechamente relacionadas. La palabra marítima se refiere al mar, mientras que lo naval representa la navegación. Algunos autores plantean que lo marítimo recoge lo naval, o en otras palabras que lo naval forma parte de lo marítimo.

El estudio realizado nos muestra que en las comunidades del litoral de la bahía de Santiago de Cuba, ha existido como característica, un conjunto de códigos, frases, refranes y demás elementos propios del lenguaje que constituyen formas identitarias de la vida cotidiana en las zonas relacionadas con el mar.

Al analizar las características de la muestra escogida respecto a algunos de los criterios referidos, se pudo comprobar que los encuestados de grupos etarios con edades por encima de los 40 años fueron los que más refranes, códigos y palabras alegóricos a la rama naval pudieron identificar, planteando que lo habían aprendido de las personas que los antecedieron o los más longevos de su comunidad.

Sin embargo es significativo que los grupos etarios con menor edad pudieran identificar pocas frases palabras y códigos respecto a la rama marítima, cuestión que pudiera explicarse por el proceso de reproducción de la cultura, los conocimientos y los valores de la comunidad.

Algunas de las variables que pudieran estar afectando el proceso son: los procesos migratorios, la disminución de los concursos, festivales y actividades de la rama en los últimos años, la

desatención a determinadas instituciones de la comunidad que pudieran promover valores relacionados con el mar, entre otras, para lo cual se necesita un estudio que pudiera determinar las causas de dicho fenómeno.

Las técnicas de investigación aplicadas arrojaron ideas, sentimientos, recuerdos, vivencias emociones, que se reproducen de manera frecuente y cotidiana, que surge de manera espontánea ante los términos naval y marítimo. Sin embargo se ha podido diagnosticar que los más jóvenes desconocen significados, historias y refranes que forman parte del saber popular de la comunidad.

Entre los símbolos más identificados están: el faro, los cabos, las boyas, anclas, velas, barcos, patanas, cangrejos, jaibas y otros tipos de pescados. Las festividades más representativas son el carnaval acuático, la fiesta de la jaiba y la celebración del día 24 de octubre, en que personas de diferentes partes de la geografía cubana, llegan hasta la iglesia de Cayo Granma a rendir ofrendas y pagar promesas.

Los refranes más significativos fueron referidos en el acápite anterior, lo cual es un condensado que proviene de una compleja red de valoraciones en que se manifiesta desde lo simbólico, el lenguaje y los valores, siendo a su vez, expresión concreta de diferentes prácticas y acciones de los sujetos que interactúan en el entorno del litoral santiaguero.

Los imaginarios sociales respecto a la mar, producen valores, apreciaciones, gustos, ideales y conductas en las personas que participan de la cultura marítima y son el efecto de amplias relaciones sociales entre individuos, instituciones, objetos y recursos naturales, así como discursos y prácticas sociales que interactúan y constituyen hitos en el lenguaje de las zonas costeras.

Las representaciones sociales inherentes a la cultura marítima interactúan constantemente en la vida cotidiana de los pobladores del litoral de la bahía de Santiago de Cuba, incorporándose y

mezclándose con saberes populares, mitos, tradiciones, saberes y demás aspectos que nutren la cultura y el lenguaje popular.

5- CONCLUSIONES

Existen un conjunto de conocimientos, valores, prácticas, costumbres, habilidades y tradiciones que conforman la cultura marítima en las comunidades del litoral de la bahía de Santiago de Cuba que se han sistematizado y reproducido por la influencia del lenguaje en la tradición oral marítima, poseedora de jergas, códigos, vocablos, expresiones y significados que aluden a las tradiciones más ricas de la rama naval y a su vez trascienden a la vida cotidiana en un lenguaje lleno de matices y curiosidades.

Los objetivos del trabajo se cumplieron debido a que se pueden identificar representaciones sociales de la rama naval inherentes al lenguaje popular y se describe su contenido haciendo énfasis en variantes lingüísticas propias del espacio geográfico del objeto de estudio, así como de estratos de la comunidad investigada.

6- REFERENCIAS

1. Álvaro, J. L. (2012). *Representaciones Sociales*. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de http://www.ucm.es/info/eurotheo/diccionarioR.htm.
2. Farr (1983) Escuelas europeas de psicología Social: la investigación de Representaciones sociales en Francia. Revista México de Sociología 45(2), 641-657. México. Institución de Investigaciones Sociales/UNAM.
3. Jodelet (1986). La representación social: fenómeno, concepto y teoría. En SergeMoscovici (comp.), psicología social y problemas sociales: 469-494. Barcelona: Paidós.
4. Jodelet (2011) Aportes del enfoque de las representaciones sociales al campo de la

educación. Espacios en blanco. Serie Indagaciones, 21(1), 133-154.

5. Ibáñez (1988) Representación social. Teoría y método. En ideologías de la vida cotidiana-Psicología de las Representaciones sociales; 14-90. Barcelona Sendai.
6. Del Río, Fernández y Calderón (2017). La cultura popular tradicional como elemento esencial para la formación de la identidad patrimonial en el contexto del preuniversitario. BOLETÍN VIRTUAL-AGOSTO-VOL 6-8 ISNN 2266-1536-

XXVII
COPINAVAL
congreso panamericano
de ingeniería naval,
transporte marítimo
e ingeniería portuaria

CULTURA DE LAS PROFESIONES NAVALES. ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LAS RELACIONES SOCIOLABORALES EN ASTOR.

Riverí Juliens J. A.[1], Robert Brady Y.[2], Labañino Pérez L.[2]

[1]Empresa de Astilleros del Oriente (ASTOR), [23] Universidad de Oriente
E-mail: [1]riveri@astor.transnet.cu y joseriveri.mo@movil,transnet.cu

RESUMEN

La dinámica actual del contexto cubano impone cambios en el sistema de relaciones socio-laborales del entramado empresarial del país, por ello se precisa de estudios que aborden el impacto del conjunto de transformaciones que ha generado la aplicación de las políticas sociales en torno al trabajo y la manera particular en que las empresas han buscado alternativas para potenciar el desarrollo de las fuerzas productivas en cada organización. A pesar de que la actividad de construcción y reparación naval, dentro del sector marítimo, se ha retomado como una prioridad por el Ministerio del Transporte, aún persisten limitaciones, contradicciones y disímiles problemáticas en el sistema de relaciones socio-laborales de los astilleros nacionales, que unido a las características de cada territorio y a diversos factores objetivos y subjetivos a niveles macro y micro societales, condicionan un ritmo de desarrollo desigual en las organizaciones dedicadas a la actividad naval. La literatura especializada en el sector empresarial refiere algunas soluciones utilizadas por las organizaciones y gobiernos para potenciar el sistema de relaciones socio-laborales en la rama naval. Sin embargo, se aprecia una escasa utilización, al menos de manera explícita, del desarrollo de la cultura de las profesiones navales como una alternativa para potenciar el éxito empresarial. El trabajo se realiza en la Empresa de Astilleros del Oriente (ASTOR), revelando en el diagnóstico, las principales dificultades, contradicciones e insuficiencias que limitan su sistema de relaciones socio-laborales, para luego aplicar como alternativa de desarrollo, una estrategia integral para el tratamiento a la cultura de las profesiones asociadas a las actividades de construcción y reparación naval.

Palabras Clave: Cultura de las profesiones, sistema de relaciones socio- laborales, construcción y reparación naval, Empresa de Astilleros del Oriente (ASTOR).

1- INTRODUCCIÓN

Las labores de construcción y reparación de embarcaciones constituyen un segmento representativo dentro del sector marítimo portuario debido a la innegable trascendencia que ha tenido el transporte naval en el comercio internacional.

En Cuba, desde 1516 en que *se autoriza a los colonos asentados en la isla a construir y poseer embarcaciones* [1], ha existido un respaldo de las políticas gubernamentales a las actividades de construcción y reparación naval, independientemente de las dinámicas sociales de cada período histórico- social concreto.

En la actualidad el sistema de relaciones sociales en los astilleros experimenta cambios a todos los niveles debido a nuevas medidas, normativas y políticas socio-laborales que flexibilizan y favorecen la gestión empresarial, lo cual crea un contexto propicio para su desarrollo.

A pesar de la existencia de un escenario favorable para el progreso empresarial, aún persisten o emergen contradicciones y dificultades en el sistema de relaciones socio-laborales de los astilleros nacionales que limitan su desarrollo. Diversos factores como las prioridades para el desarrollo económico establecidas por el país, las condiciones económicas financieras de la nación, las características de las localidades, entre otros aspectos objetivos y subjetivos tanto a nivel macro como hacia el interior de las organizaciones del sector, condicionan un ritmo de desarrollo desigual en las entidades del medio naval.

En la Empresa de Astilleros del Oriente (ASTOR), como parte del universo de entidades de la rama naval en la zona oriental del país, se ha diagnosticado la persistencia de un conjunto de dificultades, limitaciones e insuficiencias en su sistema de relaciones socio-laborales, entre las que se encuentran:

- La migración de especialistas, técnicos, operarios (soldadores homologados, montadores-paileros y conservadores) con probadas competencias en la rama naval, hacia sectores con mayor remuneración, estimulación y condiciones laborales.
- Envejecimiento de la fuerza laboral con experiencia en las actividades de construcción y reparación naval sin que se garantice el reemplazo.
- Carencia de mecanismos que garanticen mayor impacto de la capacitación y la adecuada transferencia de conocimientos sobre construcción y reparación naval a los jóvenes de la organización.
- Insuficiente documentación técnica naval de la entidad (proyectos, planos).
- Limitados vínculos con las universidades, las escuelas técnicas y de oficios, la academia naval y los centros de investigación generadores del conocimiento.
- Debilitamiento de la identidad empresarial y de los valores propios de la actividad naval, caracterizado por un desconocimiento generalizado y una escasa promoción de los valores históricos- culturales de los Astilleros en Santiago de Cuba.

A pesar de que en ASTOR se reconoce la necesidad de resolver las dificultades mencionadas anteriormente y existen estudios con propuestas de solución que se aplican completa o parcialmente en la entidad, no se han encontrado mecanismos o alternativas suficientemente efectivas para mejorar el sistema de relaciones socio-laborales en la empresa, lo que en alguna medida, está relacionado con la escasez de estudios y experiencias sobre el tema en cuestión dentro de la rama naval a nivel local.

Una alternativa que puede utilizarse para mejorar de manera efectiva el sistema de relaciones socio-laborales en ASTOR es la aplicación de una estrategia integral para el tratamiento de la cultura de las profesiones navales, cuestión que no ha sido suficientemente investigada debido a una limitada construcción del concepto desde la literatura especializada, por lo que se pretende contribuir al

conocimiento científico en el ámbito empresarial, proponiendo el siguiente **problema de investigación**: ¿Cómo mejorar el sistema de relaciones socio-laborales en la Empresa de Astilleros del Oriente?

La idea a defender es: El sistema de relaciones socio-laborales en la Empresa de Astilleros del Oriente se puede mejorar con el desarrollo de la cultura de las profesiones asociadas a la construcción y la reparación naval, utilizando una estrategia integral en la que se articulen prácticas institucionalizadas e incorporadas por actores sociales de diversos ámbitos.

El **objetivo general** de la investigación es: Determinar cómo contribuir al mejoramiento del sistema de relaciones socio-laborales en la Empresa de Astilleros del Oriente mediante la utilización de aspectos teóricos- metodológicos al efecto.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación que se presenta es resultado de la aplicación de la segunda etapa del estudio sobre la cultura de las profesiones en la Empresa de Astilleros del Oriente, desarrollado desde el 2018, en la provincia Santiago de Cuba. Este referente requiere que inicialmente haya que aludir a elementos comparativos entre la etapa inicial del estudio (2016-- 2018) y la actual que comprende el período 2019- 2021.

En la primera etapa se realiza un diagnóstico integral de la cultura de las profesiones asociadas a la construcción y reparación de embarcaciones, cuyos resultados constituyen la base para la continuación del estudio y se recogen en el informe de investigación titulado: Diagnóstico de la cultura de las profesiones asociadas a la construcción y reparación de embarcaciones en Santiago de Cuba.

A pesar de que la Empresa de Astilleros del Oriente cuenta con cuatro Unidades Empresariales de Base ubicadas en Nuevitas, Manzanillo y Santiago de Cuba, el estudio se realiza en Santiago de Cuba, cuya selección fue intencional, tomando como criterio que en Santiago de Cuba se reúne la

población más numerosa, en la que se encuentra los trabajadores de la UEB ASTOR Santiago de Cuba y los que están suministrados a la entidad económica extranjera Damex Shipbuilding and Engeneering, a la cual además se le brinda el servicio de suministro de fuerza de trabajo, entre otros.

Al momento de realizar la primera etapa del estudio se contaba con un total de 392 trabajadores en la provincia Santiago de Cuba, 327 formaban parte de la plantilla de la empresa y 65 eran trabajadores contratados por tiempo determinado, adiestrados o contratados por período a prueba.

En la plantilla de la empresa para Santiago, 31 Cargos y 244 plazas estaban relacionados con la actividad de construcción y reparación de embarcaciones, que representaba el 68.53 % del total de plazas en plantilla.

De los 65 trabajadores contratados, 35 (el 53.85%) se desempeñaban en actividades relacionadas directamente con la construcción y reparación naval.

El 66.07 % de los trabajadores de ASTOR en la provincia Santiago de Cuba eran de interés para el estudio de la cultura de las profesiones. [2]

En la primera fase del estudio las técnicas de investigación aplicadas fueron la entrevista, la encuesta, la observación y el análisis de documentos. La muestra escogida fue del tipo intencional, atendiendo a los criterios de selección: profesión, especialidad, cargo que desempeña, conocimiento específico sobre construcción y reparación naval y años de trabajo en el astillero.

La segunda fase del estudio permite comparar los resultados actuales, derivados de la aplicación de varios aspectos teóricos- metodológicos, con los obtenidos en la primera fase, por lo que se requiere de tres momentos importantes, 1- la actualización del diagnóstico respecto a los datos demográficos más representativos y las variables más importantes de la investigación; 2- la evaluación de la aplicación de las alternativas propuestas para el fortalecimiento de la cultura de las profesiones identificadas en el diagnóstico inicial, atendiendo a su factibilidad y 3- la

fundamentación de una estrategia integral para la mejora del sistema de relaciones socio-laborales de ASTOR, mediante el tratamiento a la cultura de las profesiones navales.

3- RESULTADOS

3.1 Actualización del diagnóstico realizado en la Empresa de Astilleros del Oriente.

En la segunda fase del estudio se actualiza el diagnóstico enfatizando en las variables sistema de relaciones socio-laborales y la cultura de las profesiones navales, fundamentalmente las asociadas a la construcción y reparación de embarcaciones. Se actualizan además los datos demográficos de la entidad de lo cual se muestra una síntesis que sirve de base para la realización de comparaciones con el período anterior.

Al cierre del mes de mayo, ASTOR cuenta con 350 trabajadores en la provincia Santiago de Cuba, de los cuales el 88.86 % forman parte de la plantilla y el 11.14 % tienen contratos determinados con la empresa, por disímiles causas. La tabla a continuación muestra la plantilla aprobada y cubierta por cada Unidad Empresarial de Base y los contratos determinados.

TABLA 1: Plantilla de cargos aprobada y cubierta. Contratos determinados.

UNIDADES	APROBADA	CUBIERTA	VACANTES	CONTRATOS
EMPRESA	90	73	17	11
EMPLEADORA	35	30	5	18
ASTOR	213	163	50	10
DAMEX	57	45	12	-
TOTAL	**395**	**311**	**84**	**39**

Fuente: Informes de Capital Humano de la Empresa de Astilleros del Oriente

La composición por nivel de escolaridad vencido revela como las categorías más representadas al cierre del mes de mayo del 2021, el medio superior con el 54.57 % y el secundario con un 24.57 %, según muestra la *tabla 2.*

TABLA 2: Composición por nivel de escolaridad vencido.

Nivel de escolaridad	Cantidad	%
Primario	14	4
Secundario	86	24.57
Medio Superior	191	54.57
Superior	59	16.86
Totales	350	100

Fuente: Base de datos de la Empresa de Astilleros del Oriente

La composición por grupo de especialidades se agrupan en 3 categorías: 1- Especialidades navales, 2- Especialidades relacionadas con la actividad marítima y 3- otras especialidades ajenas a la actividad naval. (Tabla 3)

TABLA 3: Composición por grupos de especialidades. Cantidad de trabajadores respectivos.

Grupos de especialidades	Cantidad de especialidades	%	Cantidad de trabajadores	%
Navales	6	8.11	15	4.29
Relacionadas con la rama naval	23	31.08	57	16.29
Otras	**45**	**60.81**	120	34.28
Ninguna	—	—	**158**	**45.14**
Totales	**74**	100	350	100

Fuente: Base de datos de la Empresa de Astilleros del Oriente

La tabla 3 muestra que existen 74 especialidades en total, y de los tres grupos formados el más numeroso es el de las especialidades ajenas a la actividad naval, que representa más del 60 %. Por otra parte ASTOR tiene un elevado número de trabajadores (45.14 %) que no provienen de universidades o centros especializados.

La composición de la fuerza laboral, ilustra que la misma está envejecida y no garantiza su reemplazo. El grupo de edad más numeroso es el de 51 a 60 años que concentra más del 40% de los trabajadores de los astilleros en Santiago de Cuba. *(Figura 1)*



FIGURA 1: Composición por grupos de edades.

La fluctuación laboral es otro aspecto que se analiza en el diagnóstico, algunos de sus resultados se pueden ilustrar a través de las tablas 4A y 4B, en la que se compara la variable fluctuación laboral por períodos estudiados y tomando como base indicadores como la ocupación profesional de la persona que emigra de la organización, a través del cual se refleja la información de cuantos trabajadores que fluctúan de ASTOR y tienen como ocupación profesional alguna que estuviera relacionada con la actividad de construcción y reparación naval.

Tabla 4 A. Fluctuación laboral, período 2016- Primer trimestre 2018.

Año	Fluctuación laboral (FL)	Ocupaciones profesionales de la rama naval o relacionadas con la misma (OPN)	% OPN / FL
2016	87	36	41.38
2017	47	14	29.78
2018	22	11	50
Totales	156	61	39.1

Fuente: Base de datos de la Empresa de Astilleros del Oriente

Tabla 4 B. Fluctuación laboral, período 2019- Primer trimestre 2021

Año	Fluctuación laboral (FL)	Ocupaciones profesionales de la rama naval o relacionadas con la misma (OPN)	% OPN / FL
2019	33	24	72.73
2020	47	39	82.98

2021	9	6	66.67
Totales	89	69	77.53

Fuente: Base de datos de la Empresa de Astilleros del Oriente

3.1.1 El sistema de relaciones socio-laborales.

El sistema de relaciones socio-laborales en ASTOR se diagnóstica sobre la base de la interacción de mecanismos o subsistemas que determinan de manera concreta la naturaleza del trabajo, teniendo en cuenta los sujetos, la época, los ámbitos espaciales, las políticas sociales, entre otros aspectos.

El término refiere el vínculo interdependiente de las relaciones esenciales de los distintos grupos de trabajadores con su trabajo y entre sí, en los diferentes niveles en que este puede expresarse, ya sea societal, territorial, ramal u organizacional.

La literatura revisada refiere tres correspondencias que describen la esencia de las relaciones sociales en el trabajo y contienen conexiones importantes con indicadores de la cultura de las profesiones:

1- La correspondencia entre competencias laborales de los trabajadores y las demandas de sus contenidos de trabajo.

2- La correspondencia entre la motivación de los trabajadores y los mecanismos de estimulación y sanción.

3- La correspondencia entre las potencialidades decisorias y el ejercicio y despliegue en condiciones concretas de trabajo.

El análisis de las correspondencias anteriormente referidas permite la actualización del diagnóstico, obteniéndose entre los resultados, el levantamiento de un conjunto de dificultades que limitan el funcionamiento de las relaciones socio-laborales. Las técnicas de investigación aplicadas arrojan la necesidad de diseñar los perfiles de competencias de todos los cargos asociados a las

especialidades navales, la importancia de aumentar la diversificación y el alcance de la evaluación de la capacitación, la búsqueda de nuevos mecanismos de estimulación a los trabajadores, así como la factibilidad de resolver en determinada medida insatisfacciones respecto a condiciones laborales, salario, entre otras.

El vínculo con las secciones sindicales y demás organizaciones de la empresa debe profundizarse, de forma que todas las actividades, reuniones y sesiones de trabajo se conviertan en espacios de participación de los trabajadores y contribuyan a aumentar los canales de comunicación y la aplicación de las políticas sociales relacionadas con el empleo, cuestión que pueda resultar beneficiosa para ampliar las potencialidades decisorias de la organización.

En esencia los resultados arrojados por la aplicación de las técnicas de investigación corroboran que el sistema de relaciones socio-laborales en la empresa presenta dificultades en sus tres niveles de correspondencia,

3.1.2: La cultura de las profesiones navales.

La cultura de las profesiones navales, a efectos de esta investigación, puede ser definida como el conjunto de valores, conocimientos, costumbres, significaciones, códigos comunes que conforman la identidad de un grupo social que comparten creencias, funciones, quehaceres, actividades profesionales, las cuales se construyen y reconstruyen de manera histórica en un proceso de carácter discontinuo, constituido por eventos, contradicciones y acontecimientos de diversas naturaleza dentro de la rama naval. [3]

La evaluación sistemática de los conocimientos, valores, significados y demás aspectos referidos en la definición anterior, nos ha permitido actualizar el diagnóstico realizado en la primera etapa de la investigación y evaluar la efectividad de las acciones acometidas respecto a la cultura de las profesiones.

Entre los aspectos más significativos se identifican bajos niveles la disminución en la identidad empresarial, caracterizada fundamentalmente por un desconocimiento generalizado de los valores socio- históricos y culturales que caracterizan a la empresa y una limitada utilización del vocabulario propio de la actividad naval.

La promoción de los eventos, actividades, resultados y logros significativos de la empresa a través de las redes sociales y los espacios de participación de los trabajadores debe ser una prioridad, a pesar de que se han logrado concretar algunas acciones, aún son insuficiente el rescate de la identidad empresarial.

La transferencia de conocimientos, sigue siendo una variable de especial significación, respecto a la adquisición de los valores, símbolos, códigos y saberes propios de la rama naval, lo que no siempre es atendida con la intención necesaria.

A pesar de que se han llevado a cabo acciones para potenciar la cultura de las profesiones asociadas a la construcción y reparación de embarcaciones, los resultados son insuficientes y los efectos esperados limitados.

3.2 Evaluación de la aplicación de las alternativas identificadas en el diagnóstico inicial.

El diagnóstico inicial arrojó una propuesta de alternativas de solución para el fortalecimiento de la cultura de las profesiones asociadas a la construcción y la reparación naval en Santiago de Cuba. Al momento de la primera evaluación, ASTOR estaba aplicando las siguientes:

- Reconstrucción de la memoria histórica de ASTOR.
- Desarrollo de nuevas alternativas para la de la capacitación de los trabajadores.
- Aplicación de métodos para la valuación de la capacitación.

- Diversificación de las relaciones con los centros generadores de conocimientos en el territorio (Universidades, centros de formación técnica, centros de investigación, etc.)
- Potenciar la participación de la empresa en ferias, festivales y otros eventos de interés para ASTOR, generados por organismos superiores u otras instituciones.
- Fortalecimiento de organizaciones relacionadas con la investigación, la innovación y el desarrollo (ANIR, Fórum de Ciencia y Técnica, etc.)
- Elaboración del procedimiento para la transferencia del conocimiento en ASTOR, de forma más integral y abarcadora.
- Establecimiento de nuevos contratos con navieras, instalaciones portuarias, suministradores y demás instituciones relacionadas con la rama naval en función de ampliar nuestra cartera de negocios en el territorio.
- Elaboración de programas de capacitación especializados para estudiantes en práctica laboral, jóvenes en adiestramiento o el personas contratadas a prueba con los que se pretenda ocupar cargos relacionados con la actividad de construcción y reparación naval.
- Promoción de proyecto, investigaciones y eventos que tributan al desarrollo paulatino de la actividad de I+D+i.

En la segunda medición, se detectan dificultades en la continuidad y seguimiento de lo recomendado en la etapa anterior que se le atribuyen a una serie de variables de índole políticas, sociales, académicas, económicas que han limitado a corto y mediano plazos el conjunto de habilidades, valores y saberes propios de las actividades profesionales navales.

La aplicación de las alternativas propuestas en el diagnóstico inicial se evalúa de regular, debido a que la misma no ha logrado aplicarse según lo diseñado. Aspectos como la capacitación, la investigación y la innovación, el vínculo con las universidades, el desarrollo de las fuerzas productivas, el mejoramiento del clima laboral, la transferencia del conocimiento, la fluctuación

laboral, las interrupciones laborales, la organización de la producción, entre otros, son asignaturas pendientes que no se han podido resolver con la aplicación de algunas medidas aisladas, por lo que se necesita de una estrategia más profunda que remueva los cimientos de las relaciones socio laborales por medio de resortes como el desarrollo de la cultura de las profesiones.

4- DISCUSIÓN

4.1 Algunas generalidades sobre la aplicación de una estrategia integral para la mejora del sistema de relaciones socio-laborales de ASTOR, mediante el tratamiento a la cultura de las profesiones navales.

El logro de la efectividad en el tratamiento al sistema de relaciones socio-laborales debe tener en cuenta determinados aspectos que pueden condicionar el éxito en dicha pretensión. Su estudio y aplicación práctica en diferentes espacios pueden realizarse a través de disímiles maneras, utilizando diversos métodos y técnicas de investigación, así como varios esquemas teórico-metodológicos que respondan a numerosas disciplinas científicas como: economía; psicología; derecho; comunicación social; sociología; demografía; entre otras ciencias políticas, sociales y empresariales.

El alcance de una investigación sobre el sistema de relaciones socio-laborales depende de las particularidades del estudio y los objetivos que se propongan los investigadores, debido a que la definición del concepto aportada por los especialistas en la temática tiene aspectos que transitan en los niveles micro, meso y macrosocietales y cuenta con factores generales y específicos. Algo similar ocurre con el concepto cultura de las profesiones navales que contiene en su definición, aspectos de diferentes índoles y repercusión, por lo que se requiere de un enfoque integrador para el estudio de dichas variables.

En el caso concreto de esta investigación, el alcance se circunscribe a la Empresa de Astilleros del Oriente, utilizando aspectos teóricos- metodológicos capaces de explicar el problema y proponer soluciones acorde con la complejidad del contexto y las necesidades tanto de la organización como de los trabajadores individualmente.

La Empresa de Astilleros del Oriente está influenciada por las limitaciones del abastecimiento técnico- material nacional para los proyectos productivos de servicios industriales y la disminución progresiva de la importación de materiales e insumos para las actividades de construcción y reparación de embarcaciones y artefactos navales.

En los años 2019 y 2020 la mejora salarial en el sector presupuestado, la proliferación del sector privado- cooperativo y el crecimiento de sectores empresariales más atractivos por sus condiciones laborales y la remuneración, incidieron en la fluctuación laboral que presenta la organización, lo cual se visualiza al comparar las tablas 4A y 4B presentadas en el acápite referido a la actualización del diagnóstico, siendo significativo que en los 6 años que enmarca el estudio, han migrado de la organización alrededor de 240 personas y de ellas, 130 ocupaban cargos de interés para el desarrollo de la cultura de las profesiones navales, lo que representa alrededor el 54.17%.

La comparación de las tablas 4A y 4B nos revela además una disminución de la fluctuación laboral en el segundo período (2019--- primer trimestre de 2021), de 67 trabajadores, respecto al primer periodo (2016--- primer trimestre de 2018), sin embargo la fluctuación de los trabajadores con ocupaciones profesionales de la rama naval o relacionadas con la misma experimenta un ligero aumento de 8 personas en el segundo periodo con respecto al primero, existiendo mayor proporción porcentual entre las personas que causan baja de la organización que salen de ocupaciones profesionales de la rama naval o asociadas a estas respecto del total de bajas en el año. Se puede observar que los valores porcentuales de la cuarta columna de la tabla 4B son mayores que los de la misma columna de la tabla 4A.

En el año 2021, a pesar del crecimiento de los efectos del bloqueo y la situación de la pandemia Covid-19, el país inició el proceso de ordenamiento económico que trajo consigo diversos cambios en la vida económica y social de la nación. Las empresas han experimentado un conjunto de transformaciones debido al proceso. La subida de los salarios, la modificación de los precios mayoristas y minoristas, así como el sinnúmero de afectaciones en el entorno laboral, modifican el sistema de relaciones socio-laborales en las organizaciones.

A pesar de que en el contexto actual se manifiestan una serie de dificultades macroeconómicas que afectan el desempeño de las organizaciones, existe un conjunto de aspectos subjetivos relacionados con valoraciones, significados, representaciones, falta de gestión, entre otros que dañan al sistema de relaciones socio-laborales en ASTOR y que pueden atenuarse o resolverse a través de un tratamiento adecuado a la cultura de las profesiones navales, en una estrategia integral.

El énfasis en la cultura de las profesiones le permite a la empresa reconstruir y divulgar su memoria histórica; incrementar el sentido de pertenencia de los trabajadores; aumentar la capacitación de los operarios; técnicos y cuadros de la entidad; aprovechar conocimientos, habilidades, experiencias y la creatividad de todos los actores sociales para hallar soluciones válidas que tributen al desarrollo empresarial; incrementar el desarrollo de la innovación y la proliferación de los proyectos de I+D+i como alternativas de crecimiento; garantizar la transferencia del conocimiento garantizando la continuidad y el desarrollo de las actividades productivas de la organización; el rescate de ritos, tradiciones, festividades, vocablos y jergas propias de las actividades navales que fortalecen la identidad y el vínculo con otros espacios culturales de la localidad; así como promover mecanismos de estimulación y compensación a los trabajadores, mejorando además sus niveles de satisfacción, todo lo cual redunda en el mejoramiento del sistema de relaciones socio-laborales de la empresa.

Una estrategia integral requiere de una fundamentación teórica- metodológica, la definición de objetivos generales y específicos, la identificación de las premisas y las barreras o limitaciones

para la aplicación de la estrategia, así como la determinación de las etapas y las acciones que se deben llevar a cabo para el logro de los objetivos.

En el caso específico de este estudio, el cimiento de la fundamentación teórica- metodológica está en el tratamiento teórico conceptual de las variables cultura de las profesiones navales y sistema de relaciones socio-laborales, las cuales no se han abordado con la profundidad científica que requiere el contexto actual y por ende esto constituye una brecha investigativa aprovechable para resolver problemas prácticos en la rama de la producción y los servicios utilizando indicadores que permitan complementar etapas como: 1- Diagnóstico y la sensibilización, 2- Planificación e implementación de acciones y 3- Evaluación y control.

La premisa fundamental está en el enfoque integrador de la estrategia, lo cual permite la articulación de actores sociales que pueden ser de diversos ámbitos pero tributan a políticas sociales y objetivos estratégicos del país. Las etapas identificadas para la estrategia deben integrar y coordinar las prácticas institucionalizadas en la academia naval; los centros de investigación donde se promueva el desarrollo de la rama naval; las instituciones académicas o universitarias que tributan conocimiento y capacitación a los profesionales y técnicos de la rama; politécnicos, tecnológicos y escuelas de oficio donde se formen especialidades que puedan estar relacionadas con segmento marítimo.

A la estrategia deben integrarse actores sociales como la familia, las escuelas, las comunidades donde hayan elementos tradicionales asociados con el mar, los centros especializados de la rama marítima portuaria, la administración marítima portuaria, los puertos, los astilleros, las navieras, los medios de comunicación masiva a todos los niveles, las editoriales, los centros de promoción de la historia, el conservador de la ciudad, las universidades, entre otros centros, instituciones, grupos e individuos que lleven a cabo prácticas sociales aprovechables para promover y potenciar el sistema de relaciones socio-laborales en la rama marítima y la cultura de las profesiones navales.

La validación de la estrategia que se aplica está condicionada por el aprovechamiento de las acciones que se formulan, la implementación de los proyectos I+D+i que se proponen y el cumplimiento de la evaluación y control de cada proceso planificado.

En este momento la Empresa de Astilleros del Oriente tiene propuesto un proyecto de Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en conjunto con la Universidad de Oriente y en estrecho vínculo con otras entidades del territorio, que se titula ***∑(tecnología SIGNA & Cultura de las profesiones navales)= (eficiencia y eficacia)^2 en @stilleros.***, con el que se pretende continuar con la implementación de la estrategia a través de la sistematización de un conjunto de experiencias y la búsqueda de nuevas fórmulas para el desarrollo empresarial en la rama naval.

La propuesta del proyecto es la continuación de la investigación ***Optimización del proceso productivo en la reparación naval***, que ha traído como resultado un propósito más abarcador que consiste en la aplicación de una tecnología sustentada por modelos económicos- matemáticos para la optimización de la planificación y el control de los procesos productivos que se utilizan en la construcción y reparación naval, apoyados en un sistema integral de procesamiento de la información a través de técnicas computacionales especializadas ajustadas a las necesidades de ASTOR así como en herramientas teóricas- metodológicas que midan el impacto de la aplicación y contribuyan a fortalecer la cultura de las profesiones navales. [4]

5- CONCLUSIONES

El sistema de relaciones socio-laborales en ASTOR independientemente de las limitaciones producto a problemas relacionados con la macroeconomía, presenta dificultades con aspectos subjetivos que limitan la gestión empresarial.

Durante el trabajo se expone la necesidad de desarrollar la cultura de las profesiones navales, mediante la utilización de una estrategia integral que articule diversos actores sociales lo que

permite dar respuesta al objetivo general de la investigación, relacionado con determinar cómo contribuir al mejoramiento del sistema de relaciones socio-laborales de ASTOR.

De la aplicación de la estrategia se distingue la propuesta de un proyecto de I+D+i en conjunto con la Universidad de Oriente con lo que se pretende dar continuidad a investigaciones relacionadas con técnicas computacionales que contribuyan al aumento de la eficiencia y eficacia de los procesos productivos relacionados con la rama naval y a su vez coadyuven al desarrollo de la cultura de las profesiones y al mejoramiento del sistema de relaciones socio-laborales de la organización.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ [1] Curbelo Vidal, Manuel: ¨Predominio de las formas no escolares de la educación en Cuba.¨ **La Habana, Cuba. Editorial Pueblo y Educación 2004.** p. 178- 180
- ✓ [2] **Riverí Juliens, José (2018). ¨La cultura de las profesiones asociadas a la construcción y la reparación de embarcaciones.¨ Jornada Científico Técnica FORUM ASTOR 2018**. pp.6
- ✓ [3] Riverí Juliens, José (2018): Diagnóstico de la cultura de las profesiones asociadas a la construcción y reparación de embarcaciones en Santiago de Cuba. Jornada científico-pedagógica PREGER 2018. Publicado en http://portico.transporte.cu/bibliotecaJCPP/18
- ✓ [4] Juan Gainza, Vicente y Riverí Juliens, José (2021): Proyecto empresarial-∑(tecnología SIGNA & Cultura de las profesiones navales)= (eficiencia y eficacia)^2 en @stilleros. p. 2.

XXVII
COPINAVAL
congreso panamericano
de ingeniería naval,
transporte marítimo
e ingeniería portuaria

AUDITORÍA TECNOLÓGICA Y MODELO DE MADURACIÓN DE LA INNOVACIÓN EN ASTILLEROS DE CONSTRUCCIÓN NAVAL

Serrano Argüelles, Carlos[1], Blanco Maceiras, Moisés[2]

[1]Co-fundador CRM Solintec, [2]Co-fundador CRM Solintec
[1]e-mail: navalsolintec@gmail.com

RESUMEN

La innovación impulsa la demanda de bienes y servicios por entender las necesidades de una sociedad cambiante, utilizando nuevas tecnologías compatibles con la alta rentabilidad al ofrecer antes lo que el mercado demanda.

Para evaluar el grado de implementación de la innovación en empresas de carácter industrial los autores desarrollan un método basado en el Modelo de Capacidades de la ISO/IEC 15504-2 para ser aplicados a distintos sectores industriales.

El sector naval, en concreto el de los pequeños y medianos astilleros de construcción naval presenta niveles muy bajos de implementación de la innovación, por lo que existe gran potencial de mejora de su competitividad.

Tras analizar los resultados los autores plantean vías de mejora de la competitividad en los pequeños y medianos astilleros de construcción naval.

Palabras clave:

Auditoria Tecnología, Innovación, Mejora de competitividad sector naval, Modelo de Capacidades.

1- INTRODUCCIÓN

Un proyecto basado en una idea innovadora garantiza un alto retorno de inversión ya que por su propia naturaleza está posicionado de una manera inmejorable para absorber una gran mayoría de la oportunidad disponible en el mercado por ofrecer unas características anheladas por los consumidores que ninguna otra oferta puede satisfacer.

A menudo el valor añadido que ofrece el producto innovador consigue multiplicar beneficios, haciendo que la inversión inicial sea pequeña en comparación con los ingresos generados.

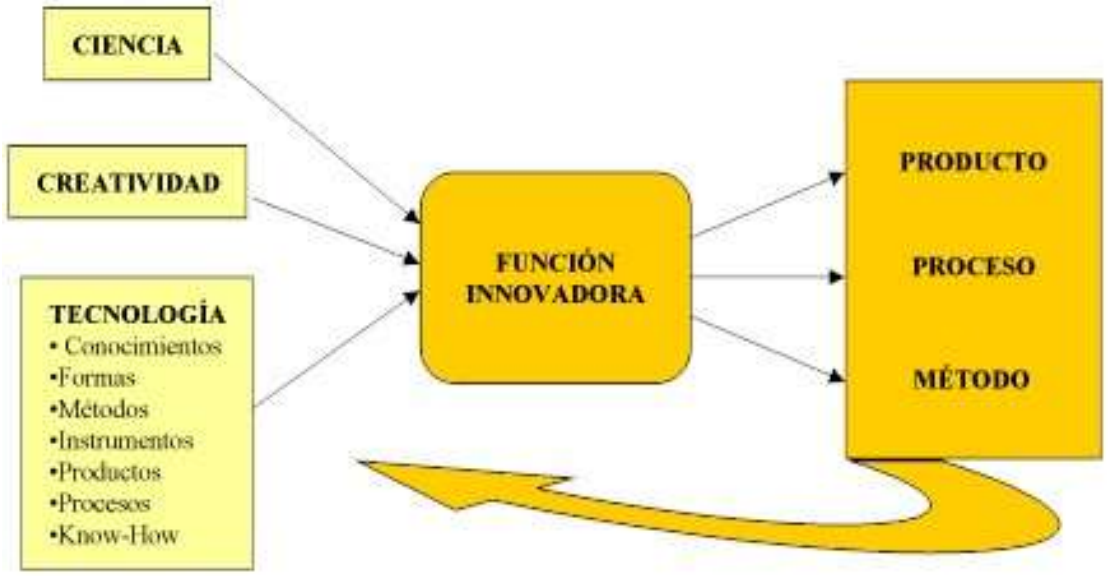
Aunque parezca una paradoja aquí es donde radica una de las complicaciones de la innovación, ya que a menudo implica cambios que parecen pequeños desde el punto de vista tecnológico o I+D con respecto a los productos o servicios anteriormente existentes, por lo que especialmente las pequeñas y medianas empresas suelen considerar a los procesos innovadores como una idea feliz que surge de manera un tanto improvisada y que es fruto de la evolución natural de las soluciones ya existentes.

Nada más lejos de la realidad, ya que la innovación surge de llegar a entender a la perfección la voz del mercado y esto requiere tener procesos capaces de identificar de forma clínica las oportunidades de cubrir mejor sus necesidades, que en el caso de los astilleros de construcción naval a la postre consiste básicamente en proporcionar un buque que maximice los beneficios de explotación y sobre todo el retorno de inversión del armador durante todo su ciclo de vida.

Las grandes corporaciones suelen diferenciar perfectamente la gestión de la innovación de la gestión tecnológica, pero al tener capacidad financiera para desarrollar proyectos de gran envergadura, los cuales suelen tener un importante componente tecnológico, ocurre que a los ojos del gran público parece que sus nuevos productos se basan únicamente en nuevas aplicaciones tecnológicas, cuando en realidad suele ser a la inversa y estas nuevas aplicaciones tecnológicas están supeditadas a procesos ligados a la gestión de la innovación de la empresa que de la mano de la mercadotecnia es capaz de identificar y desarrollar especificaciones de nuevos productos que cumplan necesidades de mercado no cubiertas todavía.

Para definir e implementar procesos innovadores en las empresas están las llamadas Auditorias Tecnológicas y de Gestión de la Innovación que son capaces de señalar las

lagunas existentes en la organización y las medidas necesarias para paliarlas, que es una de las áreas de especialización de los autores.



En nuestra experiencia como Auditores Tecnológicos de pequeñas y medianas empresas y hemos visto como estas han ido consolidándose y creciendo gracias a la mejora continua de sus servicios como resultado de una organización orientada a la innovación.

Por contra hemos trabajado también con otras empresas de tamaño considerable, en las que podríamos incluir a pequeños y medianos astilleros navales, que subestimaron en su día las Auditorias Tecnológicas y de Innovación y que a día de hoy están bajo concurso de acreedores.

Efectivamente si de algo adolece el sector naval actual en España es de una pérdida de competitividad dentro del mercado global. Desde nuestro punto de vista, la vía de recuperación de dicha competitividad se basa en una apuesta fuerte y real por la innovación, teniendo siempre muy presente que la innovación por sí misma no tiene sentido si no es orientada a conseguir una ventaja en el mercado. El punto de partida para actualizar cualquier plan tecnológico de una empresa desde un punto de vista de la innovación es obtener una radiografía fiel de la situación actual de la misma, sus fortalezas y debilidades tecnológicas, de administración, de marketing… Esto es la Auditoría Tecnológica.

Tradicionalmente el sector naval español ha quedado anclado en la idea de que cada buque construido era único, ya que se diseñaba a partir de una especificación particular, y que esto en sí mismo era innovación. Esto es un sin duda un grave error de concepto, ya que la innovación es algo más que buscar crear una singularidad nunca ejecutada de

anteriormente de manera exacta. La innovación debe generar soluciones que aporten un valor añadido diferente al consumidor, y esto incluye a los armadores clientes de los astilleros como tal.

Así durante muchos años las ayudas de innovación al sector naval se otorgaban incomprensiblemente a barcos muy similares pero que se reclamaban como únicos en el mundo por tener una geometría unos centímetros diferente. A modo de ejemplo, en nuestros años de astillero fuimos testigos de como una patrullera costera era tildada de novedad mundial por presentar una cubierta de vuelo a una distancia del disco de franco-bordo 5 cm menor que otra exactamente igual.

Es hora de cambiar y fijarse en astilleros pequeños y medianos en Europa y Asia que han desarrollado métodos de producción más orientados a buscar el valor añadido que el tipo de buque y servicios vinculados a su explotación ofrecen al cliente, y por ende a trabajar con economías de escala similares a otros sectores industriales para ser competitivos en precio. Esto podría suponer a modo de ejemplo, lanzar un producto estándar (un buque en este caso) con alta valoración de salida en el mercado, al que puede otorgársele aún más valor añadido con opciones de modificación estándar que pueden ser elegidas por el armador. Esto permite no solo particularizar de forma rápida y sencilla las especificación del producto, sino de ajustar también fácilmente el precio final en función de las opciones elegidas, permitiendo ajustarse al presupuesto y condiciones de financiación del cliente.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Otros sectores llevan al sector naval una gran ventaja en la aplicación sistemática de la innovación en sus empresas, abarcando desde los productos y procesos, incluyendo hasta la gestión; demostrándose a base de balances positivos en la cuenta de resultados que la innovación es el camino a seguir.

Aunque en los últimos años se trató de controlar las calidades y procesos de innovación mediante la implantación de las normas ISO, del sector puntero en innovación -que es el de las nuevas tecnologías- ha nacido un procedimiento estándar para evaluar la capacidad de innovación de una empresa para mejorar su competitividad. Este estándar es el ISO

15504, nacido para el sector de las tecnologías de la información, TIC, y basado en el MMC (Modelo de Madurez de Capacidades), que es un método para definir y gestionar los procesos a realizar por una organización. El MMC fue desarrollado inicialmente para los procesos relativos al software por la Universidad Carnegie-Mellon para el SEI (Software Engineering Institute), un centro de investigación y desarrollo patrocinado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América. Hoy día, el MMC se ha convertido en una referencia para la gestión de la innovación y por ello lo hemos seguido para construir los atributos de nuestra auditoria tecnologica.



Figura 1. Modelo de Capacidades en que se basa la Auditoria Tecnológica (según ISO/IEC 15504-2)

Los atributos elegidos por los autores, los cuales serán presentados y enumerados en la sección de resultados de este trabajo, pretenden resolver las carencias empresariales relacionadas con un porfolio de productos y servicios con ciclos de vida muy cortos en la era digital. Las nuevas generaciones de tecnología se imponen a un ritmo muy rápido, por lo que las empresas tienen que enfrentarse a la presión de adaptarse y evolucionar a través de la innovación de forma muy veloz. El momento adecuado para acceder a un mercado y la elección del momento exacto para introducir un nuevo producto en dicho mercado, son factores cruciales en la competitividad.

Para sobrevivir a estos retos – competencia interna e internacional cada vez más evolucionada, nuevas tecnologías emergentes que modifican los esquemas tradicionales e imponen una renovación de los métodos de producción y organización, nuevos imperativos en términos de sostenibilidad y medio ambiente – las empresas tienen que

desarrollar de forma rápida una cultura común que refuerce la capacidad de innovación y el potencial del conocimiento en la organización.

El concepto de competitividad incluye productividad, eficiencia, y reducción de costes; y el futuro de las empresas depende sobre todo en su capacidad de invertir en investigación, conocimiento y tecnología, a la vez que de entrenar las competencias pertinentes que permitan los mejores resultados en términos de producto desarrollado, servicios o nuevos procesos y metodologías.

En contextos de ralentización del crecimiento económico especialmente, más que en los contextos de crecimiento, los agentes económicos tienen que enfrentarse a una estrategia de supervivencia, promocionando e invirtiendo a diferentes niveles:

Los procesos de innovación permiten mayor productividad y reducción de coste. La mejora continua es la forma de aumentar calidad y seguir siendo competitivo; y la Innovación en el producto/servicio final es clave en términos de diferenciación y por ende aceptación. Es necesario cambiar el concepto de intentar triunfar en el mercado con precios bajos (lo cual entre otras consecuencias limita los salarios y el bienestar de la comunidad) como fórmula de éxito, por el de ser líderes de mercado mediante productos / servicios de alta calidad e innovadores.

DESARROLLO DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN – MODELO DE MADUREZ DE LA INNOVACIÓN.

Los resultados de las auditorias tecnológicas desarrolladas por los autores presentan de manera directa las fortalezas y debilidades de las empresas evaluadas desde el punto de vista de la implementación y gestión de la innovación.

Un análisis detallado de estos resultados puede crear grandes oportunidades de mejora. El recurso que hemos utilizado es la base de la auditoria desarrollada en base a la ISO 15504 desde el ángulo de la innovación.

El análisis de resultados se ayuda del Modelo de Madurez Capacidades (MMC), que permite a las empresas comprender como tomar las riendas de sus procesos para desarrollar y mantener una cultura constante de innovación en la organización.

Tanto el concepto de madurez como de capacidad tienen un mismo significado. La diferencia entre ellos es que la capacidad se aplica a un proceso concreto y la madurez se

aplica a todo el conjunto de procesos. En otras palabras, capacidad mide la "eficiencia" de un proceso concreto y la madurez mide el grado de innovación de una compañía teniendo en cuenta todos los procesos.

3- RESULTADOS

A continuación, se reproducen las simulaciones de auditorías tecnológicas realizadas a empresas del sector de la información de pequeño tamaño (menos de 20 empleados y creación reciente), con pequeños y medianos astilleros de construcción naval (plantillas entre 50 y 500 empleados, con más de 20 años de existencia)



Figura 2. Niveles de Madurez y Capacidad (CMM) Empresa representativa sector TIC



	Capability Level 1	Capability Level 2	Capability Level 3	Capability Level 4	Capability Level 5
IP.1: Strategic Innovation Vision	1				
IP.2: Design Strategy and Portfolio Management	1				
IP.5: Committing People	1				
OM.1: Build Trust	1				
OM.3: Risk Taking and Risk Management	1				
IP.3: Cooperation Capability and Synergy	0				
IP.6: Shape and Style Products & Services	0				
IS.1: Look for the Unexpected (Opportunities)	1				
IS.3: Look at the Operational Needs	1				
OM.2: Innovation Teams	1				
BM.3: Measuring and Benchmarking Competitive Position of Innovation	0				
IS.2: Look for Discrepancies between Reality and Expectations	0				
IS.4: Look at Your Industry Changes	1				
BM.1: Inner Perception of Competitive Advantage of Innovation	0				
BM.2: Outer Perception of Competitive Advantage of Innovation	0				
IP.4: Foster Reuse (Modularity/Multi-Disciplinarity)	0				
IS.5: Identify Advantages in Demographic Changes	1				
IS.6: Identify Advantages in Perception Changes	0				
IS.7: Identify Advantages in Knowledge Changes	1				

Figura 3. Resultados Madurez y Capacidad Astillero PYME



	Capability Level 1	Capability Level 2	Capability Level 3	Capability Level 4	Capability Level 5
IP.1: Strategic Innovation Vision	1/1				
IP.2: Design Strategy and Portfolio Management	1/1				
IP.5: Committing People	1/1				
OM.1: Build Trust	1/3				
OM.3: Risk Taking and Risk Management	1/1				
IP.3: Cooperation Capability and Synergy	0/2				
IP.6: Shape and Style Products & Services	0/3				
IS.1: Look for the Unexpected (Opportunities)	1/1				
IS.3: Look at the Operational Needs	1/1				
OM.2: Innovation Teams	1/1				
BM.3: Measuring and Benchmarking Competitive Position of Innovation	0/2				
IS.2: Look for Discrepancies between Reality and Expectations	0/2				
IS.4: Look at Your Industry Changes	1/3				
BM.1: Inner Perception of Competitive Advantage of Innovation	0/1				
BM.2: Outer Perception of Competitive Advantage of Innovation	0/0				
IP.4: Foster Reuse (Modularity/Multi-Disciplinarity)	0/2				
IS.5: Identify Advantages in Demographic Changes	1/2				
IS.6: Identify Advantages in Perception Changes	0/2				
IS.7: Identify Advantages in Knowledge Changes	1/2				

Figura 4. Comparativa Madurez y Capacidad TIC vs Astillero PYME



Figura 5. Comparativa Madurez y Capacidad por Atributos

4- DISCUSIÓN

El sector naval, en concreto los astilleros de construcción, siempre desarrollaron sus estrategias en un marco de singularidad con respecto a otras industrias basadas en maximizar factores de escala (como la automovilística) y los resultados ponen de manifiesto que esto lleva consigo una enorme pérdida de competitividad, que origina una concentración de la producción naval en astilleros con estrategias que diferencian claramente el I+D de la Innovación, los cuales ponen el acento en entender dónde se produce el mayor valor añadido para el cliente de forma que ese nicho de producto / servicio quede incorporado a la cartera del astillero.

Hoy día una minoría de astilleros tienen un enfoque total a la innovación, que redunda en una mayor estandarización de buques (incluso de tamaños medianos y pequeños como remolcadores) de forma que estos pueden tenerse muy avanzados antes de firmar el contrato con el armador. También estos astilleros se centran del mismo modo en dar soluciones al ciclo de vida del buque, de forma que mas y mas, al igual que en otras industrias, se puede avanzar hacia un contrato que ofrezca disponibilidad y utilización del buque, ya que este presenta el mayor valor añadido para el cliente y como consecuencia el mayor beneficio para el astillero.

5- CONCLUSIONES

En general el modelo de gestión y negocio de los astilleros Latinoamericanos y españoles tiene que avanzar hacia un modelo basado en la innovación. La industria de la construcción naval como industria de síntesis tiene que poder conjugar nuevas

tecnologías con una prestación de productos y servicios que otorguen el máximo valor añadido al cliente.

La auditoría tecnológica aquí presentada es capaz de presentar de forma directa las fortalezas y debilidades de una empresa para que pueda modelar una estrategia de negocia que le permita ser líder de mercado.

Escritura de reconocimientos

Un agradecimiento especial al Prof. Dr. Ramón Yañez, destacado economista de la Universidade da Coruña, por su visión empresarial; al Catedrático Dr. Ing. Alfonso García Ascaso, Conselleiro de Industria y Decano del Colegio de Ingenieros Navales de Galicia, por su orientación a resultados; al Prof. Dr. Ing. Fernando Junco Ocampo, por su

confianza y apoyo; a D. Santiago Nieto Mengotti, Responsable de la Materioteca del *Centro de Innovación e Servizos da Tecnoloxía e o Deseño, CIS Galicia*, por su visión de vanguardia; a D. Juan y D. Javier Carou, de Astilleros Carou, por su cooperación entusiasta.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blanco Maceiras, M. ; Serrano Argüelles, C. Auditorías Tecnológicas ejecutadas en empresas TIC de Galicia.
2. Arthur D. Little Inc. Patterns and Problems of Technical Innovation in American Industry.
3. Becker, SELWYN W. AND THOMAS L. WHISLER. THE INNOVATIVE ORGANIZATION: A SELECTIVE VIEW OF CURRENT THEORY AND RESEARCH.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

ANÁLISE DE VIABILIDADE À IMPLEMENTAÇÃO DE EMBARCAÇÕES FOTOVOLTAICAS NO TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NA AMAZÔNIA

LOUREIRO, E. S. P.[1], GOMES, F. V.[2], PEREIRA, B. de J. A.[3]

[1]UFPA/ITEC, [2]UFPA/ITEC, [3]UFPA/ITEC
[1]e-mail: emannuel@ufpa.br, [2]e-mail: fernanda.vera.gomes@itec.ufpa.br, [3]e-mail: breno.pereira@itec.ufpa.br

RESUMO

A Região Metropolitana de Belém (RMB), assim como muitas outras regiões no mundo, tem sua malha rodoviária de transporte de passageiros sobrecarregada. Localizada na barra sul da foz do Rio Amazonas, a cidade de Belém fica em uma península cercada pela Baía do Guajará e pelo Rio Guamá. Devido a isso, o potencial hidroviário local é estudado como alternativa sustentável de mobilidade urbana por meio da aplicação de transporte fluvial de passageiros. No passado, houve tentativas de implementação dessa modalidade de transporte, contudo, sem muito êxito pois um dos principais motivos para o insucesso era o alto valor da tarifa. Porém, este custo pode ser reduzido pela implementação de fontes renováveis de energia. Seguindo uma tendência mundial na busca por alternativas de mobilidade elétrica, neste estudo é realizada uma análise de viabilidade técnica e econômica para a implementação de embarcações fotovoltaicas no transporte fluvial urbano de passageiros em uma cidade amazônica, tendo em vista não somente o aspecto financeiro, mas também a minimização de danos causados ao meio ambiente com a utilização de energias renováveis. O estudo contempla também a análise de uma rota fluvial com pontos de paradas estratégicos em função da demanda de transporte da cidade. Assim, observar a viabilidade do emprego dessas embarcações em tais áreas, poderá gerar um impacto positivo considerável na vida da população local.

Palavras chaves: mobilidade urbana, embarcação, fotovoltaico, sustentável.

1- INTRODUÇÃO

A expansão de uma região metropolitana implica na modificação da mobilidade urbana existente no local para atender às necessidades de transporte da população. Essa alteração deve garantir o estabelecimento de rotas otimizadas para o fluxo de cargas e pessoas entre as áreas da região, usufruindo das suas características naturais ou artificiais. No Brasil, 72,3% do transporte é realizado à base de fontes energéticas derivadas de combustíveis fósseis como óleo diesel e gasolina, dos quais 96% dessa parcela é composta pelo transporte rodoviário [1]. Essa utilização majoritária contribui para o aumento de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera e caracteriza um dos grandes problemas enfrentados pelos países do globo no século XXI.

Devido à localização da maioria dos centros urbanos, a maior parte do transporte utilizado pelos moradores é o modal rodoviário [1]. Contudo, quando a região sofre um crescimento urbano desordenado, alguns fatores como congestionamentos e superlotação de ônibus intermunicipais podem interferir nessa circulação e influenciar na qualidade de transporte e tempo de viagem.

Nesse sentido, é possível utilizar características naturais do local para expandir a mobilidade na região. Algumas localidades dispõem de grande potencial fluvial que pode ser utilizado para o desenvolvimento de malha hidroviária como alternativa/suporte sobre o transporte urbano realizado. Nesse ínterim, a Região Metropolitana de Belém (RMB) é cercada tanto pelo Rio Guamá quanto pela Baía do Guajará, portanto, é possível desenvolver uma rota de transporte regular através do modal hidroviário com intuito de otimizar a mobilidade urbana tendo em vista a precariedade do transporte público descrito em [2] e as tentativas anteriores de implementação.

O modal hidroviário mostra-se adequado devido ao tempo de viagem previsível e ao baixo índice de poluição e reduzido custo operacional por passageiro, mas é necessário considerar o alto custo inicial das embarcações [3].

Dessa forma, apresentamos neste estudo a viabilidade de implementação de uma rota alternativa entre duas partes da RMB, o Distrito de Icoaraci e alguns bairros do centro da região, por meio do transporte fluvial e sustentável graças à utilização de energia solar nas embarcações que

devem realizar a rota. O trabalho tem como objetivo propor uma alternativa sustentável à mobilidade urbana por meio de embarcações elétricas e foi dividido no estudo do caso da RMB, na qual é aplicada a metodologia desenvolvida, e entre os resultados obtidos da análise.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Estudo de caso

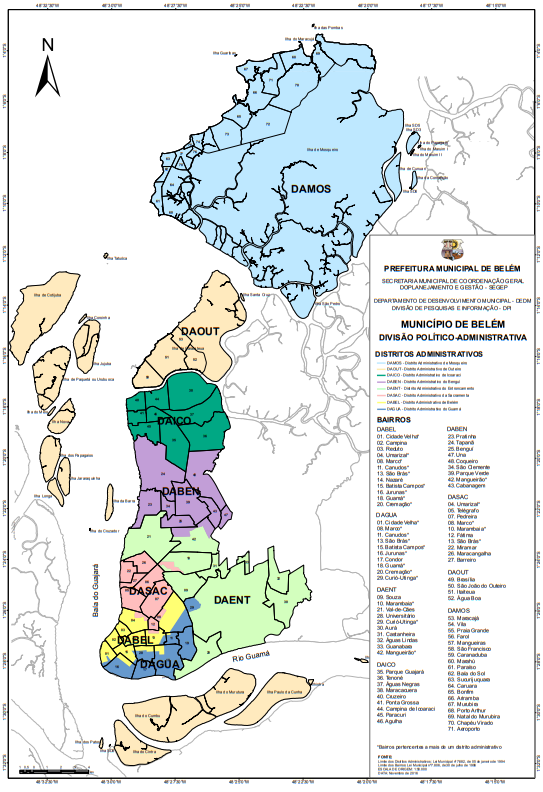


Figura 1. Município de Belém

O munícipio de Belém se divide em oito distritos, conforme a figura 1. Localizado a cerca de 21 km do centro comercial da capital Belém, o Distrito de Icoaraci (DAICO), possui uma área urbana de 33,15 km² e aproximadamente 167 mil habitantes [4], sendo banhado pela Baía do

Guajará. Ainda em relação à energia fotovoltaica é importante destacar que a RMB possui vantagens também em relação à irradiação solar por ser próxima da Linha do Equador, com a média diária na magnitude de 6,678 kW/m^2 [5]. Ao menos cinco dias na semana cerca de 44% dos moradores do DAICO viajam para Belém por motivo de trabalho e de estudo [6] em de linhas de ônibus interurbanas, a despeito da característica natural da Baía. Usuários da linha 305 (UFPA/Icoaraci), apontaram que a maioria dos passageiros estavam insatisfeitos com o serviço prestado de transporte rodoviário, conforme entrevistas. [2]. Cerca de 85% dos entrevistados consideraram que o tempo de espera nos pontos de parada é elevado e que o ônibus apresenta alta lotação, bem como 57,7% consideram os veículos em estado de conservação precário. A pesquisa demonstra ainda a aprovação de 70% dos usuários pelo transporte hidroviário, caso implementado.



Figura 2. Embarcação utilizada em 2016 na linha Icoaraci - Ver-o-Peso

No município, já houve duas tentativas de implementação de uma linha hidroviária para conectar o Distrito de Icoaraci com o centro comercial da cidade. A primeira tentativa ocorreu em 1999 pela então Companhia de Transportes do Município de Belém (CTBel). Esta linha hidroviária funcionava em 26 km percorrendo a rota Icoaraci - Centro – UFPA com viagens diárias das 6 às

20h, contudo, atuou somente naquele ano em virtude da falta de integração com o modal rodoviário e a utilização de embarcações inapropriadas para o percurso [7]. A segunda tentativa ocorreu em 2016, para fins de testes de viabilidade na qual a Prefeitura Municipal de Belém (PMB) implementou uma linha Icoaraci - Mercado do Ver-o-Peso que funcionou apenas por 18 dias, com uma tarifa de R$10,00 e uma velocidade de serviço de aproximadamente 28 nós, com a embarcação utilizada exibida na figura 2.

2.2- Definição dos pontos de paradas.



Figura 3. Distribuição das paradas ao longo da costa de Belém.

No estudo do caso, a cidade de Belém foi escolhida para a análise técnica da rota. Com base nos resultados obtidos pela pesquisa de campo realizada em [6] com moradores do distrito de Icoaraci em relação ao transporte urbano para o centro da cidade, as paradas para um modal hidroviário foram definidas. Na pesquisa, para cerca de aproximadamente 19% dos entrevistados o destino da viagem era o bairro do Umarizal, (04 na figura 1), e para 14,5%, o bairro da Cidade Velha, (01 na figura 1). Dessa maneira, foram selecionados quatro pontos de parada definidos como “A”, “B”, “C” e “D” considerando seus respectivos raios de influência de 1 km exibidos na figura 3.

As paradas estabelecidas são: A: Icoaraci, B: Ver – o – Rio, C: Ver – o – Peso, D: Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Básico.

2.3- Comparação entre os modais rodoviário e hidroviário para definição do tempo.

Com a utilização do Moovit, aplicativo de mobilidade urbana, foram selecionadas as linhas interurbanas do modal rodoviário que realizam viagens entre as paradas selecionadas, passando por outra ou não, durante os horários considerados como 'picos' no trânsito: 07h e 17h. A duração das viagens fornecidas pelo Moovit foi utilizada como parâmetro para medir o tempo médio que a viagem hidroviária deve atender, considerando que este modal possui um único trajeto ao longo da costa da cidade pelo Rio Guamá e pela Baía do Guajará. Desse modo, foram selecionadas para análise as seguintes rotas entre as paradas: AB, AC, AD, BD, CD, DC, ABC e ABCD.

2.4- Cálculo da velocidade

Com o tempo médio de cada percurso definido, foi realizado o cálculo da velocidade necessária para manter as viagens com a mesma duração ou torná-las mais rápidas segundo a equação (1).

$$v = x / (1{,}852\ (T - n \cdot t)) \qquad (1)$$

Em que:

v - velocidade, em nós, da embarcação

x - trajeto percorrido em quilômetros (km)

T - tempo desejado para a viagem em horas (h)

n - número de paradas

t - tempo de desembarque e embarque em cada parada em horas.

2.5- Banco de dados e seleção da embarcação

Uma pesquisa foi realizada no mercado internacional de embarcações elétricas solares disponíveis para a composição de um banco de dados com diversas características desejáveis para identificar uma embarcação que atenda aos critérios: velocidade estabelecida e tempo de operação admissível. Outros fatores considerados na pesquisa para cada embarcação foram: dimensões, tipo de casco, quantidade de passageiros, sistema de bateria e o tipo de painéis.

2.6- Cálculo dos custos e da tarifa.

Após a seleção de uma embarcação pelo custo de aquisição, a tarifa básica foi definida conforme o Decreto Estadual nº. 1.540/96., que se baseia na metodologia descrita em [8] para o cálculo de tarifas ao transporte hidroviário interior e pode ser divido em: custos fixos, custos variáveis, lucro líquido e tarifa básica. Contudo, tendo em vista a utilização da energia solar para a operacionalização da embarcação, os custos variáveis não foram considerados, pois são compostos basicamente pelos custos de combustível e lubrificação. Dessa forma, eles foram trocados pelo custo com o banco de baterias. Os custos de substituição representam o custo necessário para atualizar os equipamentos a um preço atual. Para as fórmulas do cálculo (2-13), os símbolos e os valores (conforme regulador estadual ARCON - Agência de Regulação e Controle de Serviços Públicos) estão descritos conforme a tabela 1.

Tabela 1. Variáveis utilizadas no cálculo da tarifa (2-13)

Símbolo	Significado	Valores adotados
CE	Custo de aquisição da embarcação	R$ 2.303.940,00
SE	Taxa para seguro de embarcação ano.	1,67%
ME	Taxa anual de manutenção da embarcação	4%
CTRH	Custos dos salários mensais da tripulação	R$ 9.186,52
ES	Encargos Sociais	73,34%
OE	Outros Encargos	2,58%
K	Valor residual da embarcação	10%
VUE	Vida útil da embarcação	15 anos
TA	Taxa de administração	10%
BB	Preço do banco de baterias	R$ 488.400,00
VUB	Vida útil do banco de baterias, anos	10 anos
FPR1	Fator de retorno de capital: vida útil de 15 anos	0,1468242
J	Taxa Anual de Retorno do Capital	12%
NP	Número de passageiros transportados por dia.	400

Custo com seguro (*CSR*):

$$CSR = (SE / 100 \cdot CE) / 365 \quad (2)$$

Manutenção e Reparos (*CM*):

$$CM = (ME / 100 \cdot CE) / 365 \quad (3)$$

Salário da Tripulação e Encargos Sociais e Trabalhistas (*CTR*):

$$CTR = (CTRH \cdot (1 + ES / 100) \cdot (1 + OE / 100)) / 30 \quad (4)$$

Depreciação (*CDR*)

$$CDR = (1 - K /100) / VUE \cdot CE / 365 \quad (5)$$

Vistoria (*CV*)

$$CV = (CE \cdot 0,2 / 100) / 365 \quad (6)$$

Custos de Administração (*CAD*)

$$CAD = TA / 100 (CSR + CM + CTR + CDR + CV) \quad (7)$$

Custos de Banco de Baterias (*CBB*):

$$CBB = (BB / (VUB \cdot VUE)) / 365 \quad (8)$$

Custos de Substituição (*CSS*)

$$CSS = 45 \, (\, (\, CSR + CM + CTR + CDR + CV + CD + CAD + CBB \,) \,) \, / \, 365 \qquad (9)$$

Custo Total (*CT*)

$$CT = (\, CSR + CM + CTR + CDR + CV + CD + CAD + CSS + CBB \,) \qquad (10)$$

Constante *REMK*

$$REMK = (\, [\, (\, 1 - \, K \, / \, 100 \,) \cdot CE \cdot FPR1 \,] + [K \, / \, 100 \cdot J \, / \, 100 \cdot CE \,] \,) \, / \, 365 \qquad (11)$$

Lucro Líquido (*LL*)

$$LL = REMK \, / \, 0{,}65 - (\, 0{,}35 \, / \, 0{,}65 \cdot CDR \cdot 1 \, / \, (\, 1 - 0{,}06 \,) \,) \qquad (12)$$

Tarifa Básica (TB)

$$TB = (\, CT + LL \,) \, / \, NP \qquad (13)$$

3- RESULTADOS

Conforme a tabela 2, as distâncias hidroviárias em cada trecho tendem a ser menores que as rodoviárias. Assim, o tempo de viagem aceitável deve ser igual ou menor dos que os dispostos na tabela 3 para que o transporte de passageiros seja viável. As rotas escolhidas consideram o grande fluxo de transporte do distrito de Icoaraci para os bairros do centro da RMB, segundo [6].

Tabela 2. Comparação entre as distâncias entre as paradas para cada modal

Trechos	Distância Hidroviária (km)	Distância Rodoviária (km)
AB	14,8	17,9
BC	2,57	2,2
CD	8,03	8,9
AD	25,4	25,7

Tabela 3. Linhas de ônibus interurbanas que atualmente realizam o trajeto entre as paradas

Trajeto	Partida	Destino	Horário	Tempo (min)	Linhas	Empresas
AB	Icoaraci	Ver-O-Rio	07:00	68	880 e 911	Belém Rio/Viação Forte
AC	Icoaraci	Ver-O-Peso	07:00	71	871	Vialoc
AD	Icoaraci	UFPA	07:00	78	884 e 768	Barata Transportes/Viação Rio Guamá
CD	Ver-o-peso	UFPA	07:00	30	312	Viação Rio Guamá
BD	Ver-o-Rio	UFPA	07:00	43	869 e 310	Transporte Nova Marambaia/Viação Guajará
BA	Ver-o-Rio	Icoaraci	17:00	69	923 e 870	Vialoc/Belém Rio
CA	Ver-o-peso	Icoaraci	17:00	68	758 e 884	Belém Rio/Barata Transporte
DA	UFPA	Icoaraci	17:00	78	768 e 996	Viação Rio Guamá/Transportes Águas Lindas
DC	UFPA	Ver-o-peso	17:00	39	308	Viação Guajará
DB	UFPA	Ver-o-rio	17:00	43	308	Viação Guajará

Considerando o tempo de embarque e desembarque como cinco minutos, a tabela 4 exibe as faixas de velocidade calculadas segundo a equação (1) para cada trecho, das quais as maiores estão em vermelho, as intermediárias, em tons de laranja e as menores, em verde.

Tabela 4. Velocidade da embarcação para o tempo das viagens de ônibus

Trecho	Velocidade em km/h	Velocidade em nós
AB	12,87	6,95
AC	15,00	8,10
AD	19,54	10,55
BC	22,03	11,89
BD	14,79	7,99
CD	16,06	8,67
DC	12,35	6,67
ABC	14,68	7,93
ABCD	15,88	8,57

Assim, velocidade média calculada é de 8,15 nós, o qual coincide com faixa de velocidade de cruzeiro alcançada por embarcações movidas a energia solar, já que o motor elétrico utilizado pela fonte de energia limita a velocidade a faixas mais restritas [9]. Dessa forma, a velocidade

escolhida como ideal foi de nove nós e o gráfico da figura 4 demonstra a duração da viagem que deve ser alcançada nessa faixa pelo modal hidroviário em cada trajeto e estabelece um comparativo entre os dois modais.

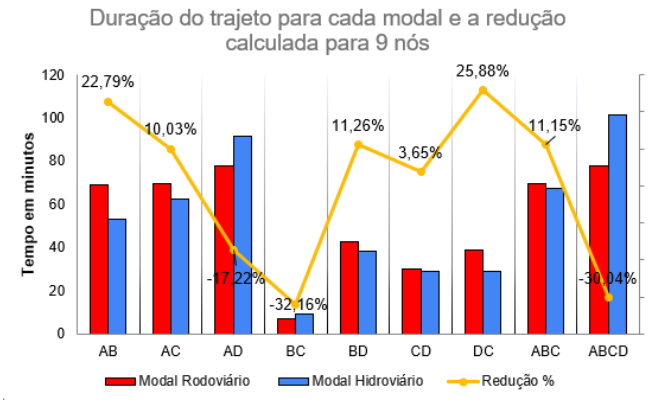


Figura 4. Gráfico de relação entre a redução do tempo de cada trajeto e a duração do trajeto para cada modal.

Ainda conforme na figura 4, houve redução do tempo de viagem com o modal hidroviário na maioria dos trechos, sendo os trechos DC e AB onde ocorreram as maiores, 25,88% e 22,79%, respectivamente. A tabela 5 apresenta os dados pesquisados sobre diversas embarcações movidas a energia solar que já são casos de sucesso.

Tabela 5. Embarcações movidas à energia solar para transporte de passageiros

Modelo	L(m)	B(m)	Tipo de Casco	Velocidade máx. (nós)	Passageiros	Sistema de Motorização	Baterias	Tipo de painéis	Tempo Operacional
LC40 Pure Electric	11,95	6,2	Catamarã	5	40	15 kW	-	-	-
PASSENGER VECTOR	18	4,7	Monocasco	6	97	2 x 80 kW	2 x 104 kWh	-	6h
30 Passenger Ferry	12	3,5	Catamarã	7	30	2 x 12 kW	2 x 15 kWh	6 kWp Poly-crystalline	-
NavAlt ADITYA	20	7	Catamarã	7,5	75	20 kW	2x25 kWh	20 kWp	4.5-6h
Solar Wave 46	13,9	7,5	Catamarã	8	-	2x 10kW Aquawatt	-	-	-
Ferry 2306 E3	23,3	5,6	Monocasco	9	80	-	-	-	-
7GT (Shing Sheng Fa)	8,80-12,0	3,85-4,3	Catamarã	10	12	40 kW	-	1 kW	6h
CAT 12 G-Fiber + LiFePO4 120 kW	17,8	6	Catamarã	13,6	42	50 kW	60 KWh	15 KW	-

Com base na análise da embarcação que atende aos critérios exigidos de velocidade a nove nós e autonomia mínima de 9h12, foi selecionada a embarcação CAT 12 fabricado pela empresa Ned Ship Group para estimativa do custo da tarifa. Após consulta direta com o fabricante [10], o preço de aquisição da embarcação em sua versão para transportes de passageiros e construída com fibra de vidro é de 446.500 € (euros).

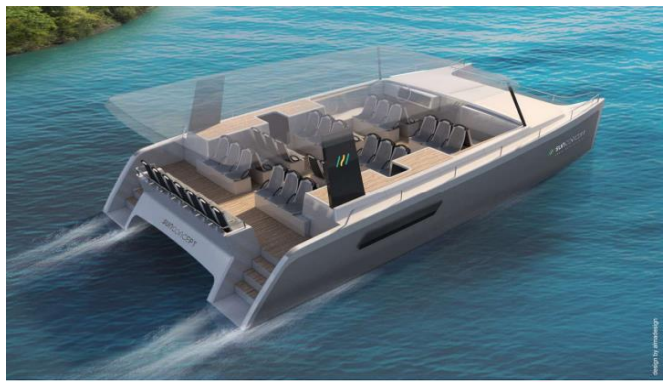


Figura 5. CAT 12 por NED SHIP GROUP

No cálculo da tarifa, foram aplicadas as informações da tabela 1 conforme agência estadual ARCON (Agência de Regulação e Controle de Serviços Públicos) para a frota de somente uma embarcação, que é objeto de estudo, e os resultados são exibidos na tabela 6. Estes custos diários foram obtidos baseados majoritariamente no custo de aquisição de embarcação escolhida, considerando a conversão em real (R$). A quantidade de passageiros leva em conta uma ocupação de 80% da capacidade máxima da embarcação. Dessa forma, ao considerar a demanda de bairros em [6] e a realização de cinco viagens AD e cinco viagens DA por dia, isto é, viagens diárias de ida e volta até o final da linha planejada, a quantidade de passageiros pode ser estimada em 400. Assim, o preço da tarifa encontrado foi de R$ 7,36.

Tabela 6. Custos atrelados ao preço da tarifa total

Custo com seguro (CS):	R$	105,41
Manutenção e Reparos (CM)	R$	252,49
Salário da Tripu. e Encs Sociais e Trabalhistas (CTR)	R$	545,55
Depreciação (CDR)	R$	378,73
Vistoria (CV)	R$	12,62
Custos Administrativos (CAD)	R$	129,48
Custos de Substituição (CSS)	R$	176,70

Custos com Banco de Baterias (CBB)	R$ 8,92
Custo Total (CT)	R$ 1.609,91
Lucro Líquido (LL)	R$ 1.182,82
Tarifa Básica	R$ 6,98
Taxa de regulação	R$ 0,03
Tarifa Básica + Taxa de regulação	R$ 7,02
ICMS	R$ 0,34
Tarifa Total	R$ 7,36

4- DISCUSSÃO

Apesar das duas tentativas de implementação anteriores, o transporte hidroviário urbano na RMB não continuou como linha permanente por efeitos de fatores como a alta tarifa e a ausência de integração com outros modais. No estudo, com intuito de reduzir a emissão de GEE e a tarifa, a aplicação de energia solar no desenvolvimento da rota hidroviária limita o alcance de velocidade da embarcação, de maneira que a sua utilização se torna mais viável em curtas distâncias. Para o trajeto total proposto AD a utilização da linha hidroviária não demonstra vantagem em relação ao tempo de viagem da linha rodoviária, contudo, observa-se ganho de tempo nas outras rotas de menor distância, como no trajeto DC, em que a redução do tempo médio de viagem foi de 25,88%. Além disso, é possível estimar com precisão a duração do trajeto hidroviário por causa da ausência de fatores que possam estender o tempo da viagem, como congestionamentos.

A tarifa encontrada para a linha foi de R$ 7,36, menor do que a tarifa utilizada em 2016, mas ainda é maior do que a utilizada no transporte rodoviário atualmente, R$ 4,00. Contudo, a tarifa hidroviária não sofreria variações de preço atreladas ao uso de combustíveis fósseis, os quais representam cerca de 80% do custo total de uma linha de transporte urbano hidroviário [11]. O modelo de cálculo adotado ainda é vinculado a embarcações que utilizam combustíveis fósseis, de maneira que o percentual de lucro, em relação aos custos, é mais alto para o tipo de embarcação proposta, conforme a tabela 6. Além disso, uma embarcação de 120 kWh consegue pagar o seu preço em 13 anos [12], tempo menor do que a vida útil que normalmente é de 15

anos. Portanto, ao aplicar a utilização da energia solar à linha é possível obter um grande ganho econômico ao reduzir o custo operacional.

5- CONCLUSÕES

Realizado em uma cidade amazônica devido à disposição natural do ambiente, a análise de viabilidade do transporte hidroviário pode ser aplicada em diversas regiões semelhantes, isto é, com disponibilidade hidroviária e transporte a curtas distâncias. A implementação de uma rota fluvial com intuito de apresentar melhores condições de transporte mostra-se viável devido à redução do tempo de viagem, contudo, em uma rota diferente da proposta inicialmente. Essa redução não ocorre para o trajeto completo, da primeira à última parada, mas somente ao considerar trechos parciais de menor distância. A importância do estudo configura-se na aplicação do modal hidroviário de forma sustentável, ao ser utilizada uma fonte de energia limpa para seu funcionamento. conclusiones, máximo un párrafo.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (BRASIL). “Balanço Energético Nacional 2021: Ano base 2020” *Empresa de Pesquisa Energética (EPE)*. Rio de Janeiro. 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf [consultado em julho de 2021]
2. Palma e Silva, A. A.; Monteiro Moraes, R. C.; Lima Barbosa, C. “O transporte aquaviário como alternativa de mobilidade urbana na região metropolitana de Belém-PA”. *REEC - Revista Eletrônica De Engenharia Civil*. Brasil. 2019. Nº. 2. pp. 64-74.
3. BNDES. “CADERNOS DE INFRA-ESTRUTURA: Transporte Hidroviário Urbano de Passageiros”. Rio de Janeiro. 1999

4. SEGEP. Secretaria Municipal de Planejamento. Anuário 2020 - Anuário Estatístico do Município de Belém. Prefeitura de Belém, Pará, Belém, Brasil. Disponível na Web: https://anuario.belem.pa.gov.br/ [consultado em outubro de 2021].
5. Tutiempo.net. Radiação solar em Belém (Brasil). Tutiempo Network, S.L, Madri, Provincia de Madri, Espanha. Disponível na Web: https://pt.tutiempo.net/radiacao-solar/belem.html [consultado em janeiro 2022].
6. Monteiro Borges, A. "Aferição de demanda de transporte hidroviário urbano através do método de preferência declarada: um estudo de caso na região metropolitana de Belém – RMB". Tutores: Dr. Hito Braga de Moraes e Dr. Marcus Vinícius Guerra Seraphico de Assis Carvalho. Tese de mestrado. Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Pós-Graduação em Engenharia Naval. Belém, Brasil. 2017.
7. Moraes Dias, M.; Freitas Pereira, A.; Milhomem Fernandes; I. P. F.; Torrinha Monteiro, K. N.; Brabo Ferreira, R. C. "O transporte hidroviário urbano de passageiros em Belém e os fatores relevantes para sua implementação" 32° Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. Gramado, Brasil. 2018. pp. 188-199
8. Souza Calheiros, C. "Metodologia de tarifa para transporte fluvial de passageiros na Amazônia". Tutor: Dr. Carlos David Nassi. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro,COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. Rio de Janeiro, Brasil. 2010.
9. Reis. M. C. "Projeto conceitual de uma embarcação solar para o transporte público de passageiros". Tutor: Dr. Thiago Pontin Tancredi. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico de Joinville, Faculdade de Engenharia Naval. Joinville, Brasil. 2016.
10. NED SHIP GROUP. *Cat 12 Solar electric powered Multi Platform. Nagold*: Sun Concept, 2020.
11. Tobias, M; Afonso, P. "Economic model of sustainable value chain in passenger waterway transportation service". *International Journal of Earth, Energy and Environmental Sciences*. Emirados Árabes Unidos. 2020. Nº. 2. pp. 73-80
12. Hengirmen Tercan, S.; Eid, B.; Heidenreich, M; Kogler, K.; Akyürek, Ö. "Financial and technical analyses of solar boats as a means of sustainable transportation" *ELSEVIER: Sustainable Production and Consumption*. Holanda. 2021. Nº. 25. pp. 404-412

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

MODELACIÓN ECONÓMICA MATEMÁTICA EN LA DEFECTACIÓN DE REPARACIONES NAVALES

Gainza V. J.

Universidad de Oriente. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
e-mail: vicente@astor.transnet.cu vicente@uo.edu.cu

RESUMEN

La importancia de la transportación marítima en el desarrollo económico conduce necesariamente a que las embarcaciones se fabrican por encargo de las empresas transportista, su diseño responde al roll que está desempeña en la economía, muchas son únicas en el trabajo que realiza, sus múltiples usos en la carga de mercancías, combustibles, pesca y pasaje lleva implícito un riguroso control de la calidad que garantice la seguridad de la navegación. Estas condicionantes imponen a las empresas reparadoras la búsqueda de formas de uso óptimo de la fuerza laboral disponible que le permita satisfacer las exigencias tecnológicas de cada embarcación a la vez los plazos pactados para la puesta en funcionamiento con calidad rigurosamente exigida. Utilizando herramientas estadísticas a partir del comportamiento de los parámetros promedio por hombre especialidad, tipo de embarcación y complejidad se realizan inferencias de los valores poblacionales (μ media poblacional y σ desviación típica poblacional). Con el objetivo de determinar los tiempos de ejecución en las diferentes posiciones en tiempo real. Facilitando el control del cronograma de trabajo de cada proyecto, además de crear condiciones para normas de trabajo ajustada al desarrollo tecnológico de cada entidad. El número de obreros a utilizar es analizado por modelos de tomas de decisiones, utilizando técnicas de programación lineal en asignación de recursos.

Palabras clave: Defectación, reparación naval, modelación económica matemática.

1- INTRODUCCIÓN

La reparación y construcción naval es una actividad de alta complejidad y especialización, cada embarcación es un proyecto, con numerosas tareas que deben ejecutarse según el cronograma establecido por los tecnólogos que realizan la defectación. Cada posición o tarea contiene: descripción de los trabajos que deben acometerse, calificaciones obreras con los tiempos planificados por cada especialidad que debe intervenir, así como la secuencia de los trabajos según los requerimientos tecnológicos para el tipo de reparación.

La nueva construcción y reparación naval a diferencias de otras actividades altamente robotizada requiere de una fuerte participación obrera en diferentes especialidades, esto conduce necesariamente a grandes volúmenes de obreros en diferentes especialidades obreras y técnicas. Las dimensiones de las embarcaciones actualmente imponen que un gran número de posiciones se ejecuten a la intemperie, llevando a que los trabajos para poderse ejecutar dependan de las condiciones climatológicas existente.

La complejidad de cada objeto obra y el gran número de calificaciones obreras que participan, así como la secuencia de tareas enlazada por un esquema tecnológico, lleva implícito un movimiento constante y diario de la fuerza laboral de una posición a otra, tanto dentro de un mismo proyecto como a otro, todo sujeto a las necesidades de la producción a nivel de taller.

El ingreso de una embarcación al proceso productivo se debe insertar en un momento t_i, donde debe evaluarse si existen obreros disponibles para comenzar las tareas prevista y determinar que el cronograma de está no origine pico de demanda obrera y de recursos materiales y técnico en el taller durante todo el proceso de reparación.

La necesidad de perfeccionar continuamente la gestión de la producción en la reparación naval - nueva construcción, es **objeto** de la presente investigación.

El empleo de la fuerza laboral vinculada a la reparación naval ha sido abordado por diversos investigadores, entre los cuales se puede citar a (William M. CIPRIANO, 2012), en su artículo “Problemas de Programación de Proyectos con Restricción de Recursos (RCPSP) para el Montaje

de Bloques en la Construcción Naval" este propone un modelo de programación lineal que permite disminuir el tiempo de entrega de las embarcaciones. (Rashwan, 2005) en el artículo "Estimation of ship production man-hours". Utiliza formulas basado en el peso de la embarcación para estimar las horas por hombres necesarias para lograr definir el tiempo de culminación de los trabajos. En ambos artículos se persigue como objetivo minimizar el tiempo para la ejecución de los trabajos, en la tesis de maestría (Simoneth Cossa, "propuesta para reducir las horas extras del área de producción de un astillero aplicando incentivos y otras alternativas a través de herramientas de mejora continua" , 2014) se analiza el proceso desde los aspecto sociales que conduce al uso de las horas extras y las leyes laborales que se disponen en la legislación Peruana para la solución a los atrasos que se originan en la actividad de los astilleros.

El análisis y sistematización realizada a partir de los citados autores ha revelado la ausencia de trabajos que desde la optimización matemática y la estadística aborden el proceso de planificación y uso de la fuerza obrera que se dispone para la realización de los trabajos acordados. De aquí que se determine como **campo de acción** de la investigación, la optimización matemática, la estadística en la planificación, control y uso de la fuerza laboral vinculada a la reparación naval.

Al hablar de que la optimización matemática, la estadística en el proceso de planificación de la fuerza laboral vinculada a la reparación naval debe desarrollarse software especializado que faciliten la implementación practica de los modelos desarrollados, permitiendo la formación de una base datos histórica que facilite la evaluación continua del proceso productivo mejorando constantemente la gestión técnico administrativa.

De aquí que se tome como **objetivo de la investigación** diseñar una metodología que respondan a las necesidades del proceso productivo integralmente.

Y como **hipótesis** si se diseña, implementa y aplica un sistema computacional, sustentado en modelos económicos matemáticos para la optimización del proceso de planificación de la fuerza laboral vinculada a la reparación naval; que tenga en cuenta la aplicación de normas de tiempo por

tareas, así como la realización de balances de carga y capacidad por talleres y objetos de obra, se contribuirá a elevar la eficiencia y eficacia del proceso de reparación de embarcaciones navales.

La **novedad científica** consiste en optimizar el proceso de planificación de la fuerza laboral vinculada a la reparación naval mediante modelos económicos matemáticos clásico ajustados a las condiciones específicas de la actividad naval.

Los procedimientos necesarios acorde al tipo de reparación (total, parcial y las eventuales) en cada proyecto impone que el proceso productivo, se vea sometido a una serie de condicionantes dada en sentido general, por la cantidad de objeto de obra, complejidad, diferentes estadios de avance y prioridades que impone el rol económico – social que juega la embarcación en la actividad económica. Conduciendo a la necesidad de organizar adecuadamente la utilización de los recursos laborales disponible con el objetivo de disminuir los costos y aumentar la competitividad de la empresarial.

Problema Científico:

¿Cómo Planificar, controlar y administrar los recursos humanos para garantizar una elevada calidad de los trabajos con el mínimo tiempo posible de paralización de las embarcaciones y máxima calidad en los talleres de ASTOR"?

Objeto de Investigación

Es el control, administración y optimización el proceso productivo en la actividad de reparación y construcción naval.

Campo de Acción

La modelación económico-matemática como instrumento para el proceso de planificación, administración y control de la actividad de reparación naval.

Objetivo General

Desarrollar, estudiar e implementar modelos matemáticos para un uso óptimo de los recursos humanos necesario en el desarrollo técnico productivo de la actividad de reparación naval.

Objetivos Específicos

1- Estudiar el flujo infamativo y caracterizar el proceso productivo de los talleres de reparación naval de la "Empresa de Astilleros del Oriente".
2- Fundamentar, formular y probar modelos económicos-matemáticos.
3- Desarrollar un software especializado SIPRO para la actividad de manera integral.
4- Analizar la solución propuesta y desarrollar una nueva metodología que regule la actividad productiva en la reparación naval.
5- Analizar los resultados obtenidos en los talleres de ASTOR.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Marco teórico referencial

El marco teórico referencial se soporta en la literatura existente de autores clásicos en el campo de la Administración, métodos de inferencia estadísticas y optimización, así como en la Ciencia de la Administración, se consultaron, tanto desde el punto de vista teórico como práctico numerosas investigaciones y estudiosos de la temática, que conforman los elementos de la teoría con su aplicación en campos afines a los que se abordan en la investigación, una parte de las cuales se localizan en el Centro de Estudios de Investigaciones Económicas Aplicadas (CEIA) de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente.

La aplicación práctica de técnicas de avanzada en este campo de acción no es muy abundante, motivado al carácter que tiene la actividad naval, que a pesar del desarrollo actual en la automática

sigue siendo una actividad manufacturera y donde cada taller de reparación busca métodos y fórmulas que le permita disminuir los plazos de entrega.

La búsqueda de soluciones a los problemas expuestos fue abordada desde tomando como base el incentivó de estimulación salarial y el aumento del número de trabajadores sin que se obtuvieran los resultados deseados, los modelos estudiados y adatados para su utilización eliminan el empirismo en la planificación, control y toma de decisiones.

La revisión de normas técnicas y metodológicas aprobadas en los talleres ASTOR Santiago, ASTOR Nuevitas, ASTOR Manzanillo y DAMEX, las observaciones directas, así como interacción con los técnicos y administrativo de estos centros, permitió profundizar en las problemáticas que existente en todos estos talleres con diferentes niveles de desarrollo tecnológico condujo a determinar las siguientes insuficiencias:

1.- Se incumplen los cronogramas de ejecución afectándose la fecha pactada con los armadores. El cumplimiento de los cronogramas significa, maratones que afectan la moral productiva de los obreros con resultados económicos por bajo del esfuerzo realizado.

2.- No se logra ejecutar con máxima prioridad y en el menor tiempo posible la reparación de embarcaciones cuyo objeto social así lo exige.

3.- Ocurren atascos temporales en la producción que atrasan el proceso de reparación.

4.- No siempre se distribuye correctamente la fuerza laboral calificada, disponible para ejecutar las complejas actividades que exigen los distintos proyectos de reparación de las embarcaciones.

5.- Muchos proyectos se cierran con pérdida económica significativa.

Estas insuficiencias conducen al **problema de investigación,** que es el inadecuado uso de la fuerza laboral disponible, que genera incumplimientos del plan de reparación de las embarcaciones.

Entre las **causas** principales del citado problema de investigación, obtenidas a partir del diagnóstico realizado, se revelan:

1.- Las normas existentes no recogen los tiempos reales de cada tipo de calificación en unidades de trabajo / tiempo que reflejen en cada taller la productividad acorde al desarrollo tecnológico y destreza de la fuerza laboral utilizada.

2.-Los planes de distribución de la fuerza de trabajo se conforman de manera empírica.

3.- No se realizan balances de carga y capacidad que permitan la evaluación dinámica del proceso.

3- RESULTADOS

La implementación de modelos económicos matemático permite ajustar los tiempos planificados por actividad apoyados en parámetros estadísticos acordes con el desarrollo tecnológico de cada taller. Conduciendo a la necesidad de ajustar estos tiempos en un rango que estarán definido por la productiva de cada actividad ajustadas a las complejidades de cada trabajo a ejecutar. Consecuentemente origina revisiones continuas de las normas de trabajo, argumentada sólidamente por valores estadísticos que son el promedio y la desviación del mismo tomado de las cantidades de unidades de trabajo reales producidas en una unidad de tiempo (cantidad de trabajo/horas).

Los actuales sistemas de pagos que se tratan de implementar persiguen la disminución de los plazos de entrega, sin tomar en cuenta la capacidad real de los parámetros de eficiencias llevando a tiempos inadecuados con el encarecimiento de una actividad compleja en su organización y control además de costosas por los recursos necesarios, más los medios técnicos que se utilizan. Estos modelos necesariamente conducirán a modelos de pagos y estimulación salarial que se apoyen más en la calidad de los trabajos que en la cantidad. Aspecto que actualmente es propuesta de estudio.

Minimizar la cantidad de trabajadores por actividad lleva a una disminución de los costos por gasto de salario, mayor satisfacción de la fuerza laboral, mayor responsabilidad individual en cada obrero empleado y poder dar respuesta a una mayor agenda de negocio muchas veces imposibilitadas de asumir nuevos compromisos por las carencias de los recursos fundamentales que es el humano.

Para la implementación de todos estos modelos se hizo necesario un análisis integral de todo el proceso informativo que dio origen a un paquete integral de procesamiento de información, donde desde la defectación hasta el control de los costos se apoya en una base de datos que permite que cada área de responsabilidad del proceso productivo se alimente de otra y a su aporte a las restantes en tiempo real. Este proceso crea cimientos para el estudios e investigación que faciliten trazar políticas de inventario, financiamientos y tomas de decisiones dinámicas con evaluaciones certeras del comportamiento real de la producción en cada instante que así sea requerido.

4- DISCUSIÓN

En el marco del proyecto de Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en conjunto con la Universidad de Oriente, que se titula ***∑(tecnología SIGNA & Cultura de las profesiones navales)= (eficiencia y eficacia)^2 en @stilleros.***, Se crearon las bases para el desarrollo de una series de modelos que revolucionan completetamente la administracion de los recursos necesarios en la actividad de la empresa Astor.

EL ANÁLISIS DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE LAS REPARACIONES NAVALES ESTABLECE UN ORDEN DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS. QUE COMO REGLA GENERAL ES EL SIGUIENTE:

1. RECEPCIÓN DEL BUQUE.
2. Inspección de las instalaciones del varadero para la varada.
3. Varada.
4. Traslado a Zona de Reparación.
5. Limpieza y tratamiento general del casco y todos sus compartimientos.
6. Reparación y Palería.
7. Terminación.
8. Inspección de instalación del varadero para la Botadura.
9. Botadura.

10. Inspección general.
11. Prueba y entrega.
12. Satisfacción del cliente.

El procedimiento de reparación naval anterior es ajustado por los tecnólogos y especialistas, según el tipo de reparación (capital, parcial o menor). El mismo es una guía general que se aplica íntegramente solo en los casos de reparación capital de la embarcación (Cronograma de Ejecución). Todas estas tareas generales y sub-tareas conforman el sistema de reparación, para cada una de las embarcaciones considerado como proyectos, en su totalidad conforman por talleres un sistema mayor con varios objetos de obra en ejecución. (o multi - proyecto).

El elevado número de tareas que deben ser ejecutadas en los diferentes objetos de obra además todas en diferentes estadios de avance de los trabajos, obligan al empleo de diferentes calificaciones obrera que deben ser distribuidos, obligando a un control eficiente de estos últimos, así como de los medios técnicos y recursos materiales disponibles, creándose la base estratégica que posibiliten realizar una adecuada toma de decisiones.

Análisis de los modelos matemáticos propuesto.

Actualmente en la actividad naval de ASTOR intervienen 17 especialidades obreras que podemos definirla como, i=1, 2,…….m=17 y j=1,2……..n= posiciones en los objeto de obras conformándose la siguiente matriz de datos

$$E = \begin{pmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & e_{ij} & \vdots \\ e_{m1} & \cdots & e_{mn} \end{pmatrix}.$$

Cada especialidad ejecuta trabajo en múltiple objeto de obra, con niveles de complejidad variado que podemos representarla matemáticamente como $e_{i,j}$ es la velocidad o índice de cantidad de unidades físicas concluida en unidades de tiempo (hora) esto es:

$e_{i,j} = HR_{ij}/UT_{ij}$ Horas por unidades terminadas de la especialidad i, posición j (1.1)

Donde

HR_{ij}= cantidad hora reales consumidas en la ejecución de los trabajos

UT_{ij} = cantidad de unidades de trabajo terminadas

Estos resultados nos conducen a estimar que cada especialidad tiene un promedio de unidades físicas que responde a las habilidades o destreza de los operarios llevado a escala (horas reales/unidades concluida). Estimar el tiempo que demorara la ejecución de cada nuevo trabajo es determinar el promedio poblacional μ_i. y respectivamente su desviación típica σ_i.

Determinar la distribución de probabilidad que siguen los trabajos para una que la i-exima especialidad e_i. Sigue una distribución normal $N(\mu_i.; \sigma_i.)$ se utiliza la prueba estadística Ji- cuadrado para la bondad de ajuste.

El agrupamiento de los datos para la aplicación de la prueba Ji-cuadrado por especialidad lo realizamos partiendo de los niveles de complejidad de los trabajos que en todos los astilleros se clasifican en Alta, Media y Baja.

Quedando los intervalos de clases en la tabla de distribución de frecuencia por especialidades.

Tabla 1. Análisis de distribución de frecuencia asociado a la complejidad de las tareas por especialidad.

Complejidad	**Intervalos**	**Frecuencia f_l**	**p_{lo}**	**e_l**	$\frac{O_l^2}{e_l}$
Alta	$[x_0 ; x_1)$	f_1	p_{1o}	e_1	$\frac{o_1^2}{e_1}$
Media	$[x_1; x_2)$	f_2	p_{2o}	e_2	$\frac{o_2^2}{e_2}$
Baja	$[x_3 ; x_4]$	f_3	p_{3o}	e_3	$\frac{o_3^2}{e_3}$

Donde l=1, 2, 3,. . ., m=3: niveles de complejidad, n es el número de muestras estudiadas

$$p_{lo} = P(x_{l-1} < X \leq x_l)$$

$o_l^2 = nf_l \quad \text{y } e_l = np_{lo}.$

Normalmente en todos los astilleros se trabajan estas tres categorías de complejidad por actividad.

La media de la muestra por actividad se define como:

$$\overline{X}_{a_i} = \sum_{l=1}^{n} f_l x_l \qquad (1)$$

La probabilidad p_l de la actividad es $p_{lo}=\{x_{l-1} < X < x_l\}$ para todas las actividades a_i desde i=1,2,…,n y l=1,2,3. Entonces se pueden docimar las hipótesis H_0: $p_i=p_{io}$ para l=1, 2, 3 y H_i: $p_i \neq p_{io}$ para algún $l \in \{1, 2, 3\}$ donde $p_{lo}=\{x_{l-1} < X < x_l\}$ con:

$$\overline{X}_{a_i} \longrightarrow N\left(\mu_{ai}; \sigma_{ai}^2\right) \qquad (2)$$

Y las x_l son límites de clases reales de la distribución de frecuencias.

Utilizando el estadígrafo X^2 con $e_i=np_{io}$ $O_i=nf_i$

$$\phi\left(Z_l = \frac{x_l - \overline{X}_{ai}}{S_{ai}}\right) - \phi\left(Z = \frac{x_{l-1} - \overline{X}_{ai}}{S_{ai}}\right) = \phi(Z_l) - \phi(Z_{l-1}) \approx$$

$$\approx p_{lo} \Leftrightarrow N\left(\mu_{ai}; \sigma_{ai}^2\right) \qquad (3)$$

Para rechazar H_0 si

$$\chi^2_{calculada} > \chi^2_{1-\alpha}(k-1-r) \qquad (4)$$

No rechazar H_0 si

$$\chi^2_{calculada} \leq \chi^2_{1-\alpha}(k-1-r) \qquad (5)$$

Donde r=2 y

$$\chi^2_{calculada} = \sum_{i=1}^{n} \frac{O_l^2}{e_l} - n \qquad (6)$$

$$n = \sum_{l=1}^{n} f_l \qquad (7)$$

Intervalo de confianza para el trabajo de planificación del tiempo por actividad.

Si cada especialidad se distribuye normalmente podemos asumir que la media poblacional por actividad $\mu_{i.}$ sigue una distribución normal con σ_i. desconocida podemos entonces asumir que:

$P_i(a_i < \mu_{i.} < b_i) = 1-\alpha$ i=1…n=17 especialidades

$$a_i = \overline{X}_{ai} - t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-1)\frac{s_{ai}}{\sqrt{n_i}} \qquad (8)$$

$$b_i = \overline{X}_{ai} + t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-1)\frac{s_{ai}}{\sqrt{n_i}} \qquad (9)$$

Intervalo $[a_i,b_i]$ con una probabilidad 1-α para la media poblacional. Rango de planificación que puede ser utilizado por el tecnólogo al momento de la defectación por especialidad.

La automatización integral de toda la actividad crea las bases de datos histórica que permiten acumular los resultados del tiempo real por unidad de trabajo terminado, por tipo de calificación, actividad, obrero y objeto de obra donde se pueden obtener los valores $e_{i,j}$ donde fácilmente se puede obtener el promedio muestral por calificación mediante la fórmula siguiente:

$$\overline{X}_{ai} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_{ij}$$

Este valor es una estimación puntual por calificación que intervienen, representando el promedio de la calificación expresada en unidades/horas. Cualquier especialista puede inferir que considerar un valor puntual para una actividad compleja no representaría el valor real del trabajo que es necesario desarrollar, conduciendo a la estimación del parámetro poblacional μ_i (media poblacional de la calificación i- esima) mediante intervalos de confianza. Dada por la formula

$P_i(a_i < \mu_{i.} < b_i) = 1-\alpha$ i=1…n=17 especialidades

Quedando la media poblacional por especialidad en el intervalo $[a_i,b_i]$ con una probabilidad 1-α. Esta estimación en intervalo garantiza al tecnólogo un rango para definir el tiempo de la calificación a emplear. Los modelos propuestos se utilizarán al momento de la planificación de los tiempos en cada posición por especialidades.

Uso óptimo de la fuerza laboral disponible.

Un aspecto importante en la actividad es el uso o distribución de la fuerza laboral disponible buscando minimizar el número de obrero a emplear con el objetivo de obtener los mejores resultados económicos mediante solución de modelos de asignación de recursos.

Aspecto teórico de los modelos de asignación.

Al analizar los aspectos teóricos a emplear debemos tener en consideración el problema practico a resolver. En cada taller tenemos especialidades obreras que podemos definirla como, i=1, 2,…….m y j=1,2……..n posiciones en los diferentes objetos de obras. El problema consiste en asignar una cantidad dada por la variable x_{ij} de la i- esima calificación o la j- esima posición en un objeto de obra dado.

Es claro que la salida a dicho problema estará resuelta en un modelo de trasporte dado por las formulas siguientes:

Minimizar

$$Z = \sum_{i=1}^{n} C_i \sum_{j=1}^{m} x_{ij}$$

Donde C_i es el coeficiente medio de productividad por especialidad.

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = K_i$$

Donde K_i capacidad de obrero por especialidad.

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = r_i$$

Donde r_i cantidad requerida de las posiciones que entran en el proceso productivo.

La implementación de los modelos anteriores permite una evaluación continua de los trabajos y dinamiza el proceso continuo de toma de decisiones y evaluación de la actividad productiva.

Es evidente que para su implementación y desarrollo se hace imprescindible el uso de sistemas automatizados integrados en redes que permita la interacción entre las diferentes áreas de control y conocimiento de la actividad.

El desarrollo de software impone nuevos enfoques y modelos de organización, así como estilos diferentes de control de recursos, a la vez imponen la búsqueda de nuevas políticas en campo como el control de los costos, inventarios, contratación de fuerza laboral y la utilización de medios técnicos necesarios.

La implementación llevara necesariamente al desarrollo de procedimiento que para la dirección y control de la producción.

5- CONCLUSIÓN

La actividad de reparaciones navales en su complejidad tecnológica esta urgida de la aplicación de modelos económico-matemático que permitan viabilizar la toma de decisiones dinámicas que esta requiere con el objetivo de mantener un proceso productivo eficiente y eficaz.

los estudios de estos modelos han arrojado resultados que propician el desarrollo de investigaciones, todas contemplada dentro del proyecto de reparación naval actualmente en proceso de desarrollo en colaboración con la universidad de oriente y la empresa de astilleros del oriente.

el desarrollo de estos modelos permitirá el estudio y desarrollo de nuevos modelos a diferentes áreas de control administrativo, técnico y económico que elevará la moral productiva y el sentido de pertenecía del colectivo laboral.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ronald E. Walpole / Raymonond H. Myers/ Sharon L. Myears. 1999
2. R. Dorfman / P.A. Samuelson / R.M. Solow ¨Programación Lineal y Análisis Económicos¨. 1967
3. Damodar N. Gujarati. “Econometría”. 2003
4. Charles A. Gallagher y Hugh J. Watson “Métodos Cuantitativos para la toma de decisiones administración”. 2005

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

ESTANQUES MARINOS POR DERIVACIÓN PARA CULTIVO Y COSECHA DE OSTIÓN, PEPINO DE MAR Y MACHUELO

Flores Labrada, F.L.

Empresa de Astilleros del Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

e-mail: yudiel.flores@nauta.cu

RESUMEN

Esta investigación se desarrolla sobre la perspectiva de la **metodología** observacional y el criterio de usuarios como método para su evaluación factible. **Introducción**: La construcción de piscifactorías permiten cultivar animales marinos bajo condiciones semi-controladas en estanques artificiales hasta su cosecha, proceso y comercialización. **Objetivo**: Fomentar la construcción y manejo de estanques marinos por derivación para cultivar ostiones, pepinos de mar y machuelos. **Problema**: El rendimiento de las pesquerías en el Golfo del Guacanayabo no se incrementa en los últimos años para las especies comerciales comúnmente conocidas por ostión, pepino de mar y machuelo. **Desarrollo**: Este trabajo contempla la construcción de estanques rectangulares de 10m x 10m y una profundidad media de 1,2m sobre la línea costera teniendo en cuenta las bondades topográficas de la zona. La tecnología a emplear es simple y se utilizará la arcilla propia del lugar permitiendo el flujo del agua del mar por derivación según las mareas. **Aportes**: Favorece el encadenamiento de la piscicultura con industrias locales cuyos desechos se utilizarán como alimento para el ostión, pepino de mar y machuelo. **Resultados**: Soluciona los problemas de alimentación y de generación de empleos. **Conclusiones**: Contribuye al desarrollo local y a la soberanía alimentaria.

Palabras claves: Piscicultura, estanques, metodología observacional, soberanía alimentaria, desarrollo local.

1- INTRODUCCIÓN

La acuicultura de agua salada se realiza fundamentalmente en los países del sudeste asiático y ha crecido rápidamente en acuicultura en las últimas décadas; Cuba tiene un déficit notable en captura y/oproducción de especies marinas comercializables de pequeño tamaño. No obstante, el machuelo la familia cubana lo consume mucho, el ostión de gran aceptación en la gastronomía popular y el pepino de mar como rublo exportable. Se ha observado que estas especies conviven y no forman parte de sus respectivas cadenas alimenticias. Por tratarse de una actividad de tangente a los sistemas productivos, muchos cubanos se privan de aumentar el consumo de proteínas de origen marino y no se conocen de productor alguno con antecedentes y/o los conocimientos básicos para una correcta construcción de estanques marinos solo con las bondades topográficas de la costa desde el puerto de Manzanillo hasta los esteros del Río Buey en la Provincia Granma. Se debe tener en en cuenta lograr un buen control sobre la salida de agua, para impedir que los peces se escapen durante la cría y cosecha. Por tal motivo, esta publicación tiene por objetivo contribuir con información necesaria para construir un estanque con todos sus componentes, que permitan así llevar adelante esta actividad productiva con éxito. ¿Cómo incrementar el rendimiento de las pesquerías de machuelo, ostión y pepino de mar en el Golfo del Guacanayabo? Los objetivos del trabajo serían fomentar la construcción de estanques marinos por derivación para el cultivo de ostión, pepino de mar y machuelo en la zona costera de la ciudad de Manzanillo, la hipótesis a desarrollar se sustenta en que la construcción de estanques marinos por derivación cercanos a la linea costera aumenta la población de las especies comerciales de referencia en este trabajo lo cual resulta de suma importancia para garantizar la soberanía alimentaria de las localidades cercanas. Este trabajo tiene como limitación que no está sujeto a ningún proyecto de desarrollo local. La metodología observacional resultó factible para concluir que existe aumento de la población de ostiones, machuelos y pepinos de mar cuando estas se concentran en áreas limitadas y sin formar parte de la cadena alimenticia de alguna de estas especies marina. Machuelo (Opisthonema

oglinum):Es un pez que llega a medir 30 cm de largo y es apreciado por tener sabor similar a la sardina. Se encuentra distribuido por toda Cuba siendo más abundante en la costa suroeste debido a la prevalencia de zonas costeras poco profundas. Se alimenta de plancton y organismos marinos pequeños. Durante el día forma densos cardúmenes que buscan refugio en esteros y bahías los cuales abandonan durante la noche.

El ostión es un tipo de molusco emparentado con las ostras. Constituye un alimento de alto valor nutritivo que puede ser consumido crudo o cocido. Son fácilmente cultivables en cualquiera de los ecosistemas marinos de la costa suroeste del país, no precisándose técnicas de cultivo avanzadas; pudiéndose observar que proliferan en las zonas donde también abundan los machuelos y el pepino de mar, este ultimo cuyo nombre científico es Holoturoideos, que es cuerpo vermiforme alargado y blando que vive en el fondo de los mares de todo el mundo y del cual se conocen 1400 especies; se alimenta de detritos algas y plancton. Debe fomentarse el cultivo en suspensión para evitar que el ostión procese elementos nocivos de suelo marino contaminado.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

No constan antecedentes en el manejo de estanques marinos destinados a la comercialización de estas especies marinas en la zona del Golfo del Guacanayabo, por lo que este trabajo se sustenta en la metodología observacional y por el momento no contar con equipos y procedimientos, de forma tal que el trabajo pueda ser reproducido. Se seleccionó una muestra representativa capturando las especies in situ a través de artes de pesca de copo y atarraja. El procesamiento de los datos será en base a la aplicación práctica de una base teórica.

2.1- Construcción del estanque

Las dimensiones del estanque serán de 10 m x 10 m, con una profundidad máxima de 1.50 m y mínima de 0.70 m El inicio de las actividades se plantea a mediados de agosto con la fertilización. El estanque

es una excavación que se hace en la tierra y se rodea de terraplenes, el cual se llena con agua y se usa para soltar los peces con el fin de criarlos. El lugar destinado al estanque no debe estar rodeado de especies arbóreas venenosas, para no interferir en la calidad del agua. La superficie del estanque al efectuar el desmonte debe quedar libre de troncos, restos orgánicos y piedras, que puedan obstaculizar las tareas de pesca y trabajos de limpieza. Los terraplenes de contención deben ser construidos considerando que para su base de asentamiento previamente tienen que eliminarse los restos orgánicos y las piedras para conseguir una buena compactación de la tierra y con ello evitar posteriores filtraciones y derrumbes. En el lugar donde se va ubicar el terraplén de construcción es conveniente que no haya piedras planchas o suelo con toscas que luego pueden permitir filtraciones de agua. Al planear la construcción de un estanque los terraplenes no deben sobrepasar los tres metros, con

lo cual se consigue una profundidad de dos metros, teniendo en cuenta que los peces necesitan una superficie inundada y no de agua profunda. El estanque debe tener el fondo plano y canales de escurrimiento de agua para vaciarlo con facilidad, hacia la caja de retención de peces, que a su vez debe estar conectada al drenaje mediante la colocación de los caños antes de construir el terraplén. La caja de retención de peces debería tener una dimensión de dos metros por dos metros y una profundidad de cincuenta centímetros con el fin de retener los peces durante la pesca, puede construirse hincando varas de marabú en el fondo. Un estanque para piscicultura debe estar cerrado por diques que debe reunir algunas condiciones básicas:

1. Una entrada de agua regulable ubicada en el extremo longitudinal menos profundo y colocada a una altura de más de 50 cm sobre el nivel de agua del estanque, de modo que el agua al caer se mezcle con el aire y se oxigene. Para impedir la entrada de depredadores deberá colocarse una rejilla en el caño.
2. Una salida de agua por rebosamiento situada en el extremo opuesto a la entrada que puede transformarse en salida desde el fondo, permitiendo así un vaciado total del estanque. El declive del fondo debe orientarse en sentido del caño de drenaje.
3. Existen otras alternativas para vaciar un estanque, por medio de una compuerta de descarga o

utilizando un monje. La primera consiste en una abertura en el dique del estanque que se puede cerrar con tablones de madera para regular el nivel del agua. Se protege la salida con una malla para evitar el escape de los peces. El monje es uno de los sistemas más antiguos de vaciado y consiste en una columna vertical cerrada con tablones de madera para regular el nivel del agua.

4. La profundidad mínima más adecuada debe oscilar entre 0.7 a 1 metro para evitar el desarrollo de plantas acuáticas y algas filamentosas que perjudican la cosecha y ocasionan problemas de calidad de agua.

2.2- Acondicionamiento del sitio elegido para sembrar

La adición de cal permite mejorar la productividad y desinfección del sistema de cultivo para eliminar la posibilidad de aparición de hongos, bacterias, etc. Este procedimiento además permite corregir los niveles de pH del suelo en caso de terrenos ácidos.

2.3- Llenado y fertilización

La fertilización podrá realizarse de preferencia con abonos orgánicos (estiércol de ganado y/o aves). La aplicación inicial de fertilizante se hace directamente, distribuyéndolo en toda el área,
se inundan unos 40 cm. Se deja durante 15 días, momento en que se completa el llenado. Al cabo de una semana el agua deberá presentar una coloración marrón-verdosa, indicando la presencia de microalgas. Las mismas serán las productoras del oxígeno necesario para mantener el ecosistema en equilibrio.

2.4- Tareas de mantenimiento del estanque

Tanto la caja de retención como la superficie del fondo del estanque, se deben limpiar y reparar después de efectuar la pesca, desinfectando mediante insolación y el agregado de cal viva antes de iniciar un nuevo ciclo de cría de peces. Al construir el estanque se realizan las tareas de protección o desagües de tal forma que no ingrese agua por los costados cuando las lluvias son abundantes, y los vertederos que retiran el exceso de agua deben estar controlados por tejidos para

evitar las salidas de peces durante las lluvias. El abastecimiento de agua al estanque, se captará en reservorios del mar y desde allí derivarlos a los estanques, pero se debe tener en cuenta que pueden traer peces indeseables y predadores, mojarras, tarariras, etc., que se deben controlar mediante la colocación de alambre tejido y el agregado de canto rodado y grava fina, las cuales retienen a los peces, impidiendo su ingreso al estanque de cría. La entrada de agua al estanque debe caer de una altura de más de cincuenta centímetros sobre el nivel de agua del estanque, de modo que al caer se mezcle con el aire.

2.5- Control del caudal de agua

Se debe regular el caudal de agua que ingresa al estanque, para mantener el nivel del agua con una calidad adecuada para la cría de peces. El control del nivel de agua se hará según el llenado por las mareas mediante esclusas hechas con palos secos del lugar para la entrada y salida posterior del agua utilizando las bondades del terreno (desnivel del suelo).

2.6- Manejo

El manejo de un estanque implica el control sobre la densidad de siembra, cantidad y calidad del alimento y la calidad del agua.

2.7- Siembra o población forzada

La misma consiste en la liberación de larvas o alevines al medio de cultivo, considerando la adaptación paulatina de los ejemplares al nuevo ambiente.

2.8- Alimentación

La fuente de alimento para los organismos marinos objetos de estudio cultivados en estanques de tierra se hará de origen natural. En un estanque de tierra, a través de la fertilización, es posible promover el alimento natural. El agua rica en nutrientes favorece la proliferación de fitoplancton (microalgas),

base de la cadena trófica del sistema. De estas células se alimentará el zooplancton (pequeños invertebrados) que junto con las primeras, constituirán el alimento de las primeras fases de desarrollo de los peces y de otros organismos presentes en el medio.

2.9- Control básico del cultivo

No es preciso regular el PH del agua del estanque pues este esta sujeto a las mismas características del ambiente ni regular la temperatura ni el oxígeno.

2.9.1- Control de predadores. Diversos son los depredadores que pueden procurar alimentarse de los peces en el estanque.

2.9.2- Medidas de protección:

- Líneas longitudinales de alambre liso sobre la superficie del estanque (50 a 70 cm entre líneas).
- Globos inflables (globos rojos simulando ojos de halcones o lechuzas, alejan a las aves marinas).
- Espantapájaros.
- Banderines (movimiento de éstos con el viento).
- Mantener libre de maleza tanto al área circundante como a los taludes.
- Para el control de los insectos y crustáceos acuáticos no se precisa de químicos.

3- RESULTADOS

La metodología observacional demuestra la relacion directa en el aumento de individuos de las especies vulgarmente conocidas por machuelo, ostión y pepino de mar. Los peces delgados son más fáciles de elaborar que los peces aceitosos o grasos; por lo que la construcción de estanques marinos con esa finalidad resultan de interés para la población porque el alimento obtenido se traduce ademas en ahorro de portadores energéticos a la hora de su preparación. Los desechos de

los complejos agro industriales arroceros y azucareros, los combinados cárnicos, el estiércol de granjas avícolas y de ganado menor y mayor (a excepción del estiércol de cerdo) y los productos deteriorados de la agricultura pueden ser convertidos en abono o pienso para peces siguiendo las diferentes recetas de personas que por métodos empíricos se dedican a la cría y ceba de animales. Alcanzado el período estimado de 28 días podrá procederse a la cosecha parcial o total de los ejemplares mediante la disminución del volumen o vaciado total del agua del estanque. Transcurrido dicho período se estima que los animales podrían promediar 128 g de peso.

4- DISCUSIÓN

La piscicultura como actividad económica que tributa a la soberanía alimentaria está condicionada a su cercanía a grandes poblaciones urbanas por el fácil acceso a los mercados. El rendimiento potencial del machuelo, el ostion y el pepino de mar puede lograrse gracias al llenado del estanque por derivación gracias al ciclo de las mareas y al uso de abonos orgánicos obtenidos por compost, estiércol o cernido de paja de arroz. Gracias a la metodología observacional se puede demostrar que las zonas costeras bajas, abundante en turba y varios afluentes de agua; concentran el mayor número de las especies marinas de referencia en este trabajo. Es viable la construcción de un estanque con los requerimientos básicos sin incorporar obra civil e inversiones. La construcción de un estanque por derivación alimentado por el mar no precisa de una obra civil.

5- CONCLUSIONES

La pesca y la piscicultura contribuyen a la seguridad alimentaria en tres formas principalmente: Incrementan directamente el suministro de alimentos de las personas, resuelve el problema de la falta de alimentos cuando hay escasez y ofrecen empleo e ingresos que las personas utilizan para comprar otros alimentos. Se sugiere la inclusión de este trabajo en proyectos de desarrollo local en los territorios y su generalización.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Valdés, R.; Piñeiro, R."Calidad del agua en el estuario de los ríos Zaza y Najasa. Características generales". *Rev. Latinoamericana de Acuicultura*. México. 1994. No. 43. pp. 72-90 (Web of Science).
2. García Marín, M.; Tanguay, T. "Características de los estanques piscícolas". Santo Domingo, República Dominicana. Editorial AGRIS: M12 – IDIAF. 2007. 24p. ISBN: 978-9945-8607-8-8.
3. Murillo-Pacheco, R.; "Comparación de la siembra entre estanques en tierra y jaulas flotantes en Yamu Brycon amazonicus". Memorias del VII Congreso Colombiano de Acuicultura. San Juan de Pasto, Colombia. 2016. Ponencia oral. Publicado 2016-12-06.
4. Panorama Acuícola Magazine Vol.25 No.3. Copépodos, un alimento seguro y con alto valor nutricional[enlínea].PAM, Quito, Ecuador, [ref. Marzo 2020]. Disponible en Web: https://issuu.com/desingpublications/docs/panorama_acuicola_25-3_marzo_abril_2020_digital. [consultado en mayo 2021].
5. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). Aspectos generales de la pesca y acuicultura en Chile[enlínea].Archivado desde el original, [ref. Abril 2016]. Disponible en Web:https://es.m.wikipedia.org/wiki/Instituto_de_Fomento_Pesquero. [consultado en mayo 2021].

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

EVOLUCIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE PLATAFORMAS SEMISUMERGIBLES DE PRODUCCIÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO

Vite Flores A.[1], **Sánchez García D.**[2], **López Lara J.**[3]

[1,2,3] Universidad Veracruzana, México

[1]e-mail: avite@uv.mx

RESUMEN

En el presente documento se presenta un estudio de la evolución de los criterios de estabilidad de plataformas semisumergibles de producción en una zona específica como lo es el Golfo de México con la finalidad de proponer una mejora si así lo amerita la investigación. Se muestra cada uno de los temas que conforman la investigación. Una descripción de los sistemas flotantes de producción, los criterios de estabilidad aplicados a plataformas semisumergibles. Las condiciones metoceánicas del Golfo de México y las comparativas entre normativas nacionales e internacionales a lo largo de 10 años. Este trabajo fue desarrollado como trabajo de Tesis y continuará con el tema de investigación para extender los análisis a otras entidades regulatorias e incluir los efectos del cambio climático en las variables expuestas en este trabajo.

Palabras claves: Plataformas semisumergibles de producción, criterios, estabilidad.

1- INTRODUCCIÓN

México, al ser un país petrolero, enfrenta cada vez mayores retos para lograr la explotación de sus yacimientos tanto en tierra como costa afuera.

Particularmente para la explotación de estos últimos, los retos se vuelven aún más complejos al incursionar en aguas profundas debido a las condiciones extremas impuestas por los grandes tirantes de agua que existen entre el lecho marino y la superficie, lo cual demanda nuevos avances tecnológicos para lograr la adecuada explotación de estos recursos. Por esto es un área de estudio altamente competitiva porque se trata de mejorar aspectos como la rentabilidad, que se representan en cantidades millonarias, las implicaciones de carácter ambiental y también el daño a las comunidades.

Desde esta perspectiva surge el interés de la presente investigación cuyo objetivo es conocer la evolución de los criterios de estabilidad aplicados a plataformas semisumergibles de producción en el Golfo de México, bajo el marco de una investigación documental-bibliográfica con enfoque interpretativo, la cual está estructurada en 4 capítulos y que arroja resultados interesantes para nuevas líneas de investigación, sobre todo en el área de accidentes marítimos.[7]

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a la complejidad en el análisis de estabilidad, el alcance del presente trabajo se limitará a conocer la evolución de los criterios de estabilidad aplicados a una plataforma semisumergible de producción en el Golfo de México. Se eligió un periodo de tiempo que permitiera establecer si hubo cambios o no, de acuerdo con los reportes publicados por las sociedades de clasificación en el apartado de notas de cambios en las reglas, se observó que en los últimos 30 años el número de cambios fue mayor en el periodo de 2010 al 2020, considerando aplicados los cambios anteriores al periodo a estudiar, tomando de base un rango de 10 años para este trabajo.

Se destaca la presencia de Det Norske Veritas (DNV-GL), esta sociedad de clasificación que vela por el cumplimiento de las normas de diseño y estabilidad. Con base en esto se hizo hincapié en la normativa DNVGL-OS-C3011 de dicha sociedad de clasificación. A posteriori se investigaron las consideraciones del análisis de estabilidad, en los cuales salen a relucir las condiciones

metoceánicas y características del movimiento en el Golfo de México siendo ésta el área donde la plataforma va a operar.

Otro de los aspectos importantes que se tienen en consideración, es la revisión de la bibliografía con referencia a plataformas semisumergibles de producción para conocer avances al momento de realizar el análisis de estabilidad. [1]

Configuración típica de una plataforma semisumergible

La configuración típica de una plataforma semisumergible (fig. 1) está condicionada por las misiones y las funciones de apoyo asociadas a las que vaya a destinarse. Los cuatro componentes principales de la configuración de una semisumergible son:

• Pontones.

• Columnas estabilizadoras.

• Reforzado (Bracing).

• Cubiertas (Topside).

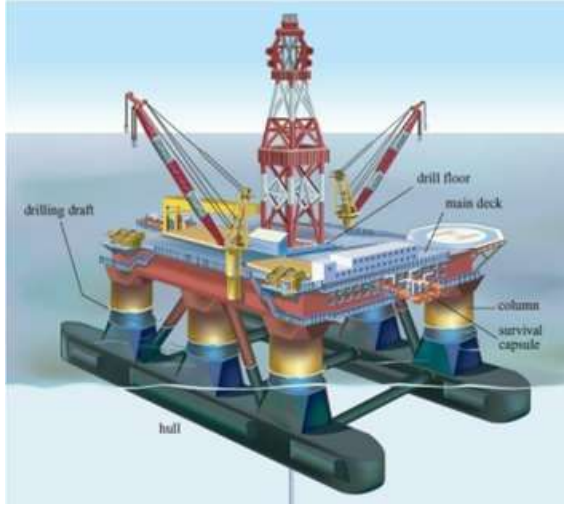


Fig 1. Fuente: (P. Machini) [18]

La disposición de pontones paralelos paralelepipédicos es la opción que más se ajusta a los requerimientos de movilidad y maniobrabilidad, y es de aplicación exclusiva para semisumergibles.

Columnas estabilizadoras. Las columnas estabilizadoras constituyen uno de los principales elementos de flotación y estabilidad durante la inmersión de la plataforma.

En general el menor número de columnas está relacionado con el menor costo de la estructura, aunque una reducción de columnas implica más peso de estructura de refuerzo y mayor robustez de las columnas.

La altura de las columnas se define atendiendo a tres requerimientos:

• Respuesta a las acciones del mar. Una mayor capacidad de inmersión reduce la respuesta a la arfada. Mayor número de columnas mejora la respuesta a la arfada ya que aumenta el amortiguamiento.

• Condiciones de estabilidad. Pesos muy altos aumentan el centro de gravedad y disminuyen el radio metacéntrico. El volumen desplazado por las columnas, junto con el de los pontones, debe ser capaz de contrarrestar este efecto, manteniendo la plataforma en equilibrio con un radio metacéntrico positivo.

• Durante la operación se ha de mantener una distancia mínima entre la cresta de la ola y el fondo de la estructura de cubierta para evitar slamming. A esta distancia se la conoce habitualmente como Airgap.

Reforzado o bracing. El reforzado tiene la misión de unir entre sí los elementos estructurales que componen la estructura semisumergible y transmitir los esfuerzos y cargas a los que están sometidos. Una plataforma semisumergible tiene varios flotadores o pontones sobre los que se instalan las columnas estabilizadoras.

Para mantener la posición y separación de estos, se disponen los reforzados, que han ido evolucionando en su configuración con las diferentes generaciones de semisumergibles. Los elementos que forman el reforzado se realizan generalmente en perfil tubular con sección

constante o variable, que proporciona valores de inercia homogéneos, y por tanto mayor rigidez, en todas las direcciones de incidencia de esfuerzos. El reforzado presenta un elevado coste de fabricación y mantenimiento. El entramado del refuerzo estará sometido a grandes esfuerzos. En la práctica la tendencia es que todo el reforzado quede al aire a fin de disminuir la resistencia, los esfuerzos hidrodinámicos y mejorar la mantenibilidad.

Otra tendencia actual es la de disminuir el reforzado para reducir el coste de producción, optando por diseños de uniones entre cubiertas y columnas más eficientes, con el empleo de materiales con alto límite elástico en aquellas zonas donde se prevea concentración de tensiones

Plataforma semisumergible de producción

En este tipo de plataforma se alojan los equipos y dispositivos para separar el gas del crudo y bombear este último a tierra; está compuesta por una subestructura, formada por columnas y una superestructura que consta de dos niveles al igual que la de perforación.

Las plataformas de producción deben ser calculadas para soportar pequeñas estructuras, compresores, tanques de almacenamiento, equipo de tratamiento y otros equipos anexos de proceso. Una plataforma de producción es una plataforma utilizada para la separación de la mezcla de aceite-agua-gas que fluye a la superficie, en aceite crudo, agua y gas natural. Se separan con el fin de poder distribuir estos para su comercialización o refinación con el menor de los riesgos, así como el cuidado de las instalaciones.

Criterios de estabilidad de una plataforma Semisumergible

Conocer los criterios de estabilidad, es de vital importancia para su correcta aplicación. Estos, son el conjunto de normas que debe cumplir un artefacto naval para que su estabilidad alcance valores mínimos que garanticen su seguridad. Los requisitos de estabilidad y seguridad con los que debe cumplir la plataforma serán los estipulados en el Código para la Construcción y Equipamiento de Unidades Móviles de Perforación Costa Afuera (MODU Code por sus siglas en

inglés) siendo una guía particular para los diseños offshore de la Organización Marítima Internacional (IMO).

Código MODU, cuya primera publicación fue en 1989, se escribió para dar una norma internacional para las unidades de perforación de nueva construcción. Esto simplifica el movimiento internacional, el funcionamiento de las estructuras y garantiza un nivel de seguridad adecuado para estructuras y para el personal de a bordo, equivalente a la exigida por el Convenio (OMI Código MODU 2009, preámbulo).

Criterios de estabilidad intacta

La estabilidad de una unidad en cada modo de funcionamiento debe cumplir con los siguientes criterios (Ver imagen 2.1):

El área bajo la curva de momentos adrizantes al ángulo de inundación descendente debe exceder en un 30% como mínimo el área bajo la curva de momentos escorantes del viento al mismo ángulo. La curva de momentos adrizantes debe ser positiva en todo el rango de ángulos desde la posición vertical hasta la segunda intersección.

Cada unidad debería poder alcanzar una condición de tormenta severa en un período de tiempo compatible con las condiciones meteorológicas. Los procedimientos recomendados y el tiempo aproximado requerido, considerando tanto las condiciones de operación como las condiciones de tránsito, deben estar incluidos en el manual de operación. Debería ser posible lograr la condición de tormenta severa sin la remoción o reubicación de consumibles sólidos u otra carga variable. Sin embargo, la Administración puede permitir la carga de una unidad más allá del punto en el que los consumibles sólidos tendrían que ser retirados o reubicados para pasar a condiciones de tormenta severa bajo las siguientes condiciones, siempre que no se exceda el KG permitido.

El análisis debe incluir los resultados de las pruebas en el túnel de viento, las pruebas del modelo de tanque de olas y la simulación no lineal, cuando corresponda.

Prueba de inclinación

Se requerirá una prueba de inclinación para la primera unidad de un diseño, cuando la unidad esté lo más cerca de completarse, como sea posible, para determinar con precisión los datos del peso en rosca (peso y posición del centro de gravedad).

Para las unidades sucesivas que son idénticas por diseño, los datos del peso en rosca de la primera unidad de la serie pueden aceptarse en lugar de una prueba de inclinación, siempre que la diferencia en el desplazamiento del peso en rosca o la posición del centro de gravedad debido a cambios de peso sean diferencias menores en maquinaria, equipamiento o equipo, confirmado según los resultados de una encuesta de peso muerto, son menos del 1% de los valores del desplazamiento del peso en rosca y las dimensiones horizontales principales determinadas para la primera serie. Tal dispensación no se puede otorgar para unidades estabilizadas por columnas [2]

Curvas de momento de adrizamiento y escora

Las curvas de momentos adrizantes y las curvas de momentos escorantes del viento deben relacionarse con los ejes más críticos. Se debe tener en cuenta la superficie libre de líquidos en los tanques. Durante condiciones temporales de la plataforma, su altura metacéntrica no debe de ser menor de 0.3 metros.

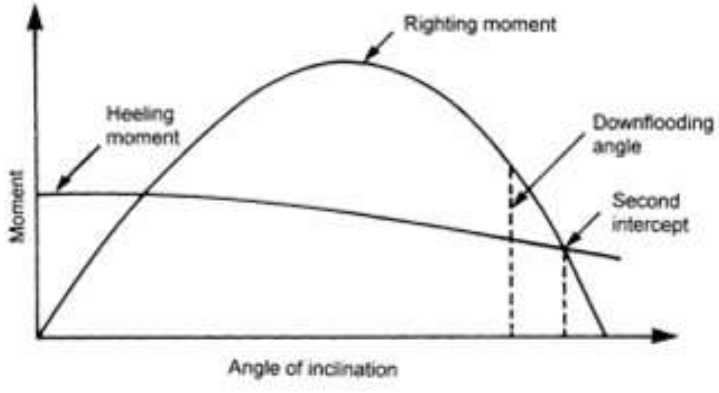


Figura 2.1 Curvas de momento de adrizado y momento de escora

De esta forma se comprueba que se cumplan los requisitos de estabilidad intacta establecidos, para cada una de las condiciones de carga en las que se prevé que la plataforma vaya a estar sometida durante su ciclo de vida, siendo estas; plena carga, operación, lastre y transición.

Estabilidad dañada

Los requisitos con respecto a la estabilidad en averías para plataformas offshore con columnas estabilizadoras se muestran en el siguiente apartado [1]

La unidad debe proveer suficiente flotabilidad y estabilidad en cualquier condición de operación o transición, en caso de inundación parcial o completa de cualquier compartimento estanco que se encuentre por debajo, o parcialmente por debajo, de la línea de flotación, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El ángulo de escora después de la inundación no debe de ser mayor de 25º.

Cualquier abertura por debajo de la línea de flotación final deberá ser hecha estanca. Debe proporcionarse un rango de estabilidad positivo, es decir, debe proporcionarse al menos de un rango de 7º entre el primer y el segundo ángulo de intercepción de las curvas de momentos adrizante y escorante. (Ver Imagen 2)

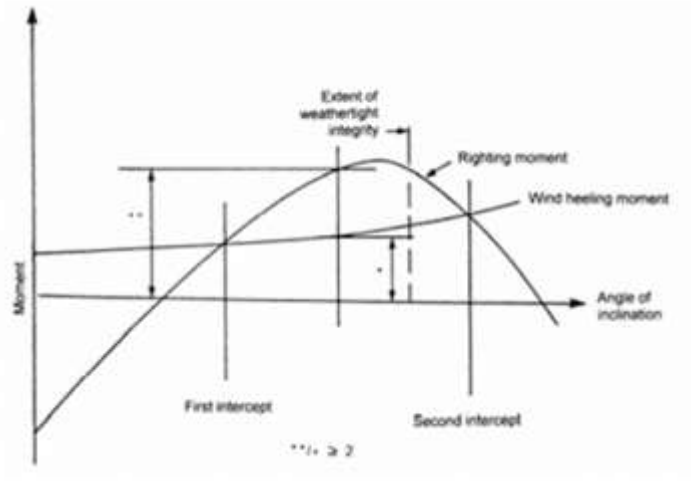


Figura 2 - Curvas de momento adrizante y momento escorante del viento

A los efectos de las consideraciones sobre inundaciones y estabilidad, cualquier compartimento estanco incluye los compartimentos que contienen sistemas de tuberías de agua de mar. En cuanto a la extensión de la avería, de la sección 5.9 [3]. Se especifican las zonas que son susceptibles de sufrir daños, así como la extensión de éstas, en las plataformas con columnas estabilizadoras.

Con el fin de asegurar la estabilidad de la plataforma en el caso de sufrir una avería, son definidos los siguientes mamparos estancos y, en consecuencia, los distintos compartimentos de la plataforma.

Condiciones Metoceánicas y Características de Movimiento en el Golfo de México

La definición de las condiciones metoceánicas, es de vital importancia para el análisis de las estructuras marinas. Los factores que intervienen en un estado de mar son los siguientes [4]

Viento, Olas generadas por el viento. Olas superficiales generadas por tormentas distantes.

Corriente superficial, generada por tormentas locales. Corrientes de aguas profundas propias del sitio, como las corrientes de lazo y remolino que circulan constantemente en el Golfo de México. Las estructuras costa afuera dedicadas a la perforación y producción de los recursos naturales localizados debajo del lecho marino, están a la merced de las inclemencias del tiempo. Estos ambientes marinos que las estructuras deben soportar son las fuerzas extremas del oleaje, viento y corriente debidas por ejemplo a huracanes, así como los sismos y las olas de los Tsunami, que también pueden ocurrir en ciertas partes del mundo.

Acciones ambientales

Las cargas ambientales son las excitaciones dinámicas más importantes en las estructuras marinas y resultan de la acción de las olas, viento y corrientes marinas. Estas deben ser calculadas en cuatro bandas distintas de frecuencia para evaluar sus efectos sobre el sistema. Estas bandas de frecuencia son [7]

a) Cargas estáticas debidas al viento, la corriente y la deriva de las olas (wave drift) con magnitud y dirección constantes para la duración del análisis.

b) Cargas cíclicas de baja frecuencia que puede alterar a la semisumergible en los periodos naturales de avance, deriva y guiñada (surge, sway y yaw) con variaciones entre 60 y 180 s.

Estas fuerzas son debidas al efecto de segundo orden de las olas conocido como slow drift y la parte dinámica del viento.

c) Cargas cíclicas en la frecuencia de olas, que constituye la principal fuente de cargas sobre la plataforma. Estas fuerzas son calculadas considerando métodos de primer orden.

Análisis de Incidentes de Plataformas Semisumergibles en el Golfo de México

En esta sección se analizaron los accidentes en plataformas semisumergibles que operaban en el GoM y las causas asociadas con el incidente, para así determinar si estuvo involucrada la estabilidad de dicha plataforma, entre los cuales se destaca la plataforma Deepwater Horizon y Thunder Horse, determinando que en ninguno de los casos estuvo comprometida la estabilidad de la estructura.

Se realizaron tablas comparativas de las distintas reglamentaciones tanto de DNV como de DNV-GL para determinar si los criterios tuvieron alguna variación, constatando que desde los años 2010 hasta 2020 no se registraron cambios y por tanto que no hay un cambio significativo en la presentación de los criterios de estabilidad para aplicarse a los análisis de este dentro de la casa clasificadora que se eligió para este estudio. Incluso se puede comprobar que ni durante la transición al pasar de DNV a DNV-GL hubo evolución de estos criterios de estabilidad aplicados a las plataformas semisumergibles.

Comparación entre normativas

Tras el estudio de las normativas de estabilidad de la casa clasificadora DNV-GL que se aplican a plataformas semisumergibles se concluyó que durante 10 años los criterios de estabilidad no han tenido una evolución, ha esto se le puede atribuir el hecho de que no hay un antecedente de accidentes en este tipo de artefactos navales en los que la causa fuera un fallo de estabilidad. Por

lo anterior se realizó un análisis a diferentes normativas a lo largo de los ultimo 10 años para determinar si fuera la casa DNV algún organismo realizó un cambio en los criterios ya antes mencionados. Las normativas que se consideraron para este estudio fueron el IMO MODU CODE, del cual la última edición publicada fue el Código MODU 2009 es equivalente al Convenio SOLAS de 1974 y el Protocolo de 1988 relativo al Convenio internacional sobre líneas de carga de 1966. Esta última publicación del Código MODU es una inspección y actualización de Código MODU de 1989 [5].

Además de la norma NRF-041-PEMEX-2014 Carga, amarre, transporte e instalación de plataformas costa afuera de petróleos mexicanos. Con las cuales se puede tener una referencia a priori a los últimos 10 años, y una referencia actual para obtener un resultado real de la evolución de los criterios de estabilidad que forman parte del análisis de estabilidad de plataformas semisumergibles de producción en el Golfo de México. [6]

Tabla 4.4 Comparación de criterios entre normativas

Criterios de estabilidad	**IMO MODU CODE (2009)**	**PEMEX (2014)**	**DNV-GL (2020)**
(GM) debe ser positiva, con un ángulo de escora cero.			
Estabilidad estática transversal > 30°			
Área bajo la curva del momento de adrizado>40%			
En condiciones temporales, su altura metacéntrica > 0.3 metros.			
Ángulo de escora después de la inundación no debe de ser mayor de 25º.			
Daño por debajo de la línea de flotación final deberá ser hecha estanca.			
Rango de estabilidad positivo, > 7º entre el primer y el			

segundo ángulo de intercepción de las curvas de momentos adrizante y escorante			

Con la información anterior se tiene como resultado que no hubo evolución en los criterios de estabilidad que se aplican a sistemas flotantes de producción, de acuerdo con las normativas y organismos que se estudiaron.

4- **DISCUSIÓN**

El futuro de la exploración y producción de hidrocarburos en México enfrenta una diversidad de retos en recursos humanos, tecnología y ejecución de proyectos en aguas profundas. Es importante dejar estos factores atrás y tomar una nueva visión con el fin de construir una mejor industria en nuestro país. Se presentan algunos propuestas de trabajos futuros que pueden desarrollarse como resultado de esta investigación o que, por exceder el alcance del mismo, no se abordaron con la suficiente profundidad. Como se indica a continuación:

- Ampliar la muestra de estudio con una variedad de organismos regulen los análisis de estabilidad de plataformas semisumergibles, de esta forma se tendrá un resultado 100% representativo y no se dejará por fuera información que pudiera ser valiosa para el estudio.
- Analizar el impacto del cambio climático en la zona específica en la que va a operar la plataforma, y así obtener resultados actualizados sobre el comportamiento del oleaje.

5- CONCLUSIONES

En México existe un gran potencial para producir hidrocarburos en aguas profundas, las cuales demandan tecnologías de última generación para vencer los retos operativos que éstas imponen para lograr llevarlas a cabo de manera exitosa tanto técnica como económicamente. Los equipos

semisumergibles utilizados en la producción en aguas profundas requieren de una evolución constante para ampliar su capacidad de operación en la medida en que se enfrentan a condiciones operativas cada vez más extremas.

Las fuerzas de gran magnitud a las que son sometidas las estructuras flotantes de producción, generadas por las condiciones metoceánicas, representan un riesgo estructural potencial para cada uno de estos elementos, por lo que se debe tener un total entendimiento de cómo es que estas fuerzas actúan sobre ellos para prevenir fallas en el sistema que ocasionen un paro de actividades y por lo tanto tiempos improductivos que generan pérdidas económicas.

Realizar los análisis de estabilidad en programas especializados de cómputo de un equipo de producción en aguas profundas, operando con las condiciones metoceánicas de un escenario real, permite tener una visión más amplia para realizar una mejor selección del equipo que se requiere para llevar a cabo las actividades en dicha localización. Permite a su vez conocer cuál será la respuesta estructural del equipo seleccionado, y conocer si resistirán las fuerzas generadas por las condiciones en la zona, que a su vez se verá reflejado en la estabilidad del sistema cuyo propósito es prevenir problemas técnicos, y evitando una pérdida económica y humana inesperada.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Chakrabarti, S.K. 2005, in Handbook of Offshore Engineering,

[2] D. N. V. DNV-GL. 2010, «DNVGL-OS-C301.Stability and watertight integrity.

[3] D. N. V. DNV-GL. 2020, «DNVGL-OS-C301.Stability and watertight integrity.

[4] Elwanger, G.B., 1988, “Algunos Aspectos de Análisis de los proyectos de Plataformas Marítimas”, Tesis de Doctorado, COPPE-UFRJ.

[5] MODU, «MODU Code 2009 Code for the construction and equipment of MODU, » 2009.

[6] PEP, 2011, “Avances Retos y Perspectivas de Petróleos Mexicanos”, Club de Industriales, México.

[7] Silva Ballesteros Jorge, 2004, "Apuntes del curso ingeniería civil costa afuera, capitulo XIV. sistemas flotantes de producción", facultad de ingeniería UNAM, México, D.F.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE USE OF INTEGRATED AUTOMATION SYSTEMS FOR CONTAINER HANDLING IN THE IMPROVED TERMINAL CONTEXT: ARMSVS AND QUAY RAILS.

Schmeing F. D. , Netto J. F.

Universidade de São Paulo – Escola Politécnica – Department of Naval Architecture and Ocean Engineering.
[1]e-mail: felipe.dare@usp.br

ABSTRACT

Containerized cargo trading is a globally growing activity with big players, large amounts of capital, and several risks. These conditions lead to the prioritization of investments in scale gain and operation optimization, leading to changes in vessels and ports towards growth, expansion, and automation. This paper delves into the concept of Improved Container Terminal, an deep-water facility that works as a hub port receiving Ultra Large Container Ships from other Improved Terminals and performs the transshipment for coastal shipping and overland flow. To lower the costs with port operations and maximize throughput, this facility relies on solutions based on innovations in and out of the port industry, such as the High Bay Storage from BOXBAY Terminal. This article is in the sequence of studies started in Scientific Initiation research (Schmeing, 2021). The analysis here presented has focused on the ARMSVs and the Quay Rails.

Keywords. Container terminal, Material-handling equipment, Port Expansion, Automation.

1- INTRODUCTION

As seen in recent decades, international trade continues to grow vastly (UNCTAD, 2021) creating large cargo flows that interconnect producer and consumer centers. Queues at ports, high shipping rates, and enlarging capacity fleets are indications of this expansion in the globalized market.

In particular, containerized freight is a branch with expressive growth and high financial return.

This attractive market draws the attention of key stakeholders. On the water, there are the shipowners vying for customers with low costs and taking on logistical challenges. On land, the ports fight for expansion and to stand out over their regional competitors.

The main strategy to increase profits and survive in this market is to invest in economy of scale when possible. It is shown in the Figure 1, with the evolution of containerships, which are the specialized vessels for container transportation over sea. Its capacity has increased since 1955.

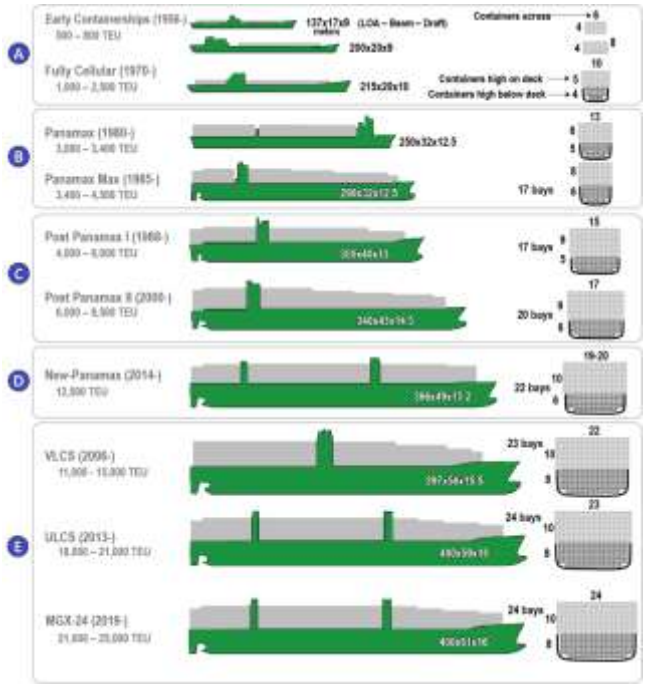


Figure No 1. Growth of container ships
Source: (RODRIGUE, 2021)

Nowadays, the movement of containerized cargo occurs almost absolutely in port terminals dedicated exclusively to this type of merchandise, from where the term "Dedicated Container Terminal" (DCT) comes from. There are several types of DCT models, varying according to the number of units handled, the modes of land transport (road and/or rail) covered, the logistical strategy for storage and transportation, among others.

Today, the most commonly used equipment for loading and unloading cargo from the container ship is the Quay Crane (or Ship-to-Shore Crane, STS). Some problems seen in the use of this equipment, besides its high cost, is the space occupied in the quay, the need to move parallel to the ship, the alignment with the container section, the difficulty in automation, and the vulnerability to weather conditions.

Between the pier and the storage yard, port vehicles are responsible for keeping the flow of containers moving horizontally. The main equipment used for this are Terminal Tractors (TTs),

AGVs, and Straddle Carriers (Strad). The use of each vehicle has an impact on the terminal model used and affect the size of the yard and surrounding regions, and even the way cargo stacks are distributed.

In terminals that use passive vehicles, such as TTs or AGVs, the containers make their way into the container yard to the section where RTG/RMG Cranes (or Stacking Cranes) remove them from the vehicles and place them in the stacks.

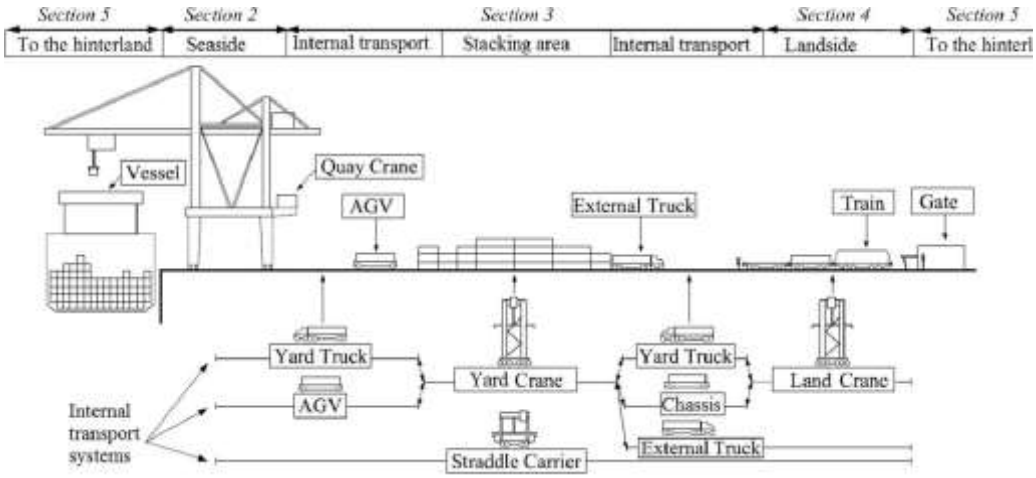


Figure No 2. Traditional DCT
Source: (GHAREHGOZLI, 2014)

Aiming to follow up with the growth of ships and keep up with the competition, ports have been investing hundreds of millions to tens of billions of dollars in increasing the depth and width of berths and access channels, new and larger cargo handling equipment, infrastructure expansion, Land Reclamation works, among others.

One of these GTOs is DP World. Recently, it is modernizing and expanding the Port of Jebel Ali in Dubai, enabling it to receive the world's largest container ships with a capacity of over 23.000 TEUs (Twenty-foot Equivalent Unit).

Part of the project comprises a new port enterprise model: the BOXBAY Terminal (2020). The installation is built to be a test of concept and with the capacity of expand the modular configuration for full operation.

The BOXBAY Terminal was developed by the SMS Group in partnership with DP World and brings as main innovation the use of the High Bay Storage (HBS) system. In this yard configuration, the containers are not stacked, but stored in individual compartments in a structure of up to 11 storage floors that occupies an area equivalent to one third of the area occupied by the stacking sections in a DCT. Cargo handling within the HBS and at the interface with the trucks is done by

original machines of the project. The Stacker Crane (STC) stores and unstores the cargo from its compartment, transferring for Strads or the PCS: Pallet Circulation System. (DP World, 2019)

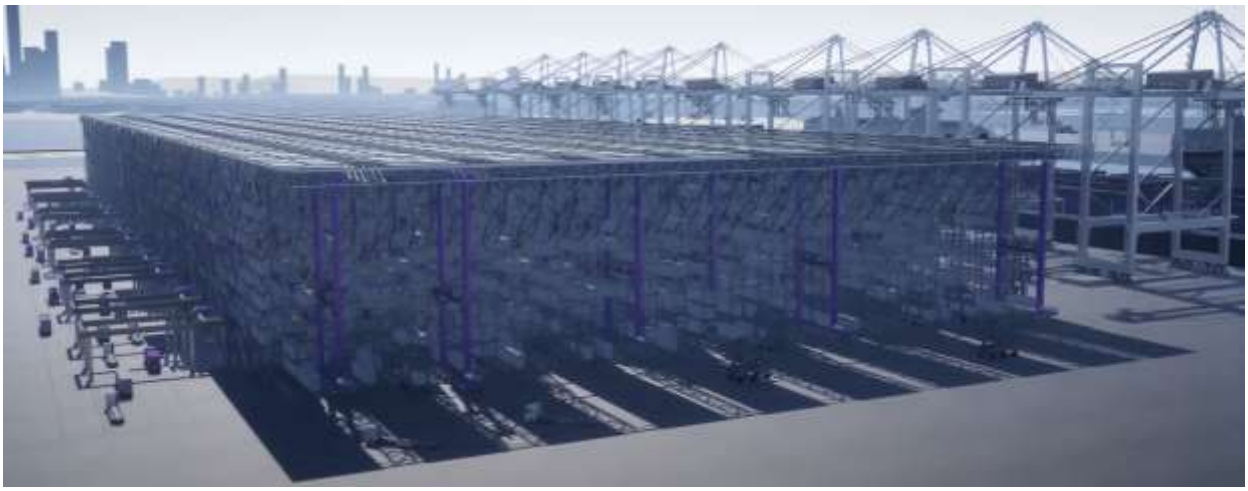


Figure No 3. BOXBAY Terminal
Source: (DP World, 2019)

2- MATERIALS AND METHODS

The Improved Container Terminal (ICT) is an offshore facility dedicated to container handling that bridges the gap between international and domestic routes. Some issues closely covered by this venture are optimizations on the ships, such as the replacement of the superstructure and the use of side locks for access to the basement, and in the port, such as independent power supply with renewable resources from the coast.

With these changes, it is possible to achieve the objectives of increased port productivity, easy coverage of services to ULCSs, reduced energy consumption, low installation and operation capital, and thus lower costs on products to the final consumer. The study of ICT advantages is the main scope of this work.

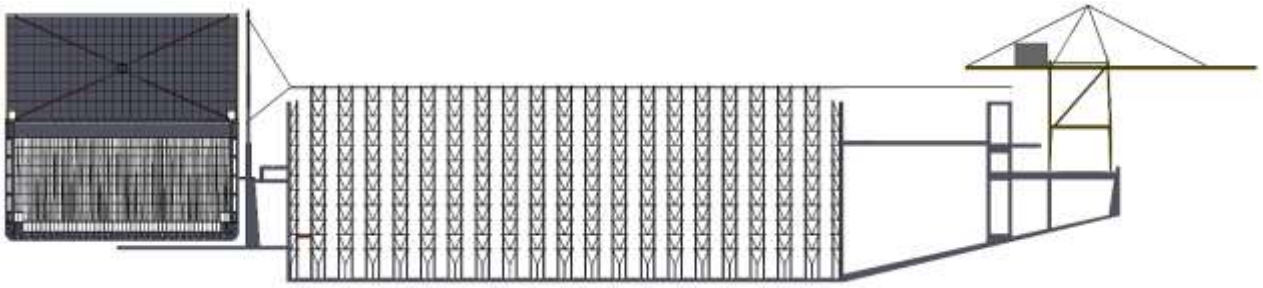


Figure No 4. Improved Terminal
Source: (Schmeing, 2021)

In a little more detail, the use of ARMSVs makes the task of removing the cargo from the ship and transporting it to the storage area be done not with two movements - of the ship-to-shore crane and the port vehicle - but in only one. In relation to the BOXBAY Terminal, there is also the exclusion

of the movement performed in the underground of the HBS structure before the reception of the container by the STC, the tower responsible for allocating the cargo in the proper compartment.

The systems integrated into this model of pivot port are:

Quay Rails, which allow the flow of horizontal cargo from the cabotage berths, road, and rail intermodality zone, top of the storage structure going to the ULCSs berth, in which it has movable rails for height adaptation in the access of ARMSVs to the ship;

ARMSVs, which are the vehicles that use the Quay Rail system for cargo movement, replacing port vehicles such as Straddle Carriers, AGVs, TTs, and even Ship-to-Shore Cranes in the (un)loading of ULCSs;

LBS, a structure similar to the HBS, but with container entry at the top and outflow at below, occupying the impolder created with the Empoldering Method of Land Reclamation, see the central zone in Figure 4;

Elevators, responsible for moving cargo vertically and storing it in the LBS compartments, replacing STCs, RSTs, RMG/RTGs;

Indented berth, for more shelter for the ship and increased productivity in loading and unloading, with layout possibilities compatible with the piers and the Quay Rails that minimize time and distance in cargo movement, besides facilitating maritime and land access;

Intermodality and transshipment, with areas covered by the Quay Rails, where the unloading and loading of containers is done by ARMSVs in an agile manner;

Automated management and operations systems, which involve compliance with logistical requirements and constant analysis of the operations' performance.

In this Graduation Work, the methodology focused in the development of ARMSVs and Quay Rails from the vehicles of Traditional DCTs.

3- BIBLIOGRAPHIC REVIEW – PORT VEHICLES

3.1- STRADDLE CARRIER

Straddles Carriers are heavy vehicles, weighing more than 60 tons. The structure of the machine can be divided into the lower module, which performs the horizontal displacement, the vertical metallic columns, the upper module, where the machinery platform and the operator's cabin are located (for non-remote or automated operations), and the hoisting mechanism, containing cables,

guides, and a spreader to grab the containers. There are terminals that use Straddle Carriers to just transport the units, handing them off to cranes to do the stowing in higher stacks and without the presence of spacing between them, as seen in Figure 5, in the layout on the right.

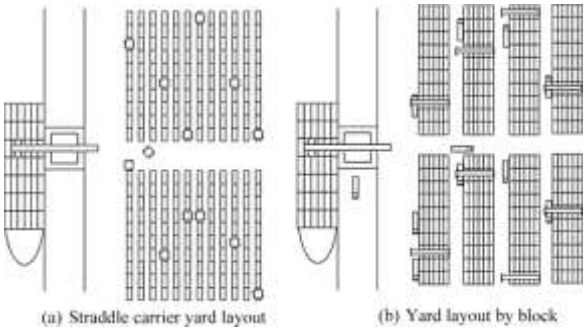


Figure No 5. Comparison between yard layouts
Source: (CARLO, 2014)



Figure No 6. Straddle Carrier storing a container
Source: (CROZEL, 2019)

Other terminal models prefer the total integration of the storage yard so that Straddle Carriers perform all the operations of transport, storage, and subsequent removal from the stack and deposited on the land disposal vehicle (external trucks). For this, the space occupied by the yard needs to be larger due to the lower height of the piles, limited to the height of the Straddle Carriers fleet, and the required spacing between columns, for vehicle access as shown in Figure 6.

The height of the columns reflects in saving space but brings logistical challenges with the larger presence of reshuffling.

3.1- AUTOMATED GUIDED VEHICLE - AGV

The invention of this machine was more recent, compared to the Straddle Carriers, and represented a technological leap by the use of automation in the horizontal movement of containers between the berth and the yard.

The main moving elements of AGVs are related to their main function. Thus, the mechanical control and operations favor accurate positioning of the vehicle, good acceleration and speed, agile maneuverability and steering, and stopping again with precision. (SAANEN, 2016).

Like Straddle Carriers, AGVs need wide flexibility in transporting cargo between the cradle and the storage yard. An important point for operations is the duration demanded of refueling and the frequency of recharges, as it is a time when the machine is unproductive.

For AGV navigation, some terminals use a mesh of transponders on the ground that communicate with the vehicle and indicate its absolute position in the port. This is one of the most reliable ways

of guiding the AGV and the central office in the positioning of each transport unit. (KALMAR, 2018).



Figure No 7. AGVs in an automated container terminal
Source: (PORTPICTURES, 2015)



Figure No 8. Lift-AGVs depositing containers
Source: (Konecranes, 2018)

To alleviate the flow of moving or waiting vehicles at the berth and (un)loading points of the yards, it is common to use waiting areas between these two regions, as seen in Figure 7.

The layout has a large effect on port operation and installation and operation costs, covering the number of vehicles required. For example, if a configuration presents a longer distance from the storage yard to the berth, the cycle time of each port vehicle becomes longer (considering the same operation speed). To maintain productivity in relation to the shorter layout, it is necessary to place a larger number of vehicles, keeping the flow at the ends.

3- RESULTS

3.1- IMPROVED CONTAINER TERMINAL - ICT

After the brief literature review, where it was possible to understand the types of horizontal transport port vehicles most used in container terminals, it is now time to apply the acquired knowledge in the formulation of two important pillars of the Improved Terminal concept: ARMSVs and Quay Rails.

To recap, Dedicated Container Terminals (DCTs) have been developed over decades improving their processes and making the movement of containerized cargo cheaper and more efficient.

The concept of the Improved Terminal is a way to optimize the port operations as a whole, changing the need for equipment that limits the operations, simplifying the processes. In other words, based on the proposed improvements in the storage system added to the new technologies of deepwater port construction and the global demand for port and ship expansion, the Improved Terminal concept is built to meet these requirements.

3.2- AUTOMATED RAIL MOUNTED STRADDLE VEHICLE - ARMSV

At the Improved Terminal, the ARMSVs are responsible for the horizontal movement of containers, covering from the berth, with the embarkation and disembarkation of the ship, over the LBS, where it can deposit/receive cargo to/from the Lifts, over also the intermodal area of land disposal vehicles arriving at the transshipment berth for cabotage vessels to be (un)loaded by QCs.

As the name implies, this is an automated vehicle, mounted on rails (the Quay Rails) and operating on the basis of lifting the load, i.e., active mechanism.

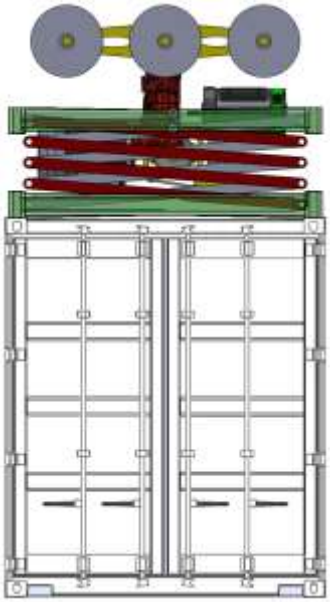


Figure No 9. Sketch of ARMSV hoisting system in compressed position and drive system
Source: Own elaboration

In the choice of mechanical and electronic components, the goal is to minimize weight, cost, and energy consumption. Among the mechanical components, these are divided into 3 systems: hoisting; locking and releasing; and drive.

The Hoist System is responsible for lifting and lowering the load in a controlled manner within established parameters such as maximum operating time, stability, and type of movement according to the length, within the limit of 6 meters of amplitude.

The hoist device can basically be of 4 types: cable with rotary motor; piston with linear servo motor; rack and pinion; and mixed, combining some components of the above. Among these options, the rack-and-pinion was chosen for its smaller footprint and lower weight when compared to the other types, which use drums or hydraulic fluid tanks among other components.

Like AGVs and other port vehicles, ARMSVs also need a navigation system to send position, speed, and direction data to the central office that manages operations in real time. This is important for

optimizing terminal throughput and critical when it comes to remote or automated operations, which is the case with the Improved Terminal.

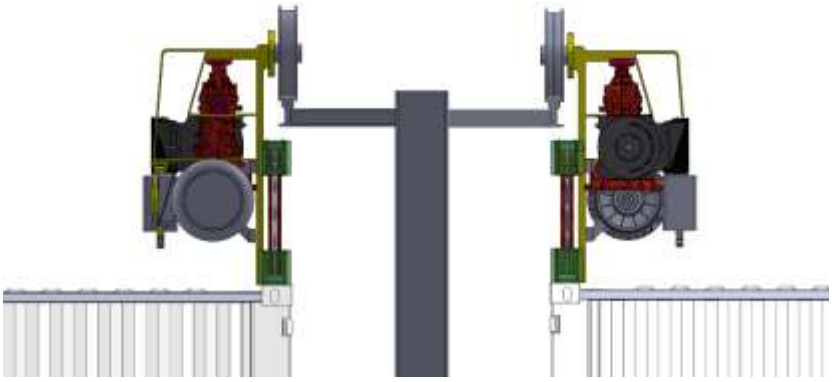


Figure No 10. Sketch of the support of the fixed section of the QRs with ARMSVs
Source: Own elaboration

In the structural aspect, ARMSV is based on the suspended structure of a monorail. The fact that it is suspended is due to the way the cargo is received and deposited from above, using twistlocks.

The ARMSV is responsible for the horizontal load-displacement so that most of the operation is in the plane without slope. The slope is present only in the cradle for ship access, with the rail elevation varying according to the height of the container to be (un)loaded onto the ship. The fixed and mobile parts where the vehicle moves are part of the Quay Rails system.

3.3- QUAY RAILS

The QR constitute the main innovation brought by the construction of an ICT. From it, it becomes attractive: the use of ARMSVs; the Empoldering work for the installation of the LBS as a variant of the HBS and with Elevators instead of STCs; the layout of the container terminal containing one or more indented berths and the intermodality and transshipment zones; in addition, it also facilitates the use of automated management and operations systems to command the operation of the ICT.



Figure No 11. Sketch of the mechanism for regulating the QR interface with the LBS
Source: Own elaboration

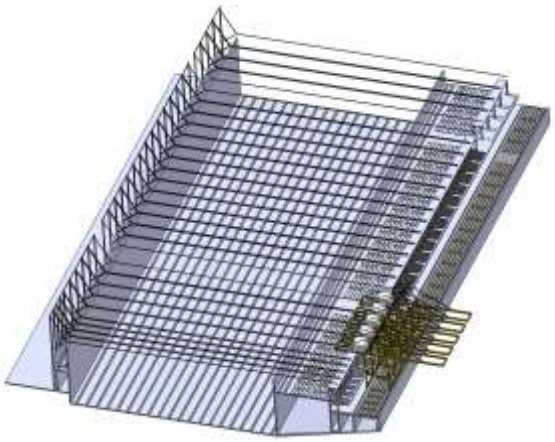


Figure No 12. QR extension in ICT (without LBS)
Source: Own elaboration

The Quay Rail system is divided into sections according to the cargo sections of the ship, see Figure 12 with the modular sectors. In each division, pairs of ARMSVs move along the track, with one end at the cabotage berth and the other at the intercontinental ship berth. In addition, within each section, there is the mobile part and fixed part, as stated.

Quay Rails are structures with an extensive fixed part, supported on the LBS and directly on the concrete at the intermodal yard and the cabotage berth, and a mobile part, at the pier of the ULCSs, with at least two mobile supports on the concrete, one at each end.

4- DISCUSSION

4.1- LOGISTIC COMPARISON

In the Improved Terminal, depending on the procedures performed, the total amount of operations for the displacement of a unit may vary, involving more than one operation of ARMSVs and/or other machines as STSs, Elevators, and internal ship's hold lifting mechanisms.

There are several procedures involving less than 3 operations, presenting a great logistic advantage of the Improved Terminal in relation to the Traditional DCTs and the BOXBAY system, besides the suggested innovations and handling structures cited.

The duration of port processes in a common loading and unloading situation is shown in Table 1. The operations cover the movements from the ship to the inland disposal vehicle including the storage of the cargo.

Table No 1. Duration of processes to move 1 container in each terminal.

Operation	**DCT**	**Duration** [s]		**BOXBAY**	**Duration** [s]		**ICT**	**Duration** [s]	
Standard Case	**Machine**	shorter	longer	**Machine**	shorter	longer	**Machine**	shorter	longer
1	STS	75	100	STS	70	95	ARMSV	90	150
2	AGV	60	120	Straddle	120	220	Elevator	50	70
3	ASC/RMG	75	100	STC	60	75	Elevator	45	65
4	ASC/RMG	75	100	STC	55	70	-		
5	-			Straddle	120	220	-		
	Total	**285**	**420**	**Total**	**425**	**680**	**Total**	**185**	**285**
Extra	Reshuffle	150	200	-	-	-	-	-	-
	Total	**435**	**620**	**Total**	**425**	**680**	**Total**	**185**	**285**

In a Traditional DCT using AGVs, moving a container involves 4 operations: the STS, the AGV, the stacking crane (ASC, RMG, or RTG, usually). The need to move the unit adds 2 operations to each occurrence.

At the BOXBAY Terminal, the number of operations performed on a container can vary between 5, 6, 7, and 8, depending on the path taken and the machines involved.

In the Improved Terminal, it is possible to perform several complete procedures from ship to land disposal vehicle, and vice versa, with 1 or 2 operations. Considering storage, this number stops at 3 or 4. In the case of transshipment to cabotage vessels, the quantity is between 2 and 5 operations.

Traditional DCTs with high investments in port process speed can achieve berth movement rates (Port Moves Per Hour, PMPH) approaching 300 containers moved per hour.

The investments mainly involve using more port vehicles so that there are no delays at the berth. In addition, more cranes need to be reserved for operations on a single ship, which can delay processes on other docked vessels. Large ships can have up to 7 STSs working on cargo handling.

The use of ARMSV not only saves time for the port vehicles but for the STSs as well, which represents a great advance in terms of time and movements.

In each section of a ship, several containers can be moved simultaneously, both above deck and in the hold, following the necessary modifications to the ship's structure.

In the largest modern ULCSs, the distribution of containers follows a similar pattern of 24 bays from bow to stern, 24 rows from side to side, and 20 tiers from hold to top. Future ships with a capacity above 24,000 TEUs will probably have a larger mouth for 26 columns and a longer length for 26 sections or more.

Considering the ship in the first case with 24 sections and 24 columns, there are 572 accessible containers (576 minus 4 by narrowing the bow and decreasing rows), unobstructed and free to be lifted. A port with a high investment and purchase of 1.144 ARMSVs is able to unload all 572 accessible units at a time, in simultaneous operations.

If all 4 macro movements of the ARMSV have a duration of 2 minutes, in 1 hour it would be possible to move 17.160 containers. In other words, a 24.000 TEUS ULCS can be completely unloaded and completely reloaded in 3 hours. It is possible to obtain even higher results, since the indented berth

allows the flow of cargo from both sides, so that while a fleet of ARMSVs comes down with cargo on one side, on the other side they already enter the superstructure in your vehicles to receive the cargo. In addition, there is access to the hold, but for logistical and economic reasons with the Quay Rail, it can present challenges if operations occur simultaneously with those above deck.

Another point is that weather effects such as winds can stop operations in Traditional DCTs and in the BOXBAY terminal by the risk of undue cargo swinging and sometimes danger of tipping over or damaging the port vehicle.

4.2- ENERGETIC COMPARISON

Focusing on port vehicles, the energy consumption in each container terminal model was developed based on information from suppliers and estimates based on the power and quantity of the engines used. The modes of operation were also taken into account.

The results obtained were analyzed with similar terminals and showed satisfactory estimates. It is noteworthy that there are terminals with similar amounts of equipment but with considerable differences in handling capacity and annual throughput. This is due to the integration of the machines with the use of management software, automation, logistic strategies, among other resources. There is also a limit to the desynchronization of equipment, especially when this begins to affect the logistics of the port. In terminals with high throughput, the cost of delays can present greater losses than the cost of energy spent to maintain productivity.

At the BOXBAY Terminal, the use of bays annuls the need for cargo reallocation. The minimized expense is considerable since, in this process, the equipment used are cranes with high power demand. Besides this, there is a low demand for flexibility because they are fixed machines, one can consider that the electricity supply is made by the network.

At the Improved Terminal, one of the strategies to increase productivity and reduce energy consumption is to reduce the amount of heavy machinery, giving preference to operation with light vehicles. This also contributes to the stress on the port's energy distribution system.

4.3- FINANCIAL COMPARISON

The analysis of the financial viability of the Improved Terminal's port equipment began by researching the costs of purchasing, maintaining, and operating port vehicles at Traditional DCTs

for comparison. After that, estimates were made for the equivalent expenditures for each piece of cargo handling equipment at the BOXBAY Terminal. Finally, the study proceeded to the Improved Terminal, calculating the costs for ARMSVs and the Quay Rails based on existing vehicles and the market value of the inserted components. Estimates were also made for the use of locks and a pumping system at the ULCS berth.

On a larger scale, one of the costs present and of great relevance is with the civil works, which include the execution of Land Reclamation projects, where there are high amounts of investments with raw materials. The filling of the terminal area with sand, stones, and concrete, as shown in more depth in the Scientific Initiation Report (Schmeing 2021), presents a high demand of capital and time for a sufficient result avoiding subsequent problems of settlement and other concerns.

The main portion that causes the growth of CAPEX of BOXBAY in relation to a Tecon is the amount involved in the construction of the High Bay Storage structure, which certainly involves a larger investment than the treatment of the soil in the stacking yards.

The CAPEX reduction is aimed through the economy with area, by using one-third of the space used in a DCT for the same amount of containers stored. The Improved Terminal design contains the HBS costs and advantages from the BOXBAY system, with other added benefits. The ICT concept focuses on reducing the logistical, energy, and financial pressure on large machines and distributes this impact to smaller vehicles.

In the cost calculation of Quay Rails, the foundation and steel tracks are the main portions, since the leveling and soil treatment for the support of ties are less necessary.

As with the energy issue, the quantity of each machine to obtain a productivity of 100 thousand TEUs per day was defined. For the Improved Terminal, this necessarily involved the total unloading of 25.000 TEUs and subsequent reloading of the same quantity.

From this number of vehicles and the cost of acquisition, assembly (if applicable), transportation, and installation, the CAPEX involving port machinery was calculated for the three terminal models: Traditional DCT, in the configuration using AGVs and ASCs or RMGs; BOXBAY, with an equivalent cargo movement between Straddle Carriers and Interface Cranes; and the ICT. The results are shown in Table 2.

In an equivalent way, the OPEX was estimated and is presented in Table 3.

Table No 2. CAPEX of port vehicles and machinery in the 3 terminal models.

DCT	Qtd	Cost	Subtotal	BOXBAY	Qtd	Cost	Subtotal	ICT	Qtd	Cost	Subtotal
Machine	[un.]	[US$/un.]	[US$/un.]	**Machine**	[un.]	[US$/un.]	[US$/un.]	**Machine**	[un.]	[US$/un.]	[US$/un.]
STS	55	40 M	2,2 B	STS	50	40 M	2 B	STS	15	25 M	375 M
AGV	431	700 K	301,7 M	Straddle	160	1 M	160 M	ARMSV	250	300 K	75 M
ASC/RMG	150	2 M	300 M	STC	160	2,1 M	336 M	Elevator	1136	1,7 M	1,9 B
				TT	252	290 K	73,1 M	TT	70	290 K	20,3 M
				Interface	24	1,6 M	28,4 M	QR	100	1,5 M	150 M
				Pallets	84	400 K	33,6 M	Water Gate	2	34 M	68 M
								Berth Pump	10	15 K	150 K
Total	**636**	**-**	**2,8 B**	**Total**	**703**	**-**	**2,6 B**	**Total**	**1585**	**-**	**2,6 B**

Table No 3. OPEX of port vehicles and machinery in the 3 terminal models.

DCT	Qtd	Cost	Subtotal	BOXBAY	Qtd	Cost	Subtotal	ICT	Qtd	Cost	Subtotal
Machine	[un.]	[US$/un.]	[US$/un.]	**Machine**	[un.]	[US$/un.]	[US$/un.]	**Machine**	[un.]	[US$/un.]	[US$/un.]
STS	55	440 K	24,2 M	STS	50	400 K	20 M	STS	15	320 K	4,8 M
AGV	431	100 K	43,1 M	Straddle	160	245 K	39,2 M	ARMSV	250	110 K	27,5 M
ASC/RMG	150	350 K	52,5 M	STC	160	310 K	49,6 M	Elevator	1136	70 K	73,8 M
				TT	252	75 K	18,9 M	TT	70	65 K	5,25 M
				Interface	24	290 K	6,96 M	QR	100	30 K	3 M
				Pallets	84	35 K	2,94 M	Water Gate	2	400 K	800 K
								Berth Pump	10	20 K	200 K
Total	**636**	**-**	**119,8 M**	**Total**	**703**	**-**	**137,6 M**	**Total**	**1585**	**-**	**115,4 M**

In the ULCS berth, the STSs were replaced by ARMSVs and the QR system. In the cabotage berths, the STSs are smaller, with a significant reduction in the cost of STS acquisition.

5- CONCLUSIONS

Attending to the growing vessels has been a challenge, even for the main ports of the globe, so that expansion works, improvements in processes and logistical optimization are fundamental for success in this business. In order to cover these three pillars, the concept of the Improved Terminal brings innovations in infrastructure, equipment, and software use, increasing the simultaneous

movements in the terminal, reducing distances and duration of operations, and promoting energy, financial, and sustainable benefits.

Thus, from the introduction of the theme in the Scientific Initiation Report and the deepening, in the monograph, of two of the innovations brought by the AT concept - which are the ARMSV and the Quay Rail (QR) system - it was possible to answer the research question for the current level of detail. The conclusion was that, based on the use of ARMSVs and the Quay Rail system, within the context of deepwater port automation and expansion, the investment in an Improved Terminal is advantageous on the logistical, energy, and financial fronts compared to other DCTs and proposals.

The cargo handling capacity allows the reduction of berth time from days to hours. The larger number of machines reduces the demand peaks and generates less stress on the network. The rail vehicles get easier feeding and weight reduction. The installation and power of expansion of the activities need low capital. For more details, see: https://youtu.be/YBhW78rfhKk.

6- BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

1. SCHMEING, F. D. Aprimoramento Portuário em Águas Profundas. São Paulo, SP, p. 198, 2021.
2. Shipping during COVID-19. UNCTAD, Geneva, CH, 2021. Available in: <https://bit.ly/3saAw7M>.
3. RODRIGUE, J.-P. Evolution of Containerships. The Geography of Transport Systems, New York, US, 2021. Available in: <https://bit.ly/3yp55aQ>.
4. GHAREHGOZLI, A. H., ROY, D., KOSTER. B. M. De. Sea Container Terminals: New Technologies, OR Models, and Emerging Research Areas. Business, Engineering. 2014.
5. DP World. Introducing boxbay - a new and intelligent high bay storage system. 2019. Available in: <https://youtu.be/K68Kq8s4EaI>.
6. CARLO, H. J.; VIS, I. F. A.; ROODBERGEN, K. J. Transport operations in container terminals. European Journal of Operational Research, v. 231, n. 1, p. 1–13, 2014. ISSN 0377-2217. Available in: <https://bit.ly/3dRt3lH>.
7. CROZEL, J.-L. PortSynergy prépare “un programme colossal” à Marseille-Fos. La Provence, Marseille, Fr, 2019. Available in: <https://bit.ly/3pXBRw3>.
8. SAANEN, Y. AGV VERSUS LIFT AGV VERSUS ALV. PORT TECHNOLOGY, Delft, NL, v. 70, p. 30–35, 2016. Available in: <https://bit.ly/3pQk5KY>.
9. KALMAR. Kalmar FastCharge™ AGV. Kalmar, Helsinki, FI, p. 1, 2018. Available in: <https://bit.ly/3dU0Drc>.
10. PORTPICTURES. AGV Gardens. Rotterdam, NL, 2015. Disponível em: <https://youtu.be/zm_rlLyelQo>.
11. KONECRANES. Lift-AGV 007.png. 2018. Available in: <https://bit.ly/3EZppSJ>.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

DIMENSIONAMENTO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO ATRAVÉS DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO

Fugiwara, E. S., Mota, D. O., Botter, R. C.

CILIP. Universidade de São Paulo, Brasil
e-mail: erickfugi@usp.br,

RESUMO

A globalização tem como um dos aspectos mais relevantes a competição entre empresas e países, no qual, terminais portuários possuem um papel de destaque em relação a produtividade, tanto na importação quanto exportação. Conforme as economias se desenvolvem e alterações nas rotas comerciais ocorrem, os portos são desafiados quanto a sua capacidade de desenvolvimento a longo prazo, adequando sua capacidade operacional. Esse cenário de competitividade, exige muitas vezes o investimento em infraestrutura portuária, que é essencial para manter de forma eficiente a capacidade portuária em atender à demanda esperada para todos os tipos de carga. Porém, os custos envolvidos nesses investimentos são elevados em ativos de infraestrutura de longo prazo e devem ser feitos apesar de uma variedade de incertezas futuras que podem potencialmente influenciar o desempenho de um porto. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta de suporte ao projeto que possa ser utilizada durante o projeto conceitual de um novo terminal a granel seco ou de um já existente. A ferramenta é composta por uma interface, desenvolvida em Microsoft Excel, e pelo modelo integrado (sistema marítimo, de estocagem e de transporte terrestre) de simulação em Anylogic. Ao utilizar um porto multiproduto brasileiro como estudo de caso, este trabalho aprimora o processo de tomada de decisão de investimento para a infraestrutura portuária através da aplicação bem-sucedida da metodologia para o desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio na seleção de uma estratégia de investimento ideal para lidar com as restrições de capacidade dentro de um sistema portuário.

Palavras-chave: Simulação. Terminal portuário. Sistema integrado.

1-INTRODUÇÃO

A rede marítima mundial que é composta por milhares de navios navegando pelos mares e portos estrategicamente localizados ao redor do mundo, é essencial para o comércio internacional, uma vez que mais de 80% do volume de mercadorias comercializadas mundialmente é transportado pelo mar (UNCTAD, 2017). Carga marítima de todos os tipos (produtos conteinerizados desde produtos mais simples como vestuários até os com mais valor agregado como eletrônicos; carga líquida como óleos vegetais e petróleo; carga à granel seca como minérios de ferro e grãos, assim como sucata, vergalhões e chapas) tem origem em um país para exportação, passando por portos antes de chegar ao seu destino. Um sistema portuário é um conjunto de elementos que conectam o mar e a terra para trabalharem juntos e assim lidar com as cargas, que chegam pelos navios na ancoragem e é transferido para o terminal portuário nos berços do porto, assim transportado por ligações intermodais (por exemplo, redes ferroviárias e/ou rodoviárias) para a demanda do consumidor/população. Conforme a economia se desenvolve, rotas comerciais e demandas mudam, o sistema portuário pode precisar se expandir para aumentar sua capacidade e atender ao novo cenário. Porém, o capital requerido para alteração da infraestrutura portuária é enorme e as decisões de investimento devem ser tomadas levando em conta várias incertezas e cenários durante a longa vida útil desses ativos.

Na fase inicial de projeto, menos dados estão disponíveis e vários cenários devem ser analisados. Definir as dimensões principais do terminal necessários para as diversas possibilidades é um processo complexo, uma vez que envolve diversos fatores. Por exemplo, tipos de embarcações, características de tráfego, diversos processos operacionais, além de condições climáticas como chuva, maré etc. Para isso, ferramentas computacionais podem ser muito úteis. Previsões para situações futuras geralmente têm uma incerteza crescente ao longo do tempo. Para explicar as incertezas, podemos incorporar uma distribuição de probabilidades para variáveis específicas. Desta forma, muitas combinações de entrada são incluídas em um único cálculo, resultando em uma análise mais completa e realista.

2-MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho será baseado na modelagem e simulação computacional. O modelo de simulação é usado como uma ferramenta no gerenciamento do porto para determinar os efeitos de diversas mudanças tecnológicas, operacionais e opções de investimento para melhorar o desempenho do sistema, como tempo de espera, tamanho de fila, receita, *demurrage* e outros indicadores (UNCTAD, 1985).

Para a modelagem e simulação, será seguida a abordagem processo-interação. Nesta abordagem, introduzida por Zeigler et al. (2019) e Fishman (2001), o subsistema é virtualmente dividido em classes de elementos relevantes, cada uma com seus atributos típicos. Para todas as classes de elementos ativos, foram definidas as descrições do processo, que descrevem o seu funcionamento em função do tempo. O benefício do uso da abordagem processo-interação é que os processos operacionais do mundo real podem ser traduzidos em descrições de processos, o que permite uma fácil comunicação com os operadores de terminais e permite a avaliação do bom funcionamento dos modelos de simulação com base em revisões de especialistas.

A seguir, será apresentado na Figura 1 um conjunto de etapas para orientar o desenvolvimento de modelos em um estudo minucioso de simulação (Banks, 2000) (Chung, 2003).



Figura 1 - Passos típicos no estudo através da simulação

Estudo de caso

Para o terminal de estudo em questão, serão consideradas as cargas: Soja, Farelo, Milho, Celulose em fardos, produtos siderúrgicos e fertilizantes.

Como veículos tem-se: navios/barcaças dedicados para cada tipo de carga, com diferentes portes e características; trens/vagões e caminhões, igualmente especializados por tipo de carga.

A área total do terminal é de aproximadamente 6,6 hectares. O terminal conta com um píer com 52 m de largura e três berços de atracação, um berço interno 1, um berço interno, 2, que somam 384 m de extensão e o berço 3, externo, com 264 m de comprimento.

Modelagem

Nesta modelagem será utilizada a Figura 2 como base para descrever os componentes, subsistemas e o sistema terminal avaliado de forma global e integrada.



Figura 2 - Representação de um terminal portuário integrado

A. Subsistema de chegada de navios

Este subsistema contempla desde a chegada de cada navio até o instante anterior ao início de sua operação já devidamente atracado.

1) Navios de cada tipo de carga são gerados consecutivamente até atingirem a demanda esperada para o período de simulação considerado. Segundo Olba et al., (2015), o processo de chegada de navios pode ser abordado utilizando a distribuição exponencial, de Poisson, Erlang-1 ou baseada em dados históricos. No modelo desenvolvido nesse trabalho, para o intervalo entre chegadas consecutivas foi considerado a distribuição exponencial.

2) Os navios entram em fila esperando pelo(s) cais disponível(eis) que podem receber essa carga (cada carga pode ser configurada para cada berço). O regime de atendimento será FIFO (*First-in First-Out*) para o mesmo tipo de carga.

Na Figura 3 são apontados 2 navios, um no berço 2 (interno) e outro no berço 3 (externo).



Figura 3 - Visão superior do terminal

- Berço 1 – para receber navios menores de todas as cargas exceto grãos.
- Berço 2 – preferencialmente para Grãos em função, mas que pode receber também qualquer das outras cargas e portes de navios até Panamax;
- Berço 3 – externo com uso preferencial para siderúrgicos, mas cujos navios podem também ocupar o 1 e o 2. Celulose e Fertilizantes poderiam também atracar no 3, mas em janelas sem navios siderúrgicos. Grão não utilizarão esse berço.

A Figura 4 apresenta a modelagem no ambiente do Anylogic.

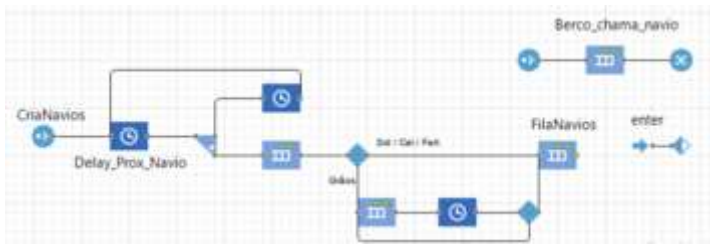


Figura 4 - Chegada de navios no Anylogic

B. Subsistema de transbordo de carga

Este subsistema contempla as operações do terminal que recebe um ou mais tipos de carga.

Os navios que são liberados para o berço, passam pela verificação se eles sofrem a restrição de maré na entrada. Iniciando então a atracação, seguida pela pré-operação e então a operação com a verificação de incidência de chuva. Terminada a carga do navio, haverá uma operação de pós-operação e depois o navio executa manobras de desatracação e navegação até a liberação do cais para outro navio respeitando as restrições de maré de saída. O atendimento dos navios em um berço no modelo é ilustrado na Figura 5 abaixo.



Figura 5 - Operações e restrições dos navios no Anylogic

C. Subsistema de armazenagem

Este subsistema contempla silos e armazéns para Soja, Farelo e Milho e faz a interligação entre os subsistemas. Na primeira fase (armazenagem em silos) não haverá operação de farelo.

D. Subsistema de despacho e recepção terrestre

Contempla a chegada de caminhões com diferentes cargas e comboios ferroviários com granéis.

São gerados caminhões de fertilizantes, de siderúrgicos e de celulose a partir do momento que o navio já atraca e com o início de operação autorizado. No caso dos granéis, são gerados caminhões com antecedência mínima e máxima em relação ao navio designado para aquele lote de carga. Os caminhões saem de um ponto de espera, vão para as portarias, depois para balança de entrada e em seguida entram no terminal se dirigindo ao cais onde está o navio. Para granéis, eles esperam para ser atendidos em um dos tombadores. Existe interferência da linha férrea na frente a portaria que

pode impactar na entrada e na saída de caminhões do terminal. Na Figura 6, temos a geração dos comboios que ficarão esperando espaço no terminal.

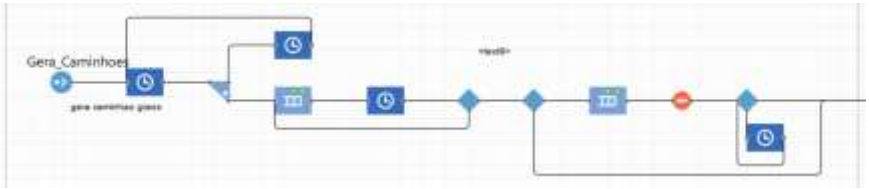


Figura 6 - Geração de caminhões no Anylogic

Os processos que os caminhões passam dentro do terminal é apresentado na Figura 7.

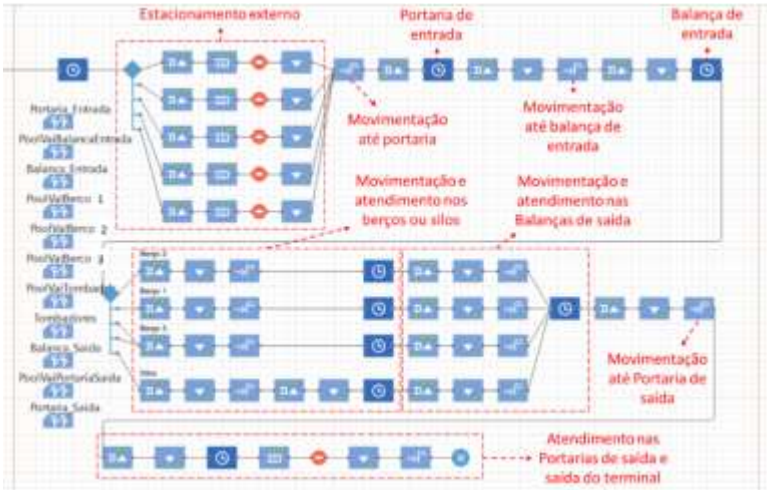


Figura 7 - Operações dos caminhões dentro do terminal no Anylogic

No modal ferroviário, são gerados comboios de granéis vegetais com antecedência mínima e máxima em relação ao navio designado para aquele lote de carga. Após entrarem no terminal, são desmembrados em conjuntos de vagões e posicionados em linhas ferroviárias paralelas. Cada conjunto de vagões é levado ao ponto de descarga que descarrega até 3 vagões por vez (3 moegas). Terminada a descarga, esse conjunto de vagões é posicionado numa linha de vagões vazios a espera dos demais conjuntos para recompor o comboio destinado ao terminal e posteriormente entregue de volta à administradora ferroviária. No Anylogic, esse subsistema é apresentado na Figura 8.

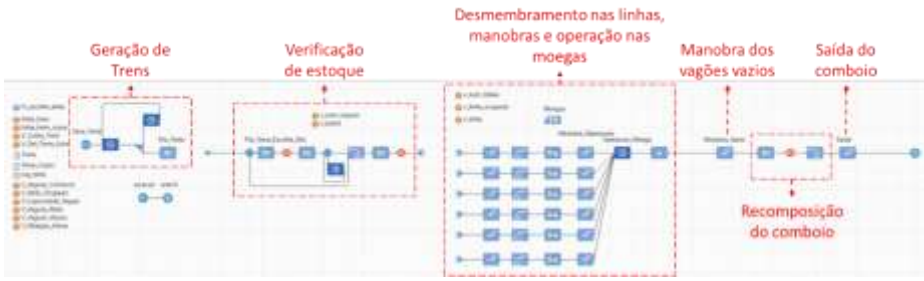


Figura 8 - Operações ferroviárias no Anylogic

Premissas

Várias suposições foram consideradas ao desenvolver o modelo conforme listado abaixo:

1) Os espaços de espera em todas as pistas dentro do porto são projetados como filas.

2) Os tempos de serviço são em sua maioria estocásticos.

3) Todos os caminhões de entrada são considerados do mesmo comprimento.

4) A velocidade dos caminhões foi dada em relação ao tempo, baseado na distância.

5) Alguns dados foram simplificados, como os tempos de manutenção preventiva e corretiva, quebras e outros fatores. Esses pontos foram considerados dentro dos tempos de operação e produtividade dos equipamentos e processos.

6) O terminal portuário opera 24 horas por dia nos 7 dias da semana.

Dados de Entrada

Os dados a serem utilizados já foram enviados pelo terminal. Para tanto foram preenchidas abas de uma planilha EXCEL enviada anteriormente, sendo as abas existentes:

(1) Demanda não sazonal, (2) Demanda Sazonal, (3) Dados de cais, (4) Dados de trens, (5) Dados caminhões, (6) Outros dados, (7) Dados de Silos-Armazéns, (8) Indicadores – Os indicadores são respostas do simulador e foram discutidos com o terminal.

1) Demandas (Ramp-up)

A Tabela 1 apresenta as demandas projetadas para serem atendidas entre 2023 e 2029.

Tabela 1 - Matriz de cargas (mtpa)

	DEMANDA [toneladas] (INPUT)						
	2023	***2024***	***2025***	***2026***	***2027***	***2028***	***2029***
SOJA	575,386	1,398,416	1,763,635	1,913,544	2,028,181	2,072,271	2,204,544
MILHO	207,614	504,584	636,365	690,456	731,819	747,729	795,456
FARELO	-	-	-	868,000	1,840,000	1,880,000	2,000,000
SIDERURGICO (Vergalhão)	155,000	178,000	200,000	150,000	150,000	150,000	150,000
SIDERURGICO (Bobina)	2,398,000	2,599,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000
CELULOSE	368,000	384,000	400,000	300,000	300,000	300,000	300,000
FERTILIZANTES	600,000	700,000	800,000	735,000	670,000	600,000	600,000
TOTAL	**4,304,000**	**5,764,000**	**6,600,000**	**7,457,000**	**8,520,000**	**8,550,000**	**8,850,000**

2) Distribuição da safra de grãos em função da sazonalidade

Como foi dito, os grãos possuem a característica da sazonalidade, essa influência é definida através da distribuição da demanda anual nos 12 meses utilizando porcentagem (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição da safra de grãos em função da sazonalidade

	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
SOJA	0.0%	5.0%	10.0%	15.0%	17.5%	17.5%	15.0%	10.0%	5.0%	5.0%	0.0%	0.0%
MILHO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.0%	20.0%	25.0%	25.0%	20.0%
FARELO	0.0%	5.0%	10.0%	15.0%	17.5%	17.5%	15.0%	10.0%	5.0%	5.0%	0.0%	0.0%

A demanda mensal é influenciada negativamente devido à essa característica sazonal dos grãos, sendo exigida uma capacidade de atendimento maior em certas épocas do ano.

3) Frota de navios

Os dados da distribuição de classe de navios para cada tipo de produto (Tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição da frota de navios

	DWT Min	20,000	40,001	50,001	148,024	181,578	220,000	350,001
	DWT Max	40,000	50,000	80,000	174,805	198,152	250,000	400,000
	LOA	~175m	>200m	>201m e <294m	>294m			
PRODUTO		HandySize	HandyMax	Panamax	CapeSize	LargeCape	VLOC	Valemax
SOJA				100%				
MILHO				100%				
FARELO				100%				
SIDERÚRGICO (Vergalhão)		100%						

SIDERÚRGICO (Bobina)	100%						
CELULOSE	100%						
FERTILIZANTES	70%	30%					

Cenários

Além da variação das demandas que devem ser atendidas em cada ano de avaliação do estudo, foram selecionados alguns outros parâmetros para a geração dos cenários. Na Tabela 4, eles são apresentados com os valores a serem variados e os adotados inicialmente.

Tabela 4 - Parâmetros para geração de cenários

	Variação	Inicial
Número de tombadores [#]	2 ou 3	2
Tamanho da janela de atendimento (antecedência prevista de chegada de caminhões para um navio) [dias]	4 ou 8	4
Número de silos (30.000 ton) [#]	3 ou 4	3
Número de armazéns (80.000 ton) [#]	1 ou 2	0
Produtividade nominal dos berços [tph]	2.000 ou 3.000	2.000
Tempo de operação nos tomabadores [min]	8 ou 10	10

- A partir de 2026, iniciará a operação ferroviária para recebimento de farelo com pelo menos 1 armazém para essa operação.

Para cenários alternativos, serão exploradas as variações dos valores dos parâmetros apresentados.

3-RESULTADOS Y DISCUÇÃO

Para o cenário base, foram rodadas apenas os anos de 2023 a 2025 devido ao fato de que a infraestrutura do cenário base já apresentava níveis de serviço baixos, como os tempos em fila dos navios de grãos e tempos em fila fora do terminal pelos caminhões. (Tabela 5).

Tabela 5 - Principais resultados do cenário base

	CENÁRIO BASE		
ANO	**2023**	**2024**	**2025**
Grãos - Rodo (prod 1 e 2)	783,000	1,903,000	2,400,000
Soja - Rodo (prod 1)	575,386	1,398,416	1,763,635
Milho - Rodo (prod 2)	207,614	504,584	636,365
Farelo - Ferro (prod 3)	0	0	0
Export Steel - Vergalhão (prod 4)	155,000	178,000	200,000
AMV - Bobinas (prod 5)	2,398,000	2,599,000	2,800,000
Celulose (prod 6)	368,000	384,000	400,000
Fertilizante (prod 7)	600,000	700,000	800,000
Demanda Total	4,304,000	5,764,000	6,600,000
JANELA [dias]	4	4	4
TOMBADORES [#]	2	2	2

SILOS [#]		3	3	3
ARMAZÉNS [#]		0	0	0
TAXA CN [tph]		2000	2000	2000
TEMPO TOMBADOR [min]		10	10	10
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navios de Grãos	horas	29.4	122.8	346.8
Tempo_em_FilaporBerco (Média) Navio Geral	horas	10.1	9.2	19.6
Tempo em Fila Entrada (Média) Caminhão	minutos	701.9	3040.3	8766.8
Carga Total Transportada - Soja	ton	575,386	1,346,267	1,697,867
Carga Total Planejada - Soja	ton	575,392	1,346,272	1,697,888
Carga Total Transportada - Milho	ton	253,190	498,417	666,940
Carga Total Planejada - Milho	ton	253,216	556,736	716,960
Carga Total Transportada - AMB (Vergalhão)	ton	155,000	178,000	200,000
Carga Total Planejada - AMB (Vergalhão)	ton	155,000	178,000	200,000
Carga Total Transportada - AMV (Bobina)	ton	2,364,545	2,565,690	2,776,551
Carga Total Planejada - AMV (Bobina)	ton	2,398,000	2,599,000	2,800,000
Carga Total Transportada - Celulose	ton	368,000	384,000	400,000
Carga Total Transportada - Fertilizantes	ton	667,648	735,677	833,191
Carga Total Planejada (ton) - Fertilizantes	ton	667,648	775,678	874,443
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Soja	horas	39.0	143.5	374.6
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Milho	horas	8.2	65.4	296.2
Ocupação Berço 1	%	15.46%	19.79%	14.54%
Ocupação Berço 2	%	34.40%	40.45%	47.09%
Ocupação Berço 3	%	44.93%	53.04%	49.17%
Ocupação das Portaria_Entrada	%	11.36%	15.61%	17.80%
Ocupação das Balanca_Entrada	%	11.36%	15.61%	17.81%
Ocupação dos Tombadores	%	18.66%	43.28%	53.41%
Ocupação das Balanca_Saida	%	11.40%	15.65%	17.85%
Ocupação da Portaria de Saída	%	11.40%	15.65%	17.85%
Giros no Silo 1	#	15	26	31
Giros no Silo 2	#	14	23	29
Giros no Silo 3	#	3	19	28
Taxa de Chegada de caminhões de soja por navio na janela	cam/hora	17.027	17.530	17.829
Taxa de Atendimento de caminhões	cam/hora	12	12	12
Índice de Congestionamento (durante a janela de recepção)	#	1.419	1.461	1.486
Demanda Total transportada - Grãos	%	100.0%	96.9%	97.9%
Demanda Total transportada - Siderúrgicos	%	98.7%	98.8%	99.2%
Demanda Total transportada - Outros	%	100.0%	96.6%	96.8%

A partir do cenário base é possível observar o aumento substancial que ocorre na ocupação dos tombadores já no cenário 2024, indicando que muito provavelmente essa operação de descarga rodoviária seja um gargalo do sistema sob as condições iniciais. Isso se confirma a partir do fato de que o atendimento às demandas de grãos começa a ficar prejudicada a partir deste ano, com a demanda de milho atendida estando cerca de 11% abaixo da esperada já em 2024;

Os tempos em fila das embarcações também aumenta, mostrando como ruídos no sistema de descarga podem gerar problemas na outra ponta, no sistema de embarque, e como os subsistemas estão todos interligados;

Além disso, os tempos em fila dos caminhões na entrada do terminal também aumenta substancialmente. Na verdade, os tempos apresentados nem são representativos, mas sim o fato de

que eles refletem a formação de filas que nunca serão dissipadas, as chamadas “filas infinitas”, uma vez que as taxas de atendimento são menores que as taxas de chegada, como mostram os resultados.

Outro parâmetro importante de ser observado é a quantidade de giros nos silos. Para os cenários de 2024 e 2025, o aumento da demanda de grãos faz com que o subsistema de armazenagem comece a se tornar uma restrição para o sistema, mostrando que provavelmente a instalação do quarto silo comece a se tornar necessária neste horizonte de planejamento;

A espera para formação das cargas de grãos também aumenta muito e pode impactar nas esperas dos navios gerando prejuízos para o terminal.

No entanto, é importante observar que em termos de portaria e balanças, as ocupações são baixas, portanto, o sistema está bem dimensionado até a demanda de 2025.

O cenário base de 2023 (2.000 tph nos berços, 2 tombadores com operação de 10 minutos por caminhão, 3 silos) atende a demanda até 2024 com alguma penalização de filas de navios, mas deve-se atentar ao fato de que entre 2023 e 2024 a demanda de grãos aumenta substancialmente (em quase 3 vezes) o que indica que se esse aumento de demanda não se concretizar nesse período, o cenário base 2023 estará adequado.

- Cenários alternativos

Inicialmente foi realizado a simulação do cenário base a partir do ano de 2023 até 2025, onde o sistema já apresentava limitações. Devido a isso, não há necessidade de continuar as simulações para os anos seguintes.

Como observado nos resultados do cenário base, aparentemente a operação com três silos comece a restringir a capacidade do terminal. Visando observar se há melhoria no nível de serviço do sistema, foram simulados os cenários de 2024 e 2025 com o acréscimo do quarto silo de armazenagem e os resultados comparativos de 2024 são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Inclusão do 4°silo de armazenagem

ANO		2024 Base	2024
JANELA	dias	4	4
TOMBADORES	#	2	2
SILOS	#	3	4
TAXA CN	toph	2000	2000
TEMPO TOMBADOR	min	10	10
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navios de Grãos	hr	407.48	125.68
Tempo_em_FilaporBerco (Média) Navio Geral	hr	12.87	14.95
Tempo em Fila Entrada (Média) Caminhão	hr	153.2	55.3
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Soja	hr	5.9	2.1
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Milho	hr	9.8	2.1
Número total de navios atendidos	#	161	163
Giros no Silo 1	#	25	20
Giros no Silo 2	#	23	20
Giros no Silo 3	#	20	16
Giros no Silo 4	#	0	16

É possível observar que, em 2024, com o acréscimo do quarto silo os giros se reequilibram, as filas de caminhões diminuem (embora ainda estejam em níveis altos) e, principalmente, os tempos de espera por carga diminuem. Fazendo o porto atender mais navios ao longo do ano.

Para o ano de 2025, além do acréscimo do quarto silo, também foi verificado o efeito da inclusão do terceiro tombador. O sistema apresentou significativa melhora em relação ao cenário base: menor espera por carga, menores filas de caminhões, mais veículos atendidos e melhores níveis de serviço como verificado na Tabela 7.

Tabela 7 - Inclusão do 4° silo e 3° tombador

ANO		2025 Base	2025	2025
JANELA	dias	4	4	4
TOMBADORES	#	2	3	3
SILOS	#	3	3	4
TAXA CN	tph	2000	2000	2000
TEMPO TOMBADOR	min	10	10	10
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navios de Grãos	hr	1 017.02	411.3	57.73
Tempo_em_FilaporBerco (Média) Navio Geral	hr	9.02	11.23	8.64
Tempo em Fila Entrada (Média) Caminhão	hr	381.6	176.0	33.7
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Soja	ton	928.9	462.46	72.87
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Milho	ton	1 457.62	223.71	2.21
Número total de navios atendidos	#	172	180	178
Número total de caminhões atendidos	#	173 118.00	184 026.00	182 612.00
Ocupação das Portaria_Entrada	%	16.43%	17.45%	17.33%
Ocupação das Balanca_Entrada	%	16.43%	17.45%	17.32%
Giros no Silo 1	#	25	30	26
Giros no Silo 2	#	25	28	26
Giros no Silo 3	#	22	26	19

Giros no Silo 4	#	0	0	19
Ocupação dos Tombadores	%	65.21%	53.52%	51.02%
Ocupação das Balanca_Saida	%	16.47%	17.50%	17.38%
Ocupação da Portaria de Saída	%	16.46%	17.50%	17.36%

Para uma melhor avaliação do sistema no cenário previsto para o ano de 2025, o de maior demanda, foram testadas outras três melhorias: aumento na taxa de produtividade nos berços (de 2.000 para 3.000 tph), aumento da janela de antecedência para os caminhões (ao invés de 4 dias, 8 dias para formação da carga) e redução do tempo no tombador, de 10 para 8 minutos.

Considerou-se que tais análises seriam mais importantes para este cenário de 2025 por se tratar do cenário com piores indicadores no cenário base e com maiores restrições no atendimento aos caminhões e, consequentemente, atendimento da demanda total de navios.

Nas simulações já apresentadas para 2025 foi possível observar que o índice de congestionamento do sistema de recepção aos caminhões continua próxima de 100%, o que pode representar uma forte restrição ao atendimento da demanda. Além disso, as filas de caminhões na entrada do terminal continuavam muito altas e qualquer paralisação operacional pode fazer com que os navios fiquem muito tempo no terminal, gerando o pagamento de multas.

Os resultados da Tabela 8 mostraram que alterar a janela de atendimento de caminhões representa somente trocar o problema de um lado para outro e não diminuem as filas na entrada do terminal. Percebe-se, também, pouco impacto com o aumento da taxa de produtividade dos berços. (com 2000 tph e considerando o coeficiente de perdas, a capacidade de carregamento dos navios é muito maior que a capacidade de recepção rodoviária).

Tabela 8 - Melhorias de taxa dos berços, aumento da janela de antecedência rodoviária e operação no tombador

ANO		2025 Base	2025	2025	2025	2025	2025
JANELA	dias	4	4	8	8	8	8
TOMBADORES	#	2	3	3	3	3	3
SILOS	#	3	4	4	4	4	4
TAXA CN	tph	2000	2000	2000	3000	2000	3000
TEMPO TOMBADOR	min	10	10	10	10	8	8
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navios de Grãos	hr	1 017.02	57.73	46.9	63.39	40.08	44.5
Tempo_em_FilaporBerco (Média) Navio Geral	hor	9.02	8.64	15.89	10.18	14.85	10.03
Tempo em Fila Entrada (Média) Caminhão	hr	381.6	33.7	42.6	47.7	39.0	40.1

Taxa de Chegada de caminhões de soja por navio na janela	Cam / hr	17.8	17.9	8.9	8.9	8.9	8.9
Taxa de Atendimento de caminhões	Cam / hr	12	18	18	18	22.5	22.5
Índice de Congestionamento (durante a janela de recepção)	%	148.7%	99.3%	49.7%	49.7%	39.7%	39.7%

O acréscimo de um silo e um tombador causam grande impacto, pois reduzem o tempo de espera dos navios por produtos de soja e milho (Tabela 9). O tempo de operação do tombador também é uma variável importante para atender os caminhões sob bons níveis de serviço.

Tabela 9 - Melhorias de taxa dos berços, aumento da janela de antecedência rodoviária e operação no tombador (cont.)

ANO		2025 Base	2025	2025	2025	2025	2025
JANELA	dias	4	4	8	8	8	8
TOMBADORES	#	2	3	3	3	3	3
SILOS	#	3	4	4	4	4	4
TAXA CN	tph	2000	2000	2000	3000	2000	3000
TEMPO TOMBADOR	min	10	10	10	10	8	8
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Soja	horas	928.9	72.87	59.17	80.19	51.01	56.64
Tempo_Aguard_Carga (Média) Navio - Milho	horas	1 457.62	2.21	1.89	1.81	0.02	0.02
Ocupação Berço 1	%	15.82%	16.00%	13.41%	17.84%	15.51%	19.32%
Ocupação Berço 2	%	44.53%	45.23%	46.72%	42.73%	47.38%	40.60%
Ocupação Berço 3	%	49.74%	48.52%	49.81%	44.75%	47.31%	46.14%
Ocupação das Portaria_Entrada	%	16.4%	17.3%	17.1%	17.4%	17.4%	17.5%
Ocupação das Balanca_Entrada	%	16.4%	17.3%	17.1%	17.4%	17.4%	17.5%
Ocupação dos Tombadores	%	65.2%	51.0%	51.6%	53.6%	43.8%	45.2%
Ocupação das Balanca_Saida	%	16.5%	17.4%	17.2%	17.4%	17.4%	17.6%
Ocupação da Portaria de Saída	%	16.5%	17.4%	17.2%	17.4%	17.4%	17.5%

A partir desses resultados iniciais, foram construídos 11 diferentes conjuntos de cenários, considerando agora, além das variações/análises de sensibilidade apresentadas na fase anterior (janela de formação da carga, número de tombadores e silos, taxa de produtividade do carregamento e tempo de ciclo dos tombadores), a inclusão da operação de descarga ferroviária.

Para o sistema ferroviário, foram considerados até dois armazéns, com capacidade para armazenagem de 80.000 toneladas de grãos cada, adicionados à simulação dos grupos de cenários de G a K, conforme a Tabela 10.

Tabela 10 - Grupo e cenários simulados

CONFIGURAÇÃO	A Cen. Base	B		C		D		E		F		G	H	I	J	K
ANOS	2023 ~ 2025	2023 ~ 2025	2026 ~ 2029	2023 ~ 2025	2026 ~ 2029	2023 ~ 2025	2026 ~ 2029	2023 ~ 2025	2026 ~ 2029	2023 ~ 2025	2026 ~ 2029	2027 ~ 2029	2027 ~ 2029	2027 ~ 2029	2027 ~ 2029	2027 ~ 2029

JANELA [dias]	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	4	8	8	8	8
TOMBADORES	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SILOS	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ARMAZÉNS	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	2	2	2	2
TAXA CN [tph]	2000	2000	2000	2000	2000	3000	3000	2000	2000	3000	3000	2000	2000	3000	2000	3000
TEMPO TOMBADOR [min]	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	10	10	10	8	8

Estes grupos de cenários foram ainda subdivididos de acordo com a demanda a ser movimentada. Tal estratégia é utilizada para que se verifique a partir de que momento as intervenções devem ser realizadas no terminal. Foram simulados, ao final, 53 diferentes cenários, considerando as características apresentadas anteriormente para os grupos de A até K e as demandas sugeridas para os anos de 2023 a 2029.

Como poderá ser observado, nem todos os anos foram simulados para todos os grupos de cenários. Isso aconteceu porque quando se observa que a demanda já não é atendida por um cenário menos restrito, sabe-se que ela continuaria não sendo atendida, ou sendo atendida sob níveis de serviço inadequados quando considerados cenários com mais restrições.

Dentre os diversos indicadores gerados pelo modelo, considera-se que o tempo de espera para a formação da carga do navio é importante e pode representar restrições significativas. Avaliar não só a demanda atendida em cada cenário, mas também sob quais condições ela é atendida é essencial para se determinar a capacidade dele.

Os resultados serão apresentados consolidados na Figura 9, que apresenta para cada simulação (demanda/grupo de cenário) qual a demanda atendida para cada um dos tipos de produtos e qual o tempo médio de espera para formação de cargas, um indicador considerado importante e restritivo ao nível de serviço da operação. Em cada “coluna” do gráfico é possível identificar a demanda movimentada (eixo da esquerda – gráficos de barras) e o tempo médio de espera para formação das cargas (eixo da direita – gráfico de linha). Uma boa forma de avaliar o gráfico é, primeiramente, observar a demanda atendida no cenário e, em seguida, observar se para atender essa demanda o tempo de espera foi muito alto. Um cenário pode ser considerado adequado quando a demanda atendida for satisfatória e em paralelo os navios não esperaram um tempo tão significativo para formação da carga.

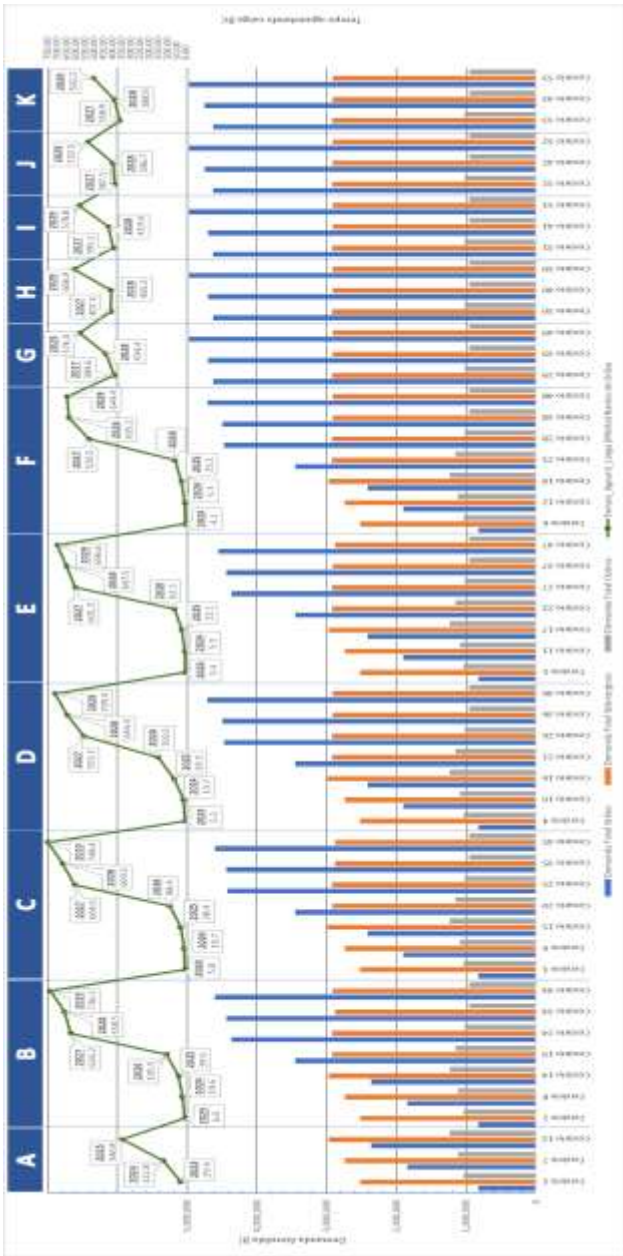


Figura 9 - Gráfico comparativo dos grupos de cenários

Podemos tomar como exemplo a simulação do grupo F em 2028 (3 tombadores, 4 silos e 1 armazém para recepção ferroviária conforme tabela de combinações): nesse cenário 94.6% da demanda total de grãos atendida é de 4,5 mtpa, e para isso os navios aguardam 635,2 horas.

É possível observar que em todos os cenários a demanda anual proposta foi atendida, mas muitas vezes apresentando penalidades ao nível de serviço. As demandas previstas para a partir de 2027 só são atendidas sob níveis menos restritivos de tempo de espera a partir do momento em que a ferrovia entra em operação (grupos de cenários de G até K).

4-CONCLUSÕES

O estudo de caso, representa possíveis problemas que outros terminais portuários semelhantes possam estar sofrendo. Para esse, foi observado que o tempo de espera para formação de carga dos navios é talvez a maior restrição operacional em termos de nível de serviço. Para que esse indicador tenha melhor desempenho, é fundamental que se planeje adequadamente a armazenagem dos produtos, especialmente os grãos, de modo a permitir que haja um buffer adequado. Sendo importante também destacar que o sistema, na verdade, é um conjunto de outros subsistemas integrados e, portanto, não se pode deixar de observar as operações de recepção e descarga dos grãos. Por fim, o terminal tem potencial de aumento de capacidade caso medidas sejam tomadas para que haja a melhora do subsistema de armazenagem, pois as ocupações dos berços estão adequadas.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANKS, J. (2000). Introduction to simulation. *winter simulation conference proceedings*, pp. 9-16.
2. Chung, C. (2003). *Simulation modeling handbook a practical approach.* CRC Press.
3. Fishman, G. (2001). *Discrete event simulation. Modeling, programming, and analysis.* New York: Springer-Verlag.
4. Olba, X., Daamen, W., Vellinga, T., & Hoogendoorn, S. (2015). Simulating the port wet infrastructure: review and assessment. *Transportation Research Procedia, vol. 10*, pp. 683-693.
5. UNCTAD. (1985). *Port Development - A handbook for planners in developing countries.* New York: United Nations Publications.
6. UNCTAD. (2017). *Review of Maritime Transport 2017.* From https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf (acessado 20.07.2021)
7. Zeigler, B., Muzy, A., & Kofman, E. (2019). *Theory of modeling and simulation: discrete event & iterative system computational foundations.* Academic Press.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES NÁUTICAS APLICADAS AL DISEÑO DE ÁREAS DE NAVEGACIÓN EN CUBA

Barrera Luque, Z.[1], Lazo Porta, L.[2],

[1], [2]Empresa GEOCUBA Estudios Marinos,
[1]e-mail: zuzel@emarinos.geocuba.cu
[2]e-mail: livan@emarinos.geocuba.cu

RESUMEN

El diseño de canales y vías navegables en Cuba se ha incrementado a partir de la modernización de los puertos y la explotación de instalaciones turísticas, desde el punto de vista náutico. En tal sentido, el proceso asociado al diseño y desarrollo de nuevos proyectos de dragado han posibilitado implementar las ciencias, orientada a la ingeniería portuaria desde una óptica de seguridad tecnológica.

En Cuba se han diseñado, disímiles obras hidrotécnicas basada en modernas metodologías, normas y recomendaciones, internacionales y nacional. Como resultado se han obtenido canales, más seguros, eficaces y operativos. Todo ello ha sido posible al fusionar al diseño determinístico, estudios probabilísticos y de simulaciones de maniobras náuticas. El disponer del Modelo Numérico de Maniobra de Buques con Autopiloto (SHIPMA; SHIP MAnoeuvering) y un Simulador Marítimo Avanzado, en tiempo real "Full Mission" Navi Trainer Professional 4000, ha permitido obtener resultados relevantes, que facilitan el desarrollo de proyectos técnicos-ejecutivos, sobre la base de criterios de seguridad.

En el presente trabajo se exponen alguno de los principales aportes derivados de implementación de las simulaciones náuticas, aplicadas al diseño de vías navegables en Cuba, que han contribuido al incremento de la seguridad de las maniobras de los buques de diseños, una mayor confiabilidad de los canales e incremento de operatividad de estos.

Palabras claves: simulaciones náuticas, canales, buques, dragado.

1- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la base de conocimientos asociadas a la Ingeniería Portuaria y el desarrollo de proyectos con impacto al ámbito marítimo-portuario, se encuentran en constante evolución. Ello se debe a la modernización conceptual vinculada con la evolución y experiencias en este tipo de proyectos. Los conocimientos más avanzados, las experiencias más relevantes y las mejores prácticas, han sido extrapoladas desde grandes constructoras transnacionales, consultoras marítimas especializadas, centros de investigación y compañías dedicada a estas actividades, a nivel internacional. A diferencia de otras ramas de la ingeniería, la ingeniería portuaria exige una mayor experiencia y habilidad en la asimilación de nuevas técnicas y procedimientos para su desarrollo. A su vez incorpora, constantemente, modernas tecnologías y herramientas para lograr una efectividad a lo largo de todo el proceso de ejecución de los proyectos. Por otro lado, los accidentes marítimos en zonas próximas y en canales de acceso a puertos, son más recurrentes alcanzando grandes impactos desde el punto de vista ambiental, económico y en la operativa-portuaria.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental exponer, de manera panorámica, resultados relevantes alcanzados en Cuba en el ámbito de las simulaciones náuticas, aplicadas al diseño de las áreas de navegación. Para ello se abordan aspectos “vitales”, como la implementación de modernas herramientas computacionales orientadas al diseño e investigación, las cuales constituyen un complemento de suma importancia e interés para los proyectos de ingeniería portuaria.

Para lograr la efectividad de los resultados asociados a los estudios e investigaciones que se presentan, se ha requerido el estudio y análisis de bibliografía e información técnica, actualizada, en el estado del arte. Destacan por su nivel técnico-investigativo y de aplicación el análisis y síntesis de argumentos vinculados a los informes técnicos editados por el PIANC (Asociación Internacional creada para promover, a nivel internacional, para el desarrollo en el diseño, construcción, mejora, conservación y explotación de las vías navegables interiores y marítimas, los puertos y las zonas costeras) relacionados con el diseño de vías navegables [1-3] y las

Recomendaciones españolas para Obras Marítimas ROM 3.1-99 [4]. Además, de consultar trascendentales artículos científicos [5-9] y haber participado en Webinars especializados, a nivel internacional, donde se han abordado aspectos afines a estos temas [10-13].

A pesar del elevado desarrollo tecnológico implementado en los buques, sistemáticamente, se suceden varadas, accidentes y siniestros marítimos asociado a hidrovías que han tenido un gran impacto a nivel internacional, como es el caso de la Varada del Portacontenedores "Ever Given" en el Canal de Suez [14]. Ello evidencia la relevancia que se le brinda a los estudios de maniobra y demás estudios náuticos, en vista de alcanzar niveles aceptables de maniobrabilidad de los buques, que satisfagan los criterios de diseño de los canales de navegación, para lo cual ha sido vital la inserción de técnicas avanzadas de simulación y modelación de modelos de buques, desde etapas de diseño conceptual de los proyectos.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

En Cuba, el desarrollo de nuevas inversiones en las zonas portuarias ha demandado de la ejecución de diversos estudios, los cuales que han exigido la evaluación de nuevos buques de proyectos de características dimensionales muy superiores a los buques tipos que originalmente fueron por los que se diseñaron las vías navegables, objetos de análisis. Es así, que el requerimiento de incrementar las dimensiones de los buques de proyecto ha conducido a diseñar nuevos canales de navegación que satisfagan las características de estos nuevos buques. Dentro de los varios proyectos de dragado ejecutados hay tres que sobresalen por su nivel de importancia y complejidad.

- Estudio de Seguridad y Náutica para el canal de acceso al Puerto de Cienfuegos para recibir grandes buques LNG. Estudios de simulación en tiempo real. (Cienfuegos, 2010) [15].
- Estudio de Simulación de Maniobras de Grandes Buques Post-Panamx de 300 y 335 m de eslora para la nueva Terminal de Contenedores de Mariel. (Mariel, 2017) [16].
- Estudio de maniobrabilidad mediante Simulación de Maniobra de Buque en Tiempo Real (ESMB-TRe) (NTPro-4000 v4.62). (Nipe, 2021) [17].

Durante la realización de estos, se aprecia como elemento común la presencia de buques de gran porte y condiciones naturales de la zona restringidas para la navegación y maniobra de los buques, debido a la existencia de bahías con accesos a puertos mediante canales estrechos, bordeados por suelos generalmente duro, que en su momento fueron dragados a partir del diseño de áreas de navegación para buques de menor porte, lo que significa una problemática, no menor.

Con el propósito de dar solución y viabilidad a la solicitud de realizar proyectos de dragados que garanticen el acceso y maniobra segura de los buques, se realizan estudios e investigaciones con un elevado rigor científico-técnico. Se desarrolla el diseño determinístico, aplicando la norma cubana para el desarrollo de Proyectos de Construcción Canales marítimos [18], así como las normas y recomendaciones internacionales enunciadas [1-4].

El diseño determinístico ha permitido determinar y desarrollar áreas de navegación con dimensiones considerables. Asociado a ello, ha sido necesario la ejecución de obras de dragado para volúmenes grandes de extracción, fundamentalmente en suelos duros (rocas). La aparición de este tipo de suelos encarece considerablemente la realización de la obra, a lo que se unen mayores impactos al medio marino. Para contrarrestar esta dificultad, disminuir los costes y el impacto medio ambiental asociado; se buscan alternativas viables y de “eficacia comprobada” con la participación de equipos multidisciplinarios conformado por inversionistas, proyectistas, clientes y entidades reguladoras.

En el presente trabajo se muestra la metodología utilizada en los proyectos de dragado, que ha favorecido a obtener excelentes resultados a partir de la optimización investigativa favorecida por la aplicación de las simulaciones náuticas. En tal sentido el presente trabajo se enfoca, en los resultados del empleo de estudios de simulaciones náuticas en el proceso de validación y optimización del diseño determinístico del canal de acceso a la Terminal de Contenedores Mariel.

El trabajo demuestra la importancia que reviste el incluir los estudios de simulación náutica para el diseño de áreas de navegación. Las limitantes de estos estudios están en los altos costos de

ejecución a partir del nivel de complejidad tecnológica de las herramientas que se emplean, el nivel científico requerido por parte de los investigadores, especialistas y los tiempos de ejecución.
La definición de los objetivos está en correspondencia con el alcance del proyecto con el fin de solucionar la misma, para la cual se lleva a cabo una etapa de investigación exploratoria mediante la revisión de trabajos realizados, revistas y consultas a especialistas en el tema, para recopilar información sobre el uso de los estudios de simulación náutica.

2.1. Estudios de simulación náutica aplicados en Cuba

Nuestro país cuenta con un Simulador Marítimo Avanzado (SMA) tipo "Full Mission" emplazado en las instalaciones del Centro de Simuladores de la Academia Naval "Granma". Este simulador marítimo, constituye una potente herramienta para el desarrollo de estudio de proyectos marítimos y portuarios. Su empleo ha permitido centrar el diseño, explotación de instalaciones portuarias, canales de acceso y áreas de flotación, proporcionando al proyectista una orientación, objetiva, sobre las posibilidades y restricciones del buque, su interacción con la infraestructura, las condiciones climáticas y otros factores útiles en los escenarios objeto de análisis.

Proyecto de obras marítimas y portuarias

Uno de los principales resultados de la implementación de los estudios de simulaciones náuticas en nuestro país, ha sido la evaluación integral y detallada de diferentes alternativas para la construcción o ampliación de obras marítimas y portuarias. Los principales trabajos e investigaciones realizadas han estado encaminado a la evaluación y viabilidad náutica de nuevos canales de acceso a muelle y obras de nueva construcción y la valoración del acceso efectivo de determinados buques de proyecto, de diferentes dimensiones, para definir un nivel de aceptabilidad de las maniobras, determinando el grado de seguridad resultante, los trazados optimizados, más económicos y seguro de la vía navegable proyectada.

Para desarrollar estos estudios un aspecto relevante y que ha favorecido a obtener resultados de impacto ha sido la determinación de las condiciones de navegación.

Los resultados alcanzados han estado determinados por la correcta definición de las condiciones de simulación desarrolladas para ello las etapas ejecutadas han sido:

- Disposición en Planta y Batimetría
- Datos de Clima Marítimo
  - Viento
  - Oleaje
  - Marea
  - Corriente
  - Escenarios Meteorológicos
- Buques de Estudio
- Remolcadores

Estos elementos han permitido acometer los estudios a partir de realizar una correcta selección de los escenarios de maniobra. La planificación de este proceso previo es extremadamente importante, cuando se emplea un simulador en tiempo real, como es el caso del SMA NTPro-4000 versión 4.62. en tal sentido se presenta a modo de ilustrar las investigaciones ejecutada, el caso estudio relativo a las simulaciones náuticas asociada a la Terminal de Contenedores de Mariel.

2.2. Principales resultados del Estudio de Simulación en la Terminal de Contenedores del Mariel

Las potencialidades asociadas con este trascendental estudio por su impacto económico y en el proceso constructivo está asociado a verificar y optimizar el diseño determinista existente del Canal

de Acceso y de los Espacios Navegables requeridos para buques Neo-Panamax de 366.5 m de eslora total, 51.2 m de manga y 15.0 m de calado.

El estudio fue concebido en dos etapas: la primera: Diseño Conceptual o Básico en planta y alzado mediante estimaciones aproximadas, buscando un método de ejecución rápido, sólido y completo; y la segunda ha consistido en un Diseño Detallado o Avanzado en planta y alzado destinado a validar, desarrollar y refinar el diseño previo.

Dimensionamiento en Planta

El dimensionamiento en planta se ha llevado a cabo utilizando el Simulador de Maniobra de Buques, en Tiempo Real de SIPORT21. Las maniobras en simulador se llevan a cabo utilizando como base el diseño preliminar del canal obtenido en la fase de Diseño Conceptual teniendo en cuenta principalmente lo establecido en la documentación de referencia de la ROM y del PIANC. Como resultados se obtienen la determinación de anchos y profundidades preliminares definidos en cada tramo del canal como se expone en la figura 1.

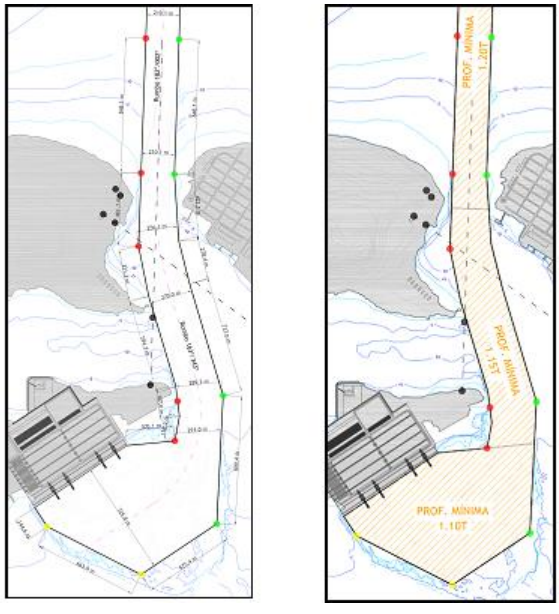


Figura 1. Configuración en planta (izquierda) y alzado (derecha) del canal preliminar propuesto para el acceso de buques portacontenedores Neo-Panamax

Las **Condiciones hidrometeorológicas** empleadas estribaban en valores que garantizan un elevado nivel de operatividad en el rango 96.4%–97.5% (9-13 días o 220-315 horas de excedencia al año). Dentro de los resultados alcanzados estuvo la determinación de las **zonas navegables propuestas** para la **optimización del Diseño Conceptual.** Lo cual fue posible a partir de considerar válidas las condiciones de acceso límite definidas del viento máximo, de altura de ola máxima, de la corriente superficial máxima en el exterior y los medios de maniobra similares a los considerados (hélices de maniobra de proa y una formación de 3 remolcadores de propulsión especial (ASD) de 50 t de tiro a punto fijo). Estos factores posibilitaron definir un nuevo canal que se muestra en la figura 2.

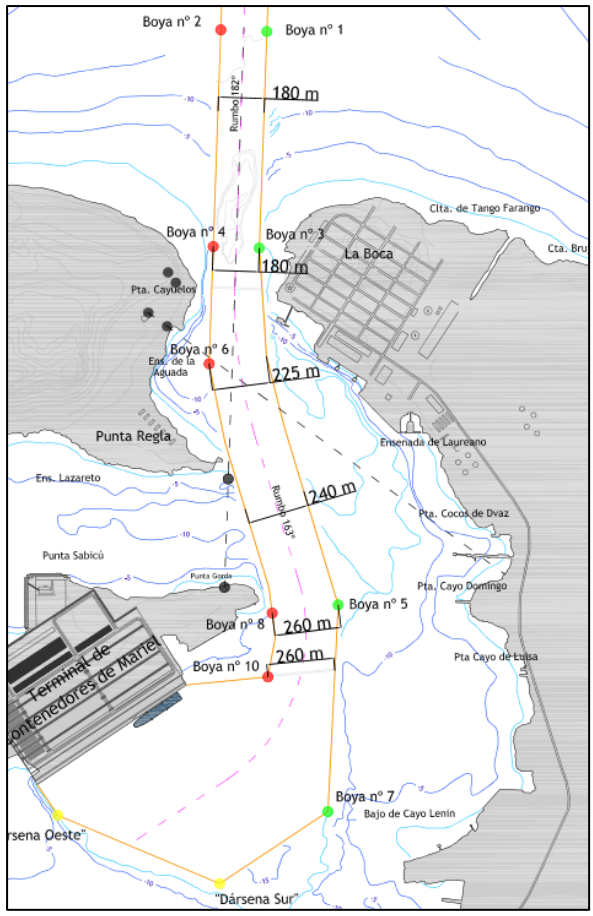


Figura 2. Canal de acceso definido.

El dimensionamiento en alzado se ha llevado a cabo empleando un programa informático específico, desarrollado por Siport21, que realiza los cálculos basados en el método de integración numérica en combinación con el método de Monte Carlo mediante un análisis probabilista, tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Los resultados obtenidos corresponden a una probabilidad de contacto con el fondo de 10-4 en un trayecto individual a lo largo del canal y a la exigencia de un resguardo bajo quilla mínimo (mayor valor de 5% del calado ó 0.6 m).
- El canal se divide en 3 zonas: Canal Exterior, Canal Interior y Dársena de Reviro. En cada una de estas zonas se define una profundidad (cota de dragado mínima) que permite el acceso con un nivel adecuado de seguridad.
- La profundidad mínima debe ser garantizada. No se tiene en cuenta la eventual sedimentación del canal ni se ha considerado una tolerancia de dragado para prevenir problemas de sedimentación, si existiesen, o para garantizar la profundidad mínima si la tolerancia de dragado es mayor.
- Se limita el acceso o la salida del buque a 3.6 m de altura de ola máxima (Hs=2.2 m), que es el máximo permitido según el estudio de maniobra. Ha de tenerse en cuenta que este valor límite de altura de ola se corresponde, según los datos de oleaje de la NOAA, con una operatividad de 97.64%.

Tabla 1. Cotas mínimas de dragado recomendadas. Calado 15 m

Zona	Alternativa 1	Alternativa 2
Canal Exterior	17.25 m (1.15·T)	17.75 m (1.18·T)
Canal Interior	16.65 m (1.11·T)	16.65 m (1.11·T)
Dársena de Reviro	16.30 m (1.09·T)	16.30 m (1.09·T)

3- RESULTADOS

Partiendo de las conclusiones del estudio de simulación el proyecto de dragado para el barco de 366 eslora quedo reajustado de la forma siguiente:

Se mantienen loa tres objetos de obra:

- Canal exterior
- Canal interior
- Dársena de maniobra y caja de atraque

Canal exterior con un ancho de 180 m hasta el área de transición donde se empieza ampliar para entrar al canal interior que comienza con 225 m en el área cerca a Punta gorda se amplía a 240 m al final y a la entrada de la dársena tiene 260 m, la dársena de maniobra con un área de 644390 m^2 tiene una longitud en el centro de 797 m.

Profundidad de dragado

Canal exterior: 17.25 m

Canal interior: 16.65

Dársena de maniobra y caja de atraque: 16.30

- Como resultado del trabajo se logra optimizar el proyecto en los aspectos siguientes:
  - Se disminuye el ancho del canal exterior de 200 a 180 m
  - Se disminuye el calado del buque tipo a emplear de 15.6 m a 15.m
  - aleja el límite de dragado en la zona de Punta Gorda de 22 a 57 m
  - logra una disminución de la profundidad de dragado en todas las zonas del proyecto con una relación Profundidad calado más eficiente.

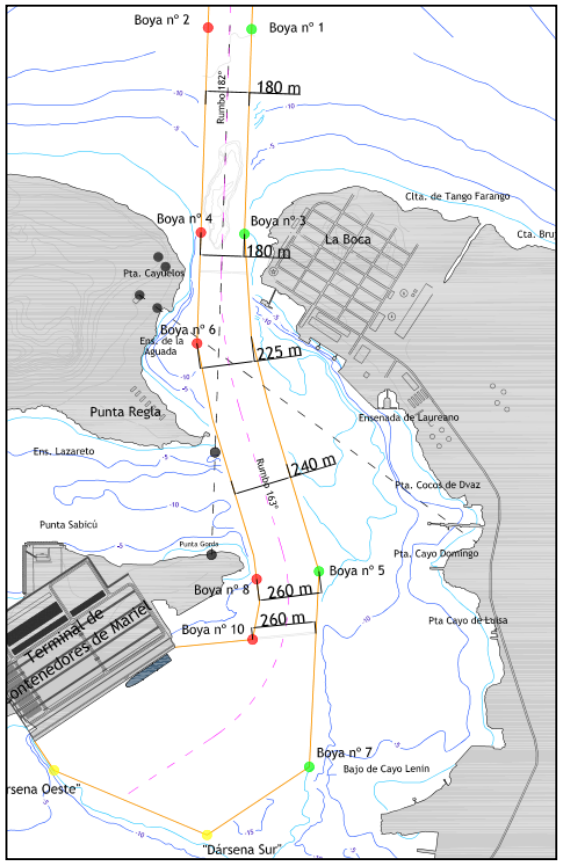


Figura 3. Canal de acceso propuesto

4- DISCUSIÓN

Con los nuevos parámetros obtenidos se logra una disminución del volumen total, aportando ahorros significados al proyecto y disminuyendo los plazos de ejecución lo que facilitará al Explotador y la Administración Marítima de Cuba, comercializar el puerto para buques de gran porte.

Se logra un proyecto para una operatividad del puerto de más del 95%, situándolo al nivel de los puertos de su tipo en el mundo.

La optimización obtenida se alcanza con la experiencia y herramientas con que cuentan los especialistas del SIPORT 21 que logran una mejor y adecuada estrategia de maniobra que permite la entrada y salida del buque con mayor seguridad y uso racional de los remolcadores.

Las autoridades marítimas representadas, el proyectista, los inversionistas y el explotador consideran que, en el nuevo canal, es viable el acceso del buque portacontenedores Neo-Panamax de 366.5 m de eslora, 51.2 m de manga y 15.0m de calado, garantizando la seguridad en las maniobras con las condiciones hidrometeorológicas simuladas que aseguran un nivel de operatividad del puerto superior al 95%.

La disminución de los volúmenes de dragado fundamentalmente en roca permite marcar una nueva estrategia de dragado.

Se optimiza la maniobra, reduciendo el tiempo de uso efectivo de los remolcadores durante el tránsito por el canal con 3 remolcadores de propulsión especial (ASD) de 50 t de tiro a punto fijo).

El canal propuesto tiene asociado un nivel de probabilidad de excedencia (varada) entre 0.1% y 0.01% (zona de reviro y canal, respectivamente). En todos los casos, se han considerado las condiciones que más pueden comprometer la seguridad del resto de las terminales y del propio buque. Se busca disminuir la velocidad del buque hasta lograr pararlo y controlarlo, sin exceder los límites del canal dragado y sin interferir con buques colindantes ni estructuras portuarias.

De acuerdo a la batimetría actualizada en octubre del 2017 los volúmenes pendientes a dragar según proyecto aprobado y optimizado se pueden apreciar en la tabla 2:

Tabla 2. Diferencias de volúmenes con el resultado de estudio

Zona	**Volumen total en m3**		
	Proyecto aprobado (200m)	**Proyecto optimizado (180m)**	**Diferencia**
Canal exterior	464774	321933	-142841
Canal Interior	932410	678104	-254306
Dársena y caja de atraque	1124967	542466	-582501
Total	**2522151**	**1542503**	**-979648**

5- CONCLUSIONES

1. El proceso de Simulaciones Náuticas aplicadas al diseño de áreas de navegación en Cuba ha facilitado la optimización de proyectos de dragados, vitales para el desarrollo económico del país.
2. La implementación de las simulaciones náuticas al Proyecto de Dragado asociado con la explotación del canal de acceso al Puerto del Mariel permitió la optimización del mismo, logrando disminuir el volumen total de dragado pendiente a extraer en un 38%.
    - En el canal exterior se logra disminuir en 114300 m^3 el volumen de roca a extraer.
    - En el canal interior se logra disminuir en 47226 m^3 el volumen a extraer.
    - Para un ahorro total de 161526 m^3 de roca a dragar.
    - Los volúmenes totales para dragar disminuyeron en 123850 m^3.

    Estos resultados evidencian, el nivel de importancia de aplicación en este tipo de proyecto y los grandes ahorros por conceptos de costes financieros asociados.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PIANC. “Harbour Approach Channels Design Guidelines”. Report No. 121-2014. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. VAT BE 408-287-945. Brussels. Belgium. 2014.
2. PIANC. “Ship Handling Simulation Dedicated to Channel and Harbour Design”. Report No. 20-171. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Brussels. Belgium. 2022.
3. PIANC. “Approach Channels. A Guide for Design”. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Brussels. Belgium. 1997.
4. ROM. “ROM 3.1-99 Proyecto de configuración marítima de los puertos; canales de acceso y áreas de flotación”. Editorial Obras Marítimas Tecnología. Puerto del Estado. España. 1999.
5. Benedit, K., Kirchhoff, M., Gluch, M., Fisher, S., Schaub, M., Baldauf, M., and Klaes, S. “Simulation Augmented Manoeuvring Design and Monitoring – a New Method for Advanced Ship Handling”. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav). DOI: 10.12716/1001.08.01.15. University of Gadans. Poland. 2014. No. 8 (1). pp 131-141.

6. Baldauf, M., Benedict, K., Kirchhoff, M., Gluch, M., Fischer, S. and Schaub, M. "Simulation-Augmented Methods for Safe and Efficient Manoeuvres in Harbour Areas". International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav). DOI:10.12716/1001.10.02.02. University of Gadans. Poland. 2016. No. 10 (2). pp 193-201.
7. Łącki, M. "Intelligent Prediction of Ship Maneuvering". International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav), 10(3), 511-516. DOI:10.12716/1001.10.03.17. University of Gadans. Poland. 2014. No. 10 (3). pp 511-516.
8. Mansuy, M., Candries, M., Eloot, K. and Wéry, B. "Optimization of a Ship Turning Basin Using Real Time Simulations – A Case Study for the Quai Des Trois Fontaines (Chooz, France)". International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav). DOI:10.12716/1001.13.02.12. University of Gadans. Poland. 2019. No. 13(2). pp 357-363.
9. Kløvning, E.M. "Wind Affecting Berthing Operations". International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav). DOI:10.12716/1001.14.03.26. University of Gadans. Poland. 2020. No. 14 (3). pp 721-725.
10. Atienza, R. "Diseño de canales de gran complejidad. Necesidad de asesoría náutica". Webinar: Maniobras de Buques en canales de alto riesgo. Propuesta de soluciones desde el diseño. Asociación Nacional de Prácticos de Colombia (ANPRA). Bogotá, Colombia. 2021.
11. Jaen, F. "Modelos a escala tripulados como preparación para navegar en canales estrechos". Webinar: Maniobras de Buques en canales de alto riesgo. Propuesta de soluciones desde el diseño. Asociación Nacional de Prácticos de Colombia (ANPRA). Bogotá, Colombia. 2021.
12. Gilardoni, E. "Condiciones restrictivas de la maniobra en zonas de canales". Webinar: Maniobras de Buques en canales de alto riesgo. Propuesta de soluciones desde el diseño. Asociación Nacional de Prácticos de Colombia (ANPRA). Bogotá, Colombia. 2021.
13. Iribarren, J.R. "Recomendaciones PIANC WG121 y ROM 3.1-99. Una visión ampliada". Webinar: Maniobras de Buques en canales de alto riesgo. Propuesta de soluciones desde el diseño. Asociación Nacional de Prácticos de Colombia (ANPRA). Bogotá, Colombia. 2021.
14. CLUSTER MARÍTIMO ESPAÑOL. Webinar "La Varada del Ever Given" en el Canal de Suez. Los Distintos Enfoques". Clúster Marítimo Español. Madrid, España. 2021.

15. MARIN. “Safety and Nautical Study for the access channel of Cienfuegos Port to receive LNG Carriers. Phase 3: Real Time Simulations. Draft Report No. 23709-1-MSCN. The Nederlands. 2010. 86 pp.
16. SIPORT21. “Estudio de Simulación de Maniobras de Grandes Buques Post-Panamx de 300 y 335 m de eslora para la nueva Terminal de Contenedores de Mariel. Informe Final. Código: 2016035. Madrid. España. Noviembre 2017. 76pp.
17. Barrera Luque, Z.; Lazo Porta, L. y Otros. “Estudio de maniobrabilidad mediante Simulación de Maniobra de Buque en Tiempo Real (ESMB-TRe) (NTPro-4000 v4.62). Canal Dragado. Ensenada de Cajimaya. Bahía de Nipe”. Agencia de Ingeniería de Costa. Empresa GEOCUBA Estudios Marinos. Noviembre 2021. 147 pp.
18. NORMAS CUBANAS. “NC 53 -176. 1987. Proyectos de Construcción Canales marítimos. Métodos de cálculo”. Oficina Nacional de Normalización (ONN). Ciudad de La Habana. 1987.

POTENCIALIDADES DE LOS ESTUDIOS DE RIESGOS NÁUTICOS BASADO EN ANÁLISIS PROBABILISTAS DE SEGURIDAD

Lazo Porta, L.[1], Barrera Luque, Z.[2], Acosta Chipi, F[3]

[1], [2]Empresa GEOCUBA Estudios Marinos, [3]Academia Naval "Granma"
[1]e-mail: lazoporta76@gmail.com
[2]e-mail: zuzel@emarinos.geocuba.cu
[3]e-mail: simu@unicom.co.cu

RESUMEN

La gestión de riesgos constituye un elemento fundamental dentro de los Estudios de Seguridad y Náutica. A nivel internacional se desarrollan importantes avances en cuanto a metodologías y soluciones, que tributan a la efectividad de estos estudios. A partir de investigaciones asociadas al diseño del canal de acceso al Puerto del Mariel, para dar viabilidad operativa a los buques que operaran en la terminal de contenedores allí enclavada, se han desarrollado soluciones innovadoras y creativas, sobre la base de la investigación científica; abordando las problemáticas vinculadas a las simulaciones y riesgos náuticos, desde una nueva perspectiva.

En el presente trabajo se expone, bajo una dimensión panorámica-multifactorial, la implementación de los Análisis Probabilistas de Seguridad en los estudios de riesgos náuticos, derivado del proceso de simulaciones en tiempo rápido y en tiempo real. Se presenta, además un modelo para el cálculo del riesgo de varada dinámico, sobre la base de la entropía de los estados operativos del buque de diseño y las configuraciones de maniobra, modeladas desde la etapa de diseño bajo un enfoque preoperacional-probabilista.

Se exhiben resultados aplicados a proyectos de desarrollo de vías navegables, a nivel nacional, que contribuyen al incremento de la seguridad del buque de proyecto. Se identifican los niveles de riesgo de cada nuevo canal navegable y las estrategias de maniobra diseñadas, bajo criterios de seguridad y riesgo.

Palabras claves: riesgo, maniobra de buques, seguridad, operaciones.

1- INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se exponen resultados relevantes asociado a investigaciones científicas que tributan a Estudios de Seguridad y Náutica, vinculados a importantes inversiones económicas. Por tanto, el objetivo principal del mismo radica en exponer bajo una dimensión panorámica-multifactorial, la implementación de los Análisis Probabilistas de Seguridad en los Estudios de Riesgos Náuticos (ERN), derivado del proceso de simulaciones en tiempo rápido y en tiempo real.

La importancia de las investigaciones realizadas está dada por los aportes científicos a la base de conocimientos del estado del arte, su significación práctica y económica por conceptos de optimización de operaciones y la disminución de costes, vinculado a los proyectos de dragados. Los argumentos que se exponen se limitan a las investigaciones que fusionan las simulaciones náuticas con los Estudios de Riesgos Náuticos (ERN); tomando como aspecto neurálgico la implementación de la metodología de los Análisis Probabilista de Seguridad (APS).

Los Estudios de Seguridad y Náutica (ESN), constituyen análisis e investigaciones de alto impacto por su contribución al ámbito de la ingeniería y gestión portuaria. Nuestro país, en función de lograr avances económicos ha desarrollado y participado en estudios de esta magnitud [1-12]. Cada uno de estos se vinculan a trascendentales inversiones económicas que tiene como elemento común, las maniobras de buques en áreas de aproximación a puertos y canales de acceso a bahías, hasta su interacción con las instalaciones portuarias y obras hidrotécnicas de atraque. Sobresale de estas investigaciones náuticas, los estudios realizados para el diseño y optimización del canal de acceso al Puerto del Mariel, hasta la Terminal de Contenedores Mariel (TCM). Los Estudios de Seguridad y Náutica para la ejecución de esta colosal obra, demandó varias investigaciones, divididos según los avances y etapas de la ejecución. Se destacan los asociados a las simulaciones náuticas que tributan al Proyecto de Dragado [7] y los Estudios de Riesgos Náuticos (ERN) [4], [5]; en correspondencia al alcance de este artículo.

Más recientemente, otro estudio que demandó un Estudio de Seguridad y Náutica integral fue el asociado al proyecto de dragado de un nuevo canal de acceso en la Ensenada de Cajimaya, Bahía

de Nipe para las maniobras de buques tanques hasta el sitio de atraque, en una obra de futura construcción en Felton. El Estudio de Riesgos Náuticos para este proyecto tuvo como aspecto significativo la implementación de un modelo probabilista para la determinación del riesgo de varada dinámico, aporte científico de una tesis doctoral [13]. Este modelo contribuyó a la optimización operativas de las maniobras del buque de proyecto (Buque Tanque Clase Panamax) y del nuevo canal de acceso diseñado, aplicable por su versatilidad a obras de mayor envergadura y buques de proyectos de mayores dimensiones. La efectividad del modelo basa su eficacia, en la conjugación de los Análisis Probabilista de Seguridad (APS) con la entropía de los estados operativos, aplicado a las complejas maniobras de un buque tanque en su tránsito por un nuevo canal proyectado, respecto a sus dimensiones.

Los resultados aplicados significan potencialidades novedosas, en esta área del conocimiento, la cual requirió del análisis crítico de diversas fuentes consultadas, sustentadas en un enfoque holístico mixto [14]. Se presta, especial, atención a los Análisis Cuantitativos del Riesgo (Quantitative Risk Assessment, QRA) vinculados a investigación de accidentes en las vías navegables restringidas. Se analiza la sinergia pertinente de técnicas, métodos, aproximaciones y conceptos tanto cuantitativos y cualitativos expuestas en investigaciones de impacto internacional [15], eventos científicos [16-19] y documentos normativos, en el ámbito marítimo, de instituciones líderes a nivel mundial para este tipo de estudio [20-22].

Para implementar los riesgos náuticos como parte de los Estudio de Seguridad y Náutica, se requiere validar, de forma eficaz, la vía navegable a través de un proceso de simulaciones náuticas asociadas a la maniobrabilidad del buque. En este sentido la primera herramienta utilizada fue el modelo con autopiloto "SHIPMA" "**SHIP MA**noeuvering" (Modelo Numérico de Maniobra de Buques con Autopiloto), también conocido como Simulador de Maniobra en Tiempo Rápido "Fast Time Simulator". Esta herramienta de cálculo numérico tributa a la fase experimental definiendo la trayectoria de los buques y las maniobras conjuntas buque de proyecto – remolcadores y su optimización operativa, lo cual se conjuga posteriormente con las simulaciones, en tiempo real.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Los Estudios de Riesgos Náuticos (ERN) desarrollados, son coherentes con las normativas internacionales, tales como el proceso de estudio y análisis de riesgo aplicado a la seguridad, definido en ISO/IEC 51: 2014 [23].

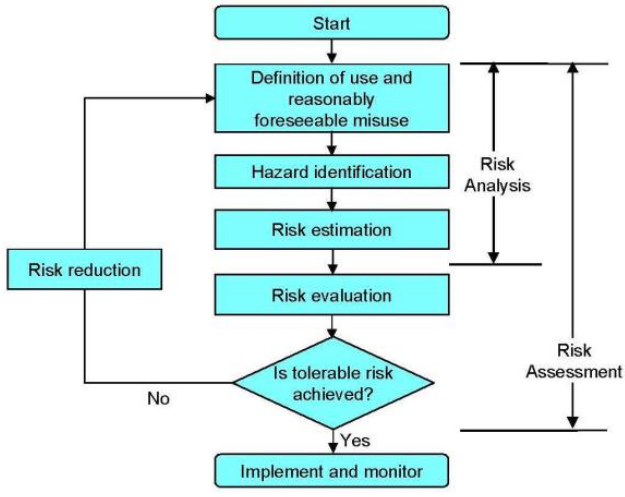


Figura 1. Proceso Iterativo de análisis y reducción de riesgos.

La particularidad, novedad y potencialidad de los análisis y evaluación de riesgos en los modelos desarrollados, es que los mismos utilizan como núcleo central de análisis y cálculo los Análisis Probabilista de Seguridad (APS). El motor de cálculo se soporta en la teoría de sistemas complejos, análisis estadístico de los fallos de componentes, sistemas y álgebra de Boole; aplicadas a las operaciones complejas de las maniobras de buques en su tránsito en aguas restringidas. Su materialización está soportada en códigos de seguridad dinámicos cuya teoría, concepción y desarrollo se visualizan en la teoría de **M**onitores de **R**iesgos como herramientas de alto impacto para determinar la seguridad desde una etapa preoperacional; es decir desde la etapa de diseño conceptual, hasta la fase de operación. Ello se logra por la reconfiguración operativa de los escenarios, según las particularidades demandada por cada proyecto de dragado.

La implementación de los estudios conjuntos del Modelo Numérico de Maniobra de Buques con Autopiloto (SHIPMA) versión 7.4.2, el Simulador Marítimo Avanzado “Full Mission”

NTPro-4000 versión 4.62 y la integración del nuevo sistema desarrollado: **S**istema de **E**valuación **D**inámica de **S**eguridad (**SEDS**) del Buque; permite a través de un enfoque dialéctico – tecnológico pasar a un nuevo escalón en el desarrollo de la temática de los Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) en el ámbito marítimo.

Este nuevo sistema comprende la evaluación dinámica del riesgo, a través de la creación y desarrollo de un Código de nueva generación, evalúa las condiciones sometidas al proceso de análisis y evaluación en tiempo real "Duplicado", pues se alimenta de datos del Simulador de Maniobras Avanzado NTPro-4000 (SMA NTPro-4000), en tiempo real y de igual manera se transfieren datos, en tiempo real para otro sistema externo que evalúa las maniobras de un buque en su tránsito por un canal de aproximación a puerto, bajo *criterios de confiabilidad y riesgo*.

Esta concepción, relaciona el enfoque entrópico de los Estados Operativos y las especificidades de la modelación de los árboles de fallos y árboles de eventos para **M**onitores de **R**iesgos **c**onsejeros **h**ablados (MRch). La evolución de los sistemas consejeros tutoriales, basados en riesgo y las nuevas aplicaciones de APS bajo este nuevo enfoque, constituyen elementos novedosos para este tipo de investigaciones y Estudios de Seguridad y Náutica (ESN).

La metodología del APS Dinámico, se utiliza en la concepción, diseño y creación de nuevos indicadores probabilistas para la **E**valuación **D**inámica de **S**eguridad (**EDS**) del buque donde se caracteriza la seguridad de las maniobras de este en su tránsito por el canal. Para cumplimentar estas pautas; se desarrolló el Código MRch-VarVN (**M**onitor de **R**iesgo **c**onsejero **h**ablado para **Var**adas en **V**ías **N**avegables).

2.1- Integración conceptual de la seguridad y riesgo asociada al modelo probabilista de varada.

Estudio de Caso: Nuevo Canal Dragado en la Ensenada de Cajimaya, Bahía de Nipe.

Buque de Proyecto: Buque Tanque Clase "Panamax"

El proceso de integración conceptual del enfoque desarrollado para el análisis de la seguridad y riesgo se compone por cinco etapas, donde cada análisis específico se interrelaciona en una expresión matemática parametrizada. En la figura 2 se muestra la integración conceptual de la seguridad y riesgo asociado al Modelo Probabilista desarrollado.



Figura 2. Integración conceptual de la Seguridad y Riesgo propuesto.

ETAPAS DEL SISTEMA DE INTEGRACIÓN CONCEPTUAL

A: Buque de proyecto (Tipo)

B: Escenario de maniobra (Incluye Clima Marítimo)

C: Normas y recomendaciones internacionales (PIANC, 2014) / (ROM: 3.1-99)

D: Factores humanos en los procesos (Diseño, Simulación y Operaciones)

E: Remolcadores

El Código MRch-VarVN consta de nuevos atributos probabilista donde destaca el **Sistema de Evaluación Dinámica de la Seguridad del Buque (SEDS)**, módulo principal del modelo probabilista. En este sistema se realiza el cálculo multiparamétrico del Riesgo de Varada Dinámico (R_{VD}). Para realizar este cálculo se la personalizó la expresión global del riesgo:

$$R = \sum_{i=0}^{n} F * C \qquad (1)$$

Dónde:

R: Es el riesgo expresado en consecuencias por unidad de tiempo;

F: Es la frecuencia de ocurrencia del evento al que se asocia el riesgo, expresada en eventos por unidad de tiempo;

C: Es la magnitud del evento, expresada en consecuencias por evento.

Bajo este enfoque se diseñó la expresión para el cálculo de Riesgo de Varada Dinámico (R_{VD}). La dimensión dinámica con un alcance multiparamétrico expansivo se logra al ponderar las probabilidades de las funciones en una expresión única, cuya operacionalización matemática, logra el intercepto de funciones a partir de las combinaciones de criterios de riesgo y los factores (Datos de Entrada) al sistema evaluados en la dimensión de probabilidad de fallos. En tal sentido se diseñó la expresión (2) para el cálculo del Riesgo de Varada Dinámico (R_{VD}), soportadas en aplicaciones de Análisis Probabilista de Seguridad en una herramienta de cálculo avanzada (Código MRch-VarVN).

$$\boldsymbol{R_{VD}} = \prod_{I=1}^{N} \left(1 - \left((1 - \boldsymbol{P_{FSR}}) * (1 - \boldsymbol{P_{EH}}) * (1 - \boldsymbol{P_{EPN}}) * (1 - \boldsymbol{P_{MAN}}) * (1 - \boldsymbol{P_{CM}}) * (1 - \boldsymbol{P_{EDC}})\right)\right) * \boldsymbol{C} \qquad (2)$$

Dónde:

P_{FSR}	Probabilidad de **Fallo del Sistema de Remolque**
P_{EH}	Probabilidad del **Error Humano**
P_{EPN}	Probabilidad de **Error de los Procedimientos Náuticos**
P_{MAN}	Probabilidad de la **MANiobra**
P_{CM}	Probabilidad del **Clima Marítimo**
P_{EDC}	Probabilidad **Efectividad del Diseño del Canal**
C	**Consecuencias**

3- RESULTADOS

3.1- Diseño del Modelo Probabilista para determinar el Riesgo de Varada Dinámico

Uno de los principales resultados para el Estudio de Riesgo utilizando los APS, es diseño del ***Modelo Probabilista para la Determinación del Riesgo de Varada Dinámico*** que tiene como elemento de partida la fusión técnica operativa, bajo un enfoque científico, de la Integración Conceptual de los Criterios de Seguridad y Riesgo, abordados. En la figura 3 se expone el diagrama funcional de los diferentes elementos que componen el Modelo Probabilista Propuesto.

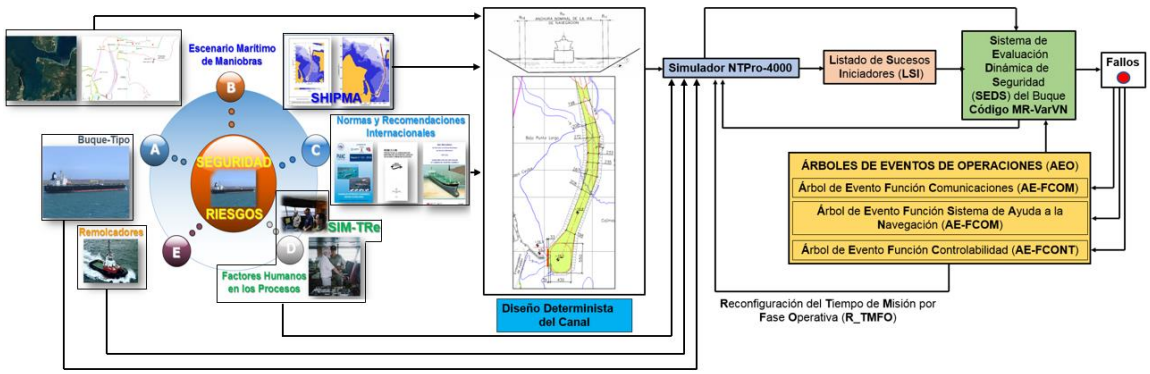


Figura 3. Diagrama Funcional del Modelo Probabilista Simplificado para Determinar el Riesgo de Varada Dinámico (R_{VD}).

En el Diagrama Funcional del Modelo Probabilista para Determinar el Riesgo de Varada Dinámico (R_{VD}), las etapas A, B y C tributan al Diseño Determinista del Canal. El algoritmo general del modelo probabilista tiene concebido varios elementos como requerimiento de entrada para implementar en el modelo SHIPMA y en el SMA NTPro-4000, el diseño en planta del canal de acceso hasta el muelle. En la figura 4 se muestran los datos de entrada y los de salida. En el caso de los datos de salida que entrega el modelo se desglosan en dos zonas: Canal de Entrada y Dársena de Maniobra.

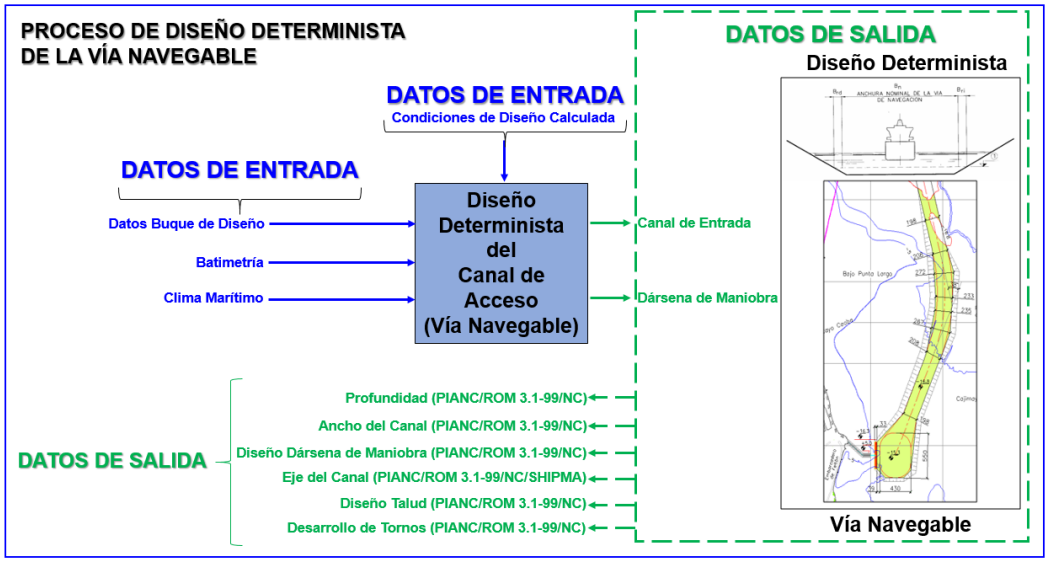


Figura 4. Proceso de Diseño Determinista de la Vía Navegable.

El modelo probabilista, pondera con nivel máximo de importancia el valor del ancho nominal de la vía de navegación, debido a que es el dato que contrasta con la maniobra del buque en tránsito para determinar el "Criterio de Aceptabilidad" a través del Algoritmo de Cálculo de los Umbrales de Aproximación de la Maniobra.

Para determinar el nivel de aceptabilidad de la maniobra del buque en tránsito por el canal de navegación, el modelo considera dos momentos trascendentales.

El primer momento es la ***viabilidad náutica y validación del área de navegación*** a través del estudio desarrollado con el modelo numérico de maniobra de buques con autopiloto (SHIPMA) y el segundo momento es el ***proceso de Simulación utilizando Simulador Marítimo Avanzado de maniobra de buques "Full Mission" NTPro-4000***.

En la figura 5 se expone el proceso de modelación utilizando la herramienta de cálculo SHIPMA. En este modelo se le adiciona los Autopilotos, los remolcadores, la Configuración de Remolque, la trayectoria de referencia definida en el diseño determinista y los procedimientos náuticos para definir la maniobra más efectiva

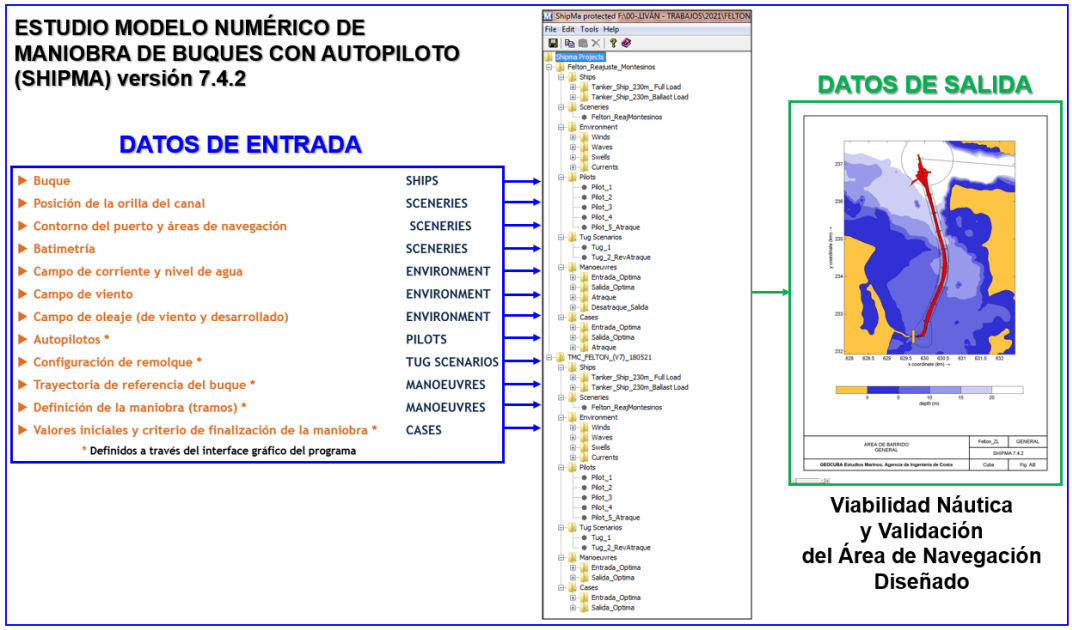


Figura 5. Proceso de modelación utilizando la herramienta de cálculo SHIPMA.

En la figura 6 se presenta la integración en el modelo probabilista el proceso de Simulación, en Tiempo Real y como este intercambia dinámicamente a través de una interfase de acoplamiento con el Código MRch-VarVN (**M**onitor de **R**iesgo **c**onsejero **h**ablado para el cálculo de **Var**ada en **V**ías **N**avegable), herramienta diseñada para calcular de manera "On/Off-line" el Riesgo Dinámico.

A continuación, se presentan las variables de entrada al modelo:

- Proceso de Virtualización de los Escenarios
- Diseño Determinista Vía Navegable (Validado en SHIPMA)
- Buque Tipo Seleccionado (Estudio de Correlación)
- Remolcadores Seleccionado (Estudio de Correlación)
- Procedimientos Náuticos
- Factor Humano (Práctico, Instructores, Timonel)
- Clima Marítimo

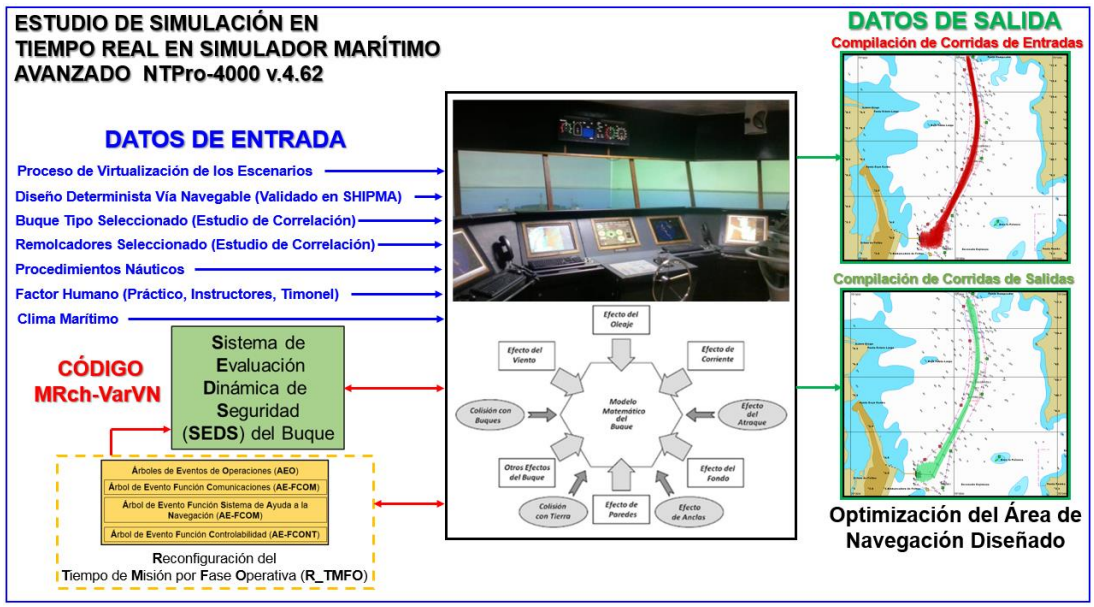


Figura 6. Proceso de Simulación, en Tiempo Real utilizando Simulador de Maniobra NTPro-4000.

Este proceso está caracterizado por el elevado nivel de integración del modelo matemático del buque tipo, durante el proceso de simulación. La virtualización del escenario marítimo constituye un elemento fundamental unido a la inserción digital del diseño determinista de la vía navegable, validada con anterioridad en SHIPMA.

4- DISCUSIÓN

A partir de la composición y desarrollo del modelo probabilista para evaluar dinámicamente el estado operativo y de funcionamiento del sistema, el Código MRch-VarVN evalúa, la precisión de los datos de entrada con relación a las variables de entrada asociada a las corridas de simulación. A través de reconocimiento de patrones de las maniobras del buque respecto al eje del canal y los límites extremos, se verifica el funcionamiento del módulo de adquisición y procesamiento de los datos provenientes de las corridas de simulación. Una vez iniciada la maniobra a través del canal de acceso, el modelo contempla los algoritmos de cálculos y representación de la información que interactúan imprimiéndoles la dinámica – probabilista al sistema.

Este modelo y los resultados intrínsecos al mismo evidencian el salto en la base de conocimientos, en este ámbito de aplicación. Estos resultados constituyen un aspecto novedoso dentro de los Análisis de Riesgos Náuticos, ya que a través de los Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) y la entropía de los estados operativos del buque en maniobra; es posible determinar el Riesgo de Varada Dinámico (R_{VD}) desde una nueva dimensión, con un elevado nivel de certeza.

5- CONCLUSIONES

1. El modelo probabilista de seguridad preoperacional para determinar los patrones de maniobra del buque, a partir de la evaluación de los Estados Operativos de las funciones de seguridad, identificadas, permite obtener un grupo de indicadores para evaluar, de manera integral, el Riesgo de Varada Dinámico del buque en tránsito por el canal que se analiza.

2. Se logra desarrollar un algoritmo que trabaja, en tiempo real, para el Sistema de Evaluación Dinámico de la Seguridad (**SEDS**), acoplados al SMA NTPro-4000 que permite el reconocimiento de patrones de maniobra a partir de un listado de Sucesos Iniciadores de Avería, donde por primera vez se fusionan la teoría entropía de Estados Operativos, la teoría de conjuntos con aplicaciones de confiabilidad y riesgo en un Árbol de Evento Complejo, a partir de la implementación de los Análisis Probabilistas de Seguridad en los Estudios de Riesgos Náuticos (ERN) y las simulaciones náuticas.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MARIN/Deltares. "Safety and Nautical Study for the Access Channel of Cienfuegos Port to Receive LNG Carrier. Phase 3: Real-Time simulations". Draft Report. Report No. 23709-1-MSCN/1. The Nederlands. December 2010. 86 pp.
2. MARIN. "Safety and Nautical Study for the Access Channel of Cienfuegos Port to Receive LNG Carrier. Phase 4: Risk Study regarding the handling of large LNG carriers". Draft Report. Report No. 23709.602/1. The Nederlands. December 2010. 47 pp.
3. Lazo Porta, L.; Delgado Viera, F.; Acosta Chipi, F. "Informe determinístico final del Estudio de Seguridad y Náutica del Puerto del Mariel". CSM doc-i.006. Centro de Simuladores Marítimos (CSM). Academia Naval "Granma". La Habana, Cuba. Marzo 2013. 57pp.
4. Lazo Porta, L.; Delgado Viera, F. "Informe sobre la Evaluación de riesgos de las maniobras ejecutadas durante las corridas de simulación en tiempo real del buque virtual Container Ship 17 (MSC DANIELA), aplicando, a través del canal de aproximación al Puerto del Mariel.". Centro de Simuladores Marítimos (CSM). Academia Naval "Granma". La Habana, Cuba. Noviembre 2014. 169 pp.
5. Lazo Porta, L.; Delgado Viera, F. "Evaluación de riesgos de las maniobras ejecutadas durante las corridas de simulación en tiempo real del buque virtual Container Ship 5 (MSC ELA), a través del canal de aproximación al Puerto del Mariel". Centro de Simuladores Marítimos (CSM). Academia Naval "Granma". La Habana, Cuba. Julio 2015. 125 pp.

6. SIPORT21/BEROT-GORRIKO. "Análisis de Viabilidad de la Instalación de una Terminal Marítima de Importación de GNL (Bahía de Matanzas). Análisis Cuantitativo de Riesgos Náuticos e Industriales (ACR)". Rev. A. Código 2015054. Madrid, España. Diciembre 2015. 86 pp.
7. SIPORT21. "Estudio de Simulación de Maniobras de Grandes Buques post-Panamax de 300 y 335 m de eslora para la Nueva Terminal de Contenedores de Mariel". Informe Final – Rev. 00. Código 2016035. Madrid, España. Noviembre 2017. 76 pp.
8. SIPORT21. "Estudio de Viabilidad para la Instalación de una Termoeléctrica Flotante en la Bahía del Mariel. Fase 1. Afecciones Náuticas". Informe Final – Rev. 00. Código 2018163. Madrid, España. Diciembre 2018. 58 pp.
9. SIPORT21. "Estudio de Maniobrabilidad mediante Simulador en Tiempo Real para la Nueva Terminal de Cruceros de La Habana". Informe Final – Rev. 00. Código 2019037. Madrid, España. Agosto 2019. 60 pp.
10. Lazo Porta, L.; Barrera Luque, Z.; Rondón Yero, H.; Chirino Núñez A. L. "Estudio De Seguridad y Náutica para la construcción de la nueva Terminal Marítima de Combustible en Felton. Fase 1: Estudio de simulación de Maniobra de Buques en Tiempo Rápido (ESMB-TRa) con SHIPMA. Empresa Geocuba Estudios Marinos. Agencia de Ingeniería de Costas. La Habana, Cuba. Marzo 2021. 183 pp.
11. Lazo Porta, L.; Barrera Luque, Z.; Acosta Chipi, F.; Rondón Yero, H. "Estudio de Seguridad y Náutica para la construcción de la nueva Terminal Marítima de Combustible en Felton. Estudio de Maniobrabilidad mediante Simulación de Maniobra de Buques en Tiempo Real (ESMB-TRe) (NTPro-4000 v4.62). Empresa Geocuba Estudios Marinos. Agencia de Ingeniería de Costas. La Habana, Cuba. Noviembre 2021. 147 pp.
12. Lazo Porta, L.; Barrera Luque, Z.; Rondón Yero, H. "Estudio de Seguridad y Náutica para la construcción de la nueva Terminal Marítima de Combustible en Felton. Estudio de Riesgos Náuticos (ERN) asociado a las maniobras del buque en su tránsito por el nuevo canal dragado Ensenada de Cajimaya. Bahía de Nipe. Empresa Geocuba Estudios Marinos. Agencia de Ingeniería de Costas. La Habana, Cuba. Diciembre 2021. 111 pp.
13. Acosta Chipi, F. "Modelo probabilista para la determinación del riesgo de varada dinámico". Tutores: Dr.C. Liván Lazo Porta, Dr.C. Jesús Salomón Llanes. Tesis de doctorado. Academia Naval "Granma". La Habana, Cuba. 2022.

14. Carhuancho, I.M., Nolazco, F.A., Monteverde, L.S., Guerrero M.A. y Casana, K.M. "Metodología para la investigación holística". Guayaquil, Ecuador. Editorial UIDE. Primera Edición. 2019. 16 pp. ISBN: 978-9942-36-316-9
15. Redondo, P. "Frequency modelling by means of manoeuvres numerical models". JCSS Workshop on Ship Collision Risk Assessment. Kongens Lyngby. Denmark. 2020.
16. Gilardoni, E. "Condiciones restrictivas de la maniobra en zonas de canales". Webinar: Maniobras de Buques en canales de alto riesgo. Propuesta de soluciones desde el diseño. Asociación Nacional de Prácticos de Colombia (ANPRA). Bogotá, Colombia. 2021.
17. Iribarren, J. R. "Recomendaciones PIANC WG121 y ROM 3.1-99. Una visión ampliada". Webinar: Maniobras de Buques en canales de alto riesgo. Propuesta de soluciones desde el diseño. Asociación Nacional de Prácticos de Colombia (ANPRA). Bogotá, Colombia. 2021.
18. Atienza, R. "Diseño de canales de gran complejidad. Necesidad de asesoría náutica". Webinar: Maniobras de Buques en canales de alto riesgo. Propuesta de soluciones desde el diseño. Asociación Nacional de Prácticos de Colombia (ANPRA). Bogotá, Colombia. 2021.
19. Iribarren, J. R. "Predicción operativa portuaria para reforzar la eficiencia y seguridad: Simulación hacia el gemelo digital". Seminario Virtual: Seguridad Integral Marítima. Autoridad Marítima Colombiana. Dirección General Marítima. Bogotá, Colombia. 2022.
20. IALA-AISM. "Directriz AISM. G1123 El uso del programa de valoración del riesgo en las vías navegables (IWRAP MKII)". IALA-AISM. Edición 1.0. Saint Germain en Laye. France. 2017.
21. IALA-AISM. "Directriz AISM. G1124 El uso de la herramienta de valoración de la seguridad de los puertos y las vías navegables (PAWSA MKII)". IALA-AISM. Edición 1.0. Saint Germain en Laye. France. 2017.
22. IALA-AISM. "Directriz AISM. G1138 El uso del método simplificado de los riesgos de la AISM (SIRA)". IALA-AISM. Edición 1.0. Saint Germain en Laye. France. 2017.
23. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. "Safety aspects- Guidelines for their inclusion in standards".*ISO/IEC GUIDE 51:2014 (E)* 8 pp. ISO/IEC Office. Geneva, Switzerland. 2014.

ENERGÍAS PROPORCIONADAS POR EL MAR Y SU POSIBLE INTRODUCCION EN LA MATRIZ ENERGETICA DE CUBA, BAHIA DE CIENFUEGOS Y SU COSTA

González Suárez, R. L.

Administración Marítima de Cuba, Puerto de Cienfuegos
e-mail: robertoluisgonzalezsuarez@gmail.com

RESUMEN

El trabajo realiza un breve estudio de los tipos de energías que pueden ser aportadas por los océanos para la generación de electricidad, proponiendo como objetivo, el estudio de sus manifestaciones contenidas en los mares de Cuba, recomendando a través de las técnicas de compilación de información, el equipamiento más eficiente en correspondencia con su geografía, y las características de sus ríos, costas, corrientes, mareas y profundidades. Como resultado se escogió a modo de conclusión, el estudio de la Bahía de Cienfuegos y su costa al centro sur de la isla, por toda la información que se posee y el conocimiento en la práctica de la zona. Se considera muy novedosa esta propuesta por no existir en Cuba experiencias en el aprovechamiento de estas energías en la generación de electricidad, siendo éstas, las fuentes renovables más limpias y estables, que no generan emisiones contaminantes, por lo que se propone su introducción en la matriz energética de Cuba.

Palabras claves: energías renovables, termal, mecánica, osmótica.

1- INTRODUCCIÓN

En la actualidad todos los países desarrollados están enfocados en el empleo y perfeccionamiento de la utilización de las fuentes renovables de energía, lo que podría ser considerado como el inicio de una Revolución en la búsqueda de alternativas energéticas ambientalmente sostenibles. En Cuba también se han trazado objetivos estratégicos para lograr la transición a una baja emisión de dióxido de carbono y así estar incluidos en la lucha contra el cambio climático. Para ello es importante cumplir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 7 establecido por la ONU en 2015, de garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, por lo que este objetivo está recogido en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030 cubano,

siendo uno de nuestros principales enemigos el alto consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.

Este trabajo pretende ilustrar como se pudiera introducir el uso de nuevas fuentes renovables de energías ya estudiadas e implementadas a nivel mundial, pero no introducidas en la matriz energética de Cuba, aspirando a un desarrollo sostenible, más limpio en la generación y consumo de energía en nuestro país.

El 95% de toda la electricidad que se consume en Cuba de 19 631 MW (2018) se genera a partir del consumo de combustibles fósiles, en Plantas Térmicas con 35 años y más de explotación, el resto en los Grupos Electrógenos de Fuel y Diésel con más de 15 años, de ese combustible el 52% es de producción nacional (44% crudo y un 8% con gas acompañante), el otro 48% es importado (42% es Fuel y un 6% de Diésel) con todas las dificultades que pueden generar estas importaciones y sus costos, generándose solo un 5% del consumo eléctrico nacional con energía solar y otras fuentes renovables [1] y [2].

Dentro de esas otras fuentes renovables que hoy están generando al sistema electroenergético nacional se encuentran las Hidroeléctricas, siendo la planta de mayor capacidad de generación La Hanabanilla, con 43 MW de un total de 64 MW que por esa vía se genera en Cuba, aunque el potencial estimado es de 800 MW. En los 72 Parques Solares que existen se generan 215 MW sincronizados al Sistema Electroenergético Nacional, además de otros 12 MW en techos de escuelas y casas rurales. Respecto a la Energía Eólica, el potencial estudiado es de 3500 MW con altos costos a razón de 1400,00 pesos el Kw, pero en estos momentos se encuentra en fase de inicio de estos proyectos. Otra forma de generación en estudio en el país es la utilización de la biomasa, productos orgánicos que debido a su degradación producen energía, pero todas estas fuentes renovables no son constantes porque dependen de factores externos como la lluvia, el sol, el viento y las materias orgánicas, entre otros [3].

2- MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se empleó fundamentalmente la técnica de compilación de información, estudiando antecedentes mundiales en la generación de electricidad proveniente del mar, con el objetivo de

abrir la visión hacia una investigación de esta energía renovable constante y predecible que se puede generar desde el mar en nuestro país, aprovechando la característica de la isla. Para ello se hizo un estudio de los diferentes equipos instalados en mundo para la obtención de energías renovables provenientes del mar y su conversión a energía eléctrica, ejemplificando su empleo en correspondencia con las características del caso de estudio.

Cuba está ubicada en el mar Caribe, con una superficie de 109 884,19 Km² y una línea de costa irregular con una longitud en la parte más extensa de 3209 Km en la costa Norte y 2537 Km en la Sur, además posee 8 importantes bahías de bolsa: Cabañas, Mariel, La Habana, Nuevitas, Nipe, Guantánamo, Santiago de Cuba y Cienfuegos, contando con 361 corrientes fluviales de ellas 33 ríos en la costa Norte y 34 ríos en el Sur [4].

3.1 Fundamentación Teórica

Del mar se pueden obtener tres tipos de energías ***La Térmica***, ***La Mecánica*** y ***La Osmótica***, que se describen a continuación:

3.1.1 LA ENERGÍA TERMAL: Es el aprovechamiento de la diferencia de temperatura proveniente del calentamiento producido por el Sol en la superficie del mar y las bajas temperaturas en las profundidades (gradiente térmico), permitiendo obtener energía eléctrica a través de tres tecnologías:

- Ciclo Cerrado: Cuando evaporamos un fluido que lo haga fácilmente a bajas temperaturas (amoniaco). Haciendo pasar el vapor que se expande por las turbinas acopladas a un generador.
- Ciclo Abierto: Evaporando directamente el agua de mar, operándola a presiones bajas que producen vapor de agua, que mueven las turbinas acopladas a un generador.
- Ciclo Hibrido: En este caso se emplean ambos procedimientos a la vez, la evaporación de un fluido especial y la del agua de mar para alimentar ese circuito de turbinas y generador.

Este tipo de tecnología es aplicable donde existan grandes profundidades y con elevada incidencia solar durante todo el año, donde se logre una diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo próximos a los 20°C de diferencia.

Entre los años 1929 al 1930 se realizaron pruebas en la Bahía de Matanzas con una tubería de aspiración de 1,6 m de diámetro y 2 Km de longitud, la cual trabajo por 11 días, hasta que una tormenta la averió de tal manera que se desistió de esa idea [5].

3.1.2 LA ENERGÍA MECÁNICA: es la obtenida del movimiento del mar. La provocada por las corrientes de mareas es denominada *(MAREOMOTRIZ)* y por las olas, la *(UNDIMOTRIZ)*.

3.1.2 A) ***La Energía Mareomotriz:*** Es la que se genera mediante construcciones en la costa, o por la instalación de equipos en grandes bahías de bolsas y estuarios, donde se puede aprovechar las corrientes inducidas por los desniveles de las mareas de alta a baja y viceversa, que son provocados por la atracción gravitacional de la Luna y el Sol. Generándose electricidad con el clásico sistema de turbina y generador, estas mareas son constantes en el tiempo y predecibles en su magnitud [6].

Existen en el mundo diferentes tipos de Plantas y Equipamientos para obtener energía de las corrientes de mareas, ejemplo de ello:

Planta Mareomotriz de la Rance (Francia), inaugurada en 1966, produce electricidad para 225 000 habitantes, sus instalaciones tienen 720 m de longitud por 33 m de ancho y un embalse de 22 Km^2, con 24 turbinas de 10 MW, que aprovechan las diferencias de mareas [7].

Estos tipos de instalaciones no subproducen elementos químicos o tóxicos cuya disposición suponga un esfuerzo adicional, como ocurre en otros procesos de generación de energía eléctrica, por ejemplo, el plutonio radioactivo de la generación de energía nuclear o con los gases de efecto invernadero por la combustión de hidrocarburos fósiles, pero su principal Desventaja son las construcciones colosales con un efecto paisajístico y ambiental bastante negativo, con intervención directa en el ecosistema marino.

También existen otros equipos puntuales de fáciles emplazamientos para la generación de electricidad en bahías o estuarios naturales, para el aprovechamiento de las corrientes de mareas,

entre ellos: Las turbinas horizontales invertidas y otros sistemas muy parecidos a los de los parques eólicos.

La Ventaja Principal de este tipo de generación de energía, es que no necesita de materia prima consumible, ya que las mareas son infinitas e inagotables, haciéndola renovables y económicas.

3.1.2 B) *Las Corrientes Marinas*: Son ocasionadas por la combinación de la acción del viento, la temperatura y otros factores como las mareas y el efecto de Coriolis, debido a la rotación de la tierra. La energía cinética de las corrientes marinas se puede convertir en su mayor parte en energía eléctrica, utilizando rotores de flujo abierto, igual que una turbina eólica. Su potencial es enorme con independencia de que son conocidas y constantes, factores que las hacen muy atractivas en la generación de electricidad en comparación con otras energías renovables.

Esta preferencia está dada por los altos factores de carga debida a las propiedades del fluido, la previsibilidad y su presencia constante, evitando la intermitencia, además de su explotación con escaso impacto ambiental y viabilidad.

Los sistemas de explotación de las corrientes marinas se basan en el empleo de generadores posicionados en el medio del flujo, entre los que se encuentran Rotores de Flujo Axial, Rotores de eje vertical, que reciben el flujo en sentido transversal al eje y los Alerones que basculan alternativamente al ser impulsados por el flujo, en este último sistema se destaca el prototipo Stingray y el biosSREAM que pueden conseguir 150 Kw con corrientes de 2 m/s, otro ejemplo es Yell Sound (Escocia) que promedió 90 Kw con corrientes de 1 m/s. estos son parecidos a las aletas de tiburón, que con corrientes de 2,5 m/s son capaces de generar 250 Kw [8].

Existen también otros ejemplos de sistemas como el SeaGen, predecesor del SeaFlow pero muy grandes, es un generador de dos hélices bipala de 16 m de diámetro ubicado en el estrecho de Strangford en funcionamiento desde el 2008, logrando generar 1,2 MW, su altura es de 40 m, aunque los últimos 10 m sobresalen por encima del nivel del agua, en ellos se encuentra la cabina de operaciones, a fin de facilitar las operaciones de mantenimiento y las hélices se pueden izar fuera del agua [9].

Otros Proyectos de Generadores son: Sistemas THAWT, Sistema Lanstrom, Sistema Vivace y Sistema GESMEY.

3.1.2 C) *La Energía Undimotriz*: Es el aprovechamiento energético producido por el movimiento ondulatorio de la superficie de la mar, o sea, la utilización de la energía mecánica que proviene del movimiento de las olas, ocasionadas por la acción del viento sobre la superficie del mar y la acción gravitatoria del sol y la luna [10].

El equipamiento diseñado hasta la fecha para la Generación de Energía Eléctrica Undimotriz se clasifica en:

- **Por su ubicación respecto a la costa**:

  -Costeros *(shoreline):* Son construcciones que se basan fundamentalmente en el aprovechamiento de la elevación del nivel de agua que producen las olas al llegar a la costa, que generan un represamiento periódico para luego retornar a su nivel, pudiendo generar energía eléctrica por medio de una turbina al bajar el nivel de agua y por la compresión de aire por el oleaje en un recinto, que se puede utilizar para impulsar una turbina y generar también energía eléctrica [11].

  -Cercanos a la costa *(near shore*): Son los equipos instalados en el mar, cerca de la costa, en profundidades de menos de 20 m, que aprovechan fundamentalmente el acostumbrado oleaje, del cual más del 90% de esa energía de este llega a las zonas costeras [11].

  -Lejanos a la costa *(off shore):* Se trata de dispositivos flotantes o sumergidos ubicados en aguas profundas de 50 a 100 m. Son capaces de utilizar el mayor potencial energético existente en alta mar. Existen diversos tipos de estos equipos que operan en esta condición, en fase experimental [11].

- **Por el principio de funcionamiento (o captación):**
  - Diferencias de presión (Rompeolas).
  - Cuerpos boyantes (Efecto Arquímedes, Cuerpo Boyante con referencia fija y Cuerpo Boyante con referencia móvil).
  - Impacto (Convertidor Oscilante).
  - Rebosamiento (Dispositivo de Sobrepasamiento).

- **Por el tipo de impacto de la ola en el dispositivo, respecto a la dirección del frente de ola se clasifican en:**
    - Absolvedores puntuales.
    - Atenuadores.
    - Terminador o Totalizador.

Las tecnologías ***Undimotriz*** más desarrolladas son los dispositivos captadores de impacto y movimiento, boyas, absorvedores puntuales y articulados, así como por columna de agua oscilante.

3.1.3 La Energía Osmótica: Esta se obtiene en la desembocadura de los ríos y está asociada con la diferencia del grado de salinidad, donde se puede obtener energía con un proceso denominado Osmosis por Presión Retardada (PRO), donde el agua del rio se hace pasar por unas membranas, produciéndose una presión más elevada en el agua de mar, esta presión es capaz de alimentar una turbina que se puede conectar a un generador, también es conocida por generación por gradiente salino.

La primera planta piloto de este tipo de generación de electricidad fue construida en Noruega en 2009, por la empresa Starkraft de 1 MW, estas plantas juegan un papel importante, gracias a ello es posible el tratamiento de agua para el consumo humano, el tratamiento de aguas residuales, el procesamiento de alimentos y la obtención de energía eléctrica, como impacto ambiental positivo asociado a la construcción de estas instalaciones, además de las vías de acceso y conexiones a la red electro energética. (Ejemplo: Una instalación con capacidad de 25 MW de potencia, tendría el tamaño de un campo de futbol).

Otro proceso por el que se obtiene Energía Osmótica es por Electrodiálisis Inversa (RED). En este el agua no pasa a través de las membranas, pasando solo la sal disuelta por canales separados por membranas para crear una especie de pila, de esta forma las membranas no se bloquean y no pierden eficiencia, aprovechando el flujo de agua con diferentes concentraciones donde son colocados electrodos expuestos. El resultado es el de una celda de flujo electroquímico, que puede producir una cantidad de energía continua sin precedente y sin pérdida de eficiencia.

Una combinación de estos dos principios concretamente produce 12,6 volts x m^2 de membrana contra los 9,2 de generación por PRO y los 2,9 por RED.

Las Ventajas de la Generación de Electricidad por Osmosis son:

- Se puede operar las 24 horas y es continua.
- No se ve afectada por la velocidad del viento, ni de la radiación solar.
- Es considerada renovable sin emisiones de CO_2.

La principal Desventaja de esta es que todavía es un reto económico su generación, en comparación con la generación con los combustibles fósiles, siendo este uno de los principales desafíos en la actualidad para su utilización, junto a la fabricación de nueva generación de membranas más eficientes en cuanto a la permeabilidad, selectividad para el agua y alta resistencia al ensuciamiento.

En correspondencia con la fabricación de las nuevas membranas, para el futuro se considera un coste de entre los 50-100 euros x MW generado, que se corresponde con el resto de las Energías Renovables [12].

3.2 Caso de estudio "Bahía de Cienfuegos y su costa Sur".

Cienfuegos por su posición geográfica al centro y sur de Cuba, la información que se posee de otros trabajos y el conocimiento práctico por haber desarrollado por muchos años diferentes desempeños en este entorno costero, constituye un gran potencial para la propuesta de generación de energía eléctrica con la utilización de los diferentes tipos de Energías estudiados.

3.2.1 Generación de electricidad por energía termal.

La idea propuesta está enmarcada en el entorno, entre Punta Colorado y la costa Sur de la Central Nuclear de Juraguá, caracterizada por una costa con ausencia de construcciones y sus facilidades de comunicación con el resto del país, además de la cercanía a las isobatas de mayor profundidad en el Sur, que oscilan desde los 100 m hasta los 2000 m.

También es conocido, el decrecimiento de la temperatura con relación a la profundidad, alcanzando en ese lugar una diferencia de temperatura entre la superficie, que oscila entre los 26°C a los 30°C y en la profundidad del mar con 6°C después de los 600 m, alcanzando los 4°C después de los 1200 m de profundidad, ideal para una planta de Energía Termal Eficiente (Gradiente térmico de 20°C o más) [13].

Ejemplo de ello se encuentra reflejado en el estudio publicado por la revista cubana de investigaciones pesqueras 6 (2):1981, sobre la distribución vertical de la temperatura de las aguas oceánicas cubanas en verano e invierno [13].

3.2.2 Generación de electricidad por energía mecánica.

La propuesta para la presentación de estas, es la zona 2 para la generación de electricidad por ***Corrientes y Mareas*** ver **(Anexo III),** ubicada a la entrada de la Bahía de Cienfuegos, en la zona conocida por El Cañón y para la generación por las ***Olas*** se ejemplifica por tramos de la costa Sur de Cienfuegos.

- **Mareas y Corrientes:** Las mareas en la Bahía de Cienfuegos no son de grandes diferencias entre Pleamar y Bajamar, oscilando estas entre los 0,35 a 0,40 m, dependiendo mucho del movimiento de la luna y la época del año, pero por sus características tales como: el espejo de agua en la bahía de 88,46 Km^2, el volumen de agua para el nivel medio del mar que es de 1,84 Km^3, su estrecho y sinuoso canal de acceso con solo 278 m de ancho y aproximadamente 3600 m de longitud, y las profundidades del canal que oscilan entre los 30 a 50 m, son las que provocan corrientes importantes en dicho canal y sus inmediaciones durante los llenantes y vaciantes. Este lugar es conocido como El Cañón, donde las corrientes que ahí ocurren durante las mareas, son de aproximadamente de 2,8 a 3 nudos (Documentado por Prácticos del Puerto de Cienfuegos), equivalente a 1,4 a 1,54 m/s promedio, incrementándose en los vaciantes en épocas lluviosas por los vertimientos de los cuatros ríos (Caunao, Arimao, Damuji y Salado) los que tributan a la bahía. Existen otras corrientes provocadas por las mareas en el interior de la bahía, pero con menor importancia para el fin que pretende este trabajo.

En El Cañón existen lugares donde producto de la profundidad y la forma del fondo, se han registrado corrientes superiores a los 3 nudos durante la vaciante, o sea mayores a 1,54 m/s en un lugar conocido por (Los Huecos). Corriente ésta muy eficiente para la generación de energía eléctrica con el equipamiento idóneo, que habría que ajustarlo en dimensiones al lugar de posicionamiento, por la proximidad al canal de acceso a la bahía.

Estas corrientes se pudieran aprovechar más eficientemente, con una inversión de construcción Hidrotécnica, configurando el perfil del canal sin afectar el calado máximo del mismo, pero redireccionando las corrientes de llenante y vaciante, acercándolas a la costa de Rancho Club en Los Huecos, enlazando esta obra con tierra con un puente o muelle de longitud entre los 50 a 60 m y una altura que en temporada ciclónica no entorpezca el oleaje generado en la zona, en esta obra perpendicular a la costa se pueden instalar todo el equipamiento necesario, como por ejemplo turbinas de dimensiones adecuadas, como las de la Planta de Rance, pero más pequeña, para la generación de electricidad, pudiéndose alcanzar la generación necesaria para abastecer la población del Castillo de Jagua, el Perche y otros. Todo lo anterior con la única desventaja del posible efecto paisajístico.

- **La Energía Undimotriz***:* Es la proveniente del oleaje, se puede clasificar como ya se ha explicado por su ubicación, principio de funcionamiento y el tipo de impacto respecto a las olas, para el caso de estudio la Costa Sur de Cienfuegos, por el conocimiento y experiencias deberán por su ubicación ser Costeros o cercanos a la costa, pudiéndose aplicar varios de los principios de funcionamiento, al igual que por su tipo de impacto respecto a la ola.

Es por ello que se hace una evaluación y recomendación de los tipos específicos de equipos por su eficiencia para las diferentes zonas costeras de Cienfuegos, en correspondencia con los ejemplos como:

- Los Dispositivos denominados (Boyas que accionan un generador lineal y Plataforma apoyada cerca de la costa con boyas) que necesitan de marejada y pueden ser fijados próximos a la costa, por lo que la Zona de entrada a la Bahía de Cienfuegos a ambos lados de la zona conocida como El Cañón, puede ser investigada con este fin y poder elegir los de mayor eficiencia y efectividad.
- El Dispositivo de Columna Abierta Oscilante se puede instalar frente a la costa del Faro y de la CEN aprovechando el mar de leva originado en esa zona por las corrientes de llenante, vaciante y los vientos, evaluando los de mayor eficiencia.
- Los Dispositivos (Boyas que accionan un generador lineal y Boya que comprime aceite, el cual mueve un generador lineal) se pueden fijar en El Cañón a la entrada de la Bahía,

aprovechando el mar de levas y como artefactos flotantes los cuales pudieran servir también como señalización.

Ejemplo: El Dispositivo Atenuador por Pontones de impacto con movimiento de vaivén, fijados a gatos hidráulicos a una escollera o muelle, donde la presión de sus pistones impulsa un fluido por una tubería hasta la costa, donde hace girar un motor hidráulico acoplado a un generador de electricidad, devolviendo el fluido sin presión a las tuberías de los gatos como un sistema cerrado. Este dispositivo pudiera instalarse en la obra descrita en el anterior apartado de Mareas y Corrientes en el puente o muelle de longitud entre los 50 a 60 m, que enlaza la obra Hidrotécnica que se propone anteriormente para redireccionar las corrientes y la costa de Rancho Club en Los Huecos, algo parecido a un Eco Wave Power (Instalados sobre un muelle en Israel), que puede funcionar en cualquier lugar y con olas de menos medio metro de altura.

3.2.3 Generación de electricidad por la energía osmótica.

En la bahía de Cienfuegos desembocan 4 ríos: el Caunao, el Arimao, el Damuji y el Salado.

La densidad del agua depende de la presión atmosférica y de la temperatura, ejemplo a 15°C el agua y presión normal, el agua de los ríos es aproximada a 1000 Kg/m³, variando en función de ellas. En la bahía es de aproximadamente 1024 Kg/m³, manteniéndose constante en épocas de sequía y disminuyendo en periodos lluviosas hasta 1023 Kg/m³, siendo en las afuera de la bahía mayor, llegando a 1027,34 Kg/m³.

El aprovechamiento de la diferencia del grado de densidad, producto del cambio de la salinidad (gradiente de salinidad), es fundamentalmente de donde se puede obtener energía con un proceso denominado Osmosis por Presión Retardada (PRO). Esta se puede conseguir cerca de la desembocadura de los ríos y está asociada al pasar el agua de los ríos por unas membranas, produciéndose una presión más elevada en el agua de mayor densidad, esta presión es capaz de alimentar una turbina que se puede conectar a un generador.

De los ríos que desembocan a la bahía, y la costa de Cienfuegos, el Rio que más cumple con las características necesarias para ser utilizado para la generación de energía a través de la OSMIOSIS,

es el RIO ARIMAO, específicamente en la zona de la desembocadura próxima a la Playa de Rancho Luna y al Mar Caribe, donde la diferencia de densidad es mayor.

3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRIMERO: Para la generación de electricidad por la **Energía Termal** en la provincia de Cienfuegos, el trabajo propone el emplazamiento de una Planta entre Punta Colorado y la costa Sur de la Central Nuclear de Juraguá, la que brindaría significativas ventajas, tales como:

- El área propuesta no entra en contradicción con otras edificaciones, ni de uso del territorio**.**
- El gradiente térmico es mayor de 20°C por lo que se puede utilizar el ciclo termodinámico denominado "Ciclo de Rankine" que es muy eficiente y se encuentra muy próximo a la costa, evitando el uso de plataformas flotantes más costosas.
- En comparación con otras fuentes renovables, su funcionamiento se mantendría las 24 horas al día, independiente de las condiciones eólicas o solares.

Notas Importantes para la propuesta: Según estudios de análisis de "Mistrani" (2008, 2014 y 2016), existirá un incremento de la temperatura del mar y de la salinidad en el mar territorial de la República de Cuba**.**

Un ejemplo es la planta productora de energía térmica más grande del planeta se encuentra en la costa de Kona, en Hawái, Estados Unidos, está conectada a la red eléctrica y de forma continúa generando 100 Kw de energía eléctrica, aunque el objetivo final es que crezca hasta ser capaz de producir 100 MW [14].

SEGUNDO: La zona propuesta para la generación por **mareas y corrientes** será la conocida en este territorio como El Cañón, donde las corrientes provocadas por las mareas son de aproximadamente entre 2,8 a 3 nudos (Documentado por Prácticos del Puerto de Cienfuegos), las cuales son útiles para la generación porque son mayores a 1,54 m/s en el lugar conocido por (Los Huecos) donde se puede incrementar la eficiencia de estas corrientes con una inversión de una construcción Hidrotécnica, configurando el perfil del canal sin afectar el calado máximo del mismo, pero redireccionando las corrientes, acercándolas a la costa de Rancho Club en Los Huecos, donde

con el equipamiento idóneo, pueden ayudar a la generación de electricidad para apoyar el consumo de la población de Rancho Club, Castillo de Jagua, el Perche y la Ciudad Nuclear.

Una de las ventajas de la utilización de esta propuesta es su cercanía a la costa, lo que simplificaría los gastos por transmisión, además con la construcción de un enlace desde tierra con la obra Hidrotécnica propuesta, y un puente o muelle de longitud entre los 50 a 60 m donde se puede instalar todo el equipamiento necesario, como por ejemplo turbinas de dimensiones adecuadas, similares a las de la Planta de Rance, pero más pequeña, propiciando la generación de electricidad en el lugar, facilitando su conexión a la red nacional.

Notas Importantes para la propuesta y otros estudios: Las corrientes de mareas presentan mejores condiciones en Cuba: en las bahías de Nipe, Nuevitas y Cienfuegos, con corrientes en el entorno de 1 a 1,5 m/s y suficiente profundidad para la instalación de equipos sumergidos.

TERCERO: Existen diferentes lugares donde se propone la obtención de generación eléctrica por La **Energía Undimotriz**, aunque se conoce que en la costa sur de Cienfuegos no se generan oleajes importantes a no ser durante las tormentas. Los vientos reinantes durante el día del Sureste (SE) provocan un oleaje marcado desde 0,25 a 0,5 metros de altura en la costa frente al Faro Las Coloradas y la Playa de Rancho Luna, comportándose con alturas mayores en el Cañón durante el mar de fondo (sentido opuesto entre la corriente de marea y la dirección de las olas). En estos lugares la propuesta va en tres direcciones: un equipamiento Costero o cercano a la costa**,** la utilización de los diferentes principios de funcionamiento de los equipos propuestos en el trabajo, y por último, por su tipo de impacto respecto la ola, recomendando sean utilizados en correspondencia con los ejemplos ya valorados.

Este autor considera que la más efectiva es el empleo del dispositivo de Eco Wave Power, Atenuador por Pontones de impacto con movimiento de vaivén, fijados a gatos hidráulicos sobre construcción del enlace desde tierra hasta la obra Hidrotécnica propuesta, utilizando para ello el puente o muelle propuesto en este trabajo, de longitud entre los 50 a 60 m en la Costa de Rancho Club.

CUARTO: La propuesta para la **planta de generación eléctrica por Osmosis**, estará enclavada en la desembocadura del Rio Arimao, con una densidad aproximada a 1000 Kg/m³ Vs 1027,34 Kg/m³ en la costa frente a la desembocadura del rio, que ya es parte del Mar Caribe.

La principal ventaja de esta propuesta es que, en todo su cauce y su salida al mar, no existen construcciones, ni impedimentos para el montaje de una Planta de Generación de Electricidad bajo el principio de Osmosis de presión retardada (PRO) o de Electrodiálisis Inversa (RED) o combinada.

Otras ventajas de la Generación de Electricidad por Osmosis serian:

- Se puede operar las 24 horas y es continua.
- No se ve afectada por la velocidad del viento, ni de la radiación solar.
- Es considerada renovable sin emisiones de CO_2.

Todo lo anteriormente explicado sugiere un estudio posterior, pues hoy en día este proceso es costoso, su desventaja fundamental está en la dimensión de la planta, que para generar 25 MW debe ser del tamaño aproximado de un campo de Futbol. En el área recomendada esta construcción no sería un gran problema, por contar con suficiente espacio libre y la ventaja de generar las 24 horas continuamente sin emisiones de CO_2 lo compensa. También hay que tener en consideración el estudio realizado por "Mistrani", donde proporciona datos muy interesantes sobre el incremento de la salinidad en las costas de Cuba desde el 2030-2040**.**

QUINTO: Antes de concluir y no menos importante se encuentra la energía proporcionada con el empleo del **Hidrogeno (H_2)** como combustible. La generación de electricidad con H_2 es conocida como la Energía Verde, el hidrogeno es el combustible más abundante y más limpio del universo y es fácil de obtener a partir del agua de mar mediante la electrolisis.

Existen un procedimiento para la obtención del H_2 a partir de la absorción del agua de mar, su filtrado, disociación de las moléculas en celdas de electrolisis, descomponiendo en H_2 y O y por último inyección del H_2 en motores como combustible para la generación eléctrica.

La principal desventaja de la obtención del H_2 es que es un gas muy ligero y de baja densidad, necesitándose depósitos muy grandes, o evaporarlo a presión, para su almacenamiento

(Licuefacción) y los materiales para la fabricación de los electrodos para hacerlos más duraderos aún se encuentran en estudio.

Otro Procedimiento es la de convertir el agua de mar de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) a través de un método foto catalítico y emplearlo en una pila de combustible, siendo la mayor ventaja al utilizar H_2O_2 liquido en lugar del hidrogeno gaseoso H_2, siendo en forma líquida más fácil de almacenar a altas densidades y más seguro.

No obstante, su principal ventaja es que el agua del mar es casi inagotable y al utilizar el hidrogeno como combustible los vapores que se emanan a la atmosfera serán vapor de agua, no dañinos para el medio ambiente.

En nuestro caso de estudio, se propone para esto dar utilización al antiguo y abandonado canal de enfriamiento de la Central Nuclear de Jaragua, donde existe suficiente espacio y se pueden aprovechar las obras existentes sin conflicto con otras construcciones, construyéndose en el lugar una planta que abarque todo el proceso de obtención del hidrogeno para su empleo como combustible en la generación de electricidad.

En el mundo existen 228 proyectos de generación de energía con Hidrógeno H_2, solo 5 son en América Latina (México, Paraguay, Bolivia y 2 en Chile).

4- CONCLUSIONES

Existen muchos tipos de energías que son proporcionadas por el mar, que pueden ser aprovechadas en la generación de electricidad. Con la generalización de los ejemplos abarcados en el caso de estudio, se propone contribuir en un futuro a la modificación de la matriz energética de Cuba, con las fuentes renovables estudiadas.

Como quedo explicado en el trabajo la mayoría de estas fuentes generadoras de energía son constantes en el tiempo, predecibles y abundantes, que, aunque algunos de los métodos se encuentran aún en fases iníciales, merecen un estudio profundo para su aplicación y perfeccionamiento, aprovechando así la gran cantidad de energías limpias que contienen los océanos.

Las inversiones para la obtención de estas energías pueden ser costosa, pero es meritorio profundizar en el estudio de su factibilidad Vs los costes de reparación y mantenimiento de las viejas plantas termoeléctricas y de los grupos electrógenos que se explotan en la actualidad, a las que se adicionan, además, el gasto del combustible con los precios actuales del petróleo, y la carga de emisiones de CO_2 al medio ambiente.

Es el objetivo de este trabajo recomendar que sea considerada por los decisores, el estudio a profundidad de las energías contenidas en los mares de Cuba y su aprovechamiento en la generación de electricidad, a través de temas de tesis de pregrado y post grado, además de su inclusión en los proyectos de desarrollos locales, en aras de mejorar nuestra obsoleta y contaminante generación actual de electricidad.

Recomendamos igualmente la socialización de este estudio profundizando en: La Energía Mareomotriz, La Energía Undimotriz, La Energía Mareotérmica, La Energía de las Corrientes, La Energía Azul o del gradiente de Salinidad (Osmótica) y El Hidrogeno como combustible proveniente del mar.

5- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Redacción Digital / internet@granma.cu 17 de diciembre de 2020

2. CUBADEBATE / Mesa Redonda, Ministerio de Energía y Minas (MINEM), Termoeléctrica, Unión Eléctrica (UNE) 16 de septiembre 2021.

3. https: //www.gem.wiki > Perfil_energetico: Cuba 29/12/2020

4. Hernández Herrera P. Geografía de Cuba 2012

5. Energías Mareotérmica, es.m.wikipedia.org, historia) y (“Mechanical Engineerig” Volumen 53, No. 12, december 1930).

6. Energía marina: Qué es, tipos, ventajas y desventajas. ovacen.com.

7. https://blog.structuralia.com, www.swissinfo.ch, AFP 18 septiembre 2019

8. www.lavanguardia.com 5 marzo 2019 EFE

9. https://es.m.wikipedia.org

10. https://es.m.wikipedia.org

11. www.solarpedia.info/energia-undimotriz

12. S.E. Skilhagen 2012

13. www.idae.es

14. https://blog.structuralia.com

Otras fuentes:

- Mesa Redonda del 29 diciembre 2020, Como es la matriz energética de Cuba, https://www.minem.gob.cu
- Ida Mitrani Arenal, Oscar Onoe Díaz Rodríguez, Alejandro Vichot Llamo, Javier Cabrales Infante y Arnoldo Benzanilla Morlot. "Parámetros oceanográficos en aguas cubanas y posible evolución futura" (2016).
- Hernández Herrera P. y Col. "Geografía de Cuba 9no Grado" (2012) www.ecured.cu
- Revista Ovacen energyavm.es, www.minem.gob.cu 29/12/2020
- Debrayan Bravo Hidalgo, "Energía y desarrollo sostenible en Cuba" http://centroazucar.gf.uclv.cu (2015)
- http://centroazucar.gf.uclv.cu (2015)
- http://scielo.sld.cu Diciembre 2015
- http://www.acn.cu
- http://scielo.sld.cu Ingeniería y Mecánica. La Habana sep-dic 2010
- http://rcm.ismet.cu Revista Cubana de Meteorología. Vol. 26, Núm. 3 (2020), "Potencial Energético de corrientes marinas en aguas cubanas" Art. Original http://opn.to/a/x3S1m
- http://es.m.wikipedia.org "Energías de las corrientes marinas"
- Editorial: Cemie-Oceano, Universidad Aut. de Campeche ISBN 978-607-8444-60-1 "Energia del Oceano. Potencial del Gradiente Salino" junio 2020.
- Rafael Sanchez-Dirzo, Rodolfo Silva-Casarin, Edgar G. Mendoza-Baldwin y Rosa de Gpe. Gonzalez-Huerta, "Hidrogeno del Mar", TIP Revista Especializada en Ciencias Quimico-Biologicas, vol.15 no 1 Ciudad de México, junio 2012.
- Mario Alberto Arrastia Avila, "Un océano de energía" Boletín-Informativo renovable.cu, ISSN:2219-6919 no. 6 junio 2021.
- David Nuevo, "La mayor planta de hidrogeno verde de España" info@tecpa.es febrero 7, 2022 Energías Renovables.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

FRAMEWORK DE BIG DATA ANÁLISE EMISSÃO DE CO_2 EM TERMINAIS DE CONTAINER

Novaes Mathias, T.[1], Shinoda, T. [1], Botter, R. C.[2]

[1]Kyushu University-Japan, [2]Universidade de São Paulo-Brasil
e-mail: tiago@kyudai.jp

RESUMO

As tecnologias de coleta de dados vêm avançando nas últimas décadas com IoT (Internet of things) nos mais diversos campos, e além de fornecer um entendimento mais profundo nas operações, também está mudando a forma de como os processos são realizados. Nos terminais de containers, o maquinário de movimentação de carga são a principal fonte de emissão de CO_2. Para se mantar competitivo no mercado com a crescente demanda de carga, os terminais de container devem aumentar sua capacidade de movimentação sendo mais eficiente. A análise de Big Data pode ser uma ferramenta poderosa para extrair as características operacionais para movimentar e estocar containers no pátio. Há uma crescente pressão da sociedade com a questão ambiental de emissão de CO_2. Considerando esses fatores, este artigo apresenta um Framework para análise de Big Data para mensurar a emissão de CO_2 gerada por um terminal de container localizado na cidade de Fukuoka – Japão. Além disso, os dados coletados servem para verificar e entender os gargalos operacionais que atrapalham a produtividade do terminal e, consequentemente, aumentando a emissão de gases na atmosfera.

Palavras-Chave: Emissão de CO_2, Big Data, IoT, Terminal de Container.

1- INTRODUÇÃO

As operações portuárias geram externalidades negativas, como a poluição do ar, que é um custo social para as áreas portuárias. A pedido da International Port Association, 55 grandes portos do mundo adotaram voluntariamente a Declaração Mundial do Clima dos Portos em 2008 [7]. Nesse

ponto, criou-se a World Port Climate Declarion. Em 2018, a IMO estabeleceu a meta de reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (aqui tratados como GHG) em 50% até 2050. Além disso, existem regiões onde são tomadas medidas regulatórias de mudança climática para priorizar o fornecimento de eletricidade terrestre e o uso de Bunkers de Gás Natural Liquefeito (LNG) em todos os portos [5].

Recentemente, a sociedade tem focado sua atenção nas contramedidas às mudanças climáticas e, em particular, tornou-se um fator importante no fortalecimento da competitividade portuária nas operações portuárias. No Japão, foram estabelecidas políticas como Carbon Neutral Port (doravante abreviado como CNP) destinado a contramedidas de mudança climática. Scornn-Friense et. al. (2021) abordam que as fontes de emissão de CO_2 podem ser amplamente classificadas em relação ao CNP da seguinte forma: 1) emissões de navios, 2) emissões dentro dos portos, 3) emissões do transporte da zona de retorno do porto [6]. A redução das emissões de CO_2 dos equipamentos de movimentação de carga durante a operação pode ser considerada uma contrapartida por gestores portuários e operadores de terminais de containers, mas a estimativa de emissões ainda está em avaliação para entender sua eficácia [1].

As reduções na emissão de CO_2 podem ser alcançadas pela cadeia global de suprimentos e esforços logísticos [8]. Os portos são o nó que conecta o transporte marítimo e terrestre e têm um papel na otimização da cadeia de suprimentos [2]. Por esse motivo, os portos não estão apenas aplicando estratégias para reduzir suas emissões de GHG, mas também implementando medidas para reduzir as emissões do transporte marítimo e terrestre [1].

No Japão, a PORT2020 [9], política portuária de longo prazo do governo, diz que os terminais devem implementar políticas de *descarbonização*. Isso faz parte da Carbon Neutral Declaration de 2050 do primeiro-ministro japonês Yoshihide Suga. Em seguida, foi lançada uma política de CNP, que visa ser tecnologias para a sofisticação das funções portuárias e da concentração das indústrias costeiras, contribuindo para uma sociedade descarbonizada. Embora haja um plano

para isso, a maioria dos portos no Japão não mensura suas emissões de na atmosfera. Então, para alcançar maior neutralidade de carbono, é necessário entender a composição e as origens dessas emissões.

Com base neste histórico, este artigo estima as emissões de CO_2 em um terminal de containers, que pode ser extraída através de um relatório de operação diária. Para isso foi utilizado os dados gerados pelas operações do terminal de contêineres em Hakata Island City, um terminal de médio porte localizado na província de Fukuoka, Japão. No Hakata Port Island City Container Terminal (abreviado como ICCT), um sistema de TI chamado HiTS (Hakata Port Logistics IT System) foi desenvolvido para melhorar a eficiência logística em nível operacional e manuseio dos containers no pátio. O ponto de referência desses dados são os Transfer Cranes (T/C), principal equipamento de movimentação de carga do terminal para empilhar containers e realizar as operações de intra e inter portuárias. Adicionalmente, a partir do relatório operacional do T/C, também é possível avaliar o Caminhões Internos (C/Y) e o Gantry Cranes (G/C). Portanto, será examinada a possibilidade de estimar as emissões de CO_2.

2-MATERIAIS E MÉTODOS

Emissão de CO_2 em portos do Japão

Em relação às emissões de CO_2 em portos japoneses, o Departamento de Portos do Ministério de Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo (2009) apresentou os resultados da estimativa de um total de 125 portos, entre eles 9 com grande impacto no transporte de mercadorias. Com base nisso, as emissões de CO_2 de todos os portos japoneses podem ser estimadas conforme mostrado na Tabela 1.

Em primeiro, o transporte back-zone é responsável por mais de 55% de todas as emissões relativas aos terminais de contêineres. Isso significa que os veículos para as operações de entrega e recebimento são responsáveis pela maior parte das emissões de GHG na atmosfera. Há uma

diferença significativa de cerca de 9 vezes mais emissões das operações das operações de empilhamento de containers no pátio pelos T/Cs do que as operações de cais, importação e exportação dos G/Cs. Além disso, é importante mencionar que as operações relacionadas às embarcações, como procedimentos de manobra de atracação e desatracação, são cerca de 37% de todas as emissões. Utilizando técnicas de mineração de dados nos relatórios diários de operações do ICCT, com base nas operações de T/C ajuda a entender onde essas emissões são geradas.

Tabela 1 – Emissões de CO_2 em Portos Japoneses.
Fonte: Traduzido do Ministério de Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo (2009)

Fonte de Emissão	Total (t- CO_2)
Container Gantry Crane (G/C)	3.9
Maquinário de Pátio (T/C)	34.7
Containers Refrigerados	13.7
Prédios Administrativos	26.2
Operações do Navios (Manobras)	132.0
Operações de Atração e Desatracação	341.3
Congestionamentos	9.1
Dragagem	4.6
Transporte de black-zones	698.0
Total	**1,263.5**

3- RESULTADOS

Hakata Port Island City container terminal

A Figura 1 mostra um esboço do ICCT. Em setembro de 2003, devido ao aumento significativo no volume de movimentação de contêineres no Porto de Hakata, o ICCT iniciou suas operações e planejou um volume anual de movimentação de contêineres de 528.645 TEUs (Twenty-Feet Equivalent Units).

O ICCT possui 680m de comprimento de cais com 14m e 15m de profundidade, compondo 2 berços com capacidade para movimentação de navios porta-contêineres de tamanho Panamax, e

está equipado com 5 G/Cs. A área do pátio de armazenamento é de 364.000 m2 e utiliza uma pilha de contêineres secos de 4 níveis, com 23.872 contêineres. O manuseio operacional é baseado em um tipo de guindaste de transferência com pneus de borracha. A figura também mostra o fluxo de trabalho de movimentação de carga em todo o pátio. Do lado do interior, R3 e R4 representam chassis externos que trazem e retiram contêineres, há um estacionamento antes do portão e uma área de espera após a entrada no terminal. A entrada e a saída são realizadas separadamente para evitar congestionamentos. Uma característica importante a ser observada é que a entrega e o recebimento também podem ser feitos pelo mesmo veículo. Em terra, R1 e R1 são responsáveis pelas operações de importação e entrega. Esses veículos (C/Ys) são caminhões administrados pelo terminal. Todos os transportes de pátio são realizados por C/Ys, incluindo reorganização e reposicionamento de contêineres quando necessário.

Como mencionado anteriormente, o ICCT usa um método de T/C para empilhar contêineres, então o relatório diário é baseado nas operações de T/Cs. A Figura 2 mostra a estrutura dos dados de manuseio do contêiner.

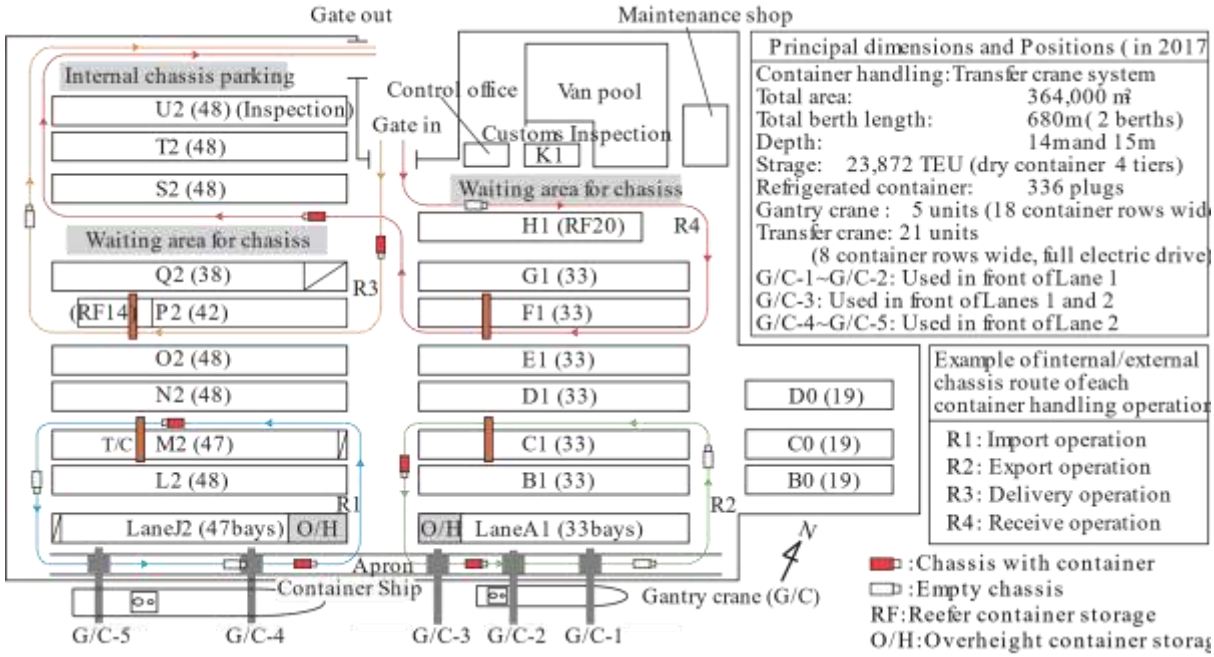


Figura 1 – Layout do ICCT

Data items and its ID

1	2	3	4	A1	A2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
年月	日	ふ頭	機器	作業会社	作業者	荷役作業	GC	コンテナ番号	Sz	Tp	Ht	F/E	ヘッドID	FROM	TO	蔵置アドレス	受付時間	完了時間	待ち時間
20180925	IC	T02	Ata	WkA	揚	I4	S***3*****620	DR	86	F		CY023	A121-7-2	A121-6-4	18:12:52	18:30:40	17:48		
20180925	IC	T02	Ata	WkA	揚	I4	T***2*****620	DR	86	F		CY019	A121-3-2		18:14:15	18:32:47	18:32		
20180925	IC	T03	Bta	WkB	SO		S***9*****340	RF	96	F		H101-1-2	CY013		08:03:10	08:33:45	30:35		
20180925	IC	T03	Bta	WkB	出		C***1*****440	RF	96	F	F*0**	H101-6-2	F*0**		08:29:47	08:37:28	07:41		
20180925	IC	T03	Bta	WkB	SO		C***5*****040	RF	96	F		H107-1-2	CY013		08:03:10	08:39:23	36:13		
20180925	IC	T03	Bta	WkB	SO		G***9*****840	RF	96	F		H107-3-3	CY013		08:03:10	08:44:10	41:00		
20180925	IC	T03	Bta	WkB	リ		T***8*****940	RF	96	E		H107-3-2	H107-5-1		08:38:12	08:45:45	07:33		
・・・								・・・						・・・		・・・			

Figura 2 – Exemplo do relatório de operações de T/C

Existem 34 colunas de dados neste banco de dados, mas apenas 18 itens são úteis para fazer qualquer tipo de análise. A coluna 1 é uma composição de ano e mês, seguido por um dia na segunda coluna. 3 representa em qual cais o navio está atracado. Os itens 4 e 6 caracterizam os

equipamentos utilizados para movimentação do contêiner, o T/C utilizado para empilhamento dos contêineres no pátio, 6 para o G/C de origem do contêiner. A1 e A2 tratam da empresa e do motorista responsável por realizar aquela operação. A coluna 5 refere-se a quais movimentos foram feitos no momento (ver tabela 2). Em seguida, as colunas 7, 8, 9, 10 e 11 mostram as informações do contêiner, como número IMO, tamanho, tipo, altura e se está cheio ou vazio. Depois disso, de 12 a 18 informam a localização do pátio e o tempo operacional. É importante destacar que o horário de recepção na coluna 16 pode não ser a operação real informando o horário, mas sim quando a ordem para prosseguir com a operação chegou ao terminal. Isso dependerá do tipo de movimento solicitado. Por fim, o tempo de conclusão é medido quando o operador do equipamento aperta um botão logo após a finalização da operação. Algumas considerações e suposições devem ser feitas para tirar o tempo real de operação de cada equipamento, mas é possível fazer uma estimativa justa de cada processo ao longo da análise do relatório diário.

Coletou um ano de dados do ICCT, de 1º de agosto de 2017 a 31 de julho de 2018. Isso significa aproximadamente 1,4 milhão de contêineres movimentados, representando uma única operação por linha. Observe que a maioria das ferramentas comerciais de análise de dados, como o Microsoft Excel, tem uma limitação de cerca de 1,2 milhão de linhas. Portanto, para poder continuar com esta pesquisa, foi desenvolvido um procedimento em Python para extrair informações úteis dos dados. Então, várias relações entre operações de equipamentos, posicionamento de armazenamento, etc. foram observadas a partir da análise dos dados, principalmente quando o operador do equipamento altera o endereço com base em sua experiência.Para entender melhor o comportamento do ICCT, a figura 3 (a) mostra o número diário de movimentos para cada tipo de movimento. É possível visualizar uma oscilação de cada tipo de operação ao longo do ano e está sugerindo um padrão cíclico.

Depois disso, tomando o número de operações diárias e ordenando do maior para o menor número total de operações diárias, a figura 3 (b) ilustra a dificuldade de dimensionar os equipamentos terminais necessários para completar as operações.

Considerando que o terminal de contentores funciona 24 horas por dia e 7 dias por semana, e primeiro considerando a parte mais baixa do gráfico, Domingos e Feriados (total 69 dias), a movimentação média realizada foi de cerca de 589, isso acontece porque não há chassis que entram no terminal durante estes dias, pelo que quase não foram efetuadas operações de entrega nem de recepção em comparação com os dias de semana em que a média de movimentos realizados é cerca de 5,7 vezes mais lenta do que nos dias de semana. Além disso, é importante mencionar que, embora o terminal funcione 24 horas por dia, é exclusivamente para atender navios. Normalmente, os chassis externos não funcionam aos domingos e feriados. Depois, exclusivamente nos dias úteis, há um conjunto de mais três resultados. O dia de pico, com 5.235 operações, é cerca de 2,7 vezes; o menor dia operacional, com 1.979 movimentos, e a média é de 3.388 operações. Isso significa que manter a operação próxima de um nível ótimo sem uma metodologia eficiente para avaliar constantemente o uso de recursos seria difícil de alcançar.

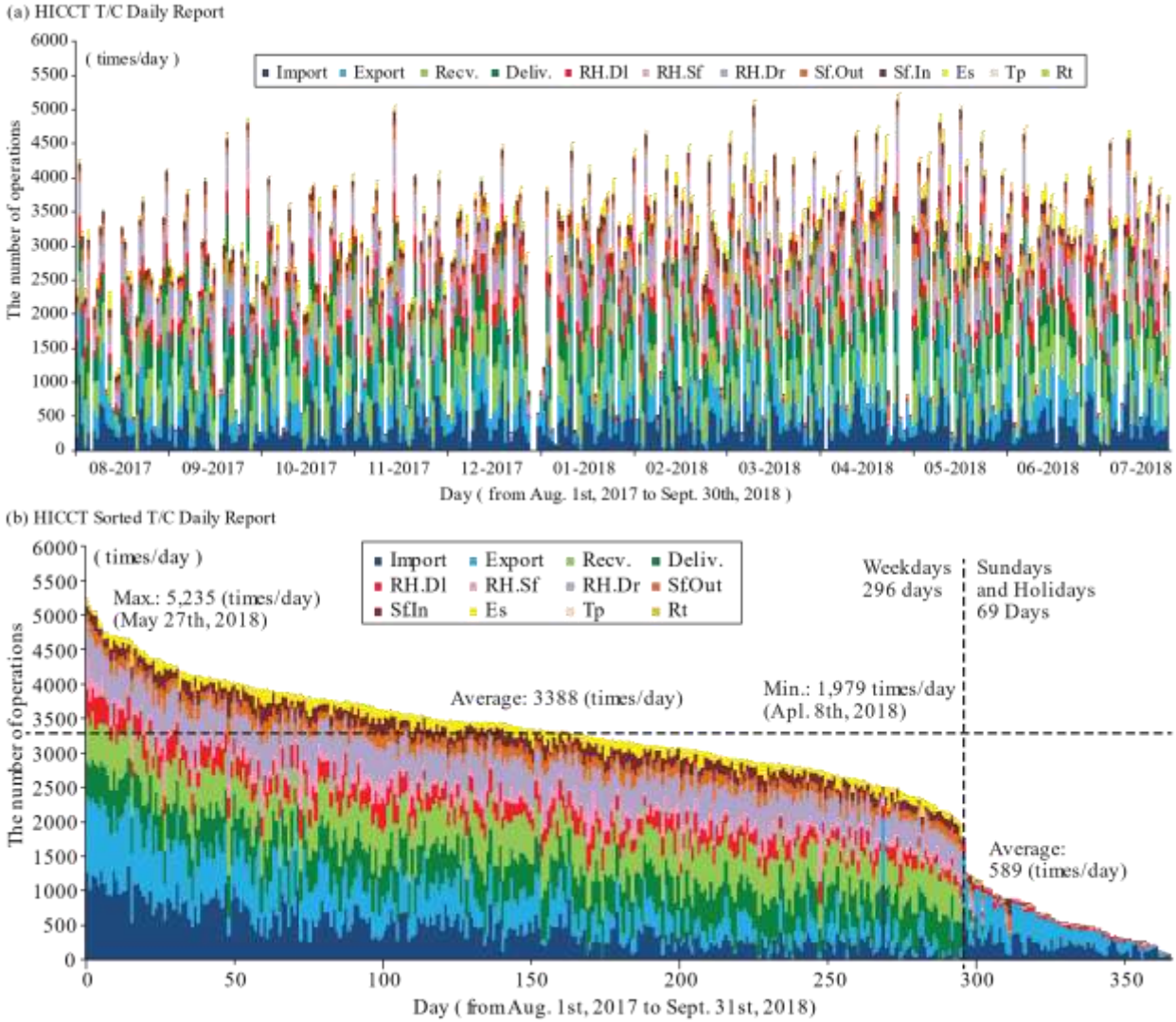


Figura 3 – Movimentações diárias de container ICCT

4- DISCUSSÕES

Emissões operacionais de CO_2

Cada equipamento de manuseio de carga diferente no ICCT foi avaliado e as emissões de CO_2 puderam ser razoavelmente estimadas. As estimativas foram calculadas com base no combustível total que cada veículo utilizou para realizar as operações. No caso de equipamentos elétricos,

utilizou-se a energia total fornecida ao terminal para operar as máquinas. O mesmo processo poderia ser feito para veículos híbridos, levando o combustível e a energia necessários para operá-los.

A Tabela 2 mostra um exemplo de quilometragem interna do chassi durante o transporte de um contêiner dos navios, G/Cs no cais, para os T/Cs no pátio de estocagem em março de 2019. Inclui também os movimentos de reposicionamento para reordenamento ou transporte de contêineres vazios para o área de vans. A área do terminal foi mapeada e calculada a distância com base na origem e destino das operações. A maioria dos movimentos são de importação e exportação, tomando a distância entre as baías e o cais, e somando a distância média para chegar ao G/C. Para deslocamentos de turno, a quilometragem é calculada com base na distância entre as baias, considerando também as diferenças de faixas e as peculiaridades do layout.

De acordo com a tabela 2, a quilometragem total dos 25 C/Ys atingiu uma média de 49,2 km/dia/CY, embora haja grandes oscilações porque alguns equipamentos estão sujeitos a manutenção, a distância total percorrida é de 38.141km em março de 2019. a quilometragem média por veículo durante um mês é de 1.525 km.

Medidas para reduzir a distância total percorrida por C/Y dentro do terminal devem ser levadas em consideração. Em outras palavras, uma análise mais ampla da alocação de posicionamento de contêineres deve ser estudada para reduzir a distância que os veículos precisam percorrer durante as operações.

Tabela 2 – Distancia total percorrida pelos C/Ys (Março 2019)

ID of CY	ID ofGC I1	I2	I3	I4	I5	Total	Ratio (%)
CY001	294	271	612	213	415	1,805	4.7
CY002	292	318	625	218	587	2,040	5.3
CY003	317	277	623	223	497	1,939	5.1
CY004	269	296	612	222	422	1,821	4.8
CY005	286	235	142	667	826	2,155	5.7
CY006	454	158	229	713	594	2,147	5.6
CY007	365	138	230	498	961	2,191	5.7
CY008	438	194	184	388	768	1,972	5.2
CY009	398	104	573	427	433	1,935	5.1
CY010	305	141	504	572	658	2,181	5.7
CY011	142	188	214	650	483	1,678	4.4
CY012	299	126	522	586	587	2,120	5.6
CY013	136	82	86	0	0	305	0.8
CY014	0	0	0	73	0	73	0.2
CY015	40	80	225	380	206	931	2.4
CY016	124	258	313	533	364	1,592	4.2
CY017	139	188	288	505	270	1,391	3.6
CY018	99	175	411	691	516	1,892	5.0
CY019	109	169	305	283	464	1,330	3.5
CY020	79	24	528	341	399	1,371	3.6
CY021	191	320	126	450	242	1,329	3.5
CY022	186	350	330	280	168	1,314	3.4
CY023	123	345	314	263	248	1,293	3.4
CY024	161	334	324	181	221	1,221	3.2
CY999	12	49	17	23	13	115	0.3
Total	5,260	4,821	8,338	9,381	10,341	38,141	
Ratio	14%	13%	22%	25%	27%	49.2 km/day/CY	

As operações de movimentação de carga realizadas pelo C/Y externo no ICCT são basicamente divididas em três tipos: Recebimento, Entrega e Recebimento e Entrega. Neste estudo, as operações C/Ys externas utilizam um total de 18 pistas, sendo 8 pistas para o Berço 1 e 10 pistas para o Berço 2. Como o consumo de combustível do chassi externo não pode ser rastreado, foi desenvolvido um modelo de simulação para calcular a distância total que cada veículo precisaria para operar no ICCT. São 20 vagas de espera no lado do Berço 1 e 35 na baía, seguindo as premissas do terminal O Berço 1 tem prioridade sobre o Berço 2.

Emissão de CO_2 dos transfer crane (t/c)

No ICCT, os T/Cs são eletrificados, portanto a emissão de CO_2 é considerada zero. Mas isso é apenas ao colocar e recuperar contêineres nas pilhas. Quando é necessário mudar para outra baia ou pista, os T/Cs utilizam um motor diesel para mudar sua posição. Assim, foi calculada a distância percorrida pelo T/C ao mudar de baía ou faixa durante as operações. Provavelmente nos cálculos da distância percorrida C/Y, a distância percorrida T/Cs foi usada como origem e destino de cada operação ao se movimentar no pátio, e é baseada no comprimento de cada baia.

A Figura 4 mostra cada milhagem de T/C para março de 2019. Observe que principalmente o T/C muda frequentemente sua posição no pátio para colocar e retirar contêineres. T07 e T08 foram menos utilizados, devido à manutenção programada. A distância total atingiu 2.390 km, a quilometragem média por veículo em março foi de cerca de 77 km, e a quilometragem média diária por veículo no ano fiscal que termina em março chegará a aproximadamente 3,4 km.

Emissão de CO_2 dos gantry crane (g/c)

Semelhante aos T/Cs, os G/Cs também possuem equipamentos eletrificados. No entanto, a mesma ideia pode ser aplicada quando o G/C precisa mudar de posição.

Uma importante característica G/C a ser analisada é o sistema de gangues com C/Ys internos. A relação entre cada gangue e a posição G/C pode ser útil para reduzir a quilometragem percorrida.

A Tabela 3 mostra o detalhamento do número de contêineres movimentados por cada G/C em março de 2019 e a quilometragem do sistema interno de gangues C/Ys gerado naquele momento. O total de exportações movimentadas foi de 15.495, contra 14.101 movimentações de contêineres de importação, totalizando 29.674 operações somando todas as movimentações. Devido às posições de G/Cs ao longo do cais, é possível ver que I5 tem quase o mesmo número de movimentos que I1, mas a distância total percorrida de sua turma é quase o dobro. Mais uma vez, gerenciar um melhor agendamento e localização de posicionamento para contêineres pode ajudar a mitigar esse problema.

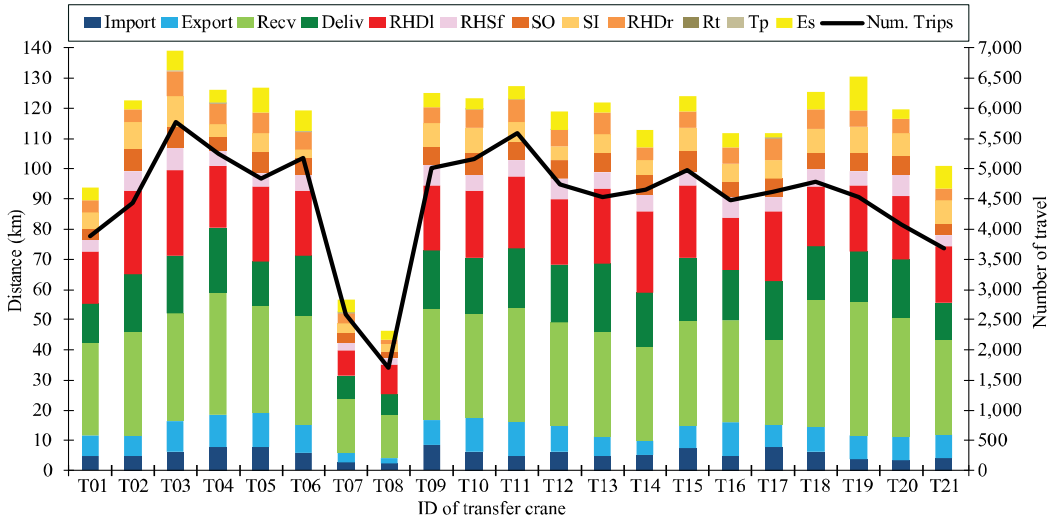


Figura 4 – Distancia e número de operações dos T/Cs (Data: Março 2018)

Tabela 3 - Detalhamento da movimentação de contêineres por G/C (Data: Março 2018)

GC	Export		Import		Tp		Rt		Total of Operations (Container)	CY Total Traveled Distance (km)	Ratio (%)	Ratio Imp /Exp
	Num. Container	Dist. (km)	Num. Container	Dist. (km)	Num. Container	Dist. (km)	Num. Container	Dist. (km)				
I1	3,648	2,824	3,161	2,404	20	18	16	14	6,845	5,260	23	0.87
I2	3,189	2,676	2,710	2,127	10	9	10	9	5,919	4,821	20	0.85
I3	2,512	4,495	2,217	3,839			2	4	4,731	8,338	16	0.88
I4	2,746	4,474	3,062	4,908					5,808	9,381	20	1.12
I5	3,400	5,599	2,951	4,700	10	21	10	21	6,371	10,341	21	0.87
Total	15,495	20,068	14,101	17,977	40	48	38	47	29,674	38,141.2		
Ratio	52.2%		47.5%		0.1%		0.1%					

5- CONCLUSÃO

Este artigo mostra as emissões de CO_2 dos portos japoneses em uma macro escala de 125 portos. Quantitativamente, é importante reduzir as emissões de CO_2 de navios e veículos para atingir o CNP.

Um processo para medir as emissões de CO_2 para as operações de manuseio de carga do terminal foi mostrado usando o processo de mineração de dados do relatório diário do ICCT enquanto as operações de T/C foram efeituadas. Os principais indicadores de desempenho utilizados no

terminal foram avaliados e as emissões de CO_2 foram calculadas para demonstrar que se uma melhoria operacional é alcançada, também ocorre a redução de CO_2, dando passos importantes para atingir o CNP.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alamoush et al.: “Ports' technical and operational measures to reduce greenhouse gas emission and improve energy efficiency: A review, Marine Pollution Bulletin”, Vol.160, 2020.
2. Bjerkan and Seter: “Reviewing tools and technologies for sustainable ports: Does research enable decision-making in ports?” Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol.72, pp.243-260, 2019.
3. Hales et al.: “The Balanced Theory of Port Competitiveness”, Transportation Journal, Vol. 55, pp. 168-189, 2016.
4. IMO: “Initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships, Resolution” MEPC.304(72), 2018.
5. Sornn-Friese et al.: “What drives ports around the world to adopt air emissions abatement measures?” Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 90, 2021.
6. Tichavska et al.: “Air emissions from ships in ports: Does regulation make a difference?” Transport Policy. Vol.75, pp.128-140, 2019.
7. Xing et al.: “A comprehensive review on countermeasures for CO_2 emissions from ships, Renewable and Sustainable Energy Reviews”, Vol.134, 2020.
8. Gibbs et al.: “The role of seaports in end-to-end maritime transport chain emissions.” Energy Policy, Vol. 55, pp. 337–348338, 2014.
9. 国土交通省港湾局：「港湾における温室効果ガス排出削減計画」作成ガイドライン（案）, 2009.

SISTEMA DE CÁLCULO DE PROTECCIÓN CATÓDICA DE LOS BUQUES CON MACROS EN EXCEL.

Primer Autor Montero Bueno J.A[1]

Segundo Autor Díaz Cervantes L.M[2]

[1,2] Centro de Investigación y Desarrollo Naval.
[1]e-mail: monteroarturo917@gmail.com

RESUMEN

La protección catódica por ánodos de sacrificio, en conjunto con el uso de distintos esquemas de pintura es el método más utilizado para el control de la corrosión en los cascos de las embarcaciones.

Este trabajo brinda un sistema de cálculo de protección catódica de los buques, realizado con macros en Excel para una mejor interacción con el usuario, que le resulte fácil y operativo, teniendo en cuenta la gran cantidad de datos a introducir si se quiere realizar un cálculo a conciencia, que abarque las diferentes partes sumergidas de la embarcación que van a estar sometidas a la corrosión galvánica.

Se realizó un estudio de los métodos que existen para el cálculo de la protección catódica de los buques y se elaboró una metodología de cálculo, que comprende el cálculo de ánodos en el casco (bandas y fondo), ánodos en espejo de popa teniendo en cuenta el área de la hélice, ánodos en cajas de mar, ánodos en arbotantes y ánodos en palas de timón.

En este trabajo no se pretende tratar esta teoría de forma explícita, aunque se realizó un estudio de varias fuentes sobre el tema. Por lo que se muestra la implementación de un sistema de protección catódica con macros en Excel, que brindan una solución práctica a los profesionales del mar, para el cálculo y determinación de la cantidad de ánodos de sacrificio en las diferentes partes de la obra viva del buque, ya sea en el proceso de diseño o de explotación del buque.

Palabras claves: Sistema de protección catódica, ánodos de sacrificio, casco de buques, potencial electronegativo, densidad de corriente.

INTRODUCCIÓN

El sistema de protección catódica se implementa con el objetivo de hacer funcionar al casco del buque como un cátodo en una celda de corrosión, regulando ciertos factores electroquímicos, donde el ánodo galvánico o ánodo de sacrificio, conectado eléctricamente al casco del buque (parcialmente sumergido), descargará una corriente que fluirá a través del electrolito (en este caso el agua de mar) hasta el casco del buque, protegiendo su superficie. (Fig 1)

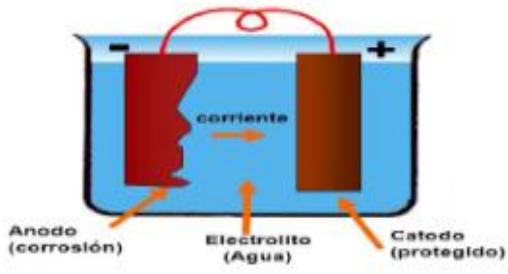


Fig 1. Proceso de corrosión en un electrolito.

Para garantizar una protección adecuada los ánodos deben cumplir con ciertos requerimientos, como: peso del ánodo, dimensiones, y forma geométrica. (Fig 2)



Fig 2. Ánodos de Zinc y Aluminio.

Se entiende por corrosión a la destrucción de un cuerpo sólido causada por un ataque espontáneo, de naturaleza química o electroquímica que se inicia en la superficie. (Fig 3)



Fig 3. Corrosión del casco

Según la ubicación de los metales en la Serie Electroquímica, un metal será anódico con relación a otro, y al mismo tiempo será catódico respecto a otro metal, en dependencia de su potencial electronegativo, y por ende de la ubicación que tenga en la tabla. Por ejemplo, según la figura 4, el Hierro será catódico con respecto al aluminio por encontrarse por debajo de éste y al mismo tiempo será anódico con respecto al Cobre por encontrarse por encima de este otro. Esto evidentemente responde a la diferencia de potencial que existe entre ellos.

Bajo este concepto, el metal con potencial más electronegativo, actúa como ánodo y se sacrifica con respecto al otro metal menos electronegativo que actúa como cátodo, y es protegido por el ánodo. Es por eso, que a este sistema se le conoce con el nombre de protección catódica por ánodos de sacrificio.

Iones en solución	Potencial (voltios)	Iones en solución	Potencial (voltios)
Li^{+}	- 3022	Co^{++}	- 0,29
Rb^{+}	- 2924	Ni^{++}	- 0,22
K^{+}	- 2925	Sn^{++}	- 0,136
Ca^{++}	- 2,87	Pb^{++}	- 0,129
Na+	- 2715	H^{+}	0,000
Mg^{++}	- 1866	Bi^{+++}	+ 0,226
Al^{+++}	- 1,67	Cu^{++}	+ 0,344
Zn^{++}	- 0,762	Te^{++++}	+ 0,558
Cr^{++}	- 0,71	Hg^{++}	+ 0,798
Fe^{++}	- 0,441	Ag^{+}	+ 0,799
Cd^{++}	- 0,397	Pt^{++}	+ 1,2
Ti^{+}	- 0,336	Au^{+++}	+ 1,12

Fig 4. Serie electroquímica de los metales.

En la fig 5 se muestra el principio bajo el cual funciona este sistema de protección.

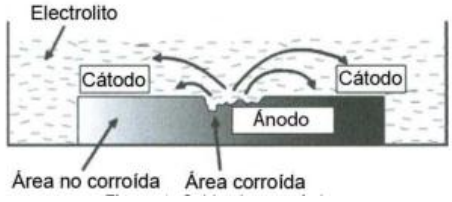


Fig 5. Celda electroquímica.

El problema de la corrosión afecta a la totalidad de la flota mundial y ocasiona pérdidas considerables al casco del buque y su rendimiento, disminuyendo su velocidad y resistencia estructural. Es por esto, que se hace necesario derogar importantes sumas de dinero para combatir la corrosión y revertir en lo posible este fenómeno.

Para que un metal pueda utilizarse como ánodo de sacrificio se deben cumplir las siguientes condiciones:

1. Debe tener un potencial más electronegativo como ánodo, que el del metal a proteger.
2. El potencial electronegativo del ánodo de sacrificio no puede exceder en mucho al del metal a proteger, ya que se disminuye considerablemente el tiempo de vida útil del ánodo.
3. Debe presentar una tendencia pequeña a la polarización, es decir no debe desarrollar películas pasivantes protectoras y debe tener un elevado sobrepotencial para la formación de hidrógeno.
4. El metal debe tener un elevado rendimiento eléctrico, expresando en A/h kg, lo que constituye su capacidad de drenaje de corriente (consumo de corriente).
5. La disolución del ánodo debe ser uniforme.
6. El metal debe ser de fácil adquisición y deberá de poderse fundir en diferentes formas y tamaños.
7. El metal deberá tener un costo razonable, de modo que, en conjunción con las características electroquímicas correctas, pueda lograrse una protección a un costo bajo por ampere – año.

Sobre el tema de la corrosión y la forma de protección de los buques se ha escrito mucho, donde se definen como métodos fundamentales de protección catódica:

1. Por ánodos de sacrificio: donde existe por conexión directa, un par eléctrico entre el acero y un metal menos noble que él (ánodo).
2. Por corriente impresa: donde se utiliza corriente eléctrica proveniente de un generador externo.

El objetivo de este trabajo es la implementación de un sistema de cálculo de protección catódica por ánodos de sacrificio, a través de macros de Excel, para facilitar el trabajo del profesional marítimo en el cálculo de los ánodos del buque.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ANTECEDENTES

Los cálculos de protección catódica de los buques se realizan por el ingeniero naval de forma esporádica, por diseño de una nueva embarcación, o por reposición de ellos antes de una varada a solicitud del cliente.

Existen procedimientos de cálculo que dan resultados diversos, y en ocasiones resultan muy aproximados en dependencia de las variables a introducir, o la simplicidad de sus formulaciones.

En nuestro caso en particular, no existe una metodología para el cálculo de la protección catódica que nos brinde una respuesta inmediata para la solución de este problema. Es por ende, que nos damos a la tarea de crear un sistema de cálculo de protección catódica con macros en Excel, donde el operador solo debe introducir los valores de entrada del buque, y el material del ánodo a utilizar, para lo cual el sistema escoge por defecto los parámetros de cálculo y realiza de forma inmediata el cálculo, dando la solución de ánodos necesarios para cada parte sumergida de la embarcación.

2.2 MODELO MATEMÁTICO.

2.2.1 Esquema de cálculo.

Para calcular el número de ánodos mínimo en una embarcación es necesario cumplir con los pasos descritos en el esquema de la figura 6.

En esta figura se muestra el esquema de cálculo completo para la determinación de la cantidad mínima de ánodos. Este cálculo arroja la cantidad específica en el casco (banda y fondo), la cantidad en las cajas de mar, la cantidad en las palas de los timones y la cantidad en los arbotantes, así como brinda la vida útil de los ánodos y el espaciamiento para su ubicación en el casco.

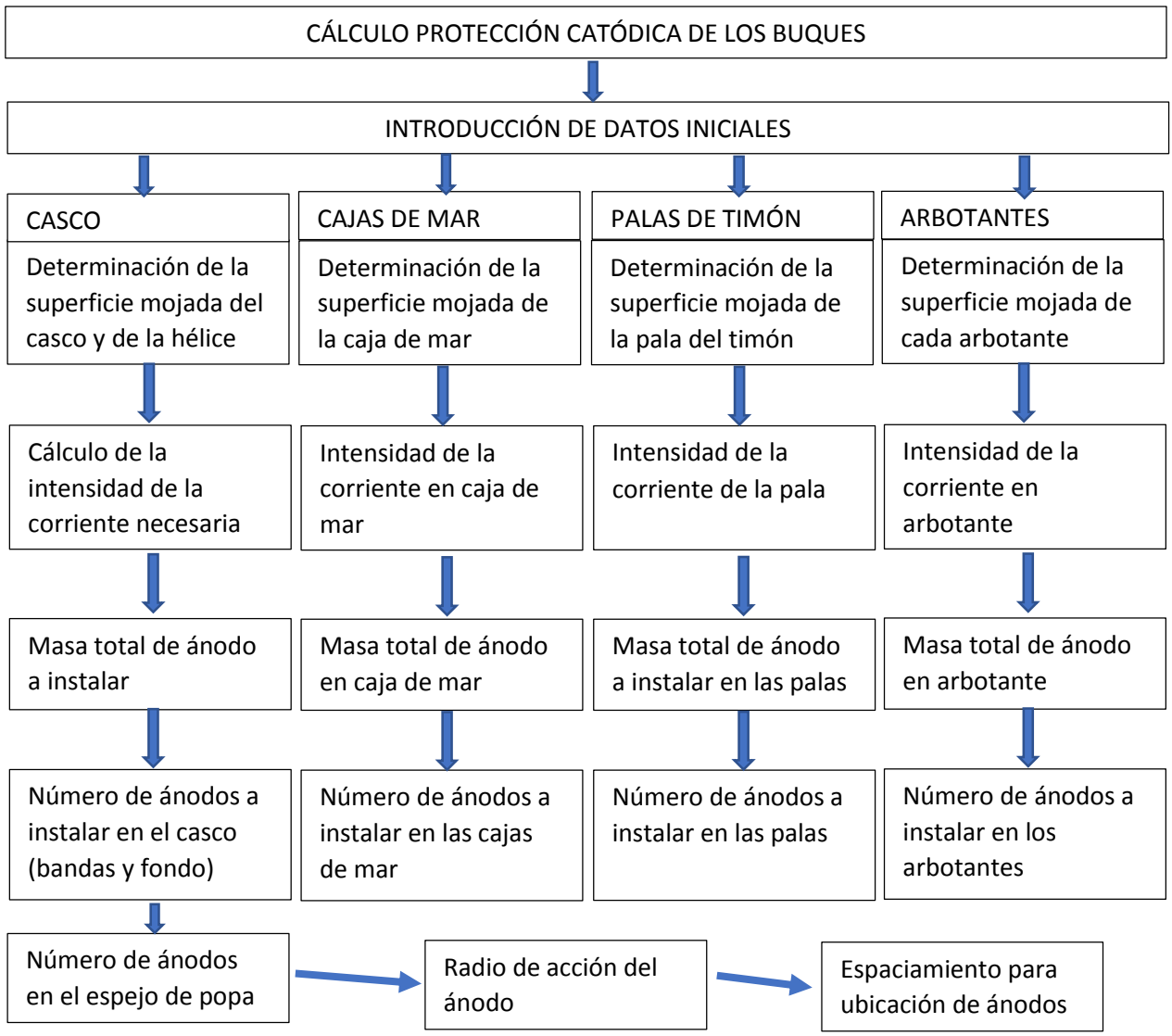


Fig 6. Esquema de cálculo de protección catódica.

2.2.2 Formulación matemática.

Para la elaboración del modelo matemático se acopiaron diversas fuentes, donde se conformó la variante más completa de cálculo, de forma tal que abarcara las diversas partes de la superficie sumergida del buque.

El modelo matemático fue implementado en una hoja de Excel y las fórmulas que responden a esto son las siguientes:

1. Cálculo del área de la superficie mojada.

$$S_{mc} = \left(1.8 * L_{pp} * D\right) + \left(B *_c L_{pp} * B\right) \quad (1)$$

Donde:

S_{mc} – Superficie mojada del casco, m^2

L_{pp} – Eslora entre perpendiculares, m

D – Calado, m

B_c – Coeficiente de bloque.

B – Manga de trazado, m

2. Intensidad de la corriente total.

$$I_t = \left(S_{mc} * DC_c * f_{drf}\right) + \left(S_{mh} * DC_h\right) \quad (2)$$

Donde:

I_t – Intensidad de corriente total, A

DC_c – Densidad de corriente del casco, mA/m^2

f_{drf} – Factor de deterioro de recubrimiento final

S_{mh} – Superficie mojada de la hélice, m^2

$S_{mh} = \pi * r^2 * 1.1777786 * 2$

r – Radio de la hélice, m

El factor de deterioro del recubrimiento f_{drf}, describe la reducción de la corriente de protección necesaria debida a la aplicación de un recubrimiento electricamente aislado.[1]

$$f_{drf} = a + b * t \quad (3)$$

Donde:

a, b – Constantes que dependen de las categorías del recubrimiento.

t – vida de diseño del sistema de protección catódica, años.

Categoría I: una capa de pintura epoxi, con un espesor de capa seca mínimo de 20 µm.

Categoría II: una o más capas de pintura marina base epoxi, poliuretano o vinilo con un espesor mínimo de la capa seca de 250 µm.

Categoría III: dos o más capas de pintura base epoxi, poliuretano o vinilo con un espesor mínimo de la capa seca de 350 µm.

Las constantes a y b pueden tener los valores reflejados en la tabla 2.

Tabla 2. Constantes recomendadas de a y b para el cálculo del factor de deterioro de la pintura.

Profundidad (m)	Valores recomendados de a y b según categorías I, II y III.		
	I (a=0.10)	II (a=0.05)	III (a=0.02)
0-30	b=0.10	b=0.025	b=0.012
>30	b=0.05	b=0.015	b=0.008

3. Intensidad de la corriente total por año

$$I_{t*año} = I_t * 365 * 24 * t \quad (4)$$

Donde:

$I_{t*año}$ – Intensidad de la corriente total por años, Ah

4. Masa de ánodo a instalar.

$$M_t = \frac{I_{t*año}}{I_a} \quad (5)$$

Donde:

M_t – Masa total de ánodo a instalar, Kg

I_a – Capacidad eléctrica teórica del ánodo, Ah/Kg

5. Masa real de ánodo a instalar.

$$M_r = \frac{I_{t*año}}{R_a * F_u} \quad (6)$$

Donde:

M_r – Masa real del ánodo, Kg

R_a – Rendimiento del ánodo.

F_u – Factor de utilización.

6. Número de ánodos a instalar.

$$N_a = \frac{M_r}{P_{ac}} \quad (7)$$

Donde:

N_a – Número de ánodos, u

P_{ac} – Peso del ánodo en el casco, Kg

7. Superficie mojada de la caja de mar.

$$S_{mcm} = (a * p) + 4(h * p) \quad (8)$$

Donde:

S_{mcm} – Superficie mojada de caja de mar, m^2

a – Ancho caja de mar, m

p – Profundidad caja de mar, m

h – Altura caja de mar, m

8. Intensidad de corriente total caja de mar.

$$I_{tcm} = S_{mcm} * DC_{cm} * f_{drf} \quad (9)$$

Donde:

I_{tcm} – Intensidad de corriente total caja de mar, A

DC_{cm} – Densidad de corriente caja de mar, mA/m^2

9. Intensidad de corriente total gastada por año en caja de mar.

$$I_{t,año,cm} = I_{tcm} * 365 * 24 * t \quad (10)$$

Donde:

$I_{t*año*cm}$ – Intensidad de corriente total gastada por año en caja de mar, A

10. Masa del ánodo a instalar en cajas de mar.

$$M_{tcm} = \frac{I_{t,año,cm}}{I_a * R_a * F_u} \quad (11)$$

Donde:

M_{tcm} – Masa total del ánodo en cajas de mar, Kg

11. Cantidad de ánodos a instalar en cajas de mar.

$$C_{acm} = \left(\frac{M_{tcm}}{P_{acm}}\right) * ncm \quad (12)$$

Donde:

P_{acm} – Peso de cada ánodo en cajas de mar, Kg

ncm – Cantidad de cajas de mar, u

12. Superficie mojada de la pala del timón.

$$S_{mp} = b * h_p * 2 \quad (13)$$

Donde:

S_{mp} – Superficie mojada de la pala del timón, m^2

b – Ancho de la pala, m

h_p – Altura de la pala, m

13. Intensidad de corriente total de la pala.

$$I_{tp} = S_{mp} * DC_p * f_{drf} \quad (14)$$

Donde:

I_{tp} – Intensidad de la corriente total de la pala, A

DC_p – Densidad de corriente de la pala, mA/m^2

14. Intensidad de la corriente total de la pala por años.

$$I_{tp,años} = I_{tp} * 365 * 24 * t \quad (15)$$

Donde:

$I_{tp,años}$ – Intensidad de la corriente total de la pala por años, (Ah)

15. Masa total del ánodo de las palas.

$$M_{tt} = \frac{I_{tp,años}}{I_a * R_a * F_u} \quad (16)$$

Donde:

M_{tt} – Masa total del ánodo de las palas, Kg

16. Cantidad total de ánodos en las palas.

$$C_{ap} = \frac{M_{tt} * np}{P_{apt}} \quad (17)$$

Donde:

np – Cantidad de palas de timón, u

P_{apt} – Peso de cada ánodo en las palas del timón, Kg

17. Superficie mojada de cada arbotante.

$$S_{ma} = b_a * h_a * 2 * npa + S_{mn} \quad (18)$$

Donde:

S_{ma} – Superficie mojara de cada arbotante, m^2

b_a – Ancho de pata de arbotante, m.

h_a – Altura de pata de arbotante, m

npa – Cantidad de patas del arbotante, m.

S_{mn} – Área mojada del núcleo del arbotante, m^2

$S_{mn} = \pi * d_a * l_n$

d_a – Diámetro del núcleo del arbotante, m

l_n – Largo del núcleo del arbotante, m

18. Intensidad de corriente total del arbotante.

$$I_{ta} = S_{ma} * DC_a * f_{drf} \quad (19)$$

Donde:

I_{ta} – Intensidad de corriente total del arbotante, mA

DC_a – Densidad de corriente del arbotante, mA/m^2

19. Intensidad de corriente total de los arbotantes por años.

$$I_{ta,años} = I_{ta} * 365 * 24 * t \quad (20)$$

Donde:

$I_{ta,años}$ −Intensidad de corriente total de los arbotantes por años, (Ah)

20. Masa total de ánodos en los arbotantes

$$M_{ta} = \frac{I_{ta,años}}{I_a * R_a * F_u} \quad (21)$$

21. Cantidad total de ánodos en los arbotantes.

$$C_{aa} = \left(\frac{M_{ta}}{P_{aa}}\right) * na \quad (22)$$

Donde:

P_{aa} − Peso del ánodo en los arbotantes, Kg

na − Cantidad de arbotantes, u

3. RESULTADOS

Se obtuvo como resultado un sistema de protección catódica de los buques que muestra la siguiente estructura:

1. Pantalla de presentación, entrada de los datos iniciales y muestra de los resultados finales. (Hoja con denominación “CALCULO”).
2. Pantalla de formulario. (Hoja con denominación “FORMULARIO”). Se presenta el modelo matemático y el proceso de cálculo completo.
3. Pantalla de ayuda (Hoja con denominación “AYUDA”). Se brinda la ayuda necesaria para escoger los datos imprescindibles para el cálculo.

Estas pantallas se presentan como se muestra en las siguientes figuras:

1. Pantalla “CÁLCULO”.

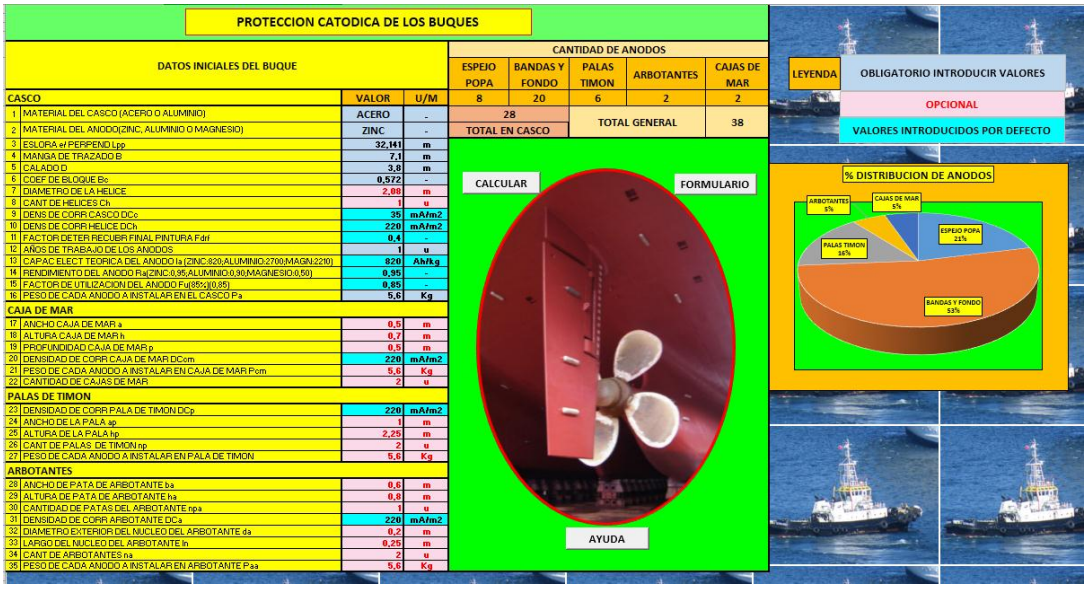


Fig 7. Entrada de datos iniciales.

2. Pantalla “FORMULARIO 1ra PARTE”.

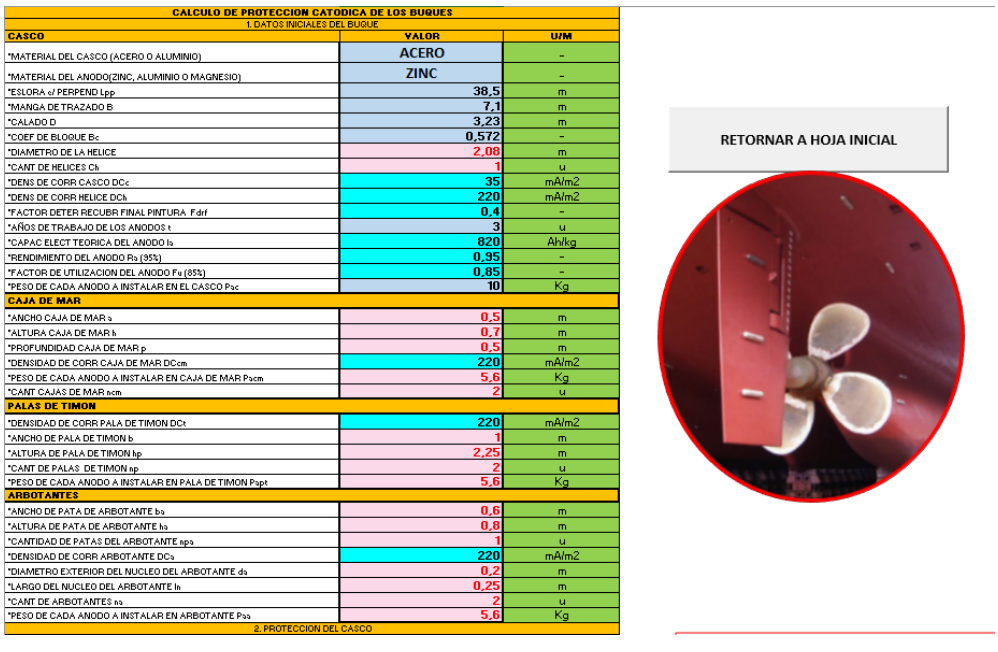


Fig 8. Datos de entrada del formulario para el cálculo

3. Pantalla “FORMULARIO 2da PARTE”.

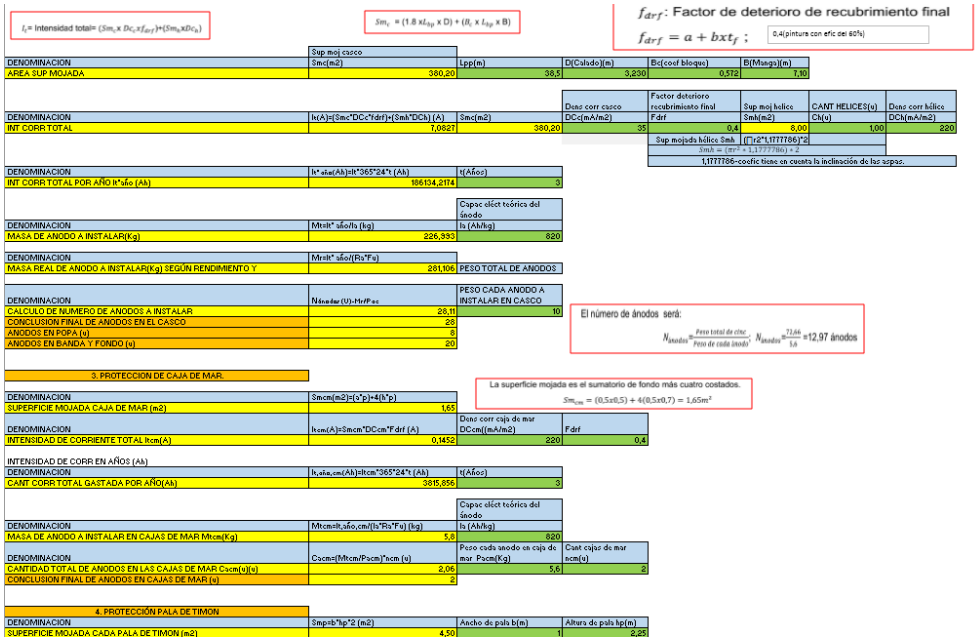


Fig 9. Formulario 2da parte.

4. Pantalla “FORMULARIO 3ra PARTE”.

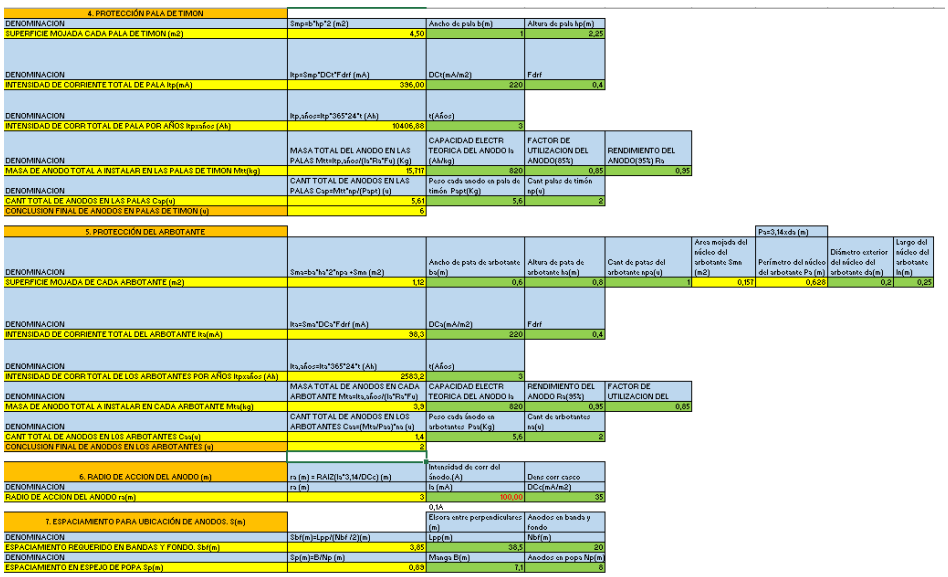


Fig 10. Formulario 3ra parte.

5. Pantalla “AYUDA”.

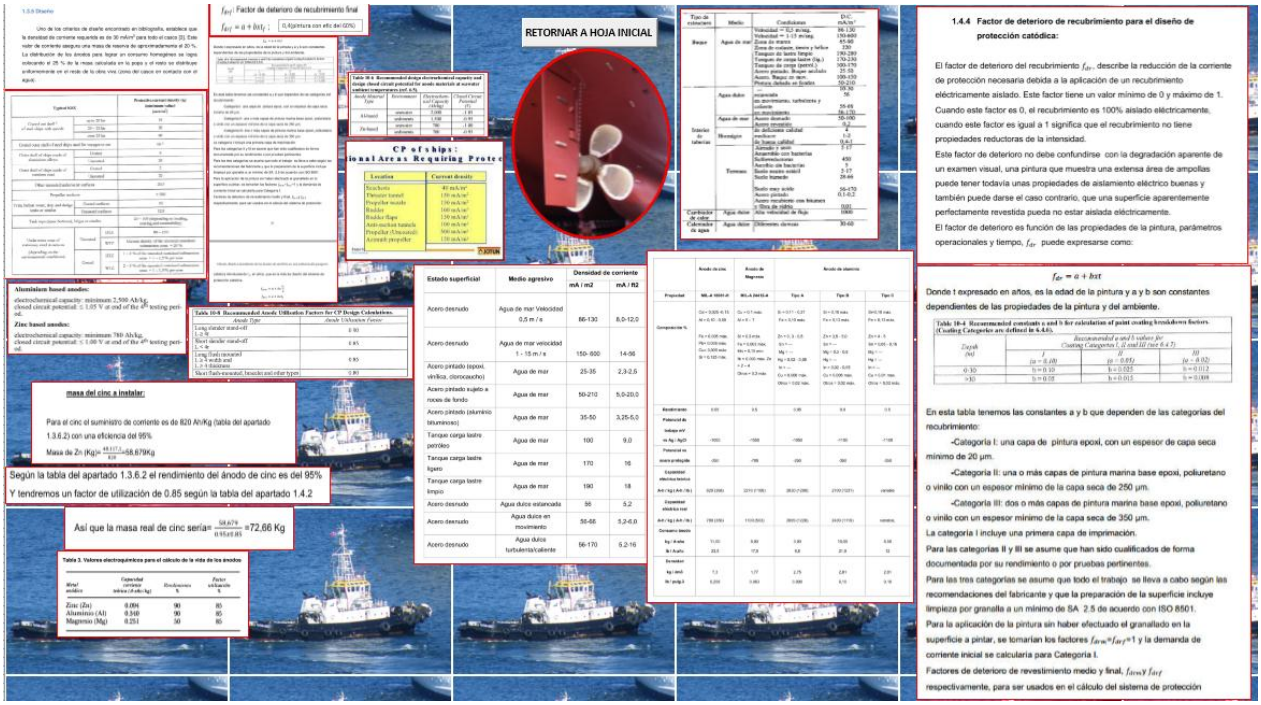


Fig 11. Ayuda para seleccionar datos del cálculo.

3.1 Implementación de las macros.

Para la implementación del cálculo se creó en VisualBasic la siguiente macro:

```
Sub CALCULAR()
Rem Definir material del casco
If Range("G8").Value <> ("ACERO") And Range("G8").Value <> ("ALUMINIO") Then
MsgBox ("INTRODUZCA ACERO O ALUMINIO EN MAYUSCULAS")
Exit Sub
End If
Rem Introducir propiedades en dependencia del material del casco
If Range("G8").Value = ("ACERO") Then
Range("G16").Value = 35
End If
If Range("G8").Value = ("ALUMINIO") Then
Range("G16").Value = 20
End If
Rem Definir material del ánodo
```

```
If Range("G9").Value <> ("ZINC") And Range("G9").Value <> ("ALUMINIO") And Range("G9").Value <> ("MAGNESIO") Then
MsgBox ("INTRODUZCA ZINC O ALUMINIO O MAGNESIO EN MAYUSCULAS")
Exit Sub
End If
Rem Introducir propiedades del ánodo de ZINC
If Range("G9").Value = ("ZINC") Then
Range("G20").Value = 820
Range("G21").Value = 0.95
Range("G22").Value = 0.85
End If
Rem Introducir propiedades del ánodo de ALUMINIO
If Range("G9").Value = ("ALUMINIO") Then
Range("G20").Value = 2700
Range("G21").Value = 0.9
Range("G22").Value = 0.85
End If
Rem Introducir propiedades del ánodo de MAGNESIO
If Range("G9").Value = ("MAGNESIO") Then
Range("G20").Value = 2210
Range("G21").Value = 0.5
Range("G22").Value = 0.85
End If
Rem Asegurar que los valores no estén vacíos
If Range("G8").Value = Empty Or Range("G9").Value = Empty Or Range("G10").Value = Empty Or Range("G11").Value = Empty Or Range("G12").Value = Empty Or Range("G13").Value = Empty Or Range("G19").Value = Empty Or Range("G23").Value = Empty Then
MsgBox ("DATOS INCOMPLETOS")
Exit Sub
End If
Rem Asegurar que algunos valores de estos vacíos, tomen valores de cero
If Range("G14").Value = Empty Then
Range("G14").Value = 0
End If
If Range("G15").Value = Empty Then
Range("G15").Value = 0
End If
If Range("G25").Value = Empty Then
Range("G25").Value = 0
```

```
End If
If Range("G26").Value = Empty Then
Range("G26").Value = 0
End If
If Range("G27").Value = Empty Then
Range("G27").Value = 0
End If
If Range("G29").Value = Empty Then
Range("G29").Value = 0
End If
If Range("G30").Value = Empty Then
Range("G30").Value = 0
End If
If Range("G33").Value = Empty Then
Range("G33").Value = 0
End If
If Range("G34").Value = Empty Then
Range("G34").Value = 0
End If
If Range("G35").Value = Empty Then
Range("G35").Value = 0
End If
If Range("G36").Value = Empty Then
Range("G36").Value = 0
End If
If Range("G38").Value = Empty Then
Range("G38").Value = 0
End If
If Range("G39").Value = Empty Then
Range("G39").Value = 0
End If
If Range("G40").Value = Empty Then
Range("G40").Value = 0
End If
If Range("G42").Value = Empty Then
Range("G42").Value = 0
End If
If Range("G43").Value = Empty Then
Range("G43").Value = 0
```

```
End If
If Range("G44").Value = Empty Then
Range("G44").Value = 0
End If
If Range("G45").Value = Empty Then
Range("G45").Value = 0
End If
Rem Copiar los valores de entrada en el formulario
Range("G8:G45").Copy
Sheets("FORMULARIO").Range("B4:B41").PasteSpecial xlPasteValues
Rem Copiar valores de resultados en las casillas de entrada
Rem Espejo de popa
Sheets("FORMULARIO").Range("B70").Copy
Sheets("CALCULO").Range("I7").PasteSpecial xlPasteValues
Sheets("CALCULO").Select
Rem Bandas y fondo
Sheets("FORMULARIO").Range("B71").Copy
Sheets("CALCULO").Range("J7").PasteSpecial xlPasteValues
Sheets("CALCULO").Select
Rem Palas de timón
Sheets("FORMULARIO").Range("B104").Copy
Sheets("CALCULO").Range("K7").PasteSpecial xlPasteValues
Sheets("CALCULO").Select
Rem Arbotantes
Sheets("FORMULARIO").Range("B117").Copy
Sheets("CALCULO").Range("L7").PasteSpecial xlPasteValues
Sheets("CALCULO").Select
Rem Cajas de mar
Sheets("FORMULARIO").Range("B90").Copy
Sheets("CALCULO").Range("M7").PasteSpecial xlPasteValues
Sheets("CALCULO").Select
Rem Solucionar valor indefinido de caja de mar
Sheets("CALCULO").Select
If Range("G29,G30").Value = 0 Then
Range("M7").Value = 0
End If
Rem Solucionar valor indefinido de palas de timón
Sheets("CALCULO").Select
If Range("G35,G36").Value = 0 Then
```

```
Range("K7").Value = 0
End If
Rem Solucionar valor indefinido de arbotantes
Sheets("CÁLCULO").Select
If Range("G44,G45").Value = 0 Then
Range("L7").Value = 0
End If
Sheets("CÁLCULO").Select
End Sub
```

4- CONCLUSIONES

1. Se creó un sistema de cálculo de protección catódica de los buques, realizado con macros en Excel, que posibilita una mejor interacción con el usuario y de fácil operación.
2. Se logró una solución práctica a los profesionales del mar, para el cálculo y determinación de la cantidad de ánodos de sacrificio en las diferentes partes de la obra viva del buque.
3. Se confeccionó un esquema de cálculo lo más completamente posible que da respuesta a esta problemática.

5- BIBLIOGRAFIA

1. Bárez García, Sara. “Cálculo, diseño e instalación de los ánodos de sacrificio en una embarcación de pesca“. Escuela Técnica Superior de Náutica. Universidad de Cantabria.
2. Fernando Javier. “Sistemas de protección catódica”. Mar del Plata, Septiembre 2011.
3. Borrás Salla, Marc. “Desarrollo de una interfaz gráfica y validación del software para el cálculo de la pérdida de potencia en función del aumento de la corrosión en su casco”. Universidad Politécnica de Cartagena. Diciembre 2016.
4. Rosario Francia, Samuel. “Protección catódica-Diseño de ánodos de sacrificio”. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. Vol 7, No 13, 37-44 (2004) Universidad Nacional Mayor de San Marcos ISSN: 1561-0888 impreso) / 1628-8097 (electrónico).
5. Loachamin Nasimba, Jefferson. “Diseño y simulación de protección catódica en la industria petrolera”. Quito, Diciembre 2019.

6. PEMEX. “Diseño, instalación y mantenimiento para los sistemas de protección catódica”· Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. NRF-047-PEMEX-2002. México, Agosto 2022.
7. Rodríguez Conde, Begoña. “Impacto ambiental de los ánodos de sacrificio en la Ría de Vigo”. Universidad de la Coruña. Trabajo de Fin de Maestría. Septiembre 2017.
8. Pérez Pérez, Waldo Fabián. “Estudio técnico-económico del sistema de protección catódica del remolcador de alta mar Pequén de Saam”. Universidad Técnica Federico santa María. Valparaíso, Abril 2018.
9. Fraga Rivas, Alberto Javier. “Ingeniería Marina: Sistemas de protección catódica a bordo”. Universidad de la Coruña. Trabajo fin de grado. Septiembre 2016.
10. Guidice, Carlos A. Pereyra, Andrea M. “Protección catódica con ánodos galvánicos”. Universidad Tecnológica Nacional facultad regional La Plata.
11. Méndez Pérez, Adonay. “Protección catódica: Ánodos de sacrificio”. Universidad de La Laguna. Septiembre 2016.

MÉTODO DE DISEÑO HIDRODINÁMICO DE EMBARCACIONES QUE NAVEGAN EN MEDIO BIFÁSICO

Marzan Tachel, Z[1], Prieto Fernández, A. P[2], Borrego Rodríguez, L[3], Pérez Amador, G.A[4]

[1,3,4] CIDNAV, [2] CIDNAV-UTH,

[1] **e-mail:** zaiki@nauta.cu

RESUMEN

En la fase de diseño conceptual del buque, desde el punto de vista hidrodinámico, uno de los factores más relevantes es la resistencia al avance. Una vez definido su valor, es posible determinar la potencia necesaria para alcanzar la velocidad demandada. Optimizar las formas del casco del buque en función de la velocidad contribuye a disminuir la resistencia al avance y la potencia de la instalación propulsora. En los límites del presente trabajo se desarrolla un método de diseño hidrodinámico de embarcaciones que navegan en medio bifásico.

Palabras claves: resistencia al avance, velocidad, método de diseño hidrodinámico.

1. INTRODUCCIÓN

El casco de un buque se diseña para que su deslizamiento sea óptimo en condiciones normales de navegación. Todo movimiento del casco modifica el flujo del agua alrededor, y al destruir la armonía de las líneas de corriente, contribuye al incremento de la resistencia al avance.

La componente de resistencia al avance producida por la variación de la presión que genera el movimiento del casco entre los medios: aire/agua, se denomina resistencia de ola. Su magnitud se define mediante ensayos de modelos físicos a escala reducida en condiciones controladas de los canales de pruebas de remolque, según los procedimientos de la ITTC. [1]

En el presente trabajo se estudia el modelo del casco de la embarcación: Lancha Rápida Multi-escalón (LR). Se aborda el fenómeno de la crisis de resistencia al avance por incremento de la componente de ola.

Para el desarrollo del proyecto “Lancha Rápida” se aplicaron procedimientos, donde el diseño conceptual tributó directamente a la elaboración del proyecto de detalle, la construcción de modelos a escala reducida para la validación en canales de pruebas. Se estudiaron dos modelos de casco: Mono-escalón y Multi-escalón. Se estableció experimentalmente la supremacía de este último, tanto por la estabilidad en marcha ante la variación dinámica de pesos. Se desarrolló un prototipo que alcanzó velocidades promedio entre 12-14 nudos, que no responde a los resultados esperados.

Se evidenció que la forma del casco determina la resistencia al avance, por lo que se demanda aquella conformación que permita reducir la potencia propulsora capaz de alcanzar el rango de velocidades solicitadas. Teóricamente la resistencia al avance es proporcional al cuadrado de la velocidad. En los límites del presente trabajo, al incumplimiento de esta función cuadrática se le denomina: crisis de resistencia al avance en medio bifásico.

Estos antecedentes definen la siguiente situación problemática: teniendo en cuenta que las embarcaciones desarrolladas no alcanzan las velocidades previstas para su empleo en las condiciones de mar en calma, debido a la crisis de resistencia al avance, se define el siguiente problema científico: ¿Cómo influye la forma del casco en el control de la resistencia de ola para el incremento de la velocidad?

La identificación del problema permitió definir como objetivos los siguientes: determinar las características hidrodinámicas de las formas de cascos de lanchas rápidas; determinar la componente de ola de la resistencia al avance, en la generación de la crisis de resistencia y evaluar el sistema de control de la crisis de resistencia al avance.

Para dar solución al problema, se realiza el análisis de los fenómenos hidrodinámicos mediante la modelación física a escala, tocando como criterio de semejanza el número de Froude. Se emplean los métodos investigativos: la observación, la simulación computacional y la experimentación mediante los ensayos en modelos a escala y el procesamiento estadístico de los resultados.

Los límites de la investigación se definen en los términos de navegación en medio bifásico (aire/agua) que considera una superficie libre homogénea, donde se desprecian las capas de mezclas; formulación de modelos analíticos, numéricos y físicos a escala reducida; tecnología en función del nivel de desarrollo de las fuerzas productivas del astillero e integración con la economía nacional, que minimizan las importaciones y los costos de investigación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En los límites del presente trabajo se asume que el modelo científico es una representación abstracta, conceptual, gráfica o física de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizarlos y describirlos [2]. Un modelo permite determinar un resultado final a partir de los datos de entrada. Se considera que la creación del modelo es una parte esencial de toda la actividad científica.
En la presente investigación se utiliza el modelo físico a escala reducida que tiene como instalaciones experimentales el banco de centraje, el banco de inercias, el estanque de pruebas de estabilidad estática, el canal de pruebas hidrodinámicas y la acuatoria restringida.

Instalación experimental

La instalación experimental se compone de modelos, soportes, equipos de medición y sistema de adquisición y almacenamiento de datos. A continuación, se describen estos elementos.

Modelos

Tecnología de construcción

El modelo a escala reducida del prototipo de una embarcación multiescalón, con una compleja geometría en popa, con un quillote central y un espejo de popa recto. Ver figura 1.

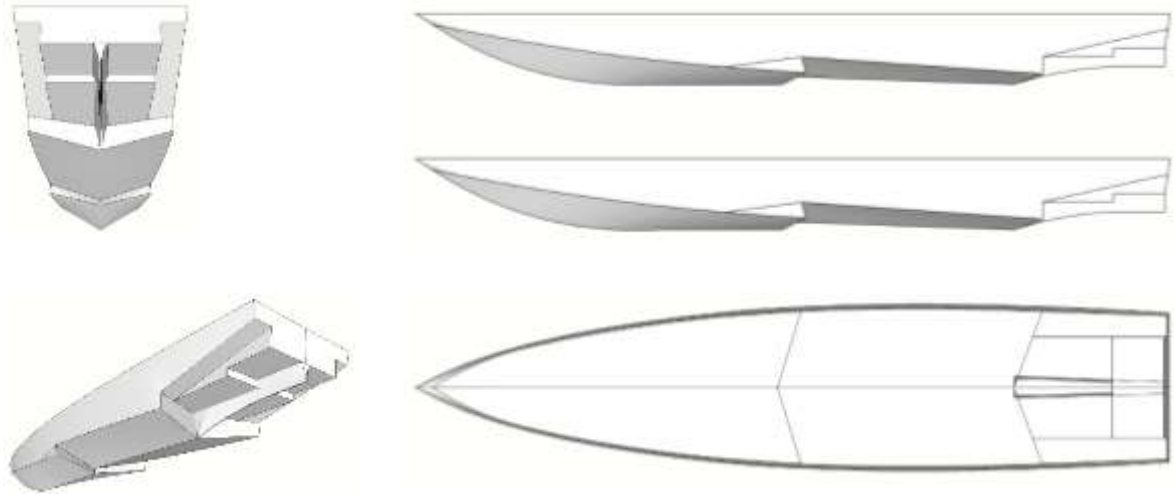


Fig.1. Modelo geométrico computarizado.

El casco se concibió a partir de una estructura longitudinal aligerada, ubicada en el plano diametral hasta la quilla, con dieciocho refuerzos estructurales transversales, cuadernas y el espejo de popa. Para el cierre superior por el plano de la cubierta se monta una platabanda, conformando así una estructura que permitiera acoplar el forro y obtener la forma final. El mismo principio fue utilizado para la construcción de la superestructura, que cuenta con una estructura aligerada en el plano diametral y siete cuadernas.

Equipos de medición

Carro calibrador eléctrico 200VCA, 3F, 50/60Hz., motor propulsor de 11kW 220 VCD. Control de la velocidad por potenciómetro de la corriente compaund a través del bloque DS100. Control del tiempo de aceleración / desaceleración restringido a 6 (s), mediante el bloque Linaer Time Kit (LTK), velocidades régimen de baja: 0,03 – 0,6(m/s); régimen de alta: 0,3 – 6,0 (m/s), el cambio

de régimen se realiza a través del reductor mecánico 1/10 y el acoplamiento de los ejes principal y secundario mediante *closhets* embragues electromagnéticos.
El carro calibrador cuenta con 6 sistemas de frenaje.
Sistema energético por troleys de 3 vías y dispositivo de transmisión por electrodos (doble carbones) remolcados por el carro. Incluye en el sistema dos transformadores 220 / 110 VCA.
El equipo de adquisición de datos instalado en el panel frontal permite la selección de la distancia de medición, las lecturas del optcoder y el cronómetro, así como el registro del número de vueltas de hasta 2 medidores de flujo (Current Meteres).
La celda de carga firma Boshing (500kgf), con Indicador inteligente TAS-1, con fuente estabilizada de voltaje de 10±0.01Vcd.
En el modelo se instala la unidad de medición inercial (IMU) tipo MTi-28 A83 G35 de la firma Xsens, para sensar los ángulos de asiento, escora, las velocidades angulares de guiñada, balanceo, cabeceo, las aceleraciones lineales en los tres ejes. Las señales se trasmiten por puerto USB a la PC _Portátil.
Para las pruebas en la acuatoria de la bahía en los modelos se instala la unidad de medición inercial con GPS (MTi-G) que suma a los anteriores parámetros los siguientes; la posición geodésica (latitud, longitud, altura) y el tiempo universal (UCT). Las señales se trasmiten por puerto USB, se registran con el administrador Xsens instalado en la PC _Portátil. Para redundar las mediciones de velocidad se ubica a bordo de la lancha un GPS Garmín-76C conectado a la PC- Portátil para el registro de las rutas, el tiempo y las velocidades.
El transductor de desplazamiento vertical y la celda de carga de 500kgf se conectan al módulo de adquisición de datos con salida USB que es controlado por el programa Labview v8, instalado en la PC_ Portátil.
Como datos de entrada se cuenta con la tabla de pesos de cada componente de los modelos, determinados en la balanza analítica digital KILO Tech SN.CS KWS 10020359 Capacidad 15kg División 2g.
Para el control del peso total de los modelos ensamblados se emplea el Dinamómetro digital KERN CH50K100 Capacidad 50kg División 100g.

Pruebas en el canal de remolque.

El objetivo general de los ensayos en el canal de remolque es establecer la influencia de las siguientes variables sobre las cualidades hidrodinámicas del modelo:

- Resistencia del agua al avance del modelo remolcado.

- Efecto combinado del ángulo de asiento en marcha y la distribución de los pesos sobre la resistencia al avance.
- Interferencia hidrodinámica entre los escalones transversales y los conformadores de flujo longitudinales.
- Efecto de la cavitación en los escalones y en los planos de distribución de las hélices y los timones.
- Efecto de los deflectores de flujo en el control y eficiencia del planeo.

Pruebas en la acuatoria restringida

Con el objetivo de alcanzar los valores máximos de velocidad de remolque que demanda el proyecto de LR a escala de modelo, se procede a la construcción de una instalación experimental para el trabajo en aguas abiertas, la que está compuesta por:

- Lancha de planeo con Motor Fuera de Borda (MFB).
- Soporte ligero en proa para remolque por la banda, con la celda de carga y los cables del sensor IMU.
- Modelo con fijación del remolque por proa.

Las pruebas se desarrollaron en las siguientes acuatorias restringidas:
Bahía de Cabañas, Bahía de La Habana. Ver figura 2.



Fig. 2. Pruebas desarrolladas en las acuatorias restringidas.

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos realizados en el canal, donde solo se trabajan en condiciones de oleaje atenuado, por la corrida en régimen de baja del carro, hasta el sector de arranque, se evidencia, el macheteo del modelo remolcado al encuentro del tren de olas.

Curvas de remolque según las formas del casco de la lancha

Los resultados generalizados en función del coeficiente de la calidad hidrodinámica inversa e(R/D) y el Número de Froude calculado por el Desplazamiento volumétrico Fr.D, para lo cual se asume el valor de la aceleración de la gravedad registrado en el canal, durante los ensayos con el sensor IMU, fue de 9,69±0,1 (m/s^2). Se asume para el cálculo del peso específico del agua, el valor de la temperatura del agua medido durante el mismo ensayo.

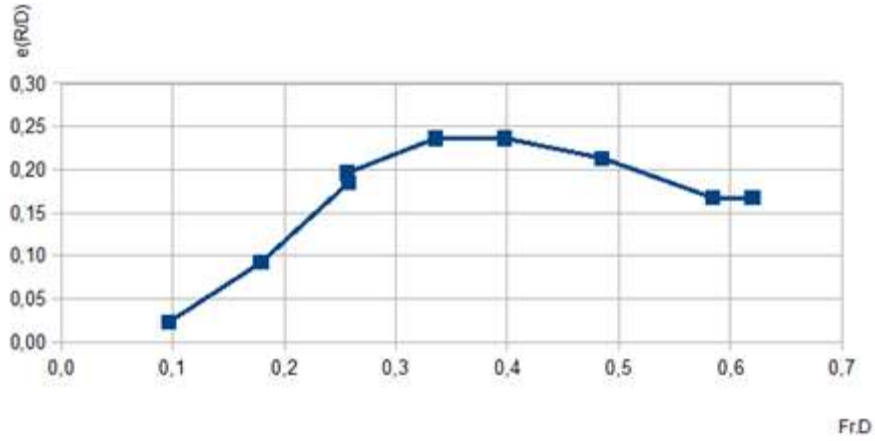


Fig. 3. Curva de remolque modelo Multi Escalón: Estado de carga No1.

En la figura 3 se observa que el punto de inflexión de la rama ascendente está en el intervalo Fr.D=0,2...0,3. Los valores máximos de la curva e=0,24 en el intervalo Fr.D=0,35...0,4. El régimen deslizante con planeo pleno comienza a valores de Fr.D=0,6±0,02, donde alcanza e=0,16±0,01.

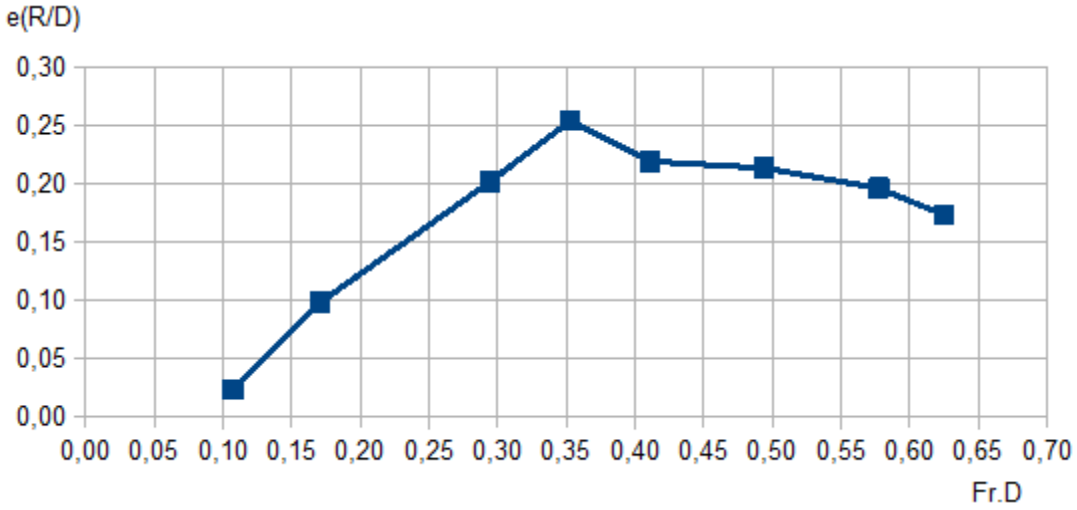


Fig. 4. Curva de remolque modelo Multi Escalón: Estado de carga No 2.

En la figura 4 se observa que el punto de inflexión de la rama ascendente está indefinido en el intervalo Fr.D=0,2...0,3. Los valores máximos de la curva e=0,25 en el intervalo Fr.D=0,35...0,4. El régimen deslizante con planeo pleno comienza a valores de Fr.D=0,6±0,02, donde alcanza e=0,18±0,01.

Influencia de los conformadores de flujo longitudinales en la lancha

Se constató que a velocidades características del régimen de semi-planeo, con ángulos de asiento en el rango de -3,5º y hasta -7,5º, particularmente con velocidad de 3,0±0,1 (m/s), es significativo el rebote del chorro en las entradas escalonadas de los conformadores en forma de escalones longitudinales del fondo. Se observa la formación de cortinas de filetes de agua escalonadas según la altura del extremo de entrada del escalón longitudinal, que salen del fondo y se extienden a las bandas sobre la superficie del espejo de agua. Las tres cortinas de filetes se unen en un seno profundo, en el área de cuadernas aguas abajo del escalón, que va desde el casco hasta un ancho de dos bandas. En ningún caso estas cortinas individuales, ni su combinación choca con las bandas del canal, al menos en la eslora del modelo.

En el régimen de planeo en el rango entre 5,1±0,1(m/s) y hasta 5,5±0,1(m/s), el chorro de rebote, identificado por Savitsky, en la década de los años 50 del siglo XX [4]. Se observa concentrado en la proa de ambas aletas longitudinales de las bandas, aguas arriba del escalón.

Para este rango se confirmó experimentalmente la predicción realizada por las simulaciones con el CFX del Ansys 16,0. Se observó la frontera paralela al casco, generada por el área sumergida de la aleta longitudinal de cada banda. La misma se va separando del casco en dirección a la terminal de popa y emerge como un tren de olas longitudinales. En tanto que los filetes de agua que resbalan por el fondo aguas abajo del escalón terminan emergiendo por las bandas de los modelos y llegan a la altura de las cubiertas e incluso chocan con las bases en voladizo de las plataformas en la superestructura de popa.

Durante los ensayos se constató, que para la ubicación del conformador de flujo longitudinal, en el rango de velocidades ensayadas de (0,9…5,5) ±0,1 (m/s), el mismo contribuye significativamente a la estabilidad del régimen de planeo.

Evaluación del efecto escala en la lancha

En el caso de las lanchas rápidas en régimen de planeo el efecto de escala influye sobre la resistencia de fricción.

Los resultados obtenidos en las velocidades señaladas, permitieron constatar que el modelo no sale al régimen de planeo y que por la poca esbeltez de la proa, el modelo sin el suficiente ángulo de asiento, tiende a formar una ola frontal, que restringe su avance y aumenta la resistencia.

Validación de los ensayos numéricos

Se utiliza como criterio de validación de los ensayos numéricos la convergencia de los patrones de olas generadas por el movimiento del modelo físico contra los observados con la simulación para los mismos valores de velocidad. Ver figura 8.

Vo(m/s)	Rx(N)
0.23	-0.49
0.46	1.80
0.55	3.32
0.92	9.90
0.97	7.56
1.38	16.13
1.84	19.77
2.30	15.90
2.76	16.47

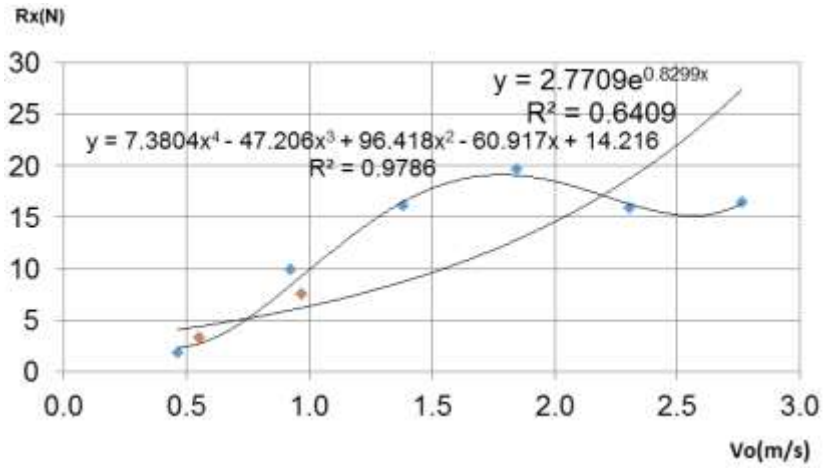


Fig. 5. Gráficos de la resistencia al avance conjunta de modelación numérica y física.

En la figura 5 la nueva línea de tendencia conjunta de los resultados de los ensayos numéricos y los ensayos físicos son las expresiones (1 y 2).

Potencial $$R(N) = 7.2585 \times (Vo)1.2214 \quad (1)$$

Polinómica $$y = 7.3804 \times (Vo)4 - 47.206 \times (Vo)3 + 96.418 \times (Vo)2 - 60.917 \times (Vo) + 14.216 \quad (2)$$

4. DISCUSIÓN

Con la ejecución de las pruebas se garantizó el cumplimiento de los principales requisitos e indicadores para los ensayos en el canal tanto por el modelo como por los equipos e instrumentos de medición, componentes de la instalación experimental.

El inconveniente más significativo en la realización de los experimentos estriba en la imposibilidad de medir automáticamente y al unísono las componentes de velocidad, la fuerza de resistencia al avance, el desplazamiento vertical y el ángulo de asiento en marcha. Se realizó la sincronización de los relojes para el Tiempo Universal (UTC), con desviación en las décimas de segundo.

Según la geometría del casco de la lancha: multi-escalón, desarrollado por el CIDNAV, se analizaron los resultados de las pruebas del modelo a escala reducida, y la curva de resistencia al avance extrapolada a escala natural. El procesamiento adimensional de la curva de remolque, expresado en función de la calidad hidrodinámica, determinada como la razón de la Potencia

efectiva sobre el Desplazamiento (Ne/D) y del Número de Froude, calculado en función del Desplazamiento (Fr.D), se representa en la figura 10.

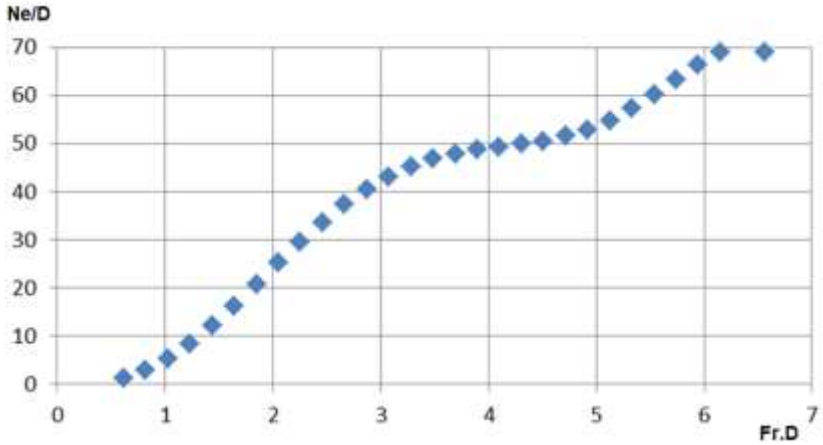


Fig. 6. Curva de la cualidad hidrodinámica del casco Multi Escalón en función del criterio de Froude calculado por el Desplazamiento.

5. CONCLUSIONES

- Los ensayos con modelos a escala reducida en el canal de pruebas de remolque, constituyen una potente herramienta para el proceso de toma de decisiones en la etapa de diseño de los prototipos.
- El diseño del modelo se fundamenta en la teoría de la semejanza geométrica, cinemática y dinámica. Con especial rigor se controló la distribución de los pesos, por su impacto en los procesos transitorios de inercias.
- Se validó el procedimiento de diseño preliminar mediante la simulación numérica. El programa CFX Ansys v.16.0 es eficiente en la simulación de los fenómenos de deformación de la superficie bifásica aire / agua provocada por el movimiento del cuerpo a velocidad constante, causa del fenómeno de la crisis de resistencia de ola.
- Entre los impactos se destaca la introducción de la tecnología de impresión 3D, los bajos costos de construcción e investigación, la validación del método de diseño, la extensión de la modelación numérica con el paquete CFX del Ansys v16.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ITTC Procedure 7.5-02-03-01.4 Performance Prediction Method. Procedimiento de la Conferencia Internacional de Estanques de Pruebas para ensayos de remolque con modelos a escala reducida. / Método de Predicción de la ejecución ITTC-1978
2021. 30 pp.

[3] http://es.wikkipedia.org/wiki/Modelo-científico?

[4] Linsay. Hidrodinámica de lanchas planeadoras. (en inglés). Washington DC, 1963.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

CORRIENTES MARINAS E INTERCAMBIO DE AGUA AL SUR DE LA PROVINCIA ARTEMISA

Arriaza Oliveros, L[1], Carrillo Betancourt, Y[2], Trincado Ventura, J. A.[3], Pérez Sánchez, E. O.[4] y García Santos, R.[1].

[1]Instituto de Ciencias del Mar, Cuba; [2]Instituto de Geografía Tropical, Cuba; [3]Universidad de Colima, México; [4]Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Universidad de Guadalajara, Jalisco, México;

e-mail: arriazaoceano@gmail.com

RESUMEN

La zona costera ubicada al sur de la provincia Artemisa, parte del golfo de Batabanó, es el área donde se realizaron las investigaciones. En enero y julio de 2019, se midieron corrientes marinas en los principales canales o ríos de este litoral; cuya selección se realizó según criterios del cuerpo de guarda bosques de la zona, y se calcularon los flujos de agua a través de estos pasos de intercambio con el golfo. Las corrientes marinas en la ensenada de Majana, y al sur de Guanimar, Los 21 metros y Playa del Cajío fueron lentas, alcanzando magnitudes máximas extremas en las proximidades del Cajío, en julio de 2019. En Majana predominaron corrientes con rumbos de componente este durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea; su influencia es significativa desde Guanimar hasta Cajío. La dirección del flujo de agua estimado a través de Maravilla y Los 21 metros y los ríos Guanimar y Cajío coincidió con el drenaje o no de los badenes del Dique Sur más próximos a cada uno de estos pasos. El volumen de agua estimado entrando al rio Cajío en enero de 2019, fue mayor que el saliente en julio de 2019, en época lluviosa del año y con lluvias persistentes durante el muestreo; por tanto, en Cajío la intrusión salina podría ser acelerada sistemáticamente por el comportamiento de la circulación marina litoral; sin embargo, afirmar esto requiere realizar mediciones por un periodo mayor de tiempo y que se incluyan otros puntos del litoral costero sur de Artemisa.

Palabras clave: corrientes marinas, intrusión marina, Artemisa cuba

1. INTRODUCCION

La zona marina y costera ubicada al sur de la provincia Artemisa, y que forma parte de las aguas del noroccidente y norte-centro del golfo de Batabanó (Figura 1) fue el área donde se realizaron las investigaciones; cuyo objetivo incluyó obtener los resultados oceanográficos resumidos en este trabajo.

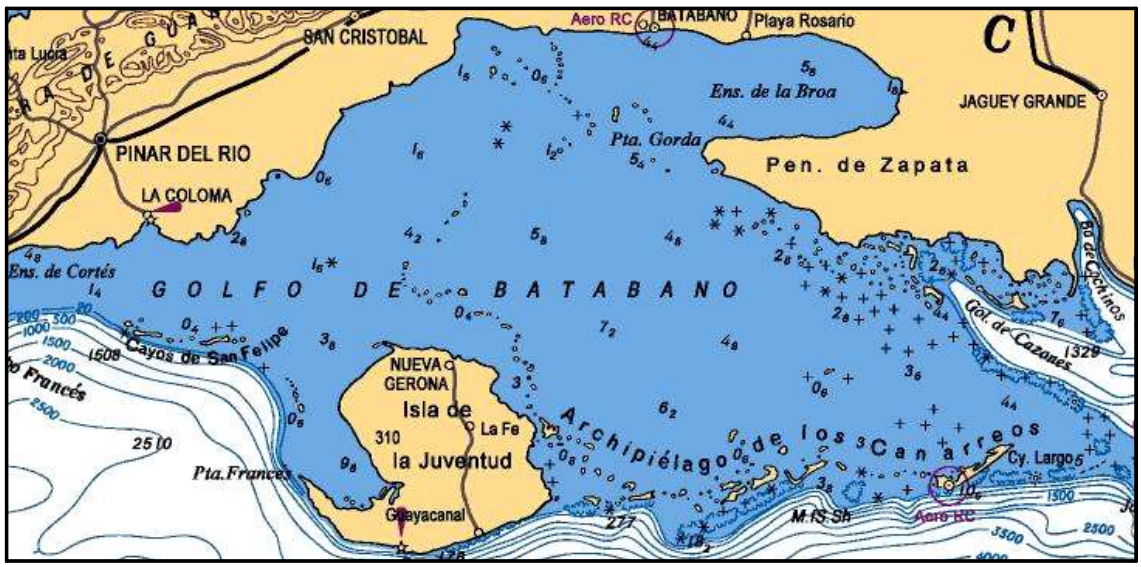


Figura 1. Golfo de Batabanó.

El golfo de Batabanó o plataforma Suroccidental se encuentra ubicado en la región Suroccidental de Cuba. Limita al Norte con el litoral costero de las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque y Matanzas; al Este, con el golfo de Cazones; al Oeste con la provincia Pinar del Río; y al Sur, con el archipiélago de Los Canarreos (Figura 1). Esta zona, está rodeada por uno de los mayores humedales del Mar Caribe. Estos ecosistemas tienen una notable importancia ecológica–económica, por su alto potencial productivo, además de servir de refugio a muchas especies de interés comercial, sobre todo en su estado juvenil como la langosta común y camarones Además, se encuentra en la región cubana de mayor incidencia de fenómenos atmosféricos peligrosos, siendo frecuente el paso de tormentas tropicales e intensos huracanes por sus aguas o muy cerca de estas.

En el golfo de Batabanó el régimen de viento habitual se somete a la combinación de la circulación de brisas con los alisios. Predomina el buen tiempo, con vientos del tercer al cuarto cuadrante y velocidad media de 3,0 a 3,5 m/s.

En el golfo de Batabanó se encuentran bien definidos los períodos de lluvia (de mayo a septiembre) y poco lluvioso (de noviembre a marzo), con máximos de hasta 154,0 mm y mínimos de 32,8 mm.Las temperaturas del aire máximas medias se comportan por encima de los 30,0 °C durante el período lluvioso. En los meses del período poco lluvioso las temperaturas máximas medias promedian 26,5 °C. Durante abril y octubre (meses de transición) este parámetro tiene un valor promedio de 29,5 °C. Además, es la zona de la plataforma insular cubana azotada con mayor frecuencia por intensos eventos meteorológicos (Hernández y col., 1998, Resumen Climático, 1991).

El análisis estadístico de las series de tiempo de temperatura superficial del mar de más de diez años de duración, obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales (Hernández y col., 2005), permitió establecer que la amplitud máxima de sus variaciones en el golfo de Batabanó fue superior a 11,0ºC, siendo en las zonas oceánicas adyacentes ligeramente mayor de 5º C. Los valores extremos máximo (31,42ºC) y mínimo (19,78ºC) se registraron en la parte oriental del golfo de Batabanó. La citada fuente refiere que, a causa de la presencia de los frentes fríos se produce casi siempre un descenso en la temperatura superficial del mar, que puede alcanzar los 3,0 ºC, como ocurrió en 1996 en presencia de un frente frío fuerte. Con menor frecuencia la temperatura se eleva antes de la entrada de los frentes, lo cual puede estar asociado a la influencia de vientos del Sur.

Las mediciones instrumentales del nivel del mar realizadas en el golfo de Batabanó señalan que hacia su interior predominan las variaciones no periódicas (Hernández y col., 2005), de carácter meteorológico, sobre las oscilaciones periódicas de la marea y solo en períodos de calma eólica se puede observar una curva de marea definida y de pequeña amplitud que no supera los 25 cm (Rodríguez y Rodríguez, 1983). En las cayerías ubicadas al sur, el carácter de la marea es mixto, semidiurno e irregular con amplitudes promedio para la marea mayor de cada día de 25 a50 cm y

amplitudes promedio de la marea menor de cada día inferior a 20 cm. La amplitud promedio de marea, resulta por lo general, inferior a 25 cm (Rodríguez y Rodríguez, 1983; Viamontes, 1990).

Corrientes marinas en el Golfo de Batabanó

En el golfo de Batabanó, el movimiento neto del agua es de este a oeste, con velocidades que no exceden los 10,0 cm/s (Blázquez y col. 1982). Las corrientes marinas son de mayor intensidad y de mayor variabilidad direccional en la frontera abierta que en su interior. Resultan particularmente más intensas durante el flujo y el reflujo (hasta 48,9 cm/s y 50,2 cm/s, como promedio, respectivamente). El movimiento de sus aguas presenta singularidades como un giro anticiclónico al oeste de la Isla de La Juventud y divergencias en la circulación a la entrada de la ensenada de La Broa (Arriaza y col., 2006).

Al sur del golfo persisten varias entradas y salidas de agua, con velocidades entre 3,0 y 4,7 cm/s, esto está estrechamente relacionado con la variabilidad direccional de la circulación oceánica adyacente (Simanca y col., 2003), que presenta remolinos tanto ciclónicos como anticiclónicos, que se trasladan por las aguas ubicadas a cientos de metros esta plataforma. Las intensidades de las corrientes marinas en las aguas oceánicas al sur del golfo de Batabanó pueden alcanzar desde 40,0 hasta 80,0cm/s. Las mayores intensidades en la proximidad de la plataforma se presentan al sureste (Viamontes, 1990; Simanca, 2004; Lorenzo y col., 2007; figura 2).

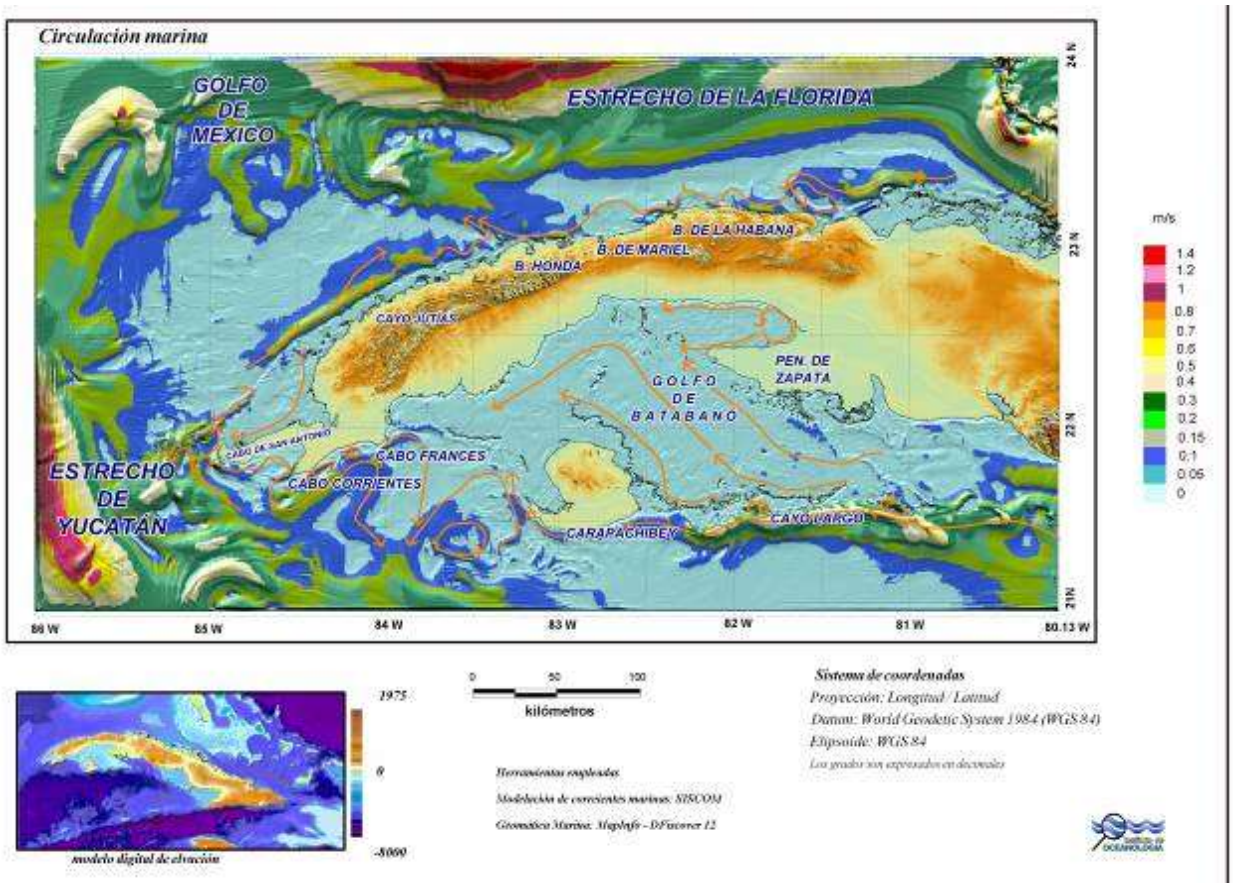


Figura 2. Esquema general de circulación marina en el golfo de Batabanó.

2. MATERIALES Y METODOS

Para la medición de corrientes marinas (magnitud y dirección):

- En enero de 2019, durante periodos de 48 horas (Tabla 1), en todas las estacionescorrentométricas de la figura 3, se ubicaron correntógrafos autónomos Anderaas SD 6000, de fabricación noruega.
- En julio de 2019, en las estaciones exteriores a los canales o ríos (Figura 2), también durante 48 horas, se fondearon correntógrafos Acuadops, de la marca Nortek, cuyo principio de funcionamiento se basa en el efecto físico conocido como Doopler. Al igual que en enero

de 2019 se ubicaron Anderaas SD 6000 dentro de los canales o ríos muestreados (Figura 3, tabla 1).

Tabla 1. Localización geográfica y fecha de las mediciones de corrientes marinas.

Zona	Fecha fondeo	Fecha de recogida	Latitud	Longitud
Ensenada de Majana: Canal Maravilla (badén 8)	24/01/19	26/01/19	22° 41' 55.3"	82° 46' 09,6''
Ensenada de Majana	24/01/19	26/01/19	22° 41' 43,6"	82° 46' 10"
Al sur de la desembocadura del rioGuanimar	26/01/19	29/01/19	22° 40' 36,8''	82° 39' 41,5''
Dentro del rio Guanimar(badén 11)	26/01/19	29/01/19	22° 41' 24,6''	82° 39' 17''
Canal Los 21 metros (badén 18)	29/01/19	31/01/19	22° 41' 26,57''	82° 35' 22,34''
Al sur de la salida del canal Los 21 metros	29/01/19	31/01/19	22° 40' 47,6''	82° 35' 32,8''
Al sur de desembocadura del rio Cajío	31/01/19	02/02/19	22° 40' 21,14''	82° 28' 26,77''
Dentro del rio Cajío (badén 25)	31/01/19	02/02/19	22° 41' 20,22''	82° 27' 55,62''



UBICACIONES DONDE SE REALIZARON LAS MEDICIONES DE CORRIENTES MARINAS

Figura 3. Ubicación de las estaciones correntométricas.

Los meses de enero y julio se consideran correspondientes a los periodos poco lluvioso y lluvioso del año, respectivamente. De manera que, el diseño de muestreo se realizó con el objetivo de tener mediciones, al menos durante 48 horas, de las corrientes marinas en los puntos seleccionados, para estimar el intercambio de agua a través de los canales y ríos próximos. Además, durante periodos de varios días (2 -10), en los años 2015 (septiembre) y 2016 (junio) se realizaron mediciones al sur de Güira de Melena, Artemisa. Los resultados del análisis de estas mediciones fueron reportados por Rodas y col. (2015) y Arriaza y col. (2016) al proyecto "Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local (BASAL)", y son citados para la caracterización de corrientes marinas al sur del litoral costero de la provincia Artemisa.

Se utilizaron las herramientas computacionales del equipo (SD 6000, Versión 4.7.0.59), y del Acuadop (AquaPro, v1.37.08) para el procesamiento primario de las series de mediciones de corrientes marinas. De tal forma, se obtuvieron los estadígrafos básicos: velocidad máxima, mínima, el promedio, la desviación estándar y la varianza.

Para el análisis final y los gráficos, se emplearon hojas de cálculo del Excel, del Microsoft Office, el MATLAB (MathematicLaboratory) y Mapinfo 2012.

3. RESULTADOS

Corrientes marinas medidas

Según Rodas y col. (2015), las corrientes marinas medidas al sur del litoral costero del municipio Güira de Melenaen septiembre de 2015 presentaron los máximos valores (aproximadamente 7 cm/s) en el Canal de Cayamas, los mínimos de 3,0 cm/s en las aguas más próximas al litoral (Playa Tomate) y 4,2 cm/s al sur de Playa del Cajío; y en el canal de Cayamas predominó la influencia de la marea. Además, Arriaza y col. (2016), estimaron que,en las aguas ubicadas al sur de este municipio, el promedio de la velocidad de las corrientes marinas es menor de 6,0 cm/s y así se comportaron durante las mediciones realizadas en junio de 2016.

Según las mediciones recientes, las corrientes marinas (en las cuatro ubicaciones, al sur de: Playa Majana, río Guanimar,Los 21 metros y Playa del Cajío), son lentas, pero pueden alcanzar máximos extremos de 29,6 cm/s (julio de 2019, tabla 2) en las proximidades de Playa del Cajío. Este resultado coincide con lo reportado en investigaciones precedentes (Emilson y Tapanes, 1971; Blázquez y col., 1983; Hernández y col., 1998; Arriaza y col. 2008; Rodas y col., 2015 y Arriaza y col. 2016); sin embargo, se midieron máximas y medias superiores (7,0 -12,0 cm/s, tabla 2) a las obtenidas por estos autores. Los promedios de la magnitud de las corrientes marinas medidas fueron superiores en el muestreo correspondiente a la época lluviosa del año (Tabla 2).

Tabla 2. Estadísticas generales de los datos de corrientes medidas.

Estación	Velocidad media (cm/s)	Dirección predominante	Velocidad máxima (cm/s)	Velocidad mínima (cm/s)	Desviación estándar (cm/s)	Varianza (cm^2/s^2)	Fecha
Ensenada Majana	1,8	NNE	3,8	1,0	0,8	0,61	Enero/201
	11,8	E	20,0	3,0	4,5	20,36	Julio/2019
Al sur de la salida del canal Los 21 metros	1,2	S	3,2	1,0	0,4	0,2	Enero/201
	9,4	SE	20,0	1,0	5,1	26,1	Julio/2019
Al sur de la desembocadura del rio Guanimar	**2,6**	**NW**	**10,2**	**1,0**	**2,1**	**4,23**	**Enero/201**
	7,0	N	17,0	0,4	3,6	13,1	Julio/2019
Al sur de la desembocadura del rio Cajío	5,0	WNW-NNE	11,6	2,0	2,8	8,2	Febrero/20
	11,1	E	29,6	0,4	5,4	29,7	Julio/2019

En la ensenada de Majana predominaron los rumbos de componente este (60 %) durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea (Figura 4).

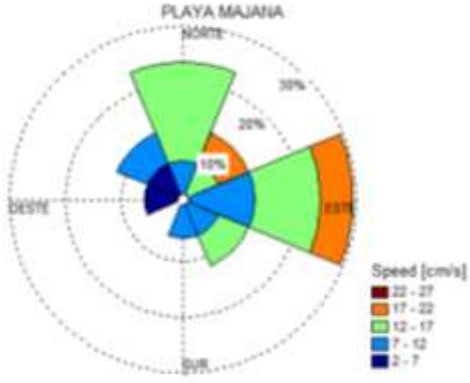


Figura 4. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos.

Los rumbos predominantes cerca del litoral costero de Guanimar, de Los 21 metros y de Playa del Cajío fueron de componente norte (40%), sur (sureste con 45 % en julio/2019) y este (40 %), respectivamente. La variabilidad de la magnitud y de la dirección de las corrientes marinas es mayorenLos 21 metrosy en Playa del Cajío, que en Guanimar(Tabla 2, figuras 5, 6 y 7).

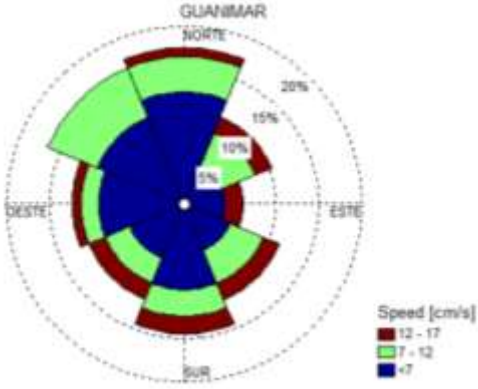


Figura 5. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos.

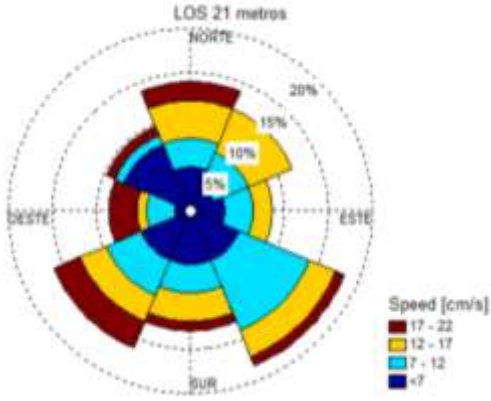


Figura 6. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos.

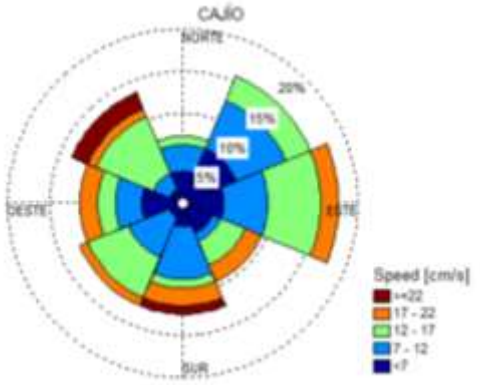


Figura 7. Distribución frecuencial de la magnitud de las corrientes marinas por rumbos.

Particularmente, a 1 km de la desembocadura del rio Guanimar, durante el muestreo realizado en enero de 2019 predominó (80 %) el rumbo noroeste sin influencia de la marea debido a la incidencia de vientos del sur persistentes durante 72 horas, que provocaron inundaciones costeras y anularon el movimiento rotatorio (hacia tercer y cuarto cuadrante) generado por la marea.

El movimiento oscilante provocado por la marea con alta frecuencia de rumbos (27- 40%), y con la mayor varianza en las mediciones, predominó en las aguas poco profundas desde el sur de Guanimar hasta Playa del Cajío, con las mayores magnitudes de la velocidad del movimiento hacia el tercer y cuarto cuadrante oceanográfico (sur a oeste a norte). Aunque, los flujos residuales o más

frecuentes no siempre coinciden con esos cuadrantes, o sea, los rumbos más frecuentes corresponden a los de la menor rapidez de las corrientes marinas excepto al sur de Guanimar. En julio de 2019, en las proximidades de Guanimar predominó ligeramente (35 %, figura 5) el movimiento hacia el norte con velocidades máximas (hasta 17 cm/s).

La influencia marcada de la marea cerca del litoral costero de Artemisa desde Guanimar hasta Playa del Cajío, en condiciones de régimen habitual, se debe a los vientos débiles que predominan en la zona, mayormente de componente este durante ambos muestreos, y a la influencia de la circulación marina en el Canal de Cayamas, donde prevalece la marea (Rodas y col., 2015).

Flujos o transportes de volumen de agua estimados

La dirección del flujo de agua estimado a través de los canales Maravilla y Los 21 metros y de los ríos Guanimar y Cajío coincidió con el drenaje o no de los badenes máscercanosa cada uno de estos pasos (Tabla 3). Particularmente, el volumen de agua entrando al rio Cajío (**13 478,4 m^3)** durante el muestreo realizado en enero de 2019 (representativo del periodo poco lluvioso) fue mayor que el saliente (**10 368,0 m^3**) estimado en julio de 2019, en época lluviosa del año y durante lluvias persistentes.

Tabla 3. Flujo de agua a través de cada canal o rio.

Canal o río	Volumen medio en 48 horas (m^3)	Hacia	Muestreo	Observaciones
Canal Maravilla	3 456,0	SW (salida de agua)	Enero/2019 (Llovió durante el 50 % del periodo de mediciones, Frente Frio Débil)	Badén 8 Drenaba en noviembre de 2018, (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso).
	4 492,8	SE	Julio/2019	

Canal Los 21 metros	4 838,4	S (salida de agua)	Enero/2019	Badén 18 Drenaba en noviembre de 2018 y en enero de 2019 (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso)
	3 456,0	SE (salida de agua)	Julio/2019	
Río Guanimar	12441,6	SSE (salida de agua)	Febrero/2019 (Llovió continuamente, Frente Frio Fuerte, el Sur que lo precedió provocó inundaciones costeras en Guanimar y Cajío)	Badén 11 Drenaba en noviembre de 2018. (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso)
	10 368,0	ESE (salida de agua)	Julio/2019	
Río Cajío	**13 478,4**	**NE**	Febrero/2019	Badén 25 **No** drenaba en noviembre de 2018. (régimen meteorológico habitual del periodo poco lluvioso)
	10 368,0	SSSW (salida de agua)	Julio/2019 (Abundantes lluvias antes y durante las mediciones)	

Los volúmenes de agua estimados y la dirección del movimiento de estos volúmenes parecen indicar que, de las cuatro ubicaciones muestreadas, es Playa del Cajío la zona con mayor probabilidad de intrusión salina directa y persistentemente acelerada por la dinámica marina. Sin

embargo, afirmar esto requiere realizar mediciones por un periodo mayorde tiempo y que se incluyan otros puntos del litoral costero sur de Artemisa en el muestreo.No obstante, segúnGonzález y Flores (2015), entre 2014 y 2015varióla intrusión salina en la cuenca sur de La Habana, que incluye la actual provincia de Artemisa. Una de las variaciones reportadas por estos autores, es precisamente el avance de la línea de intrusión salinaen el municipio Güira de Melena.

4. DISCUSIÓN

Las corrientes marinas medidas en la ensenada de Majana, y al sur de Guanimar, Los 21 metros y Playa del Cajío fueron lentas, alcanzando magnitudes máximas extremas (29,6 cm/s) en las proximidades de Playa del Cajío, en julio de 2019. Particularmente, en la ensenada de Majana predominaron los rumbos de componente este (60 %) durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea. Sin embrago, la marea es significativa en el movimiento de las aguas en las proximidades del litoral costero sur de Artemisa desde Guanimar hasta Playa del Cajío, lo cual podría estar relacionado con su cercanía a los pasos entre los cayos de Las Cayamas, y a la influencia de la circulación marina de la mitad oriental del golfo de Batabanó, donde existen remolinos en las aguas a la entrada de la ensenada de La Broa que favorecen la aceleración del movimiento hacia el oeste y la erosión costera.

La dirección del flujo de agua estimado a través de los canales Maravilla y Los 21 metros y los ríos Guanimar y Cajío coincidió con el drenaje o no de los badenes más próximos a cada uno de estos pasos; manifestando la influencia de este dique en el volumen de agua que entra y sale y en las características de la vegetación costera; que, aunque mejor preservada que hacia el este del Cajío, según se pudo observar durante los muestreos, presenta parches con diferente densidad.

El volumen de agua estimado entrando al rio Cajío (**13 478,4 m^3)** en enero de 2019, fue mayor que el saliente **(10 368,0 m^3**) estimado en julio de 2019, en época lluviosa del año y con lluvias persistentes durante el muestreo; esto podría contribuir a acelerar la intrusión salina en esta

zona. De manera que, sería una aceleración sistemática debida al comportamiento de la circulación marina litoral según la época del año y las condiciones meteorológicas locales. Sin embargo, afirmar esto requiere realizar mediciones por un periodo mayor de tiempo y que se incluyan otros puntos del litoral costero sur de Artemisa en el muestreo.

5. CONCLUSIONES

- Las corrientes marinas medidas en la ensenada de Majana, y al sur de Guanimar, Los 21 metros y Playa del Cajío fueron lentas, alcanzando magnitudes máximas extremas en las proximidades de Playa del Cajío, en julio de 2019.
- En la ensenada de Majana predominaron los rumbos de componente este durante ambos muestreos, sin influencia significativa de la marea. Sin embrago, la marea si es significativa en el movimiento de las aguas en las proximidades del litoral costero sur de Artemisa desde Guanimar hasta Playa del Cajío.
- El volumen de agua estimado entrando al rio Cajío (**13 478,4 m^3)** en enero de 2019, fue mayor que el saliente **(10 368,0 m^3**) estimado en julio de 2019, en época lluviosa del año y con lluvias persistentes durante el muestreo; esto podría contribuir a acelerar la intrusión salina en esta zona.

Se reconoce y agradece la participación del cuerpo de guardabosques del cajío, por su apoyo incondicional durante los muestreos y sus valiosos criterios sobre la zona de estudio.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arriaza L., M. Hernández, L. Rodas y J. Simanca (2004): Simulación de la circulación inducida por el viento y las mareas en el Golfo de Batabanó. Revista de Investigaciones Pesqueras. No.1. Ed. E. 2004.

2. Arriaza L., M. Hernández, L. Rodas y J. Simanca (2005): Simulación de la circulación en el Golfo de Batabanó II. Contribución a la educación y la protección ambiental Vol. 6, ISBN 959-7136-35-X.
3. Arriaza L., D. E. Milian, L. Rodas y J. Simanca (2006 a): AbasisforEnviromentalMonitoring in the Gulf of Batabanó applyinghydrodynamicsimulations, ContributiontotheEducation and EnvironmentalProtection, Vol. 7, ISBN 979-7136-43-0.
4. Arriaza L., L. Rodas, J. Simanca, S. L. Lorenzo, D. E. Milian y P. Romero (2008): Contribución a la gestión ambiental del golfo de Batabanó: modelación numérica de corrientes marinas, Rev. Invest. Mar. No29, pp 89-99.
5. Blázquez L. (1981): Algunos aspectos del régimen de temperatura en la plataforma Noroccidental de Cuba y la región oceánica adyacente. Informe científico técnico No. 171. Instituto de Oceanología. ACC. La Habana, Cuba.
6. Blázquez L y E. Romeu (1982): Contribución al estudio de la circulación general del Golfo de Batabanó. Zona B. Reporte de Investigación. No 1. Instituto de Oceanología. ACC. La Habana, Cuba, 34 pp. 1-33.
7. Blázquez L, J. P. Rodríguez-Portal, I. Rosabal-Campos y R. Calderón Hebra (1988): Mediciones de corrientes marinas en el Golfo de Batabanó. Reporte de Investigación. No 14. Instituto de Oceanología. ACC. La Habana, Cuba, ISSN 0138-6328.
8. Emilsson I. y J. Tápanes (1971): Contribución a la hidrología de la plataforma Sur de Cuba. Serie Ocenológica. No 9. ACC.
9. García C., A. Betanzos, y J.A. Gómez (1995): Oceanografía del área de Punta del Este. Golfo de Batabanó, Cuba. Revista cubana de Investigaciones Pesqueras, CIP, Cuba, pp. 10-17.
10. Gonzalez B., E. y E. Flores V. (2015): Avance de la intrusion salina originada por el ascenso del nivel medio del mar, escenario 2050. Macroproyecto cambio climatico: "Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera 2050-2100"

11. Hernández M., A. Hernández, L. Arriaza, J. Simanca, S. L. Lorenzo, S. Cerdeira, L. Rodas, G. Díaz, I. Hernández, O. Marzo, J. L. Chang, A. Oviedo y H. M. Alfonso (2005 a): Estimación de la tasa de incremento del nivel medio del mar a partir de mediciones directas y evaluación de su impacto en el Golfo de Batabanó y en la Península de Zapata. Proceedings de Geociencias 2005. Sociedad Cubana de Geología. 5 al 8 de abril del 2005. Palacio de las Convensiones. La Habana. Cuba. ISBN 959-7117-03-7.
12. Hernández M., L. Rodas, L. Arriaza, J. Simanca, S. L. Lorenzo, S. Cerdeira, E. O. Linares y A. Morales (2005 b): Características y pronóstico de la circulación de las aguas de las plataformas Suroccidental y Noroccidental y de su influencia sobre la distribución espacio – temporal de la temperatura y la salinidad mediante la modelación numérica. Informe de resultado del proyecto Desarrollo de métodos y tecnologías para el pronóstico de procesos oceanográficos en la plataforma insular cubana. Archivo Científico de la Agencia de Medio Ambiente (AMA), del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA). 160 pp.
13. INSMET. (1991): Resumen Climático de Cuba. Editorial Academia. La Habana. 127 pp.
14. Lluis M. (1972): Estudios hidrológicos del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. Serie Oceanológica No. 14 y Rep. Invest. No 18. Instituto de Oceanología. ACC.
15. Lorenzo-Sánchez; Sergio L., L. Rodas; L. Arriaza; M. Hernández, A. Morales y J. Viamonte (2007 b): Espaciocartas sobre la circulación general de las aguas en las plataformas Noroccidental, Suroccidental y Suroriental de Cuba. Informática 2007. ISBN 978 959 285 002-5.
16. Rodas L., J. Navarro Padrón, R. García Santos y Y. Carrillo Betancourt (2015): “Corrientes marinas”. Informe al proyecto “Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local (BASAL)”.

17. Rodríguez J. y J. Rodríguez (1983): Las mareas en las costas cubanas. Rep. Invest. No 8. Instituto de Oceanología. ACC.
18. Simanca J., A. Gómez y L. Fernández (1992): Corrientes Marinas al S de Cuba. II Congreso de Ciencias del Mar, MARCUBA.
19. Simanca J., O. Ramírez, L. Fernández (2003): Corrientes marinas al S del Golfo de Batabanó. V Congreso de Ciencias del Mar, MARCUBA.
20. Simanca J. (2004): Análisis de las Características Estadísticas y Espectrales de las Componentes Periódicas y no Periódicas de la Corriente Sumaria en la Periferia Acuática del Golfo de Batabanó, Tesis de maestría especialidad de Análisis Ambiental.
21. Simanca, J. L. Fernández, J. Viamontes, O. Ramírez y L. Arriaza (2005): Características estadísticas de las componentes periódicas y no periódicas de la corriente sumaria en el golfo de Batabanó. Rev. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Vol. 6, ISBN 959-7136-35-X
22. Viamontes F.J. (1990): Carretera turística desde Punta del Este hasta Cayo Largo del Sur, Informe Científico - Técnico de las 1ra, 2da y 3ra etapas. Instituto Cubano de Hidrografía. Archivos de GEOCUBA, Estudios Marinos. La Habana, Cuba. 240 pp.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

CORRIENTES MARINAS LITORALES AL NOROCCIDENTE DE PENÍNSULA DE HICACOS

Arriaza Oliveros, L.[1], García Santos, R.[1], Carrillo Betancourt, Y.[2] Lugioyo Gallardo, G.M.[1]

[1] Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), [2]Instituto de Geografía Tropical (IGT)
e-mail: arriazaoceano@gmail.com

RESUMEN

Se realiza el análisis de las corrientes marinas litorales, o movimiento del agua a pocos metros del litoral costero, y predominantemente paralelo a este. Se emplean mediciones y estimaciones numéricas. El movimiento del agua más próxima al litoral costero del noroccidente de la península de Hicacos es preferencialmente hacia el suroeste, transportando cualquier contaminación vertida a lo largo de este litoral desde el noreste hacia el suroeste. La distribución de las magnitudes de las corrientes marinas litorales muestra disminución en la velocidad del movimiento del agua al suroeste de Plaza América. Este comportamiento, y el predominio del rumbo suroeste con las mayores velocidades, favorecen que cualquier contaminación vertida en cualquier punto del litoral noroccidental de la península permanezca mayor tiempo entre las zonas conocidas localmente como Plaza América y Caleta.

Palabras claves: Corrientes marinas litorales, Varadero

1. INTRODUCCIÓN

Alrededor de la península de Hicacos (Figura 1) se han realizado diversos estudios, por encargo de la delegación provincial del CITMA de Matanzas. Sus autores incluyen al Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR) en colaboración del Centro de Servicios Ambientales de Matanzas (CESAM). Esta serie de servicios contribuyen a la detección y pronóstico de dispersión de contaminantes en las aguas marinas próximas a Varadero. En este trabajo se resume el resultado oceanográfico entregado a los tomadores de decisiones de la provincia Matanzas en el año 2021.

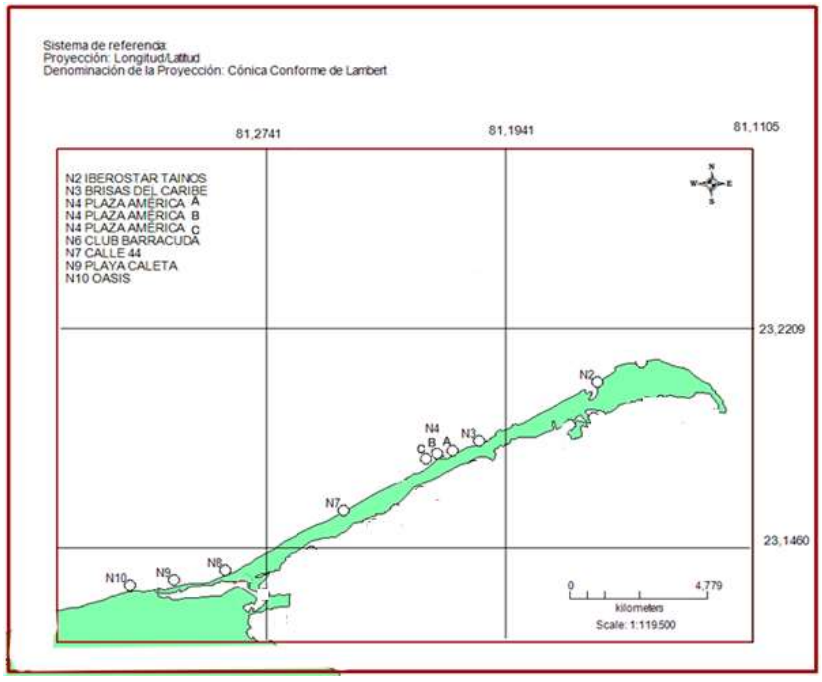


Figura 1. Zona de estudio y estaciones de interés monitoreadas históricamente por CESAM e ICIMAR.

Es conocido que, prevalece la salida de agua desde la bahía de Cárdenas hacia el suroeste de la península de Hicacos (Fernández-Vila y col., 2010); con velocidades máximas y medias mayores durante el periodo lluvioso del año (39,0 cm/s y 21,0 cm/s en 2019).

Por otra parte, en las inmediaciones de Plaza América (Figura 1), a partir de mediciones puntuales siempre se ha detectado influencia de la marea, en menor medida que la del movimiento de las aguas oceánicas adyacentes; con máximas velocidades que pueden superar los 40 cm/s; mínimas (de 0,3 a 11,2 cm/s), predominantes en el 56% de las mediciones; y rumbo más frecuente hacia el oeste o suroeste, sin constituir un único rumbo debido a la alta variabilidad direccional del movimiento.

Sin embargo, no ha sido completamente determinado el comportamiento de las corrientes marinas a lo largo de toda la costa noroccidental de la península de Hicacos y su relación con la distribución de la contaminación en las aguas ubicadas cerca de Varadero.

El objetivo del trabajo es inferir el comportamiento de las corrientes marinas en las aguas menos profundas del noroccidente de la península de Hicacos, contribuyendo a estimar la traslación de contaminantes en la zona.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización de las corrientes marinas se emplearon las mediciones realizadas durante septiembre-octubre de 2015 y mayo-junio de 2019 en la ubicación denominada C1, y las registradas en C3 durante septiembre-octubre de 2019 y en diciembre de 2020 (Figura 2). En general, se reanalizaron resultados de todos los muestreos realizados por ICIMAR alrededor de la península de Hicacos.

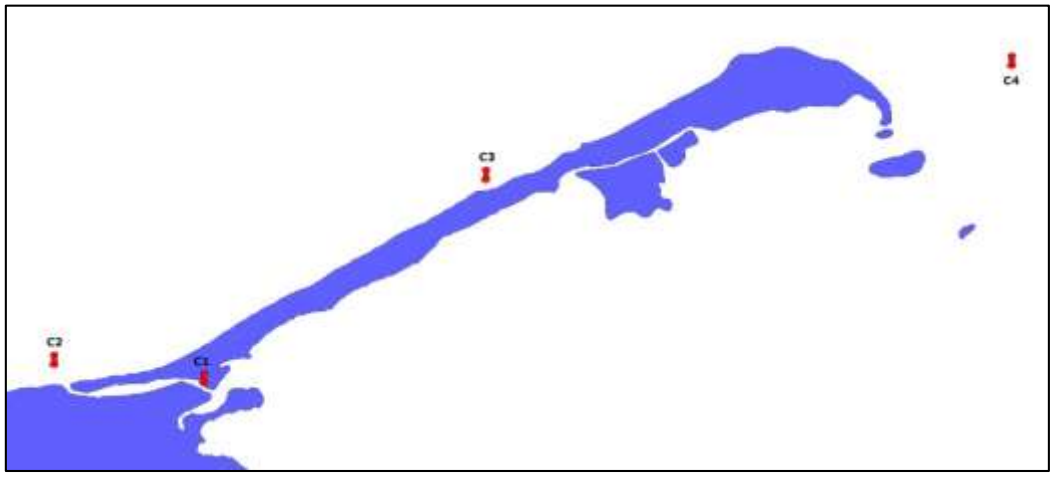


Figura 2. Península de Hicacos. Ubicación geográfica de correntómetros.

En la estaciones C2 (en 2019) y C3 (2019 y 2020), (Figura 2) se ubicaron correntógrafos denominados Acuadops, de la marca Nortek, cuyo principio de funcionamiento se basa en el efecto físico conocido como Doopler, permitiendo realizar varias mediciones de corrientes marinas en la columna de agua (una cada 1,0 m). Estos equipos registraron valores horarios de corrientes marinas (magnitud y dirección) y temperatura del agua (Tabla 1).

Tabla 1. Estaciones de medición

Lugar	Estación	Posición		Día de fondeo	Día de leva	Profundidad
		Latitud norte (N)	Longitud oeste (O)			
Paso Malo	C1	23° 07' 52,32"	81°16' 44,07"	08/05/2019	06/06/2019	5
		23°08´06.9´´	81°18´48.6´´	16/09/2015	10/10/2015	
Plaza América	C3	23°10' 34,3"	81°12' 45,6"	10/09/2019 01/12/2020	5/10/2019 15/12/2020	5

En la estación C1, en 2015 (Figura 2) se fondeó un correntómetro autónomo Anderaa SD 6000, de fabricación noruega, midiendo corrientes marinas (magnitud y dirección).

Se utilizaron las herramientas computacionales del equipo (SD 6000, Versión 4.7.0.59), del Acuadop (AquaPro, v1.37.08) y del CTD (Valeport Terminal X2 y ValeportDatalog X2) para el procesamiento primario de las series de mediciones. De tal forma, se obtuvieron los estadígrafos básicos: velocidad máxima, mínima, el promedio, la moda y la desviación estándar.

Se realizaron experimentos con cuerpos de deriva en tres ubicaciones (Tabla 2)

Tabla 2. Datos registrados durante los experimentos con cuerpos de deriva

11/27/2020 (LLENANTE)							
	Liberado			Recogido			
	Hora	Latitud º	Longitud º	Hora	Latitud º	Longitud º	Dir. Viento
Hotel Paradiso	13:42	23,19989	-81,15424	14:02	Deriva hacia el S, 50 m desde punto inicial		NE
Plaza Américas	14:38	23,1755	-81,21239	14:58	23,17469	-81,21404	NE
Caletas	15:58	23,13336	-81,3064	16:18	23,13303	-81,3064	NE

11/28/2020 (VACIANTE)							
	Liberado			Recogido			
	Hora	Latitud º	Longitud º	Hora	Latitud º	Longitud º	Dir. Viento
Hotel Paradiso	11:40	23.19974	-81.15936	12:00	23.19982	-81.15966	E
Plaza Américas	11:13	23.17514	-81.21212	11:33	23.17518	-81.21227	E
Caletas	10:18	23.13332	-81.30512	10:38	23.13319	-81.30573	NE

Para el obtener una aproximación numérica de las corrientes marinas litorales se calculó la velocidad del flujo de agua, entre el litoral costero y la zona de rompientes (Bijker,1971, citado por Córdova-López y Torres-Hugues, 2011).

Para el análisis final y los gráficos, se emplearon hojas de cálculo del Excel, del Microsoft Office y el MATLAB (Mathematic Laboratory).

3. RESULTADOS

Corrientes marinas medidas

Las mediciones realizadas en las inmediaciones de Plaza América en diciembre de 2020, muestran que el comportamiento de las corrientes marinas en esta ubicación no difiere significativamente de lo encontrado en años anteriores y entre distintos periodos del año. El rumbo predominante del movimiento del agua fue el oeste-suroeste (Figura 3), con marcada influencia de la marea; la cual que provoca valores máximos de velocidad (185 cm/s, tabla 3) hacia el suroeste y hacia el norte (Figura 3).

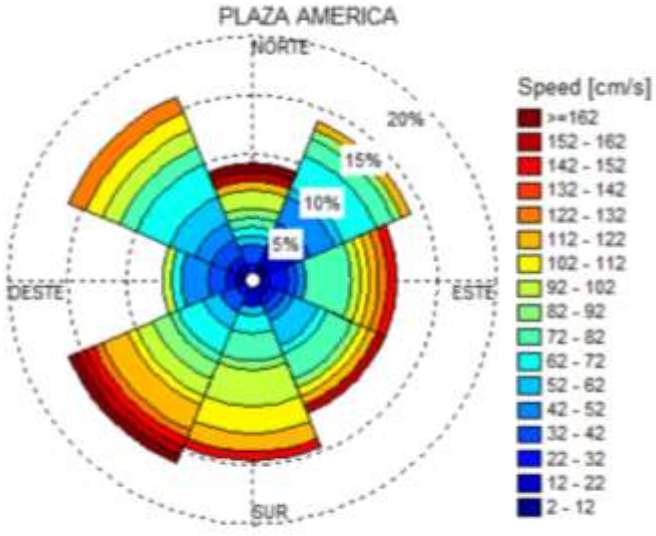


Figura 3. Distribución frecuencial por rumbos de la magnitud de las corrientes marinas en C3 (Plaza América), 2020.

Tabla 3. Resumen de estadísticas de las corrientes medidas recientemente.

Estación	Velocidad media (cm/s)	Dirección predominante (°)	Velocidad máxima (cm/s)	Velocidad mínima (cm/s)	Desviación estándar (cm/s)	Año
C1	21,3	O	39,0	3,7	6,4	2019
	6,8	OSO	32,2	1,0	4,75	2015
C3	11,2	O	40,6	0,3	7,3	2019
C3	29,5	OSO	185,0	9	37,8	2020

Adicionalmente, al analizar la trayectoria y velocidad de traslación de los cuerpos de deriva, se detectó un comportamiento similar al medido en aguas más profundas (5 metros). Cerca del litoral costero, en las aguas ubicadas a 20 metros de la playa, en 1,5 m de profundidad, la marea provoca oscilaciones en el rumbo y la magnitud de las corrientes marinas litorales, pero predomina el movimiento hacia el suroeste. Además, el viento de régimen meteorológico habitual no ejerció predominio en el movimiento del agua (Tabla 4).

Paralelo a la costa noroccidental de la península de Hicacos la deriva observada fue más rápida frente al litoral costero cercano a Plaza América, y más lenta en la zona costera aledaña al hotel Paradiso. Particularmente, cerca de Caletas la influencia de la marea es menor que la influencia del viento, con deriva siempre contraria al noreste (Tabla 4); esto podría significar que el agua que sale a través de canal de Paso Malo no circula hacia el litoral costero noroccidental de esta península.

Tabla 4. Magnitudes y rumbos de deriva

	Llenante				Vaciante			
	Magnitud	rumbo	profundidad	Viento	magnitud	rumbo	Profundidad	Viento
Hotel Paradiso	4,2	SO	1,5	NE	3,1	NW	1,5	E
Plaza Américas	16,0	SO	1,5	NE	1,4	NW	1,5	E
Caletas	11,6	S	1,5	NE	5,7	SO	1,5	NE

Corrientes marinas litorales estimadas

Se calculó el valor de la componente paralela a la costa noroccidental de la península de Hicacosde las corrientes marinas, en ubicaciones con profundidades entre 2 y 8 metros (Tabla 5), y considerando la influencia de cuatro rumbos del viento. Los rumbos se escogieron en correspondencia el predominio en la zona durante todo el año de vientos del primer cuadrante (N-E). Además, se adicionó el rumbo oeste (O), que según Córdova-López y Torres-Hugues (2011), también incide en el traslado de sedimentos a lo largo del litoral costero en estudio.

Tabla 5. Corrientes marinas litorales estimadas

	Valor (m/s) de la componente paralela a la costa noroccidental de la península de Hicacos de las corrientes marinas (entre la costa y la isobata de 10 metros). Con vientos:			
Profundidad	del E	del NE	del N	del NO
2 m	-6,2757	-6,9996	-3,6233	1,8755

3 m	-9,4136	-10,4995	-5,4349	2,8133
4 m	-12,5514	-13,9993	-7,2466	3,7511
5 m	-15,6893	-17,4991	-9,0582	4,6889
6 m	-18,8271	-20,9989	-10,8698	5,6266
7 m	-21,9650	-24,4988	-12,6815	6,5644
8 m	-25,1028	-27,9986	-14,4931	7,5022
	• **Con signo (-) significa rumbo SO y sin (-) significa rumbo NE.**			

4. DISCUSIÓN

Los valores estimados de la velocidad del movimiento del agua paralelo a la costa noroccidental de la península de Hicacos se corresponden con los medidos y con los inferidos a partir de los experimentos con cuerpos de deriva; coincidiendo con el predominio de un movimiento más rápido hacia el suroeste. La distribución de estos valores en correspondencia con la distribución de las profundidades (Figura 4) muestra disminución en la velocidad del movimiento del agua al suroeste de Plaza América. Este comportamiento, y el predominio del rumbo suroeste con las mayores velocidades, favorecen que cualquier contaminación vertida en cualquier punto del litoral noroccidental de la península permanezca mayor tiempo entre Plaza América y Caleta.

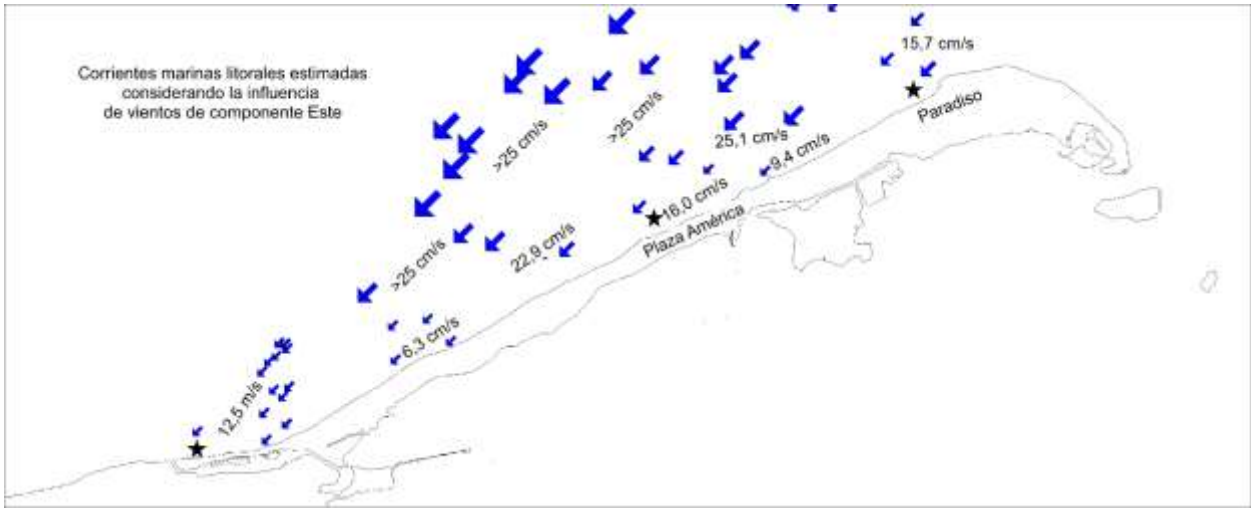


Figura 4. Esquema del patrón medio de circulación marina estimado al noroccidente de península de Hicacos.

Si las fuentes de emisión de contaminantes no vertieran continuamente, o si lo hicieran en ciclos diarios o mayores, el patrón de circulación marina transportaría la mayor parte de la contaminación hacia zonas más profundas; debido a que la velocidad del movimiento del agua vuelve a aumentar en la zona próximas al litoral costero de Caletas (Figura 4), donde las profundidades mayores a 10 metros se encuentran más cerca de la costa que en el resto de las aguas marinas aledañas a la península de Hicacos.

5. CONCLUSIONES

- El movimiento del agua más próxima al litoral costero del noroccidente de la península de Hicacos es preferencialmente hacia el suroeste, transportando cualquier contaminación vertida a lo largo de este litoral desde el noreste hacia el suroeste.
- La distribución de las magnitudes de las corrientes marinas litorales muestra disminución en la velocidad del movimiento del agua al suroeste de Plaza América. Este comportamiento, y el predominio del rumbo suroeste con las mayores velocidades,

favorecen que cualquier contaminación vertida en cualquier punto del litoral noroccidental de la península permanezca mayor tiempo entre Plaza América y Caleta.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cordova-Lopez, L.F. y Torres-Hugues, R. (2011): Modelo matemático para la determinación del trnasporte longitudinal para playas del Caribe.Tecnol. cienc. agua[online], 2011, vol.2, n.3, pp. 127-140. ISSN 2007-2422.
2. Fernández Vila, L. J., J. de Armas Tápanes, D. Marrero Gestoso, R. Rodríguez Romero y D. D. Zayas Suárez (2010): Cartas de circulación de las aguas de los archipiélagos Sabana y Camagüey. Informe 2011. Proyecto ¨Actualización de las corrientes marinas en las condiciones extremas del estado del tiempo. Escenario actual y escenario máximo previsto por el cambio climático en los años 2050 y 2100 ¨, del Macro Proyecto: ¨ Escenarios de peligros y vulnerabilidad de la zona costera cubana, asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100 ¨, Archivos científicos de la Agencia de Medio Ambiente, Cuba.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

TÍTULO: EDUCACIÓN Y CULTURAS DEL DETALLE, DEL DIÁLOGO DESARROLLADOR Y DEL CLIC

Autores: Arrechea Mildestein N A [1] de la Rosa Llano, V [2]

[1] IPIN CUBA [2] Institución: Instituto De Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF)

[1] Correo electrónico: navegarrech@nauta.cu o navegarrech@gmail.com [2] victoria@icimaf.cu

RESUMEN

El trabajo tributa a dos objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y forma parte de la investigación "Retos de la educación en el Siglo XXI". Tiene como objetivos: Definir la cultura del detalle, del diálogo desarrollador y del clic, sus características y principios; profundizar en las emociones y los sentimientos en un contexto individuo- colectivo- sociedad, y exponer experiencias tales como la Cartilla sobre este último tema, elaborada y aplicada a un grupo de alumnos de la Universidad Marítima de Cuba durante su etapa de alumnos y su seguimiento después de graduados. Asimismo, se exponen resultados en la educación de las emociones, los sentimientos y los afectos.

Palabras claves: Cultura del detalle, diálogo desarrollador, cultura del clic, educación de emociones, educación de sentimientos.

1- INTRODUCCIÓN

El hombre, como ser biosicosocial, desde que nace se desarrolla en un ambiente educacional y cultural. Su interacción constituye aspectos trascendentales en los proyectos sociales de transformación revolucionaria de la sociedad.

En la educación en el Siglo XXI las redes sociales y las aplicaciones informáticas no pueden ser ignoradas, ni rechazadas. El acceso de los niños a la información y las tecnologías ha cambiado la infancia y la adolescencia, las interacciones personales y sociales.

En cualquier acontecimiento y decisión de nuestra vida siempre influirán nuestras emociones y sentimientos y su materialización en el lenguaje y en los actos.

En la práctica muchos problemas que se manifiestan en los espacios sociales como escuelas, colectivos o la sociedad, están asociados a las experiencias e inteligencias emocionales y sentimentales negativas que deciden actitudes y comportamientos, los cuales se pueden contrarrestar al tener la capacidad de educar los sentimientos porque son ellos los que accionan todos los pensamientos y la materialización de las acciones.

Por eso es importante desarrollar un proceso educativo que tribute a la unidad en medio de la diversidad y al mejoramiento profesional y humano a través de la cultura del detalle, la cultura del diálogo desarrollador y la cultura del clic.

Los objetivos del trabajo son: exponer experiencias y resultados en la educación de las emociones y los sentimientos de un grupo de guardiamarinas durante la etapa estudiantil en la Universidad marítima de Cuba, y una vez graduados; definir las culturas del detalle, del diálogo desarrollador y del clic respectivamente, con sus principios y características.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

La **tarea** de investigación revisión documental y la utilización de los **métodos** análisis bibliográfico, histórico lógico, la consulta a expertos, la experiencia vivencial, la triangulación sucesiva y la sistematización permitieron la definición de cultura del detalle, del diálogo desarrollador y la cultura del clic; profundizar en las emociones y los sentimientos; y valorar las experiencias en la educación de las mismas.

En el trabajo se expone, a partir de la revisión documental y la utilización de los métodos análisis bibliográfico y la consulta a expertos, la confección y la aplicación de la Cartilla para el estudio de las emociones y los sentimientos, desarrollada por los autores y un colectivo de profesores de la Academia Naval “Granma” en el año 2009, con el objetivo de que los alumnos se viesen reflejados en la misma, según situaciones y actitudes relacionadas con las emociones y los sentimientos que se manifestaban de forma individual y colectiva. En la misma se explica las relaciones fisiológicas y reacciones internas que ocurren en el organismo con cada tipo de

emoción y se expone el impacto de la inteligencia emocional, la educación de los sentimientos y se agrega al estudio los afectos, en los resultados educativos después de graduados.

3- RESULTADOS

DEFINICIÓN DE CULTURA DEL DETALLE: Dar luz y vida a lo esencial no visible desde lo trivial visible.

La calidad se manifiesta en **tres niveles: calidad, excelencia y supraexcelencia** tabla No 1

Tabla No. 1	**NIVELES DE CALIDAD**	
NIVELES	**DEFINICIÓN**	**DIFERENCIA**
Calidad (mínimo aceptable)	Cumplir criterios estandarizados conocidos, reconocidos, aprobados, certificados y validados.	Detalle socializado
Excelencia	Grado superlativo de calidad	Exquisitez personalizada
Supraexcelencia	Grado superlativo de excelencia	

Se alimenta con la reciprocidad y tiene tres principios: Relación entre el pasado, el presente y el futuro; relación entre la apariencia, el ser y el reconocimiento; la relación de lo individual, colectivo y social y la ética y la estética.

En la dialéctica de la cultura del detalle, la monotonía termina siendo hija de la mediocridad.

DEFINICIÓN DE CULTURA DEL DIÁLOGO DESARROLLADOR: es la capacidad innovadora, inteligente, creativa, individual y colectiva, para formular interrogantes novedosas y encontrar respuestas y soluciones a sucesos imprevistos o limitados por la rutina, el estancamiento o la evoluinvolución.

Principio: Relación de la unidad de las diferencias en medio de la diversidad y de las complejidades de la adversidad.

En la dialéctica del diálogo desarrollador, el entendimiento mutuo y respetuoso es la base para buscar soluciones significativas y funcionales.

DEFINICIÓN DE CULTURA DEL CLIC: es un universo real que interactúa con el dinamismo tecnológico virtual, donde se fusiona un mundo particular en un tiempo colectivo y espacios colectivos en un tiempo personal. Es un acceso del mundo particular real con el mundo virtual compartido en espacios colectivos.

Compartimos con otros autores el concepto de clic [2] como la pulsación que se hace siempre con el dedo, el *mouse* u otro dispositivo apropiado, para dar una instrucción que determina la interacción del usuario con el sistema,

Principio de la cultura del clic: Relación entre lo que necesitas, lo que consumes y lo que aportas con los resultados a nivel individual, colectivo y social.

En la dialéctica de la cultura del clic es necesario cuidar todo lo que decimos sobre nuestra propia vida y evitar juzgar la de los demás. Aquí cumple un rol muy importante la educación de las emociones y los sentimientos.

LA EDUCACIÓN DE LAS EMOCIONES Y LOS SENTIMIENTOS

En la cultura del detalle, la cultura del dialogo desarrollador y en la cultura del clic, las emociones devenidas desde la parte del *cerebro reptiliano* (primer sistema en la evolución del cerebro, con el cual se pueden observar emociones primitivas como la agresión y el miedo), pueden provocar cambios corporales que se manifiestan en relajación o activación; y también conducir a una reacción emocional que se manifiesta en control o descontrol.

Los sentimientos son el resultado de las emociones, son más duraderos en el tiempo y pueden ser expresados con palabras.

Los sentimientos son emociones que se incorporan a la forma de actuar del individuo de forma racional y consciente e interviene la espiritualidad. Son el reflejo de la evolución humana y de su intelecto; a diferencia de las emociones el individuo asume todas las consecuencias de sus resultados.

En la cultura del clic es importante ser asertivo, definido por el autor como la habilidad que posee una persona de comunicar los sentimientos sin dejarse llevar por las emociones; está condicionado por las situaciones y el contexto y sirve para exponer, respetando a los demás y con equilibrio emocional, cuáles son las verdades, deseos y necesidades propios; y para demostrar dignidad, autoconfianza y respeto por uno mismo.

La asertividad es un comportamiento que se puede aprender y mejorar y que tan solo puede desarrollarse a través de las experiencias y vivencias personales; estas tributan al conocimiento de las propias emociones, a las capacidades de autocontrol y de automotivación, al reconocimiento de las emociones de los demás y al control de las relaciones, aspectos que se profundizan con la educación de las emociones y de los sentimientos.

CARTILLA PARA EL ESTUDIO DE LAS EMOCIONES Y LOS SENTIMIENTOS.

Los cambios y reacciones emocionales que experimentaban los alumnos que ingresaban en la Universidad Marítima, determinó que el colectivo de profesores (2009) elaborara y perfeccionara escritos sobre las emociones y los sentimientos, con el objetivo de su estudio y aplicación durante el proceso educativo y que se denominó “Cartilla para el estudio de las emociones y los sentimientos”.

Esta cartilla fue aplicada en las actividades diarias, sistemáticas y en las evaluaciones de un grupo de 22 guardiamarinas (2008-2013) y otro de 25 guardiamarinas (2013-2018) especialidad Cubierta, Marina Mercante, de la Universidad Marítima de Cuba.

La experiencia con el grupo de 22 egresados con 9 años de graduados y el otro grupo de 25 egresados con 3 años de experiencia en su estado vivencial profesional, intercambios personales o a través de la cultura del clic refleja:

- Relación de conocimientos, emociones y sentimientos que permiten un aprendizaje autónomo y permanente y que les facilitan resolver situaciones concretas de la profesión en el buque y en tierra, de la familia y de la vida.
- Los marinos reconocen sus potencialidades y los sentimientos y emociones que más experimentan y cómo los complementan. Entre ellos, los positivos: amor a la profesión, a la familia y a la patria; los negativos: temor en situaciones hidrometereólogicas adversas, aburrimiento, ansiedad, molestia, frustración y estrés.
- En la actualidad son factibles de apreciar en la comunicación cara a cara o a través de dispositivos que lo faciliten en la distancia, cómo la educación adquirida tributa a los resultados.
- La cultura del clic divide a los hombres en los que aportan, los que son indiferentes y los reaccionarios. Con palabras de José Martí “Los hombres van en dos bandos: los que aman y fundan, y los que odian y deshacen”, [1] por eso, la cultura del clic es un reto y un desafío.

4- DISCUSIÓN

LA CULTURA DEL DETALLE

En la dialéctica de la cultura del detalle: lo que hoy es novedoso, mañana es cotidiano y pasado, rutinario.

La educación es un comportamiento adecuado a las normas sociales, es muy costosa, y debe ser proactiva ya que debe tener la capacidad de avizorar y prevenir los problemas y dificultades antes de que se presenten, tomar la iniciativa sobre su propia existencia y trabajar de forma creativa y dinámica en función de decisiones que ayuden a mejorar.

La negación es el símbolo de la ignorancia, lo que se desconoce se ignora y puede comprometer el futuro, por lo cual no se debe prejuzgar o rechazar las posiciones en contra de la novedad porque se corre el riesgo de un inmovilismo educativo.

El presente es la base y la cima de la propia vida, que se apoya en el cimiento del pasado y con la energía que lo envuelve, construye la estructura visible del mañana.

En la dialéctica de la cultura del detalle, la monotonía termina siendo hija de la mediocridad.

La experiencia del pasado, si cae en el olvido es un error trágico que se arrastra y deja sin luz el camino que sirve de guía para el futuro. La educación tiene la posibilidad y el privilegio de la interacción de las experiencias del pasado con las exigencias del futuro.

Experiencias en la cultura del detalle

- Divulgar la historia es factible para cualquier especialidad. Ej. En el siglo XIX, la aparición del telégrafo revolucionó las comunicaciones, los lenguajes creados adaptados como la taquigrafía y la telegrafía desaparecieron con el medio de comunicación que les dio vida. Se debe conocer el código Morse
- Proyectar con visión de futuro: En el siglo XXI aparecen nuevos retos: La versión tradicional, hipertextual y multimedia coexisten, la literatura digital está cada vez más vinculada al medio universitario y al universo infanto - juvenil.
- Dinamizar el proceso educativo: La revolución tecnológica con su dinamismo genera medios para desarrollar una creatividad académica y científica donde tiene cabida la genialidad artística y la elaboración de productos de calidad.

EL DIÁLOGO DESARROLLADOR es un proceso socioeducativo que permite la interacción individuo- grupo- contexto, marco que propicia que todo individuo, colectivo o institución se remita constantemente a un marco teórico referencial determinado y asumido, el cual permite ser un elemento comparador, la acumulación de saberes y la sistematización de la práctica.

El diálogo desarrollador se centra en la realidad, para detectar no sólo carencias, insuficiencias, dificultades, anomalías, necesidades o problemas, sino capacidades y potencialidades y su

prolongación hacia el futuro; en correspondencia con las tendencias que se manifiesten en la evolución de una variable hacia un horizonte dado, o a partir de regularidades ya conocidas.

El diálogo desarrollador debe ser asertivo, entendido como la interacción social, saludable, armonioso y productivo que permite entre otras cosas escuchar y respetar los diferentes puntos de vista; mejorar la capacidad de entendimiento, ayudar a resolver las controversias y a solucionar los problemas, equilibrar la simple pasividad con la peligrosa agresividad y la unidad de las diferencias que enriquecen la diversidad y que deben mantenerse aun en la más compleja adversidad.

Experiencias en la cultura del diálogo desarrollador

- Diálogar para construir: En la cultura del diálogo desarrollador el individuo se vincula en espacios sociales como el colectivo y la sociedad donde desarrolla emociones, sentimientos, valores y las formas saber, querer y poder: saber (conocimientos), saber hacer (aplicar conocimientos y habilidades), saber estar (ajustarse a normas y reglas); querer hacer (motivación), querer ser (Querer pertenecer a…), poder estar (coherencia entre valores y actos) y poder hacer (medios y recursos).
- Visibilizar resultados: La comprensión mutua, los valores compartidos, la veracidad, la confianza son símbolos de un fructífero diálogo desarrollador.

LA CULTURA DEL CLIC

El autor Cardozo N D plantea que la cultura del clic se define a partir de un simple clic, cuya repetición va creando un camino definido por lo que individualmente se consume. [2]

En la cultura del clic el autor Córdoba Alberto propone tres acciones que contribuyen a la era del clic; dos que involucran al consumidor: Consumo y el clic responsable, y el tercero relacionado con el que introduce los códigos, que denomina algoritmo responsable. [3]

Dar un *Me gusta* o reflejar con *emoticones, stickers*, entre otros, un estado de ánimo en Facebook, Twitter, Instagram, Youtube u otra red social; así como ejecutar las acciones buscar, enviar, reenviar, compartir, van creando directa o indirectamente una cultura del clic personalizada que los algoritmos de las plataformas utilizadas en la actualidad como Facebook, Google, Yahoo, entre otras, sutilmente dan seguimiento.

Para los autores del presente trabajo la cultura del clic personalizado, con algoritmos centrados en la cultura del detalle permiten adentrarse en la vida privada de las personas, a través de los datos y la información que el usuario accedió a compartir con desconocidos.

En esa cultura del clic personalizado, fuentes externas, van aprendiendo del comportamiento individual lo que necesitas, las características de lo que haces, de lo que consumes y de lo que vas aportando con tu modo de actuación.

Lo anterior le posibilita que, al dar un clic, ofrecer siempre lo que le solicitan, lo que individualmente interesa y otras sugerencias con un anzuelo virtual portador de códigos significativos personalizados.

Experiencias en la cultura del clic

- Utilizar el código de las tecnologías: Saber utilizar el lenguaje en dependencia del medio de comunicación utilizado y del contexto es una señal de cultura. Maximizar sus potencialidades, conocer sus limitaciones y complementar sus aspectos negativos, siempre con una actitud ética, y la responsabilidad cívica por encima de la tecnología.
- Dar Clic es visibilidad: Clickear es una carta de presentación ante conocidos y desconocidos, que aporta esencias, hace diferencias en la interacción del mundo virtual con el real y tributa a un componente dinámico: la interacción objetivos – contenidos - métodos (¿Para qué? ¿cómo?, ¿qué?, ¿cuánto?) y a un componente temporal: la interacción medios – formas-evaluación (¿cuáles?, ¿Con qué?; ¿cuándo?, ¿cuánto?, ¿cómo? y ¿con qué?).

- Enriquecer el aservo cultural: Los datos y la información tienen un Código portador de significados que se visibilizan con la dinámica tecnológica. Las lenguas están en constante formación y enriquecimiento, no son universales, pero existen límites en códigos que tributan al sentido común que no pueden ser ignorados y que merecen respeto.

- Educar para triunfar: En cualquier acontecimiento y decisión de la vida siempre influirán las emociones, efímeras pero reactivas, y los sentimientos, aunque más estables son influenciables y moldeables. La educación de las emociones y los sentimientos facilitarán el tacto necesario en la cultura del clic, en la interacción intereses individuales – bienestar colectivo. Cada cual decide si aporta, suma o multiplica en interés del bien colectivo y social o destruye, resta o divide en interés individual.

LA EDUCACIÓN DE LAS EMOCIONES Y LOS SENTIMIENTOS

Lo que aparece a continuación es el resultado del trabajo realizado con la cartilla citada anteriormente.

En la tabla No. 2 se realiza una comparación entre las emociones y los sentimientos

Tabla 2 **COMPARACIÓN EMOCIONES Y SENTIMIENTOS**

	Emociones	**Sentimientos**
Origen	Quedan registradas y afloran desde en el mismo punto de la mente	
	Una vez experimentadas se manifiestan con mucha fuerza.	
Acción	Primitivas e instintivas.	Son emociones filtradas por la racionalidad.
	Estado afectivo intenso y complejo.	Elaboración del entender y el comprender.
	Reacción (mental y orgánica), bajo la influencia de ciertas excitaciones internas o externas.	Tiene elementos racionales e intelectuales.
	Son efímeras y reactivas.	Influenciables y moldeables.
Resultados	Fuerte influencia de los instintos y la no racionalidad Falsas expectativas, y la distorsión de la realidad.	Interviene la espiritualidad, se actúa con reflexión, con elección y se asume las consecuencias de los actos Hacen crecer, expandir, hacia la conquista de la paz.

Las emociones primarias o básicas son aquellas que son innatas y responden a un estímulo. En correspondencia con la vivencia afectiva subjetiva pueden ser agradables: amor y alegría; neutras: sorpresa y desagradables: ira, tristeza, miedo y asco. Las emociones secundarias son aquellas que se generan luego de una emoción primaria.

En la literatura especializada se aprecia que por cada emoción positiva existes cuatro negativas.

Dentro de las siete emociones básicas (sentimientos) que son asumidas por el autor como algunas de las emociones secundarias se relacionan a continuación:

a) Amor: Afecto, admiración, gratitud, amistad, afecto, celos, confianza, esperanza, fe, piedad, pasión**.**

b) **Alegría:** Felicidad, orgullo, satisfacción, placer, paz, euforia**.**

c) **Sorpresa:** Asombro, estupefacción, desconcierto, arrepentimiento, conmoción, insatisfacción.

d) **Miedo:** Desconfianza, preocupación, ansiedad, nerviosismo, inferioridad, estrés, pánico

e) **Tristeza:** Desesperanza, aburrimiento, melancolía, aflicción, amargura, dolor, nostalgia, angustia, desconfianza, desesperación, pena, frustración, molestia, depresión

f) **Ira**: Resentimiento, indignación, fastidio, cólera, animadversión, enemistad, envidia, venganza, vergüenza, odio**.**

g) **Asco:** Repulsión, desprecio, aversión, desdén, rechazo, antipatía.

Como se aprecia todas pueden conducir a emociones extremas nada agradables.

La característica esencial es la forma en que cada persona tiende a percibir el mundo: Captar en el contexto los estímulos, otorgarles un significado y reaccionar ante cada uno de ellos, en correspondencia con las diferencias individuales.

Cada una de estas emociones, básicas o secundarias son incorporadas a la cultura del clic a través del lenguaje de los emoticones.

En la cultura del clic, ese indefenso clic es un punto de trifurcación en el camino que cada individuo construye sobre sus necesidades, lo que realmente consume y lo que aporta.

Características de la educación emocional.

- Es un proceso que exige la participación individual y la interacción social, parte de la idea que no tiene límite de edad, que siempre se aprende, en cualquier lugar y del más insignificante ser vivo.
- Exige un carácter participativo, flexible y expuesta a un proceso de revisión continua, que permita su adecuación a las necesidades individuales y colectivas y a su validación.
- Debe estimular activamente la inteligencia emocional con estados de ánimos agradables y con empatía, corregir actitudes y respuestas que no son apropiadas, la autorregulación de emociones que resulten desagradables y motivar en todo momento a una educación que nos permita ser mejores seres humanos.
- Tributa a desarrollar las capacidades del autoconocimiento y la autorregulación emocional, para conocer y entender de forma consciente las emociones propias y mantener controladas las perturbaciones que desequilibran psicológicamente.
- Enseña a tolerar la frustración, aprender a reconocer emociones y canalizarlas, a reconocer la empatía tanto físico como social y a una cultura del detalle y del diálogo desarrollador.
- Enseña a controlar las emociones positivas extremas o las negativas. Ej el miedo: modificar la respiración y la respuesta muscular. En el caso del asco o disgusto, evitar los objetos o situaciones nocivas; mientras que, ante la tristeza, conviene meditar, reflexionar y tratar de entender por qué nos sentimos de esa manera. La ira: las interacciones sociales enseñan a transformar esa rabia en oportunidades de comprensión, de paciencia y tolerancia con actitudes aportadoras.
- Constituyen el ingrediente esencial en un proceso de enseñanza y aprendizaje óptimo y continuo; saber regularlas, es fundamental para una vida saludable.

- En la cultura del clic es fundamental tener presente que las emociones son efímeras, nos llevan a ilusiones, a falsas expectativas, a comprometer el discernimiento y la capacidad de juicio. Una decisión centrada en ellas puede conducir a varar al individuo en la realidad.

Características de la educación de los sentimientos.

El sentimiento es una poderosa realidad humana, que también es preciso educar.

1. Desde pequeños aprendemos a controlar nuestras emociones y tratar de influenciar en la de los demás, pero en la práctica la dinámica tecnológica, el marketing, la publicidad, la retórica, siempre tratan de cambiar o influir en los sentimientos del consumidor.
2. Existe un considerable desinterés por la educación de los sentimientos, provocados por emociones irracionales, ajenas al control y que demuestran carencias de virtud, como la envidia, el egoísmo, la agresividad, la crueldad, la desidia, el odio, entre otras que abundan en la práctica e invaden las redes sociales con un simple clic.
3. Los sentimientos son influenciables y moldeables y requieren educación por parte de la familia, semilla y raíz, como célula fundamental, enriquecida por la escuela con sus programas curriculares y actividades extracurriculares y con su intencionalidad activa, proactiva, asertiva y transformadora, en armonía con la herencia cultural.
4. En la educación de los sentimientos, de fallar la familia y la escuela, al tener no tener resultados positivos la interacción alumno – familia – escuela, en el contexto de la educación del Siglo XXI, la comunidad y las redes sociales se encargarán de ello.
5. La educación de los sentimientos en la interacción individuo – grupo - sociedad, tiene entre sus prioridades establecer límites dentro de lo razonable, lo practicable, lo permisible y lo soportable, que contribuyan a mejorar las relaciones sociales, a reducir problemas de comportamiento y a mejorar el desempeño en ámbitos educativos y en propia vida.
6. La educación de los sentimientos apoyada y vivida desde una educación de la virtud, permite que en cualquier grupo etario madure su humanidad, vivan abierto a los demás y que desde el

aprecio personal sientan que con proactividad caminan hacia el propósito máximo a que aspiran en la vida.

En la educación de las emociones y los sentimientos y de la cultura del clic se enriquece la cultura del detalle y la cultura del diálogo desarrollador con sus códigos portadores de significados. Los resultados traspasan las fronteras de las páginas de un libro, del local de una galería, del servicio de un lugar, de las puertas de una universidad, de la imagen de un producto determinado, para convertirse en referentes culturales para la familia, la escuela, la comunidad, los medios masivos de socialización (radio, televisión, redes sociales) en interacción permanente de lo propio (lo mío), lo ajeno (lo tuyo) y lo social (lo de todos).

5- CONCLUSIONES

1. La educación en el Siglo XXI, unida a la cultura constituyen dos pilares fundamentales en los proyectos sociales de transformación revolucionaria de la sociedad; la dinámica tecnológica no puede ser ignorada, ni rechazada, el acceso de los niños a la información y las tecnologías han cambiado la infancia y la adolescencia y las interacciones personales y sociales, no tenerlas en cuenta tributa a un inmovilismo educativo.
2. Las **definiciones** y principios de:

- Cultura del detalle, dar luz y vida a lo esencial no visible desde lo trivial visible; lo que hoy es novedoso, mañana es cotidiano y pasado, rutinario.
- Cultura del diálogo desarrollador, capacidad innovadora, inteligente, creativa, individual y colectiva, para formular interrogantes novedosas y encontrar respuestas y soluciones a sucesos imprevistos o limitados por la rutina, el estancamiento o la involución. Relaciona la unidad de las diferencias en medio de la diversidad y de las complejidades de la adversidad.
- Cultura del clic como un universo real que interactúa con el dinamismo tecnológico virtual, donde se fusiona un mundo particular en un tiempo colectivo y espacios colectivos en un tiempo personal.

3. La cartilla para el estudio de las emociones y los sentimientos, desarrollada a partir de la necesidad manifiesta en los resultados periódicos de las evaluaciones integrales de los guardiamarinas permitió la interacción individuo – grupo – sociedad, aplicada y enriquecida con sistematicidad desde la propia práctica. Los egresados la han incorporado a su vida profesional, social, personal y familiar, y la han enriquecida con el afecto, lo que ha hecho de ellos mejores seres humanos.

4. La educación de las emociones es un proceso que exige la participación individual y la interacción social. En el grupo de marinos incorporados a la vida profesional esta les ha permitido un aprendizaje autónomo y permanente, reconocer sus potencialidades y los sentimientos y las emociones que más experimentan, y cómo estas se complementan; además les ha facilitado herramientas para resolver situaciones concretas de la profesión en el buque y en tierra; de la familia y de la vida.

5. La educación de los sentimientos apoyada y vivida desde una educación de la virtud, permite que en cualquier grupo etario madure su humanidad, vivan abiertos a los demás y que desde el aprecio personal sientan que con proactividad navegan hacia el propósito máximo a que aspiran en la vida, para muchos en el grupo de egresados, ser capitán de un buque de gran porte y una vida familiar con unidad, salud y armonía.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Martí Pérez J Pensamientos/ José Martí Pérez. Biblioteca Nacional José Martí Volumen III, pág 3. Cuba, 1998 ISBN 959 – 7137 – 01 – 1

[2] Cardozo N La cultura del clic https//nelsondcg.medium.com marzo 2016. Visitado 6.08.2021

[3] Cordoba A La Cultura del clic. Transforming the future / https: // www.lukkap.com dic 2020, visitado 6.08.2021

BIBLIOGRÁFICA

1. Alfonso C El proceso de socialización y cultura políticas: análisis y perspectivas teóricas. UH no.286 La Habana jul.-dez. 2018 *versão On-line* ISSN 0253-9276
2. Arrechea N Cartilla para el estudio de las emociones y los sentimientos. Folleto. Academia Naval "Granma". Formato digital 2009
3. _____ Educación y Cultura del detalle. Evento Universidad 2019 OACE. La Habana. Cuba. 2019
4. _____ Resiliencia: construcción de atalayas desde los cimientos de la adversidad. Academia Naval "Granma". XVIII Taller Nacional en Defensa del Idioma Formato Digital 2019.
5. _____ Covidear: forma nociva de socialización. Evento Internacional Pedagogía 2021. La Habana. Cuba. 2020
6. _____¿Navegar sin covidear? XIX Evento Nacional en Defensa del Idioma. La Habana, Cuba. 2021.
7. _____ Educación: Filtro a las socializaciones nocivas. Universidad 2022 OACE. Publicado en las memorias del evento ISBN: 978- 959- 16- 4616- 3
8. _____ Educación y culturas del detalle, del diálogo desarrollador y del clic. Evento Universidad 2019 OACE. La Habana. Cuba. 2021.
9. Bisquerra R. Educación para la ciudadanía y convivencia. El enfoque de la educación emocional. Barcelona: Wolters Kluwer. 2008
10. Calviño M Descubriendo la psicología. La Habana. Cuba. Editorial Academia. 2017
11. Cardozo N.D. La cultura del clic https://nelsondcg.medium.com 2016
12. Cordoba A La Cultura del clic. Transforming the future / https: // www.lukkap.com dic 2020.
13. Deming W.E **,** Calidad, productividad y competitividad. Díaz Santos. Madrid. 1989**.**
14. Goleman D. La *Inteligencia emocional*. ¿Por qué es más importante el coeficiente intelectual? Argentina, Javier Vergara Editor SA., 1996
15. Lucas A El proceso de socialización un enfoque sociológico. Universidad Complutense, 2804-0 Madrid. 1990
16. Milazzo, l. *Socialización*. Universidad José María Várgas. Venezuela. 1999.
17. Sánchez S : *Citar Wikipedia – Referencia Bibliográfica*. Normas APA (7ma edición). https://normas-apa.org/referencias/citar-wikipedia/ (4 de mayo 2019)

TITULO: SOCIALIZACIONES IMPLOSIVAS, UN DESAFÍO A LA EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI.

Autores: Arrechea Mildestein N A [1] , de la Rosa Llano, V [2]

[1] **IPIN CUBA** [2] **INSTITUCIÓN: Instituto De Cibernética, Matemática Y Física (ICIMAF)**

[1] **Correo electrónico: navegarrech@nauta.cu o navegarrech@gmail.com** [2] **victoria@icimaf.cu**

RESUMEN

El trabajo forma parte de la investigación "Retos de la educación en el Siglo XXI" con la formación de seres sentipartipensantes en equilibrio de la interacción libertades individuales- necesidades nacionales- requisitos internacionales. Tiene como objetivos definir el concepto de ríos lingüísticos, profundizar en las socializaciones implosivas, y en una de sus fuentes: la ignorancia, apreciada desde diferentes niveles con citas de diversas personalidades a lo largo de la historia. Se aborda los triángulos de la ignorancia activa y de la educación proactiva y experiencias para aprender a vivir juntos y aprender a ser en el Siglo XXI, que el autor denomina Proceso educación para la convivencia – socialización para vivir en paz.

Palabras clave: Ríos lingüísticos, efecto radar, socializaciones implosivas, ignorancia activa, educación proactiva.

1- INTRODUCCIÓN

El desarrollo humano no es posible sin la existencia de la sociedad; su evolución, estancamiento o evoluinvolución dependen de los agentes de socialización - familia, escuela, amigos, redes de comunicación- que deben incidir de forma sensible en el individuo, profundizar en la educación personalizada teniendo en cuenta los objetivos comunes y las diferencias, y lograr el equilibrio en la interacción libertades individuales- necesidades nacionales- requisitos internacionales.

En un universo social en cinco D (disperso, diverso, diferente, disruptivo y divergente) si las emociones y los sentimientos se van por encima de la reflexión crítica y necesaria del

pensamiento, los resultados pueden tributar a implosiones sociales, a las socializaciones nocivas peligrosas (las cinco íes): indisciplina, irrespeto, irresponsabilidad, indolencia e imprudencia que influyen en las socializaciones nocivas principales: guerras, epidemias y pandemias.

Para resolver problemas, colectivos o sociales, estimular altas dosis de violencia e introducir una marcada ignorancia activa a través de ríos linguisticos de las redes sociales jamás será una solución racional.

Los objetivos del trabajo son: Definir el concepto de ríos lingüísticos, profundizar en las socializaciones implosivas, y en una de sus fuentes: la ignorancia, apreciada desde diferentes niveles (individual, colectivo o social) con citas de diversas personalidades a lo largo de la historia. Exponer como resultados los triángulos de la ignorancia activa y de la educación proactiva y la aplicación del *Informe Delors* (La educación encierra un tesoro) (1996) a través de la definición y aplicación *Proceso educación para la convivencia – socialización para vivir en paz,* desarrolladas por el autor.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

¿Socializaciones Implosivas? ¿Ignorancia activa? La tarea de investigación revisión documental y la utilización de los métodos análisis bibliográfico, histórico lógico, la consulta a expertos, la experiencia profesional de más 40 años en la profesión, la triangulación sucesiva y la sistematización permitieron definir el concepto de socialización implosivas con otra significación del propuesto por Jean Baudrillard (1929- 2007) que tributa al fin de procesos sociales, como el fin de la historia; luego se profundiza en la ignorancia activa abordada por Goethe, (1749- 1832) y se introduce el triángulo de la ignorancia activa definido por los autores de este trabajo.

Los métodos de análisis bibliográfico, histórico lógico y la reseña y discusión permitieron a los autores introducir el concepto de ríos lingüísticos, apreciar la ignorancia en tres niveles y desde

definiciones de diferentes personalidades de la historia, definir el triángulo de la educación proactiva y el Proceso educación para la convivencia – socialización para vivir en paz.

3- RESULTADOS

RIO LINGÜÍSTICO el autor lo definió como el caudal de información, con contenidos modelados, portadores de significados entendibles en cualquier idioma, y tienen como márgenes: la aplicación de reglas estrictas y su socialización repetida sin cuestionamientos.

Las fuentes del río lingüístico, aunque diversas y dispersas, deben ser interesantes y aportar al objetivo a lograr; sin importar nombres, al ser seleccionada la información, formará parte de su cauce y desembocará en el inmenso océano de las redes sociales.

LA IGNORANCIA nunca ha sido ajena al desarrollo del hombre. La historia demuestra que el conocimiento no siempre crece para bien, para evolucionar; su eclipsamiento o su manipulación también puede destruir y atentar contra la vida de la especie humana y contra la vida del planeta tierra, en un proceso de evoluinvolución.

La ignorancia es apreciada por el autor del presente trabajo en tres niveles: como una actitud ante la vida en el *plano individual*, una solución de confort en el *plano colectivo* o institucional o una admiración o degradación en el *plano social.*

LA IGNORANCIA ACTIVA la define como una enfermedad sembrada y cultivada con esmero por la agnología y que necesita de la ignorancia colectiva para existir y adaptarse a través del tiempo. Se caracteriza por la dispersión de la desinformación, los sofismas utilizados y la manipulación proactiva encausadas en los ríos linguisticos (fig 1).

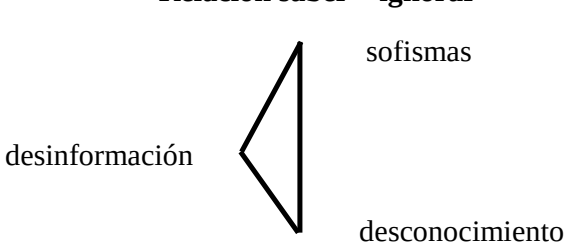


Figura 1. Triángulo de la ignorancia activa

La ignorancia activa tiene como puntos de partida *garantizar inteligencias selectivas para pocos (mínimos esenciales) – diseminar ignorancia activa para muchos (muchos triviales).*

La ignorancia activa es generada por el colectivo, institución o la sociedad, como un medidor social enmarcados en la relación saber – ignorar, y es un calificativo que se otorga en las relaciones sociales.

LA EDUCACIÓN PROACTIVA DEL SIGLO XXI. La educación es un proceso vivo que permite al ser humano desprender la energía para germinar semillas y fortalecer raíces, que se hacen visibles al robustecer troncos, proliferar follajes y embellecer con flores y frutos en la búsqueda permanente de poder acariciar la luz del sol e iluminar las sombras de la ignorancia activa globalizada en el Siglo XXI.

El antídoto para la marcada globalización de la ignorancia activa es la educación proactiva (fig.2)

Relación saber – ignorar

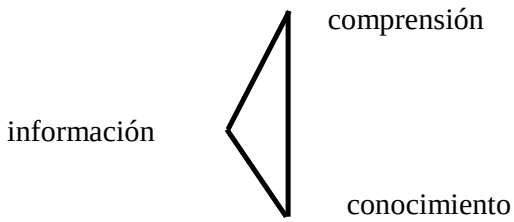


Figura 2. Triángulo Educación Proactiva

EL PROCESO EDUCACIÓN PARA LA CONVIVENCIA – SOCIALIZACIÓN PARA VIVIR EN PAZ es enriquecido con las variables del propio proceso: Las principales: conexión, cohesión y comprensión, y las complementarias: cooperación, colaboración y corroboración.

Variables principales de la socialización educativa:

- Conexión: Maximizar lo común – Complementar las diferencias en interés colectivo
- Cohesión: Proyectar intereses individuales – Profundizar en el bienestar colectivo

- Comprensión: Garantizar la unidad y el diálogo desarrollador – solucionar conflictos respetando divergencias.

Variables complementarias de la socialización educativa

- Cooperación: Aprender a compartir y a trabajar en equipo – Disfrutar de los resultados colectivos
- Colaboración: **E**valuar con sistematicidad las capacidades de relación - Socializar los resultados prácticos y funcionales alcanzados.
- Corroboración: Evaluar con cultura de detalle – garantizar seguridad y prosperidad colectiva

La vida del hombre, en esencia, es social y la socialización implica evolución; en un proceso donde objetivamente moldea al individuo por medio de la educación y la adquisición de la cultura para adaptarlo a la sociedad en que vive y se desarrolla; subjetivamente el proceso se manifiesta en la respuesta o reacción del individuo a la sociedad.

La educación es costosa, pero es la opción viable y necesaria para dar luz al mundo de la ignorancia activa y las manipulaciones a través, de ríos lingüísticos y socializaciones implosivas, entre otras.

RÍOS LINGÜISTICOS Las fuentes del río lingüístico, aunque están diversas y dispersas, al desembocar en las redes sociales, a través de personas o algoritmos, continúan su curso con un torrente y un marcado efecto radar: dirección y sentido determinados, y el alcance, magnitud y resultados en el tiempo.

Los ríos lingüísticos al circular en las redes sociales arrastran variedad de opiniones que inciden sobre las emociones, los sentimientos, los pensamientos y colocan al individuo como rector de sus acciones, estimulando una educación proactiva o las socializaciones implosivas y la "pandemia de la ignorancia activa".

IMPLOSIÓN SOCIAL Jean Baudrillard, (1929- 2007) fue un filósofo y sociólogo francés, que denominó **implosión** *a la destrucción interior que se produce cuando el mundo se vacía de significado: un proceso de entropía* ***social*** *en virtud del cual se derrumban las fronteras entre realidad e imagen, y se abre el agujero negro del vacío de significación.* [1]

Esta definición circula en los ríos lingüísticos y tiene entre sus resultados esperados el fin de muchos procesos sociales.

Para el autor de este trabajo socialización implosiva es un proceso de socialización dañino, en ocasiones invisible, provocado por la acumulación de acciones nocivas de individuos, grupos, instituciones o la propia sociedad; que, al traspasar límites permisibles o soportables, atenta contra la vida, la educación, la cultura y la seguridad individual, colectiva o social.

Las socializaciones implosivas van socavando la sociedad desde sus cimientos y tributa a las ***acciones nocivas peligrosas:*** *la Indisciplina, la irresponsabilidad, el irrespeto, la indolencia y la imprudencia y a las socializaciones nocivas principales: guerras, epidemias y pandemias*. [2]

Entre las acciones nocivas que tributan a la socialización implosiva se encuentra la ignorancia, que es tratada en el presente trabajo; y las adicciones.

LA IGNORANCIA. La ignorancia nunca ha sido ajena al desarrollo del hombre. En la cultura oriental, en las religiones budistas, hinduista y jainista, el Karma (acción o energía trascendente que se deriva de los actos, palabras y pensamientos de las personas) uno de los tres venenos junto al deseo y la repugnancia, es la ignorancia.

En la cultura occidental la agnotología, definida por Robert N. Proctor (estudia la ignorancia o duda culturalmente inducida) se distinguen dos tipos: la ignorancia sabia (se sabe que no sabe) y la ignorancia profunda (no se sabe que no sabe). Para el citado autor *"La ignorancia es poder… y la agnotología es la creación deliberada de ignorancia"* [3]

Para Johann Wolfgang Goethe, (1749- 1832) novelista, poeta y pensador alemán que defendía la idea de la unidad entre teoría y práctica, "*nada hay más terrible que una ignorancia activa*" [4]

y para Karl Popper, filósofo y profesor austriaco, "*La verdadera ignorancia no es la ausencia de conocimientos, sino el hecho de rehusarse a adquirirlos*". [5]

François de La Rochefoucauld (1613- 1680) escritor, filosofo, político, militar, aristócrata francés en el Siglo XVII advertía: *"Tres clases hay de ignorancia: no saber lo que debiera saberse, saber mal lo que se sabe, y saber lo que no debiera saberse"* [6]; para Galileo Galilei (1564 – 1642) Eminente hombre del renacimiento relacionada con la revolución científica. Filósofo, astrónomo, ingeniero, matemático físico, entre otros; "La ignorancia es la madre de la maldad y de muchos de nuestro vicios" **[7].**

La ignorancia es generadora de daños, y en la actualidad contaminan e infestan a millones de seres humanos a través de las redes sociales.

La ignorancia es apreciada por el autor del presente trabajo en tres niveles: como una actitud ante la vida en el plano individual, una solución de confort en el plano colectivo o institucional o una admiración o degradación en el plano social.

A través del pensamiento de grandes hombres de la historia universal, de diferentes épocas y de diversidad de creencias se aborda la ignorancia en sus tres niveles:

Nivel individual [8]

- Albert Einstein (1879-1955) -Físico alemán, científico con extraordinarios aportes a la ciencia- *"Todo lo que el hombre ignora, no existe para él. Por eso el universo de cada uno se resume al tamaño de su saber"*
- Confucio (551 - 479 ane) Educador y escritor chino fundador de la filosofía que se denominó confucianismo. *"La ignorancia es la noche de la mente, una noche sin luz de la luna ni de estrellas, completamente oscura"*
- Miguel de Cervantes y Saavedra (1547 – 1616) -Figura universal de la literatura española- *Peculiaridad del ignorante es responder antes de oír, negar antes de comprender, y afirmar sin saber de qué se trata.*

- José Martí Pérez (1853 – 1895) – Héroe Nacional de la República de Cuba- "…no hay nada más terrible que los apetitos y las cóleras de los ignorantes"

Nivel colectivo [9]

- Averroes (1126-1198) -Filósofo, médico y juez árabe de la Edad Media - *se refería que la ignorancia lleva al miedo, el miedo lleva al odio, y el odio lleva a la violencia. Esa es la ecuación.*
- Martin Luther King (1929- 1968) - Teólogo, defensor de los derechos civiles EU - *Nada en el mundo es más peligroso que la ignorancia sincera y la estupidez concienzuda"*.
- Anónimo: "Lo peor de la ignorancia … es que … a medida que se prolonga, adquiere confianza"

Nivel social [10]

- Maximilien Robespierre (1758 – 1794) - abogado, escritor, orador y político francés uno de los más prominentes líderes de la Revolución Francesa - *"El secreto de la libertad radica en educar a las personas, mientras que el secreto de la tiranía está en mantenerlos ignorantes"*.
- Radko Tichavsky (1959) Compositor y pedagogo nacido en Checoslovaquia, con nacionalidad mexicana: "Los libros curan a la más peligrosas de las enfermedades humanas: La ignorancia"
- Simón Bolívar (1783 – 1830) (Militar y político venezolano libertador de Colombia, Venezuela, Bolivia, Ecuador y Panamá) "Un pueblo ignorante es un instrumento ciego de su propia destrucción"
- José Martí Pérez (1853 – 1895) – Héroe Nacional de la República de Cuba- *La ignorancia mata los pueblos, y es preciso matar la ignorancia. El fanatismo contribuye al enervamiento, y es preciso extinguir el fanatismo.*

IGNORANCIA ACTIVA. La ignorancia activa es generada por el colectivo, institución o la sociedad, como un medidor social enmarcados en la relación saber – ignorar, y es un calificativo que se otorga en las relaciones sociales.

El saber impone un conocimiento que sirve de cimiento a la responsabilidad, traza límites en la actuación y las consecuencias de los resultados; y determina los retos que de forma individual o colectiva son esenciales dominar.

En el segundo la intoxicación del ignorante es ignorar su incuestionable ignorancia, es la elección de no saber, de no profundizar; constituyen un lastre individual y colectivo que favorecen el error, limitan la posibilidad de seguir avanzando, y pueden ser el punto inicial de una cadena de errores de impredecibles consecuencias individuales, colectivos o sociales.

El triángulo de la ignorancia activa lo forman: el desconocimiento, la desinformación y los sofismas. (figura 1)

Se asume como sofismas, el significado que aparece en el Diccionario de la Real Academia Española. Silogismos, pruebas o refutación aparente con los cuales se pretende confundir al contrario.

Para el autor la ignorancia activa es un camino de arenas movedizas incentivador de vicios, sentimientos negativos y espejismos que contaminan pasados, socavan presentes e implosionan futuros.

Se entiende por arenas movedizas a los terrenos de gran viscosidad: arenosos, pantanosos, lodozales, entre otros; que a simple vista aparentan ser sólidos, estables y sin peligros, pero que, al ser un fluido coloide, es capaz de funcionar como una gelatina: estado sólido, líquido o su combinación; lo cual le proporciona la capacidad de atrapar lo que se coloque en su superficie, facilitándole que se hunda por su propio peso.

EDUCACIÓN PROACTIVA DEL SIGLO XXI. En la relación saber - ignorar el conocimiento, la información y la comprensión deben lograr la armonía que tributen al desarrollo integral de las potencialidades de los seres humanos en **equilibrio** con la interacción libertades individuales - necesidades nacionales – requisitos internacionales, y no puede ser una utopía.

La educación y la cultura del Siglo XXI en la dinámica de las libertades individuales exige un lenguaje y una actitud sentipartipensantes, proactivos y asertivos.

- *Sentipartipensante: pensar y participar sintiendo; y sentir y participar pensando*. Pensar con autoafirmación y con empatía; participar con propósitos definidos y con responsabilidad y sentir con aceptación e integridad.
- Proactivo: Responsabilidad de hacer que las cosas sucedan con una alta capacidad de respuesta. Activo que crea, multiplica y aporta en contraposición de la pasividad que destruye, divide y desgasta.
- Asertivo: Equilibrar la simple pasividad con la peligrosa agresividad, en un contexto de respeto a los diferentes puntos de vista, que permita la unidad en medio de la diversidad y de la adversidad.

La educación del Siglo XXI en la dinámica de intereses nacionales debe ser proactiva entendida como la capacidad de avizorar y prevenir los problemas y dificultades antes de que se presenten, tomar la iniciativa sobre su propia existencia y trabajar de forma creativa y dinámica en función de decisiones que ayuden a una mejorara permanente.

Debe centrarse en la cultura del detalle y tener en cuenta la cultura del dialogo desarrollador y del clic, analizadas por los autores en trabajos anteriores.

En la ignorancia activa las palabras, intencionadas o ingenuas, encauzadas en los ríos lingüísticos, pueden convertirse en creencias; las creencias enraízan sentimientos, los sentimientos influyen en las emociones y estas últimas determinan nuestros estados de ánimo; ciclos que son trasmitidos a través del lenguaje, actos o conductas y determinan la posición del individuo respecto a su entorno al acercarlos o alejarlos hacia ciertas personas, objetos, acciones o ideas.

La educación del Siglo XXI en la dinámica de requisitos internacionales

- La educación de las emociones es un proceso que exige la participación individual e interacción social, que una vez incorporados a la vida profesional les permite un aprendizaje

autónomo y permanente, reconocer sus potencialidades, los sentimientos y emociones que más experimentan y como los complementan, les facilitan resolver situaciones concretas de la profesión, de la familia, de la sociedad y de la vida.

- La educación de los sentimientos apoyada y vivida desde una educación de la virtud, permite que en cualquier grupo etario madure su humanidad, vivan abierto a los demás y que desde el aprecio personal sientan que con proactividad navegan hacia el punto máximo a que aspiran en la vida.

PROCESO EDUCACIÓN PARA LA CONVIVENCIA – SOCIALIZACIÓN PARA VIVIR EN PAZ

El antídoto para la marcada globalización de la ignorancia activa es la educación proactiva que garantice un marco teórico referencial con valor práctico demostrado, pues es la ignorancia:

- ¿Falta de conocimientos?, Nadie puede llamar a un infante ignorante;
- ¿Un estado de desinformación? Es una decisión personal que libera, minimiza o impone grilletes;
- ¿una carencia de comprensión? El camino y el límite los imponen el individuo, el colectivo o la propia sociedad, Siempre coexistirán las opiniones razonables, viables y de sentido común que deben imponerse en su convivencia con otras absurdas, desequilibradas y marcadas por la estupidez.

En el equilibrio de la interacción libertades individuales - necesidades nacionales – requisitos internacionales, el individuo se vincula en espacios sociales como el colectivo y la sociedad, donde desarrollan emociones, sentimientos, valores y las formas saber (conocimientos), saber hacer (aplicar conocimientos y habilidades), saber estar (ajustarse a normas y reglas); querer hacer (motivación), querer ser (Querer pertenecer a…) y poder hacer (medios y recursos).

En 1996 se señalan en el *Informe Delors* (La educación encierra un tesoro) los cuatro pilares de la educación del siglo XXI: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser**.**

En el trabajo es el resultado de las experiencias personales y colectivas para aprender a vivir juntos y aprender a ser en el Siglo XXI, que el autor denomina Proceso educación para la convivencia – socialización para vivir en paz, definido como un proceso dialéctico presente a lo largo de la vida y tiene características prosociales. Comienza por el conocimiento de sí mismo, el descubrimiento gradual y la comprensión del otro y del entorno

Saber qué sabemos, con fortalezas, debilidades y limitaciones; y la base teórica referencial de partida.

Saber qué no sabemos, limitación no ignorada que en la era de internet se enfrenta con determinación o se asume con indiferencia.

No saber lo que no sabemos, se ignora porque no se conoce; pero una vez conocido despierta el interés o estimula la indiferencia.

Por eso la importancia de desarrollar los valores responsabilidad, humildad y transparencia.

Responsabilidad: Demuestra las cualidades del ser humano para dar respuesta a los compromisos asumidos consigo mismo, el colectivo, la familia y la sociedad, conscientes de asumir las consecuencias de los actos y la capacidad para ganarse la confianza de quienes lo rodean. La libertad significa responsabilidad pública compartida.

Humildad: Apreciada como una actitud ante la vida que posee el ser humano en reconocer sus habilidades, cualidades y capacidades, y sin decirlo aprovecharlas para obrar en bien de los demás, esta virtud no permite crear superioridad sobre los demás, ayuda a crear relaciones interpersonales más sólidas y apreciar el verdadero valor de las cosas.

Transparencia: Apreciada como una actitud ante la vida, es exponer un alma libre de miserias humanas, fundamental para el trabajo en equipo y es un antídoto que quita las manchas de las malas intenciones.

<u>Variables Principales de la Socialización Educativa</u>

- Conexión: Solucionar conflictos haciendo uso del diálogo desarrollador y el respeto al otro. Interiorizar que las diferencias no son sinónimos de desigualdad.

- Cohesión: Conservar la esencia del ser humano y mantener el rumbo seleccionado en proyectos de desarrollo individuales y colectivos.

Evitar no naufragar en los mares del consumismo, la banalidad y las informaciones efímeras que a través de ríos lingüísticos saturan cualquier espacio de la vida privada o social.

- Comprensión: Convivir en una cultura de paz, interactuar y conocer a los demás y lograr trabajar por objetivos comunes

Variables Complementarias de la Socialización Educativa

- Cooperación: El sentimiento cooperador está asociado a objetivos provechosos y útiles. Se manifiesta en la solidaridad, la generosidad, el altruismo y a través de ella los logros pueden multiplicarse y perpetuarse, es una conducta prosocial
- Colaboración: La colaboración conlleva a la paz y la armonía entre los hombres, la sociedad y el medio ambiente y a vivir y disfrutar el resultado colectivo.
- Corroboración: La corroboración es fundamental para el conocimiento científico en general y vital en áreas como las ciencias sociales, la economía, el derecho, la criminología, entre otras.

La corrobo*r*ación es transparencia para el proceso de socialización y un antídoto para la ignorancia activa.

En la dinámica del proceso la conexión, la cohesión, la comprensión, la cooperación, la colaboración y la corrobaración social son las claves para armonizar el pluralismo y el multiralismo, y para lograr el equilibrio libertades individuales - necesidades nacionales – requisitos internacionales.

5- CONCLUSIONES

1. El *rio lingüístico* es un caudal de información, con contenidos modelados, portadores de significados entendibles en cualquier idioma; tienen como márgenes: la aplicación de reglas estrictas y su socialización repetida sin cuestionamientos que inciden sobre las emociones, los sentimientos, los pensamientos y colocan al individuo como rector de sus acciones, estimulando las socializaciones educativas o marcadamente nocivas.

2. La s**ocialización implosiva** es un proceso de socialización dañino, en ocasiones invisible, provocado por la acumulación de acciones nocivas de individuos, grupos, instituciones o la propia sociedad; que, al traspasar límites permisibles o soportables, atenta contra la vida, la educación, la cultura y la seguridad individual, colectiva o social. Se caracteriza por acciones nocivas como la ignorancia y las adicciones que van socavando la sociedad desde sus cimientos y tributan a las acciones nocivas peligrosas y nocivas principales.

3. La **ignorancia activa** es una enfermedad sembrada y cultivada con esmero por la agnología y que necesita de la ignorancia colectiva para existir y adaptarse a través del tiempo. Tiene su dinámica interna determinada por la relación saber – ignorar:

- Puntos de partida *garantizar inteligencias selectivas para pocos (mínimos esenciales) – diseminar ignorancia activa para muchos (muchos triviales).*
- El triángulo de la ignorancia activa esta determinado por: el desconocimiento, la desinformación y los sofismas.
- En cualquiera de sus tres niveles –individual, colectivo o social- se caracteriza por la dispersión de la desinformación, los sofismas utilizados y la manipulación proactiva encausadas en los ríos linguisticos

4. La **educación proactiva** es entendida como la capacidad de avizorar y prevenir los problemas y dificultades antes de que se presenten, tomar la iniciativa sobre su propia existencia y trabajar de forma creativa y dinámica en función de decisiones que ayuden a una mejorara permanente, es un antídoto para la marcada globalización de la ignorancia activa determinada por la relación saber – ignorar:

- Formar individuos sentipensantes: pensar y participar sintiendo y sentir y participar pensando con proactividad y asertividad
- El triángulo de la educación proactiva esta determinado por: el conocimiento, la información y la comprensión y valores como la responsabilidad, la humildad y la transparencia.

- Debe centrarse en la cultura del detalle y tener en cuenta la cultura del dialogo desarrollador y del clic.

5. Equilibrar las libertades individuales – necesidades nacionales - requisitos internacionales con la aplicación de la educación para la convivencia – socialización para vivir en paz, definido como un proceso dialéctico, antídoto para las socializaciones nocivas, con las variables principales: conexión, cohesión y comprensión, y las complementarias: cooperación, colaboración y corroboración, claves para armonizar el pluralismo, el multilateralismo, y para lograr el dinamismo, la evolución, el bienestar, el crecimiento personal, colectivo y social.

6 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Baudrillard, J. *Cultura y simulacro*. Editorial Kairós. ISBN 9788472452985. (1993)

[2] Arrechea Mildestein N Educación: filtro a las socializaciones nocivas. Evento Universidad 2021 OACE. La Habana. Cuba (2021)

[3] Proctor, Robert «Existe una industria de creación de ignorancia». *Muy interesante* https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/robert-proctor-qexiste-una-industria-de-creacion-de-ignorancia (junio de 2009).

[4] Rivero García A. "Goeth … Nada hay más terrible que la ignorancia activa" info@teleactualidad.com (consultado 19 de junio 2022)

[5] Popper K (2001) "El conocimiento de la ignorancia", *Polis* [Online],1 connection on 27 May 2022 URL http://journals.openedition.org/polis/8267

[6] Proverbia. Frases sobre sobre la ignorancia. https:// proverbia.net. (consultado 12 de mayo 2022)

[7] Muñoz Collado S "50 frases de ignorancia" https**://** PsicoActiva.com: Psicología, test y ocio Inteligente. . (consultado 1 de mayo 2021)

[8] Arrechea Mildestein N Socializaciones implosivas, un desafío a la educación del Siglo XXI. Academia Naval. XX Taller Nacional en Defensa del Idioma, Formato Digital. Ignorancia individual, pág. 3

[9] Arrechea Mildestein N Socializaciones implosivas, un desafío a la educación del Siglo XXI. Academia Naval. XX Taller Nacional en Defensa del Idioma, Formato Digital. Ignorancia colectiva, pág. 3

[10] Arrechea Mildestein N Socializaciones implosivas, un desafío a la educación del Siglo XXI. Academia Naval. XX Taller Nacional en Defensa del Idioma, Formato Digital. Ignorancia social, pág. 4

BIBILOGRAFÍA

1. Arrechea N y De la Rosa V Resiliencia: construcción de atalayas desde los cimientos de la adversidad. Academia Naval. XVIII Taller Nacional en Defensa del Idioma, 2019. Formato Digital
2. _____ Covidear: forma nociva de socialización. Evento Internacional Pedagogía 2021. La Habana. Cuba. (2020)
3. _____ Educación y culturas del detalle, del diálogo desarrollador y del clic. Evento Universidad 2021 OACE. La Habana. Cuba 2021
4. _____ Educación: filtro a las socializaciones nocivas. Evento Internacional Universidad 2021. La Habana. Cuba 2021
5. _____ Socializaciones implosivas, un desafío a la educación del Siglo XXI. Evento OACE Pedagogía 2023. (junio 2022)
6. Baudrillard, J *Cultura y simulacro*. Editorial Kairós. 1993 ISBN 9788472452985. .
7. Cardozo N.D. La cultura del clic https://nelsondcg.medium.com 2016
8. DELORS, J "La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI". Santillana, Ediciones UNESCO. 1996.
9. Einstein A: *Why socialism?*, en *Monthly Review*, mayo de 1949.
10. Martí P Pensamientos Biblioteca Nacional José Martí. La Habana. Cuba 1998
11. Muñoz Collado S: 50 Frases de Ignorancia. PsicoActiva.com: Psicología, test y ocio Inteligente. (2021)
12. ONU (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución 70/1. Asamblea General (2015).
13. Pérez Porto J y Merino M . Publicado: 2018. Actualizado: 2020. Definición de implosión (https://definicion.de/implosion/
14. Popper K "El conocimiento de la ignorancia", *Polis* [Online],1 | 2001, Online since 30 November 2012, connection on 27 May 2022 URL http://journals.openedition.org/polis/8267 2001
15. Proctor Robert «Existe una industria de creación de ignorancia». *Muy interesante* (337): 54-58. Consultado el 4 de junio de 2009. https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/robert-proctor-qexiste-una-industria-de-creacion-de-ignorancia
16. SIGEDU Sistema Integral de Gestión Educativa (2018) Los cuatro pilares de la educación. Inculcar el gusto y el placer de aprender. www.sigedu.pe

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

FACTORES CRÍTICOS QUE INTERVIENEN EN LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS SOCIONATURALES PARA ACTIVIDADES EN EL MAR TERRITORIAL DE PANAMÁ

Fong Lee, A.

Universidad Marítima de Panamá, Sistema Nacional de Investigación (SNI), ZoarTech Consulting
e-mail: afong@umip.ac.pa

RESUMEN

La vulnerabilidad es un concepto ampliamente utilizado para tratar de describir la fragilidad de una persona, un grupo o un sistema. Para el caso del sector marítimo, aunque existe un modelo desarrollado para medir la vulnerabilidad global, existe la necesidad de determinar la vulnerabilidad específica para identificar los factores significativos con el objetivo de abordarlos de forma apropiada. Es por ello que analizamos los factores críticos dentro del modelo de evaluación de vulnerabilidad para describir el comportamiento frente a las múltiples amenazas socionaturales, específicamente en el sector marítimo panameño. Para lograr lo anterior, se agruparon 50 indicadores dentro de los factores correspondientes, posteriormente se agruparon por el nivel jerárquico en relación con el objetivo de disminución de este y se determinó el nivel de influencia. De acuerdo con la implementación del modelo desarrollado, se encontraron dos aspectos razonablemente viables para abordar: 1. Los aspectos estructurales que tienen que ver con las embarcaciones y con las herramientas de las embarcaciones 2. Capacidades de afrontamiento relacionado directamente con educación y formación. Se concluye que, al identificar los factores críticos, se logra un abordaje apropiado para la reducción de los efectos negativos que provocan dichos factores y de esta manera se plantea una forma efectiva de disminuir los elevados niveles de vulnerabilidad determinados en el sector marítimo panameño.

Palabras claves: vulnerabilidad, fragilidad, sector marítimo, desastre.

1- INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad es un concepto muy utilizado para tratar de describir la debilidad o fragilidad de una persona, un grupo o un sistema. Sin embargo, la vulnerabilidad para ser definida requiere considerar algunos aspectos clave [1,2]. Lo primero, es que la vulnerabilidad carece de significación sin asociación a una amenaza propiamente, debido a que no se puede describir la capacidad de recuperarse sin conocer la raíz de evento probable [3,4].

Lo segundo, es concerniente a las disciplinas que utilizan este término, cabe resaltar que existe un contraste entre el contexto de su uso en las ciencias sociales y el contexto de su uso en las ingenieras [5]. Para las ciencias sociales es común abordar la vulnerabilidad social mientras que para las ingenierías lo vemos desde la vulnerabilidad específica, mayormente haciendo referencia a una valoración de la vulnerabilidad física de un entorno o a la vulnerabilidad física de sistema [6,7]. A pesar, de las múltiples valoraciones existentes son pocas las herramientas de valoración fundamentados para las actividades desarrolladas en el mar territorial [8].

En este sentido, es necesario resaltar la ambigüedad que existe en la consideración de las actividades marítimas que son exactamente las mismas que las actividades costeras, cuando en realidad existe una diferenciación entre ambas. Cabe mencionar que las actividades costeras están más relacionadas con entorno medioambiental, mientras que en las actividades marítimas intervienen los factores estructurales de las embarcaciones. Adicionalmente la vulnerabilidad de las actividades marítimas también depende de las herramientas de protección que se integran.

Finalmente, si bien es cierto que determinar de forma cuantitativa la vulnerabilidad permite identificar los grupos cruciales, es necesario determinar los factores críticos para poder reducirlo o potenciarlos de forma adecuada. En este sentido, al aplicar el modelo para evaluar la vulnerabilidad para las actividades con un enfoque diferenciado nos permite determinar las variables más influyentes y las variables que desde el aspecto administrativo- jerárquico se pueden abordar. Por esta razón, se desarrolló este estudio con el objetivo de determinar los factores críticos que intervienen en la vulnerabilidad global, y conocer medidas apropiadas.

Además, se plantea la viabilidad de implementación de estas medidas en consideración de los aspectos administrativos y jerárquicos que intervienen.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades que se realizan en aguas territoriales presentan considerables niveles de vulnerabilidad y se encuentran expuestas ante un creciente número de amenazas socionaturales. Es por ello por lo que se requiere un análisis detallado de los factores que intervienen en este sector y los niveles jerárquicos relacionados con ellos. Se identificaron 50 indicadores relacionados con la vulnerabilidad global ante amenazas socionaturales para el sector marítimo. Los cuales se agruparon de acuerdo con la relación con los factores que intervienen. Posteriormente se determinó el nivel administrativo-jerárquico directamente relacionado con el factor, para valorar la viabilidad de implementación de medidas de reducción.

La encuesta fue distribuia y aplicada de forma tal, que se abarcó las provincias más alejadas de la Ciudad de Panamá, y para un manejo responsable de los recursos, el cual se valoró mediante una encuesta aplicada a diferentes organizaciones y personas que desarrollan actividades en el mar territorial y el resultado se muestra a continuación.

3- RESULTADOS

Como resultado de la evaluación de la vulnerabilidad global se establecieron los factores presentados en la Tabla 1, los cuales están asociados al modelo de desarrollo, la disponibilidad y fragilidad de los medios de subsistencia, la sobrepoblación, la cultura, la organización social, la percepción social frente a los riesgos de desastres, la capacidad institucional, el equilibrio ambiental, la capacidad de respuesta o recuperación, entre otros aspectos. Todas estas variables se evaluaron de acuerdo con el enfoque administrativo-jerárquico correspondiente al sector marítimo como tal.

Factor	Indicador	Cantidad de Indicadores	Jerarquía administrativa directa
Vulnerabilidad Socioeconómica	Ingreso	1	No
	Dependientes	1	No
	Condiciones de vivienda	7	No
	Acceso a servicios básicos y agua potable	2	No
	Nutrición	2	No
Capacidad de Afrontamiento	Identificación de Amenazas Socionaturales Marítimas	1	Sí
	Conocimiento y confianza en los sistemas de alerta temprana	6	Sí
	Formación en Medidas de Protección ante amenazas socionaturales	1	Sí
	Acceso a hospitales	4	No
Capacidad de Adaptación	Educación	1	No
	Percepción de biodiversidad, recursos naturales, vegetación y medio ambiente	4	No
	Redes Sociales	7	No
	Discriminación de género	1	No
Vulnerabilidad Ideológica	Creencias y mitos relacionados con los desastres	2	Sí
Vulnerabilidad Institucional	Pertinencia y confianza en las organizaciones e instituciones del sector	3	Sí

	marítimo		
Vulnerabilidad Física de la Embarcaciones	Tipo y materiales de construcción de las embarcaciones	3	Sí
	Instrumentación y equipo para la navegación	1	Sí
Vulnerabilidad relacionada con la percepción de fatalidad	Percepción de recuperación en caso de un desastre	2	Sí
Vulnerabilidad relacionada con la percepción política	Influencia en las acciones dirigidas por líderes políticos	1	No

Tabla 1.Factores que intervienen en la vulnerabilidad global ante amenazas socionaturales y su relación con la jerarquía institucional

Cada uno de los factores presentados cuenta con un número definido de indicadores que permiten determinar de forma cuantitativa la vulnerabilidad. Como lo muestra la Tabla 2, el factor más preocupante es la vulnerabilidad física de las embarcaciones, esto debido a que son construidas de forma artesanal, sin requisitos de construcción y sin las formalidades propias del diseño estructural. También se determina que la vulnerabilidad relacionada con la institucionalidad del sector marítimo es un factor relevante, dicho respaldo que se obtiene al pertenecer a una organización establecida es un reto considerable. En la determinación de la jerarquía administrativa directa, se puede apreciar que muchos de los factores que contribuyen con la vulnerabilidad ante amenazas socionaturales no puede ser reducido por el nivel administrativo

directo. No obstante, existe un número considerable de medidas que pueden ser adoptadas por organizaciones e instituciones directamente relacionadas con el sector marítimo que contribuyen en disminuir las condiciones de vulnerabilidad existentes.

Factores	Número de Indicadores	Valores
Vulnerabilidades Socioeconomicas	13	3.52
Capacidad de Afrontamiento	12	3.02
Capacidad de Adaptación	13	3.46
Vulnerabilidad Ideologica	2	3.42
Vulnerabilidad Institucional	3	2.67
Vulnerabilidad Física de la Embarcaciones	4	2.85
Vulnerabilidad relacionada con la percepción de riesgo de desastres	2	2.47
Vulnerabilidad relacionada con la percepción política	1	2.24

Tabla 2. Evaluación de los factores que intervienen en la vulnerabilidad global ante amenazas socionaturales en el sector marítimo panameño

Por otra parte, la percepción política depende de la confianza, liderazgo y gobernanza que ejercen sobre este sector, corresponde a el valor más bajo. Otro aspecto relacionado con la percepción, y sobre el cual se pueden tomar medidas factibles, es el relacionado con el riesgo de desastres, los resultados arrojan que ciertas creencias aumentan la vulnerabilidad global.

Indicadores Extremos	**Valor**
Formación en medidas de protección ante amenazas socionaturales	2.27
Redes Sociales	4.45

Tabla 3. Factores críticos que intervienen en la vulnerabilidad global ante amenazas socionaturales en el sector marítimo panameño

Finalmente, con el análisis de los indicadores, se establecen (Tabla 3) los valores extremos de dichos indicadores. El valor más bajo es la formación en medidas de protección ante amenazas socionaturales, lo cual es preocupante, sin embargo, es un indicador bajo el cual se pueden proponer medidas viables a nivel administrativo directo. De los indicadores que influyen de manera positiva son las redes sociales, es decir, reducen la vulnerabilidad. En este sentido, las redes sociales hacen referencia a los mecanismos de protección social informal, esto es: respaldo familiar, respaldo de amigos y respaldo de personas cercanas.

4- CONCLUSIONES

En este estudio, primeramente, se hace un aporte importante en la diferenciación de la vulnerabilidad costera y la vulnerabilidad del sector marítimo. Lo anterior propicia la consideración de los aspectos sociales, administrativos e instituciones que intervienen en los niveles de susceptibilidad. Otro aporte, es detallar los factores e indicadores que influyen tanto en manera positiva como negativa en la valoración de la vulnerabilidad global ante amenazas socionaturales. Además, se exponen los indicadores extremos los cuales son referentes para

medidas de reducción apropiadas y oportunas. Finalmente, se identifica una urgente necesidad de fortalecer las capacidades de afrontamiento a través de la capacitación, educación y participación de este sector vulnerable en las medidas de reducción del riesgo de desastres.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. Quiros, T.E. A. L., Beck, M. W., Araw, A.,Croll, D. A., & Tershy, B., (2018). Small-scale seagrass fisheries can reduce social vulnerability: a comparative case study.Ocean & Coastal Management,Volume 157,Pages 56-67.

[2]. Ramos Ojeda, D.,(2019). Entendiendo la vulnerabilidad social: una mirada desde sus principales teóricos. Estudios del Desarrollo Social, vol.7, n.1, pp.139-154.

[3]. Lazzari, N., Becerro, M. A., Sanabria-Fernandez, J. A., & Berta Martín-López, B.,(2021).Assessing social-ecological vulnerability of coastal systems to fishing and tourism. Science of The Total Environment, volume 784.

[4]. Macusi,E. D., Macusi, E. S, Jimenez, L.A. & Catam-isan, J.P., (2020). Climate change vulnerability and perceived impacts on small-scale fisheries in eastern Mindanao, Ocean & Coastal Management, Volume 189.

[5]. Thompson, C., Johnson, T. & Hanes, S., (2016), Vulnerability of fishing communities undergoing gentrification, Journal of Rural Studies, Volume 45, 2016,Pages 165-174.

[6]. Hizbaron, D.R., Hadmoko, D.S, Mei, E.T., Murti, S.H., Laksani, M.R.T., Tiyansyah, A.F., Siswanti, E. & Tampubolon, I.E., 2018,Towards measurable resilience: Mapping the vulnerability of at-risk community at Kelud Volcano, Indonesia, Applied Geography, Volume 97, 2018, Pages 212-227.

[7]. Chouhan, H.A., Parthasarathy, D. & Pattanaik, S., (2017). Urban development, environmental vulnerability and CRZ violations in India: impacts on fishing communities and sustainability implications in Mumbai coast. Environ Dev Sustain 19, 971–985. https://doi.org/10.1007/s10668-016-9779-6

[8]. Fong, A., (2022). Development of a Vulnerability and Resilience Assessment Model for Maritime Sector of Panama. Proceedings of the 39th IAHR World Congress, 19-24 June 2022 Granada, Spain.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

EFFECT OF THE BOW SHAPES ON THE SINKAGE OF SHIPS

Perez-Rojas, Luis[1], Portillo-Juan, Adrián[1]

[1]Universidad Politécnica de Madrid, Model Basin Facilities (CEHINAV), Avda. de la Memoria, 4, 28040, Madrid, Spain

[1]e-mail: adrian.portillo.juan@alumnos.upm.es

ABSTRACT

The scope of knowledge about sinkage currently suggests that this hydrodynamic effect is caused by the changes occurred in the dynamic pressure field of a ship-hull when it sails. Consequently, this hydrodynamic effect could be optimized by changing the hull forms design, and at this respect, it has been stated that the bow shapes might be the most related part of the hull forms towards sinkage. The aim of this work is to continue studying the geometry-sinkage issue, deepening in how the bow shapes can influence this phenomenon. Based on the towing tests results of a ship database it was confirmed that sinkage leads to significant drag increase, which in some cases can be up to more than the 20% of drag, reinforcing the need of studying how to address its optimization. As well, the idea of the key effect of the bow shapes on the sinkage of ships was refused based on the following results. Firstly, there were two pair of hulls which share the particularity of just differing in the bow – one of each had a bulbous bow while the other presented a straight bow – and each pair showed similar levels of sinkage for both designs. After that, the sinkage acquired in two loading cases by a double bow ferry ship was studied showing similar results. These results have been complemented with the numerical study of the problem with Star-CCM+.

Keywords: Sinkage, Bow Shapes, Simulations, CFD

1- INTRODUCTION

One of the first descriptions of dynamic sinkage was made by H.E. Saunders (1957) [1], who describes that phenomenon as a consequence of the dynamic hull pressure field fluctuations which occur at sailing. Those changes in the hull pressure field makes the buoyancy-weight equilibrium to get disrupted and as a consequence of that, a vertical downward force – lift – and a pitch moment appear which restore that equilibrium by making the ship to sink and trim. A more recent approach, is the one provided by the International Towing Tank Conference (ITTC) at their Dictionary of Hydromechanics (2014) [2], where they define sinkage as "The steady state of lowering of a ship's position of flotation in the water, to be distinguished from heaving, which is an oscillatory motion". One of the first studies found about this phenomenon were made by Suzuki et al. (1979) [3], who stated that even though sinkage tends to have a small value, the force cause of this hydrodynamic effect can reach values of up to 10 times the wave resistance, and based on that suggestion, they studied sinkage effect on wave resistance through a Neuman-Kelvin problem. Further research was made at the respect of the relation between sinkage and wave resistance by Kim, Y. et al (1981) [4] showing differences of 10-20% in wave resistance between fixed and free to sink and trim model in their experimental results, what in contrast to their conclusions – in which they reject that relation – reinforces the idea of the connection between wave resistance and acquired sinkage, as both have their origin in the dynamic pressure field.

Since the contribution mentioned above, sinkage did not catch hydrodynamic community attention until the present century, when they began to study squat effect – sinkage and trimming phenomenon at shallow water, where suction loads are higher – since there is an appreciable risk of grounding on vessels. At this respect. Gourlay, T.P. et al (2001) [5] studied sinkage and trimming at shallow and non-shallow water both with Finite Depth Theory (FDT) and they found that this theory is accurate enough for both situations as well as the fact that the maximum sinkage of a certain ship tends to occur when it reaches its critical speed. Another remarkable and more recent

research work around squat effect is that developed by Yao, J. et al (2010) [6]where they analyse this phenomenon by using a 3D Panel Method applied to a Series-60 model.

Soon after the beginning of the studies around squat effect, the research works towards sinkage optimization aroused, as it can be observed in the research work carried out by Saha, G.K. et al. (2004) [7] in which they modify the shapes of a theoretical hull (Wigley) and a Series-60 hull using a numerical method and they obtained lower values of sinkage and wave resistance. The effect of sinkage in drag evaluation is studied in several research works whether it is on total resistance, as it is done on [8] (2012) with an INSEAN-2340 model, or on wave resistance as Yang, C. et al [9] do in their study (2013), where apart from sinkage they took as well the effect of trimming and other non-linearities into account.

The consideration of sinkage effect on drag calculation, especially when its influence has been specifically studied on wave resistance, has helped the study of its mitigation. Referring to this problem, Deng, R. et al (2015) [10], studied how dynamic sinkage and trimming effect changed on multi-hull ships when a T-Foil was implemented on them, and they as well remarked the need of study this effect with a higher range of hulls in order to lead to stable rules which can help to predict sinkage behaviour. Another point of view at tackling the negative effects of sinkage on drag is through ship geometry since hull forms affect directly to dynamic pressure field distribution. A crucial contribution on this aspect is that provided by Steven Toby, A. (2016) [11] since he studied the potential link of form coefficients and sinkage – due to the fact that they are hydrostatic parameters, and by confirming this relation sinkage analysis process would be eased – specially with prismatic and waterplane coefficient. An example of a complete research work on sinkage-geometry relation are those done by Ma, C. et al in 2016 [12] with 22 different models, where they got a dependence relation between sinkage and some geometric parameters, and in 2017 [13] when they continue with the first research and where they lead to the conclusion that sinkage does not

affect drag significantly at Fn<0,25 but for higher values, sinkage effect on drag experienced a fast growth.

In terms of tackling sinkage and its optimization through hull forms design, Computational Fluid Dynamics (CFD) tools can be really useful, hence the ITTC Specialist Committee on CFD and Hydrodynamics encouraged the research community to deepen in CFD verification and validation at sinkage estimation on its 2014 report [14]. In line with these recommendations, Saha, G.K. et al. (2017) [15] carried out a research work in which they analysed the uncertainties obtained with the CFD commercial software SHIPFLOW at resistance, sinkage and trim estimation but they obtained inconclusive results, suggesting to use finer meshes on future research works. Regarding ITTC recommendations on sinkage studies, on its 28th Resistance Committee Report, they showed the need of increasing experimental data on acquired sinkage and trim at low Froude Numbers [16].

Taking into consideration the state of art of sinkage exposed above, the aim of this work is to deepen into the ship sinkage-geometry problem by continuing with the latest research work developed by CEHINAV at this respect [17], in which they suggest the potential key role of the bow shapes on acquired sinkage. Consequently, this work will use a wider ship database to analyse the effect of the hull geometry, focusing on the bow shapes, on sinkage both experimentally, with the towing test results, and numerically with the commercial software Star-CCM+.

2- MATERIALS AND METHODS

To tackle the sinkage-geometry problem, a wide range of hull form design, which were studied both experimentally – by taking the results obtained from their respective towing tests – and numerically, was tried to be covered so as to broaden the ship database used in prior studies developed by CEHINAV. The objective which is being pursued by doing this, is to eventually get

a relation between sinkage and some geometric parameters so the sinkage optimization process can be addressed by slight changes made on the hull forms.

Main geometric parameters from the ships used are displayed in table 1

Table 1. Ship Database

	Lwl (m)	*B (m)*	*D (m)*	∇ *(m3)*	C_B	C_P	C_M	C_{WP}	***Bulb.***
Purse Seiner A	85,730	14,350	6,310	3979,940	0,513	0,547	0,937	0,749	No
Purse Seiner B	80,130	14,350	6,340	4106,580	0,563	0,592	0,951	0,792	Yes
Purse Seiner I	70,906	13,650	4,038	2077,58	0,553	0,600	0,929	0,696	Yes
Trawler I	39,652	11,500	4,302	1032,113	0,526	0,586	0,898	0,786	Yes
Trawler II	43,390	11,000	4,500	1399,420	0,650	0,713	0,912	0,915	Yes
Research Vessel	55,820	13,000	4,500	1737,304	0,565	0,617	0,910	0,817	No
Ferry	37,349	10,750	2,822	508,579	0,470	0,643	0,733	0,771	Yes
Ro-Ro	118,000	22,000	4,800	4654,631	0,433	0,579	0,748	0,742	No
Ro-Pax	108,440	16,700	4,600	4601,420	0,588	0,618	0,951	0,823	Yes
Outrigger Trawler	30,939	8,500	3,450	559,570	0,617	0,664	0,929	0,864	Yes
Fishing Vessel A	8,362	3,01	0,983	8,623	0,370	0,623	0,595	0,752	No
Fishing Vessel B	8,970	3,01	0,983	9,179	0,365	0,609	0,603	0,716	Yes
Double-Bow Ferry	78,202	15,50	3,645	1854,100	0,419	0,517	0,811	0,746	Yes

As it is shown the ships compounding the database were a total of 13 ships which corresponded to three large purse seiners, two trawlers, a research vessel, a ferry, a Ro-Ro, a Ro-Pax, an outrigger trawler, two small fishing vessels and a double-bow ferry.

3- RESULTS

3.1.- Analysis of the main bow geometric parameters

The importance of studying sinkage optimization through hull form modifications comes firstly from the fact that this hydrodynamic effect is related with pressure drag, and therefore, it can be mitigated by changing the hull forms design of a certain ship, and secondly from its negative

influence on ship drag which was quantified from the ship database towing test results as up to more than a 20% of increase on drag (see figure 1).

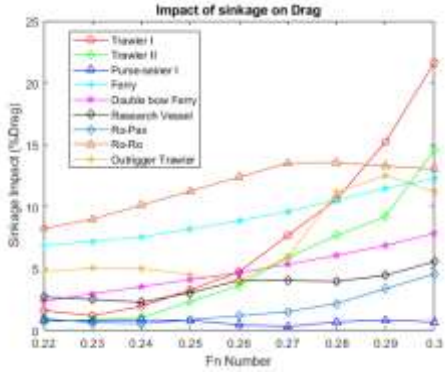


Figure 1– Drag Increase (%). vs. F_n

Based on the research work from CEHINAV mentioned above, the sinkage-geometry problem was studied in detail by analysing the potential relation between waterplane coefficient and sinkage, since they as well found that this form coefficient was the one which affects sinkage the most. Representing sinkage towards waterplane coefficients for the ships from the database used, CEHINAV considerations on the potential relation between waterplane coefficient and sinkage could be confirmed especially at low speeds and for slender hulls (see figure 2).

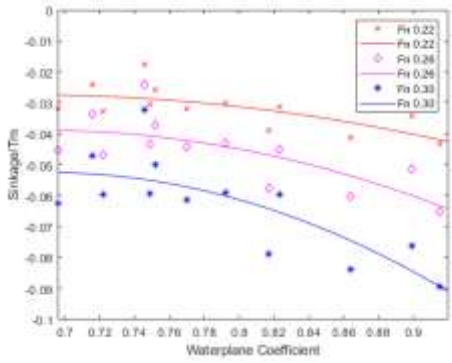


Figure 2 – Sink/D_m vs. C_{WP}

DESAMPARADOS No.201, MUELLE "JUAN MANUEL DÍAZ",
HABANA VIEJA, LA HABANA, CUBA.
Telef: (53) 7861 0920
ipin@enet.cu

Concerning the fact that the waterplane coefficient of a certain ship is highly affected by the slenderness of its bow, from the correlation between sinkage and the waterplane coefficient it seemed reasonable to analyse how the bow shapes can affect the sinkage of ships.

3.2.- Analysis of the effect of the bow shapes on the sinkage of ships

For the purpose of studying the specific effect that the bow shapes might have on sinkage, two pair of ships from the database in which the bow shapes effect could be isolated –both had the peculiarity of just differing in their hull form designs in the presence of a bulbous bow – were taken to analyse their sinkage towing test results. The ships which formed part of this specific analysis were purse-seiners A and B and fishing vessels A and B and the results obtained are shown in figures 3 and 4.

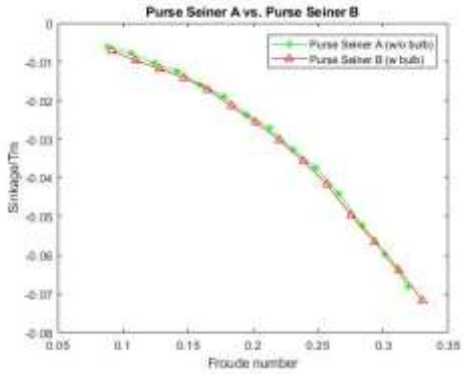


Figure 3 – Sinkage/D_m. vs. F_n Purse Seiners A and B

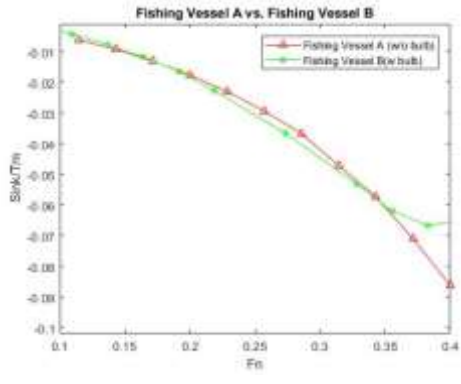


Figure 4 – Sinkage/D_m. vs. F_n Fishing Vessels A and B

From the analysis of purse-seiners A and B, it was appreciated that sinkage did not experience a perceptible change of its value and evolution when the bow shapes were changed from a straight to a bulbous bow and at the fishing vessels case, for the Froude number range studied (0,22-0,30) similar results were obtained, but for Fn=[0,30-0,35] the bulbous bow design, showed a smoothing of sinkage growth with the speed and from Fn=0,35 on began to decay, which can be explained due to the appearance of dynamic lift effects.

Another way to change the ship forms which are involved in dynamic sinkage when a ship is sailing is by changing the loading situation of the vessel, since the draft changes and in consequence the submerged hull forms, and thus the distribution of the dynamic pressure field, get modified. To study this potential way of influence sinkage behaviour on ships, the double bow ferry towing test results were used (see figure 5).

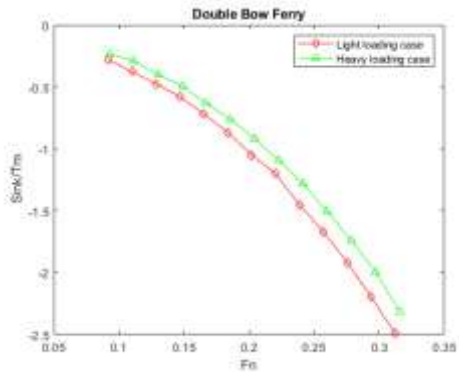


Figure 5 – Sinkage/D_m. vs. F_n

It was observed that unlike what might be supposed at first sight, the heavy loading case presented better sinkage values which can be explained due to the fact that when the submerged forms are changed, they do not change the pressure field linearly due to the complex geometries of ship hulls. That strengthen the relation of sinkage with pressure stress and drag but also suggest the idea that there must be and optimum draft at which the sinkage of a certain ship is minimum.

3.3.- CFD Results

In addition to the experimental results analysis, the numerical study of sinkage was addressed with the aim of studying the different hull pressure diagrams – since the dynamic pressure field is straight related to the sinkage of ships – as well as to deepen into the reliability of CFD on sinkage estimation. The software used in the present paper was the commercial software Star-CCM+ and due to the simulations weight, HPC (High Performance Computing) resources were needed (2 x Intel® Xeon® Gold 6230 of 20 cores @ 2.10 GHz).

The numerical study of sinkage was focused on those ships which were more relevant within the bow shapes effect study, which were purse seiners A and B and fishing vessels A and B. The main information which was extracted with CFD tools were the sinkage and drag results (see figures 6 and 7) – in order to deepen in CFD tools' reliability on sinkage estimation – showing good levels of consistency at drag estimation but high uncertainties at sinkage evaluation, as it has been suggested by the ITTC.

As well, the dynamic hull pressure field diagrams were analysed at Fn=0,23 and Fn=0,30 (see figures 8 to 11) since they represent a solid source of information to study sinkage qualitatively especially at determining which parts can affect the most to this phenomenon. From those graphics, it was observed that while the ships bow presented similar pressure distributions at both speeds, the stern of ships had bigger pressure fluctuations and thus, the pressure field changes at the stern due to the ship geometry and the propeller action might affect considerably to acquired sinkage.

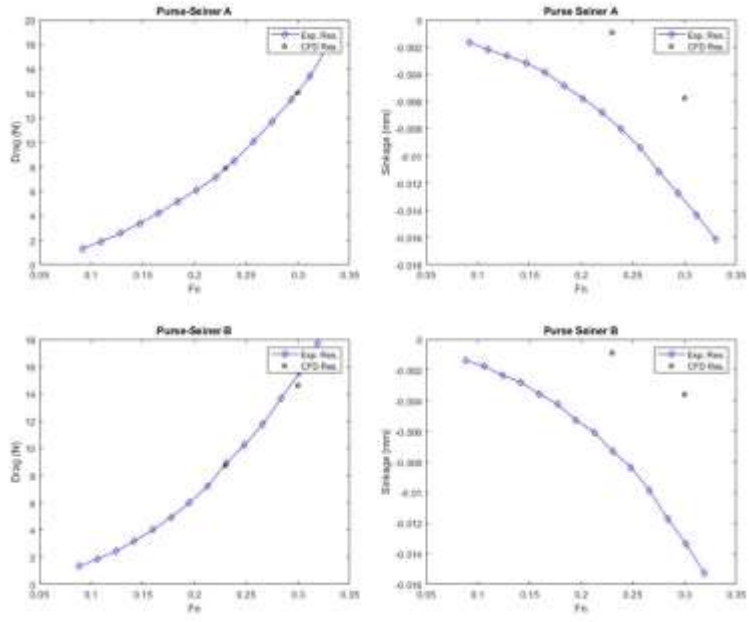


Fig. 6. Drag (left) and sinkage (right) results validation. Purse-Seiners A and B.

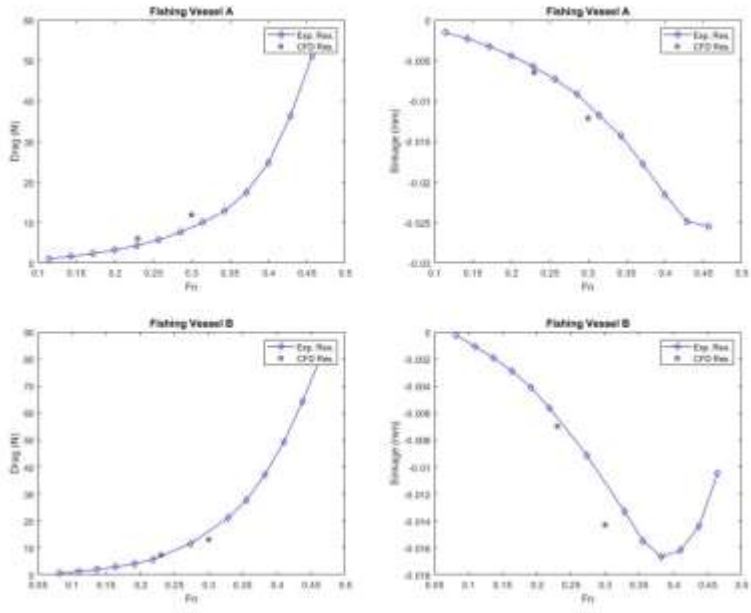


Fig. 7. Drag (left) and sinkage (right) results validation. Fishing Vessels A and B.

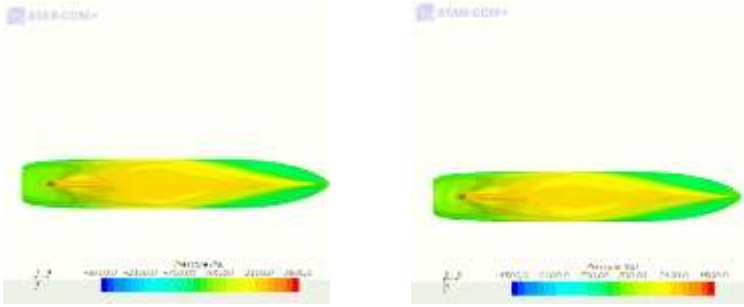


Fig. 8. Purse-Seiner A Hull Pressure field at Froude numbers of 0,23 (left) and 0,30 (right).

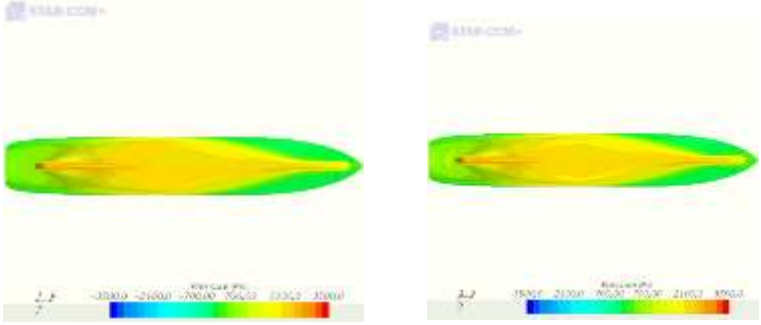


Fig. 9. Purse-Seiner B Hull Pressure field at Froude numbers of 0,23 (left) and 0,30 (right)

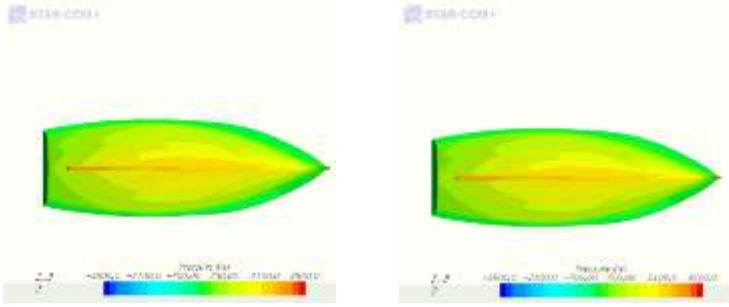


Fig. 10. Fishing Vessel A Hull Pressure field at Froude numbers of 0,23 (left) and 0,30 (right)

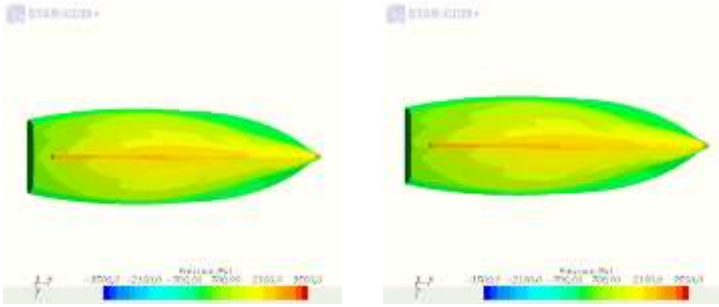


Fig. 11. Fishing Vessel B Hull Pressure field at Froude numbers of 0,23 (left) and 0,30 (right)

4- CONCLUSIONS

The main conclusions that were drawn from the research work presented on this paper are the following:

- Sinkage can cause a drag increase of up to more than the 20%, which makes it important to tackle its mitigation.
- In respect of the sinkage-geometry problem, the potential effect of the bow shapes on the sinkage of ships has been rejected based on the results provided by two pair of hulls in which the bow effect was isolated. By contrast greater dynamic pressure fluctuations has been found at the stern of the ships suggesting that sinkage could be mitigated by acting on the stern hull forms or the propeller of ships.
- The results provided by the towing tests done with a double bow ferry in two different loading cases confirmed the effect of the submerged hull forms on sinkage and suggested the existence of an optimum loading case (draft) at which acquired sinkage would be minimum.

As it has been encouraged by the ITTC, further research must be carried out at the respect of sinkage verification and validation at sinkage evaluation.

6- REFERENCES

[1] H. E. Saunders and Society of Naval Architects Marine Engineers, *Hydrodynamics in ship design*, vol. II. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1957.

[2] Bruce, "ITTC Dictionary of Hydromechanics 2014 Edition," 2014. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/281444558

[3] K. Suzuki, "Calculation of ship wave resistance with special reference to sinkage," in *Proceedings of the workshop on ship wave resistance computations 2*, Bethesda, MD: David W. Taylor Naval Ship Research and Development Center, 1979, pp. 256–281.

[4] Y.-H. Kim and D. Jenkins, "Trim and Sinkage Effecrs on Wave Resistance with Series 60, Cb =0.60," Bethesda, Maryland, Sep. 1981.

[5] T. Gourlay, P. Hydro, T. P. Gourlay, and E. O. Tuck, "The Maximum Sinkage of a Ship Slamming with Smoothed Particle Hydrodynamics-PhD View project The Maximum Sinkage of a Ship," 2001. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/233560775

[6] J. X. Yao and Z. J. Zou, "Calculation of ship squat in restricted waterways by using a 3D panel method," in *Journal of Hydrodynamics*, 2010, vol. 22, no. 5 SUPPL. 1, pp. 489–494. doi: 10.1016/S1001-6058(09)60241-9.

[7] G. K. Saha, K. Suzuki, and H. Kai, "Hydrodynamic optimization of ship hull forms in shallow water," *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 51–62, 2004, doi: 10.1007/s00773-003-0173-3.

[8] Y. Chao-Bang and D. Wen-Cai, "Method to calculate resistance of high-speed displacement ship taking the effect of dynamic sinkage and trim and fluid viscosity into account," *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, vol. 17, no. 4, pp. 421–426, Aug. 2012, doi: 10.1007/s12204-012-1301-1.

[9] C. Yang, F. Huang, and F. Noblesse, "Practical evaluation of the drag of a ship for design and optimization," *Journal of Hydrodynamics*, vol. 25, no. 5, pp. 645–654, Oct. 2013, doi: 10.1016/S1001-6058(13)60409-6.

[10] R. Deng, C. Li, D. Huang, and G. Zhou, "The Effect of Trimming and Sinkage on the Trimaran Resistance Calculation," in *Procedia Engineering*, 2015, vol. 126, pp. 327–331. doi: 10.1016/j.proeng.2015.11.199.

[11] A. Steven Toby, "The Mystery of Sinkage and Trim for High Performance Craft," in *The Fifth Chesapeake Power Boat Symposium*, Jun. 2016.

[12] C. Ma, C. Zhang, X. Chen, Y. Jiang, and F. Noblesse, "Practical estimation of sinkage and trim for common generic monohull ships," *Ocean Engineering*, vol. 126, pp. 203–216, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.oceaneng.2016.09.011.

[13] C. Ma *et al.*, "Practical evaluation of sinkage and trim effects on the drag of a common generic freely floating monohull ship," *Applied Ocean Research*, vol. 65, pp. 1–11, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.apor.2017.03.008.

[14] T. Hino and S. Rhee, "Specialist Committee on CFD in Marine Hydrodynamics Final report and Recommendations to the 27 th ITTC," Copenhaguen, 2014. [Online]. Available: https://ittc.info/media/6097/sc-cfd.pdf

[15] G. K. Saha and M. A. Miazee, "Numerical and experimental study of resistance, sinkage and trim of a container ship," in *Procedia Engineering*, 2017, vol. 194, pp. 67–73. doi: 10.1016/j.proeng.2017.08.118.

[16] "The Resistance Committee Final Report and Recommendations to the 28th ITTC," Wuxi, 2017. [Online]. Available: https://www.ittc.info/media/7797/4-resistance-committee.pdf

[17] L. Pérez-Rojas, A. Oliva-Remola, and M. Goicoechea, "On the Sinkage of Ships," in *Proceedings of the 25th Pan-American Conference of Naval Engineering—COPINAVAL*, 2019, pp. 129–138.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

3D MODEL – TECHNOLOGY ISLAND IN SHIP DESIGN OR A CENTRAL PIECE FOR SHIPBUILDING PROJECT DATA?

Seppälä Ludmila, Prieto Juan

CADMATIC
ludmila.seppala@cadmatic.com, juan.prieto@cadmatic.com

SUMMARY

Historically, 3D models have been at the core of ship design solutions in shipbuilding. With the development of IT technology, the 3D model has taken on the position of a 3D dashboard and is more widely used. Adding information on top of the 3D model makes it an information-rich digital twin of the project, which can be used on any device, including AR/VR/XR. Besides the visual role, it can serve as a dashboard for communication, integration, consolidation, and an entry point for different interfaces at any stage of a shipyard's activities. This paper presents several use cases of 3D dashboards based on CADMATIC eShare use by the shipyards and outlines the primary considerations for using digital twin platforms in shipbuilding.

Keywords: ship design, 3D model, shipbuilding data management, digital twin

1- INTRODUCTION

Shipbuilding has used 3D models for several decades. The contemporary design and building process relies heavily on 3D modeling as an engineering tool; it enables high-quality production data, facilitates project review, eases change management, and more. However, recent interest in digital twins (Cabos, Rostock, 2018) and related expectations for digital shipbuilding raise questions about the use of 3D models. What is the potential value of using the same 3D model throughout the whole shipbuilding management process? How can the complexities of the same 3D model be managed for changing purposes throughout the ship's life cycle?

In an ideal world, the 3D model is created incrementally, starting from the concept stage of the shipbuilding project. It is enhanced with details and used to extract production data; it may serve as a basis for marketing materials and rendered visualization, including AR/VR/XR, and contain converted or raw 3D laser-scanned data. The same 3D model or filtered model can be used later for maintenance, repair, operation, training, and retrofit purposes. It can become a digital twin that lives its digital life alongside the actual vessel.

The focus of shipbuilding design solutions on the 3D model might be too narrow: the 3D model is a "technology island" similar to an "automation island" in the production process. Many technological advancements focus on creating 3D models – from basic design to detailed design and production. Each stage of the shipbuilding process often focuses only on its outcomes, such as hull design or piping and outfitting, and related outputs. Typically, only neighboring disciplines and project stages are covered, leaving gaps or ignoring the overall strategy and integration of the digital thread. For example, a model created for basic design and class approval is often not used for detailed design purposes. Plate nesting information is linked with planning and production but lacks alignment with outfitting disciplines. Material management needs to align EBOM and MBOM without verifying the latest changes in the design model. There are many other similar examples.

While each gap can be addressed individually, the overall PLM approach is still novel for shipbuilding. The expectation is that PLM can potentially resolve most of these inconsistencies. However, a typical PLM solution originates from mechanical CAD models with significantly fewer parts and less complexity. It only brings the automated approach of splitting the 3D model into parts and managing information about each piece independently. This approach considers a 3D model as a composition of many small 3D models for every item, and it can be enhanced by using 3D as a unifying interface to access data of each specific part.

This article explores the typical uses of the 3D model in the shipbuilding cycle from the concept and contract stages to operation. It outlines specific use cases and explores the future possibilities of using 3D models in shipbuilding management.

2- MATERIALS AND METHODS

2.1 3D model and shipbuilding management activities

It is a relatively novel approach to use the 3D model throughout the entire shipbuilding process. It is a commonly used and accepted way of designing highly complex ships. The use of 2D drawings has become increasingly outdated, and the order of creation has turned to the extraction of 2D drawings from 3D models, and not 3D modeling according to 2D documentation. This was not the case some 15 years ago when 2D drawings were the basis of ship design, approval, and production. In recent years, there have been significant shifts that were enabled by new computing technology and comprehensive access to 3D manipulation. It has provided numerous possibilities to avoid 2D documents. Examples of these include direct interfaces with CNC machines, welding robots and cobots, new options to submit 3D models for class approvals, and more.

All these uses of the 3D model are different. In some cases, the 3D model comes as an engineering model, and the visual representation only visualizes calculated data, such as in the case of 3D fairing or surface definition. In the case of 3D detailed design, it manages the arrangement complexities in crowded 3D spaces. It allows users to resolve conflicts in 3D arrangement, select the correct materials, and provides a common place for all disciplines to connect – align equipment with foundations, electrical cables with motor connections, etc.

Software providers embed an extremely high level of knowledge in modern CAD software and 3D modeling. CAD applications harness numerous automated functions, engineering practices, standards, and knowledge that have been accumulated over decades in the shipbuilding industry (Filius, 2020). As a result, in the final stages of 3D modeling, a complete model is available that

includes all disciplines, accurate geometrical information, topological and parametrical connections, a significant amount of meta-data, and links with 2D outputs for change management. At this stage, the focus of attention often shifts from design to production, assembly, and construction, and the 3D model remains an extra item or attachment to the project documentation package.

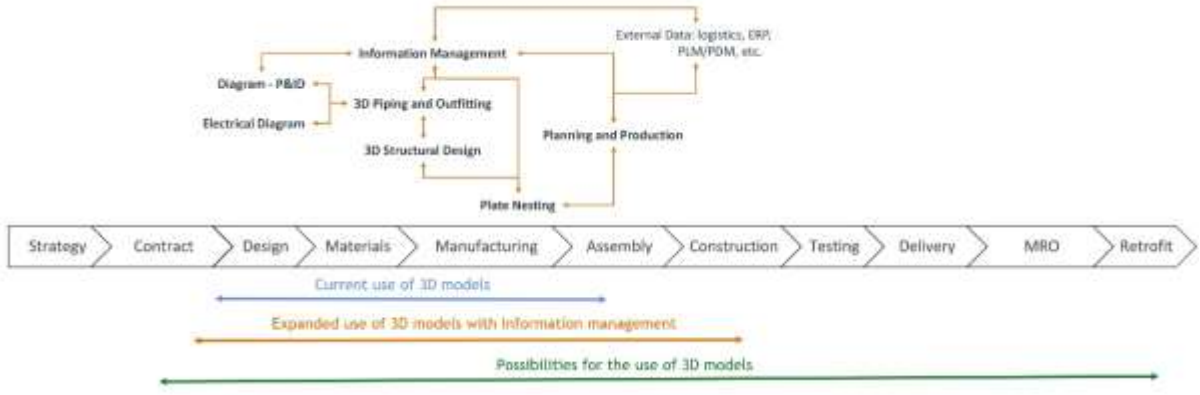


Fig.1: 3D model use in shipbuilding timeline – current, extended, and possible.

Figure 1 illustrates the typical use of the 3D model in CAD against the timeline of the overall shipbuilding management process. The period of 3D model use is somewhat restricted to design and partially includes construction. Typically, it is limited and fragmented. For example, it is possible to have several 3D models for different purposes or several models that were created in different design software packages. Specialized tools for calculations may have been used or several subcontractors responsible for only a limited part of the design may also have been involved. Interoperability between software solutions could facilitate the conversion and merging of 3D models into one entity, but it might become an obstacle if formats are not compatible. This issue has been tackled extensively in recent years with efforts to create standardized forms, such

as IGES, JT, or STEP, and with project-based conversions, as described by Sieranski and Zerbst (2019).

2.2. Example use cases of 3D models at shipyards

Several 3D model use case examples are presented in Figure 2, based on experience accumulated by CADMATIC in everyday interactions with shipyards and ship design offices. The examples illustrate the extended use of 3D models and do not include obvious scenarios, such as using the 3D model for collaboration design or production information purposes. The use cases are divided into three main clusters: Boost for communication, Integration of information flows, and Platform for Digital Twin.



Fig.2: Main use case scenarios for extended use of 3D models in shipbuilding.

2.3. Boost for communication

2.3.1 Communication within shipyards and shipyard networks

The use of 3D models facilitates communication within shipyards, and between the shipyard and subcontractors and shipyard groups. Instead of a paper- or email-based information flow, the engineering office and shipyard can use 3D model mark-ups and interfaces to VR/AR/XR applications. 3D models, which often include 3D laser-scanned data, are a more realistic representation of the ship than 2D documentation, project structures, or data tables.

It was long accepted that the lack of IT technology prevented effective manipulation of 3D models due to heavy GPU requirements and the lack of VR developments (Agis et al. 2020). However, these constraints are in the past; current technologies enable 3D visualization on powerful workstations and tablets and XR devices, such as VR headsets or MS Hololens, with the possibility to manipulate 3D models in mixed reality and align 3D models with real objects. In recent years, much progress has been made in the use of 3D models in almost every ship design stage and beyond. A general conclusion is that the use of 3D models significantly enhances communication for all parties involved and serves as a more natural means of communication than old-fashioned 2D drawings and datasheets. Understanding a work breakdown structure based on a list of components or installation schedules is challenging. The same task is greatly eased when it can be visualized with colors inside the 3D model and interacted with in a live setting.

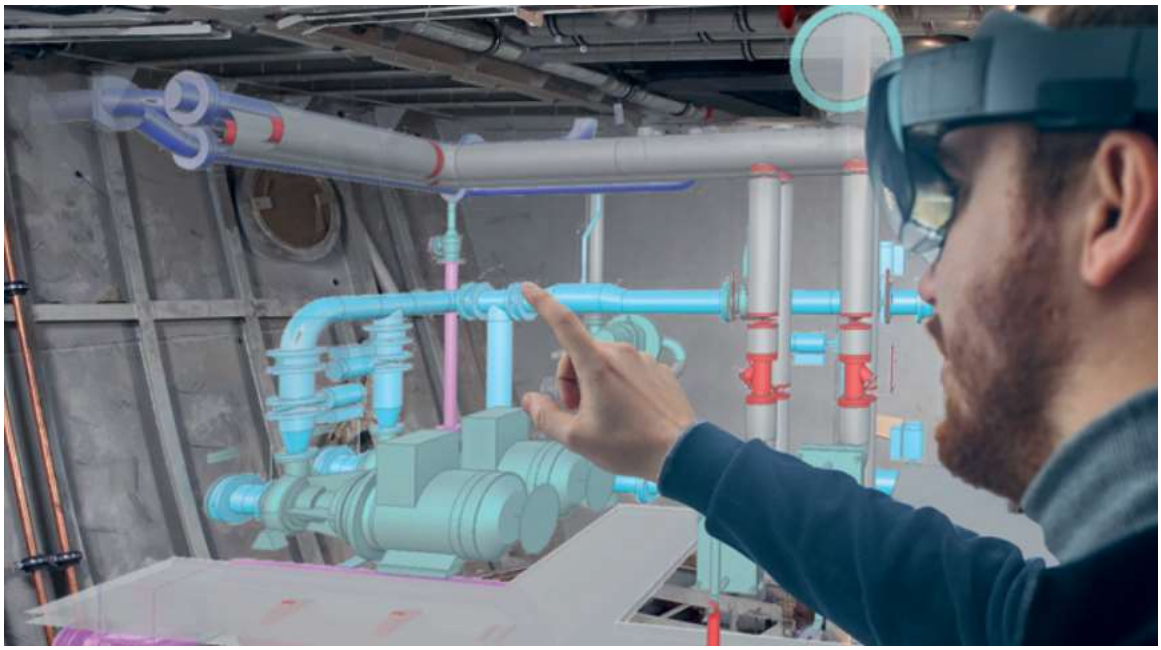


Fig.3: Example of using a 3D model in CADMATIC eShare for MS HoloLens at a production site.

2.3.2 Project review and handover

Traditionally, shipbuilding CAD 3D models were locked inside ship design packages, required skills to navigate, and were otherwise available only for designers or for project review at most. However, with mature IT supporting a large amount of 3D data in recent years, it became possible to provide ship models for inspection on demand. In addition, it became possible to liberate 3D shipbuilding data and use significantly lighter and cheaper devices than specialized CAD desktops or virtual reality caves. 3D models in VR have been used for shipowner review, design validation, and production support.

The 3D model can remain as an extra item in the package that contains project information, including documentation, data from production and construction, and all related notes. These packages of information data about the same project will be different for the use of design

collaboration, class approval, shipyard production workshops, or shipowner. Alternatively, it can effectively serve as a natural entry point for information searches and to open linked data stored in other systems.

2.3.3 Visualization of installation instructions and replacement of paper drawings

Manufacturing and installation instructions can be visualized on mobile or wearable devices, thereby replacing paper drawings in the approval and production stage. Furthermore, direct data from the 3D model, such as geometrical representation, metadata, BOM, and workshop information is provided online to installation teams on site. At the same time, the outfitting part installation status can be added for progress following and as feedback to the design team.

Interaction with 3D data distinctively differentiates the digital era – the first attempts to standardize drawings aimed to improve readability and production quality. For the data-native generation, this poses unnatural limitations. Instead of a static snapshot, people prefer to obtain data on demand and then manipulate it. They also use the 3D model as an easy-to-understand interface (Seppälä, 2019).

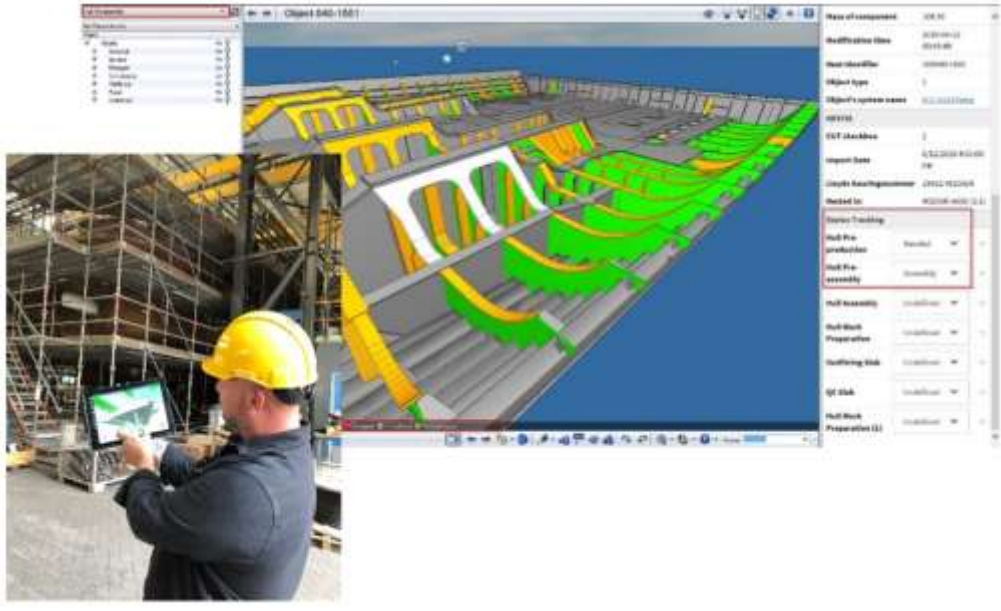


Fig.4: Example of using a 3D model in the CADMATIC eShare platform at a production site.

2.4. Integration of information flows

2.4.1 Integration with ERP, PLM/PDM, planning systems, and Manufacturing Execution System (MES)

For 3D evaluation, monitoring progress, and checking the parts and materials, shipyards can integrate the 3D model with PLM/PDM or ERP systems. Linked documents and system parts, including dimensional drawings and piping parts, provide a rich context when they are efficiently visualized as separate parts and as an integral part of the vessels' 3D model. In addition, a 3D model linked to task planning at the detailed work breakdown level, kitting packages, and BOM visualizes planning, retrieval of tasks (welding, grinding, painting), and resource planning.

Integrating the 3D model with planning and manufacturing execution systems helps visualize the scheduling status of parts and blocks with color-coding, adding a visual aspect to work scheduling

and progress monitoring. It also provides context for each work task by relating it to the overall production process and background data. Resource management systems are often focused on narrow tasks and reporting processes, leaving workshop staff without a direct link to the product they are producing and a significant amount of design and production-generated information (Seppälä, Brink 2020).

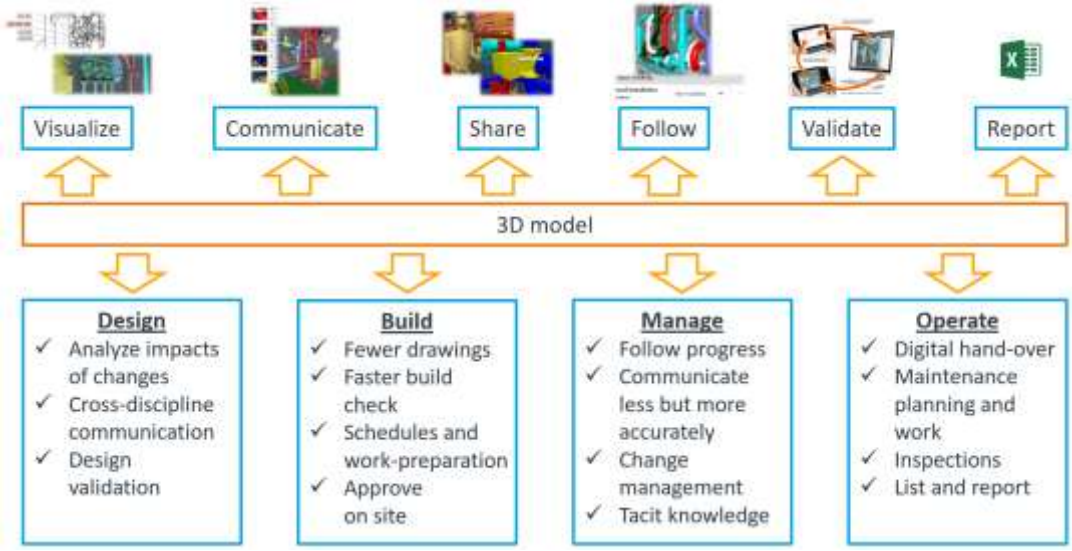


Fig.5: Typical scenarios for using the information in the primary shipbuilding process – from design to operation.

2.4.2 Integration with work packages and component tracking

Linking materials, fittings, and equipment with their digital counterparts in a 3D model provides additional benefits for integration. For work preparation and planning, the 3D model can be integrated with work planning systems and ERP for work package kitting visualization and shipyard resource management. Any item can be found in the digital model using RFID or QR codes as well as all related data from integrated systems –

attributes, drawings, and instructions accessed on-site. The shipyard can benefit from integrating 3D models with production systems, such as nesting and assembly controls. The hull production statuses for cutting, bending/pre-assembly, approval, and section assembly are visualized and monitored using a 3D model on a suitable device.

2.5. Platform for Digital Twin

Consolidating shipbuilding management information on a 3D dashboard and using the 3D model as a natural interface have considerable potential in shipbuilding. The discussion about the advantages and uses of the 3D model has, on the one hand, been an ongoing debate over the last decade, and on the other hand, – has provided a new perspective on continuity in the shipbuilding process and the blurring of borders between design stages and even disciplines.

Traditionally, ship design software has stored data that originated in the design stages and extended slightly towards the production stage. Decades ago, 3D browsers aimed to fill this gap, at least partially, by providing the possibility to review 3D models outside CAD. This approach was expanded recently with information management systems that serve as a platform for consolidating 3D data and for providing smart functionality to access data needed for different stages and purposes. The primary use cases of this access were presented in the previous sections. However, one question needs special attention – how to store and access all the data that comprises the digital twin if one considers this question purely from a PLM perspective, the answer will be as simple as storing any 3D models, such as the basic design model, detailed design model, production model with geometrical data for each object, etc., alongside other documentation drawings, schedules, etc. A PDM system would provide a secure vault for 3D model storage, which would diminish the use of 3D data. Alternatively, using a shipbuilding-specific information management platform and supporting incremental creation of the 3D model and its use would boost digital shipbuilding.

Combining several 3D models and converting 3D models between different formats help to facilitate a one-model approach. It helps to consolidate 3D data in one platform and supports the approach based on a "universal" digital twin, in contrast with a specialized digital model for each use case.

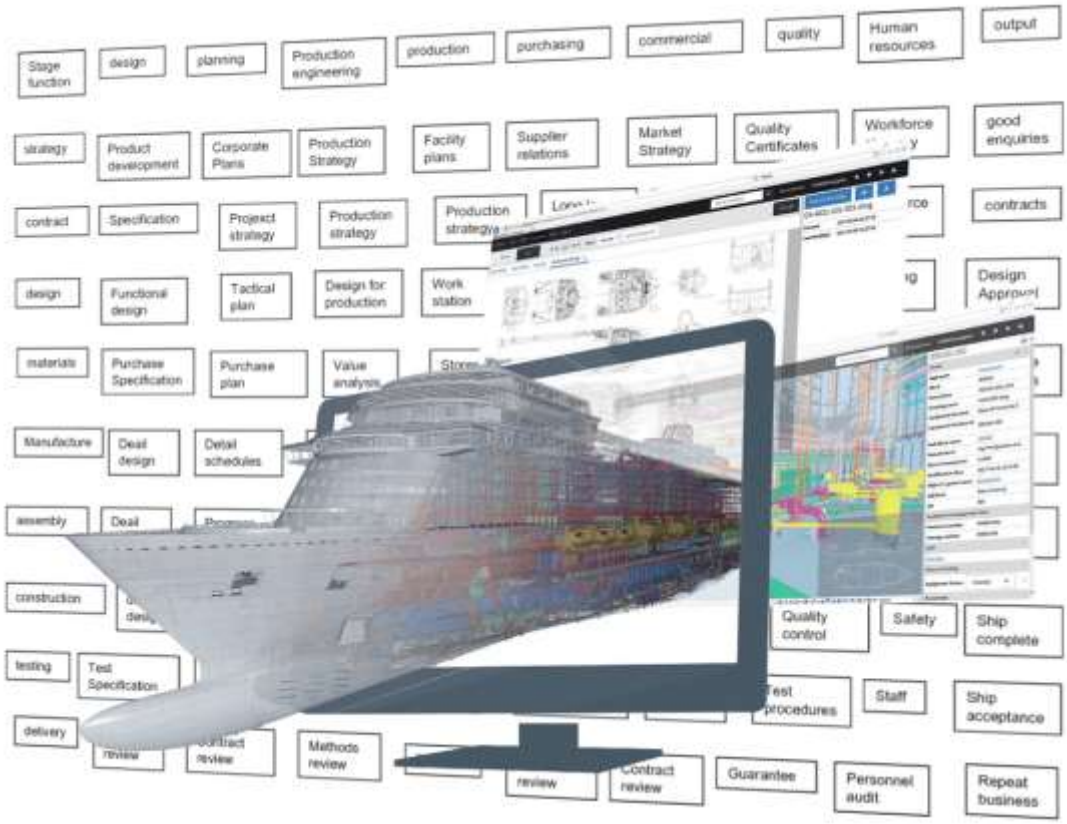


Fig.6: Shipbuilding activity map: stages of activities vs. functions and 3D model use, adapted from Bruce (2021).

3- CONCLUSIONS

The single source of truth is an attractive analogy and a trap at the same time. It provides the illusion of a central access point for all up-to-date data. The contemporary reality at shipyards is far from

the ideal situation with a myriad of specialized systems, interfaces, and data storage methods used in different departments. A step that would provide unification is the expansion of the use of the 3D model, thereby ensuring support for specific needs of each discipline and shipbuilding process stage.

The use of 3D models would boost communication and integration without compromising shipbuilding's specific purposes. Hopefully, in the future, 3D models will become a landscape instead of an island, and 3D technology will support the shipbuilding cycle as a whole, not as segmented stages.

4- BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

1. AGIS, J.; BRETT, O.; EBRAHIMI, A.; KRAMEL, D. (2020), The Potential of Virtual Reality (VR) Tools and its Application in Conceptual Ship Design, COMPIT, pp.123-134
2. BRUCE, G. (2021) Shipbuilding Management, Springer Singapore
3. CABOS, C.; ROSTOCK, C. (2018), Digital Model or Digital Twin?, 17th COMPIT Conf., Pavone
4. FILIUS, P. (2020), Harnessing the knowledge of specialists in CAD/CAM software - Case: Shell plate development, https://www.cadmatic.com/en/resources/articles/harnessing-the-knowledge-of-specialists-in-cad/cam-software-case-shell-plate-development/
5. SIERANSKI, J., Zerbst, C. (2019) Automatic Geometry and Metadata Conversion in Ship Design Process, COMPIT pp. 146-155
6. SEPPÄLÄ, L., BRINK M. (2020) Link 3D data and integrated planning – Reduce shipyard workshop hours by at least 15% / Articles & Whitepapers / CADMATIC
7. SEPPÄLÄ, L. (2019) Drawingless Production in Digital Data-Driven Shipbuilding, COMPIT, pp. 405-415

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA FORENSE PARA LA DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE UNA CONTAMINACIÓN MARINA PRESUNTAMENTE DESCONOCIDA

Correa Ruiz, F. J[1], Madariaga Domínguez, E[1]

[1]Escuela Técnica Superior de Náutica, Universidad de Cantabria, Gamazo, 1. 39003 Santander, España
[1]e-mail: francisco-correa@unican.es

RESUMEN

En el presente estudio, deseamos aportar nuestra propia experiencia y una metodología científica forense que pueda ayudar a establecer de manera inequívoca y fehaciente el o los responsables de una contaminación marina. Parece evidente qué para determinar el origen de un vertido de hidrocarburos en el medio marino con la finalidad de adoptar las medidas adecuadas, tanto en la futura prevención de situaciones similares, como en la acción punitiva para evitar la posible acción dolosa y/o reiterada, a priori, parecería suficiente con la toma de muestras de las aguas contaminadas y del presunto contaminante. De hecho, existen normas nacionales, en el caso de España, como internacionales, tanto para la toma de muestras, del medio marino como de los potenciales contaminantes, como su posterior análisis y comparación.

Muchos de los casos de contaminación marina producida por hidrocarburos, sobre todo en los puertos, confunden el tipo de hidrocarburo que ha contaminado por tener una contaminación constante de sus aguas y no conocer la calidad "real" de sus aguas. La situación se complica cuando son varias las manchas oleosas que pueden aparecer simultáneamente en diferentes zonas próximas dentro de un área costera y/o portuaria, existiendo decenas, incluso centenares, de potenciales efluentes, tanto terrestres como marinos. Se hace necesario el tener una cultura de seguridad marítima, enfocada a la contaminación marina.

Palabras claves: Metodología científica forense, Contaminación Marina, Hidrocarburos, MARPOL.

1- INTRODUCCIÓN

El concepto de contaminación en el medio marino en las últimas décadas, se confunde o enmascara con otras características que en ocasiones son naturales. La Real Academia de la Lengua Española define contaminación marina [1], como: *"introducción directa o indirecta en el medio marino de sustancias o energías como consecuencia de la actividad humana, incluidas las fuentes sonoras submarinas, que provocan o pueden provocar efectos nocivos, como perjuicios a los recursos vivos y a los ecosistemas marinos —incluida la pérdida de biodiversidad—, riesgos para la salud humana, obstáculos a las actividades marítimas, especialmente a la pesca, al turismo, a las actividades de ocio y demás usos permitidos del mar, así como alteraciones de la calidad de las aguas marinas que limitan su utilización y una reducción de su valor recreativo, o en términos generales un menoscabo del uso sostenible de los bienes y servicios marinos, incluidos sus recursos".*

Con esta definición, a su vez, es necesario tener una cultura de seguridad marítima, enfocada a la contaminación marina [2]. Se hace necesario ante un caso de contaminación marina por hidrocarburos, el contrastar cual es la situación previa a la contaminación marina y cual es la situación tras el foco contaminante, para tener una "perpectiva real". De esta manera, la finalidad de los trabajos realizados sobre el terreno será determinar la situación ambiental que tiene la zona afectada "antes de la contaminación", sea una zona portuaria, sea un puerto o una zona litoral. Así, al realizar un examen de la zona, tanto sobre el terreno como sobre planos e imágenes, incluso ortofotos [3], nos permitirá obtener información general, básica y actualizada sobre la zona perturbada. Así mismo hay que realizar un listado a priori de los equipos disponibles [4], con fines ambientales, que servirá para conocer qué aspectos están bajo control, en cuáles hay carencias y cuáles están completamente desatendidos [5]. Es imprescindible tomar una muestra de referencia "cero" de la calidad de las aguas y de los terrenos y conocer las características del foco de contaminación. Esta muestra de referencia, servirá para contrastar las muestras que se tomen del foco o focos contaminates. Hay puertos y zonas de este, como son las instalaciones portuarias

comerciales, pesqueras y deportivas que se encuentran permanentemente contaminadas y la referencia "cero" está contaminada de hidocarburos, con lo que la entrada de otro hidrocarburo por inmisión, poco ayuda a determinar la dilución que se haya producido en el medio marino [6] y quien y cómo ha podido originarla.

Por otra parte, las conversaciones que mantengamos con los usuarios de dichas zonas, nos permitirán obtener una imagen más real del control ambiental existente en general y de la funcionalidad de los equipos disponibles en particular, así como detectar necesidades, fuesen éstas reales o sentidas [7]. Las respuestas a cuestionarios específicos obtenidas de responsables o representantes de los puertos y de las zonas afectadas, nos podrán mostrar que los cuestionarios pueden ser una herramienta muy eficaz para completar la información sobre la situación ambiental. Estos trabajos se deberán de complementar con la recogida de información relativa al entorno ambiental de la zona afectada, bien sea portuaria o zona litoral. Esta labor, se realiza fundamentalmente mediante búsqueda bibliográfica especializada [8], [9], pero también, como se ha indicado con anterioridad, mediante entrevistas o consultas a especialistas en temas ambientales [10]. Así, se consiguirá completar la caracterización de los puertos o zona afectada objeto a estudio por contaminación marina, especialmente desde un punto de vista ambiental, pudiendose establecer las bases tanto para establecer un diagnóstico de las principales carencias ambientales del conjunto y de cada uno de ellos, como para desarrollar unos planes de equipamiento ambiental básico y de gestión ambiental suficientes. Es decir, se podrán establecer qué actuaciones serían necesarias para llegar a un modelo de gestión sostenible de la zona afectada, a la vez ambientalmente responsable y económicamente viable [4], [5].

2- DETERMINACIÓN DEL TIPO DE HIDROCARBURO

Los hidrocarburos una vez que entran en el medio marino sufren varios procesos tanto físicos como de evolución química [11]. Es sumamente importante, discriminar cual ha sido el tipo de hidrocarburo que ha producido la contaminación en el medio marino [9], [10]. Normalmente, se

cree, de manera arbitraria, que el petróleo crudo es una sustancia única y homogénea, sin diferenciación alguna . Pero realmente, existen más de 170 tipos, completamente diferenciados de crudos comercializados. En su estado natural, sin refinar, el petróleo crudo varía en densidad y consistencia, desde muy delgado, liviano, volátil y fluido, como el conocido Brent, hasta los petróleos extremadamente espesos, semisólido y pesados, como los crudos caribeños o los betunes extraídos de arenas bituminosas. También hay una tremenda gradación en el color que exhibe el petróleo extraído, que va desde un amarillo dorado claro hasta el negro más oscuro y profundo que se pueda imaginar [7]. Con el fin de tener un "vocabulario" conjunto y acordado, la industria del petróleo a menudo utiliza referencias a "ubicaciones geográficas" para clasificar descriptivamente los crudos, tal como se indica en la Tabla 1. Esto se debe al hecho de que el petróleo de diferentes ubicaciones geográficas naturalmente tendrá sus propiedades únicas (un ADN inconfundible). Estos crudos varían drásticamente entre sí en lo que respecta a su viscosidad, volatilidad y toxicidad [13].

Tabla 1: Tipos de crudos según su procedencia y densidad API.

Crudos	º API	Tipo
Muy ligeros	> 37	Mar del Norte
Ligero	33-37	Arabia Ligero
Medio	28-33	Irán Pesado
Pesado	20-28	Maya
Muy pesado	< 20	Bocán

2.1- Conceptualización básica

Es necesario definir una conceptualización básica para evitar falsas definiciones y a su vez no focalizar adecuadamente el origen del vertido [14], [15]. El término "viscosidad", se refiere a la resistencia del petróleo a fluir, a mayor viscosidad menor fluidez. El petróleo crudo de mayor viscosidad es mucho más difícil de bombear desde el subsuelo, transportar y refinar. De igual

manera, los fueles de gran viscosidad son difíciles de bombear y transportar, a no ser que sean calentados, para incrementar su fluidez [16].

El término "volatilidad", describe la rapidez con que el aceite se evapora en el aire. Los crudos y sus derivados que son altamente volátiles necesitan un esfuerzo adicional para garantizar que la regulación de la temperatura y los procedimientos de sellado consigan la menor pérdida de hidrocarburo posible.

El término "toxicidad", se refiere a cuán perjudicial son el petróleo crudo y sus procesos de refinado para la vida local, desde los humanos hasta la flora y fauna, así como para otras entidades y organismos vivos ambientalmente frágiles.

El petróleo crudo necesita ser destilado para obtener diferentes productos y combustibles. El refinado del petróleo se inicia con el proceso de destilación, posteriormente, los compuestos obtenidos, son refinados nuevamente en otras unidades de proceso para modificar su composición molecular o eliminar compuestos no deseados (como es el azufre). Al final del proceso de refinado quedan lo que se denominan “productos residuales” (las cadenas de hidrocarburos más pesadas) un ejemplo, son los betunes que empleamos en la vida diaria para nutrir y lustrar la piel de nuestros zapatos.

Los cuatro tipos principales de petróleo y sus derivados son:

(1) Crudos muy ligeros: combustible de aviación; gasolina; queroseno; nafta ligera y pesada; éter, alcohol y nafta de petróleo. Estos derivados del petróleo tienden a ser muy volátiles y pueden evaporarse en solo un par de días.

(2) Crudos ligeros: la mayoría de los combustibles de grado 1 y 2 y los aceites combustibles diésel, así como la mayoría de los combustibles domésticos y el gasoil marino.

(3) Crudos medianos: este tipo de hidrocarburo constituye la mayor parte del transporte marítimo. La baja volatilidad que posee hace que las limpiezas ante derrames, sean más complejas y complicadas.

(4) Fuelóleos pesados (incluyen los crudos pesados): los combustibles de grado 3, 4, 5 y 6, así como los combustibles marinos intermedios y pesados, con viscosidades superiores a 180 centistokes. Con estos hidrocarburos la evaporación es muy lenta, escasa y por tanto, la toxicidad aumenta.

En el sector marítimo, se emplean tanto productos destilados como residuales [17]. Los combustibles destilados, son poco viscosos, mientras que los combustibles residuales, son viscosos o muy viscosos (necesitan temperatura para inyectarse en los motores marinos). Las embarcaciones de recreo, al igual que los vehículos (turismos de automoción), utilizan combustibles destilados como la gasolina o el diésel (gasoil), de idénticas características e impuestos. Por lo general, llevan motorizaciones principales, compuestas de uno a cuatro motores. La independencia y la simplicidad de sus elementos propulsores justifica el empleo de estos combustibles destilados que tienen una carga del 0,1% de azufre, según normativa desde enero de 2008 y que cumplen la norma ISO 8217.

Las embarcaciones de pesca profesional, llevan a bordo un servicio de propulsión principal y en ocasiones algún motor a modo de motor auxiliar (para generar energía eléctrica). En este tipo de embarcaciones, se emplea un diésel marino, que es de peor calidad que el de automoción, además va aditivado con un color “verde” y bonificado, de hecho, se denominan gasóleos “C” (caso de España). Este diésel para la industria pesquera, MGO (Marine Gas Oil) sólo contiene un 0,1% de azufre. Le sigue en orden de peor calidad para las motorizaciones el que se denomina MDO (Marine Diesel Oil) el cual contienen hasta un 0,5% de azufre.

Los buques mercantes y algunos buques de pesca “de última generación” están dotados de una planta de propulsión en la que los motores principales y las bombas de inyección (y los sistemas de suministro de combustible) están preparados para quemar combustibles de los denominados “residuales”. Estos combustibles, a temperatura ambiente son “sólidos” (como los betunes), por lo que necesitan disponer de tanques calefactados para trabajar con ellos.

El combustible residual, son la denominación que tienen los combustibles (viscosos) que quedan después de extraer del petróleo la gasolina, gasóleo, propano, butano, nafta, aceites lubricantes, que son los productos "más volátiles". Son combustibles obscuros, casi de color negro, pastosos, con un olor desagradable (difíciles de limpiar). A estos combustibles "residuales", puros o casi puros, se les aglutina y denomina como Marine Fuel Oil (MFO). Los Intermediate Fuel Oil (IFO) se obtienen mezclando fuel residual con combustibles destilados (gasóleo o diésel) de manera que, según la viscosidad deseada, añadiremos al fuel más o menos producto destilado (gasóleo o diésel). De esta forma, se obtienen IFO30, IFO40, IFO60, IFO80, IFO100, IFO120, IFO150, IFO240, IFO280 y IFO320. Un dato importantísimo, es conocer en la zona del vertido, que tipo de combustible se puede adquirir, para descartar o enfocar el lugar del vertido.

Cada tipo de petróleo, dependiendo de su procedencia, va a tener una composición diferente. Además del crudo, la composición del hidrocarburo la determinará el proceso de destilado y los aditivos y mezclas que conformarán sus características como combustible [17]–[19]. Es muy común, ante un foco contaminante, que se hable (por autoridades marítimas y medios de comunicación) de combustibles tipo IFO, influenciados por la apariencia oscura y olor a gasóleo por la falta de conocimiento de las características y tipos de combustibles "mixtos" existentes, tal como se han resellado anteriormente.

2.2- Combustibles marinos, según la norma ISO 8217

Las especificaciones que definen los parámetros mínimos de calidad requeridos a los combustibles marinos dieron comienzo en 1982, cuando las refinerías introducen el cracking de precisión y se llegan por consenso entre suministradores, consumidores y fabricantes de motores, a la necesidad de establecer un estándar de calidad en los combustibles extraídos. El organismo que establece los parámetros mínimos tanto de los combustibles destilados, como de los residuales es la International Organization for Standardization (ISO), con sede en Ginebra.

La norma ISO, que regula los combustibles es la ISO 8217, en la cual, al referirse a los combustibles, tiene en cuenta lo siguiente:

La primera letra del nombre del producto, indica el tipo de combustible, así tenemos:

- D es para el combustible destilado.
- R es para el combustible residual.

La segunda letra indica la aplicación, de esta manera, tenemos:

- M es para Marina, para el sector marítimo.

La tercera letra, X, A, B, C, E, F, etc. indica propiedades particulares del combustible. Para los combustibles marinos residuales, el número después del nombre del producto indica la viscosidad máxima a 50ºC y medida en (mm2/sg), es decir, centistokes

Los cuatro tipos de combustibles marinos, más usados en el sector del transporte marítimo son, Marine Gasoil (MGO), Marine Diesel Oil (MDO) y los fueles intermedios residuales IFO180 e IFO380. Estos se corresponden con los siguientes grados ISO 8217, que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Los cuatro combustibles marinos más utilizados.

Denominación Comercial	Denominación ISO 8217
MGO	DMA
MDO	DMB o DMC
IFO180	RME180 o RMF180
IFO380	RMG380, RMH380 o RMK380

Los parámetros más importantes regulados por la norma ISO 8217 son:

- La densidad, que ha de ser inferior a la del agua dulce. Se fijó en 0.991 (g/l) máximo.
- La viscosidad, es el parámetro que fija el valor del IFO. Se establece para una temperatura de 50º Celsius.

- El punto de inflamación, fija un valor de seguridad de almacenaje en los tanques. Ha de ser superior a 60º Celsius. Es la temperatura a la que el combustible líquido emana suficientes vapores que, mezclados con aire, se inflaman al aplicar una fuente de calor.
- El punto de congelación, fija el valor mínimo de manipulación.
- El residuo carbonoso, es el valor que previene la obturación de inyectores y el deterioro del lubricante.
- Las cenizas, es el valor que previene su depósito en la cabeza del cilindro de los motores.
- El agua, es el valor que previene que en altas temperaturas forme con otros elementos, ácidos corrosivos.
- El azufre, es el valor que previene la corrosión del pistón y contaminación atmosférica.
- El vanadio, es el valor que previene la formación de elementos gomosos.
- El sedimento potencial, es el valor que previene la obturación de filtros e inyectores.
- Aluminio más sílice, es el valor que previene el deterioro de los aros de los cilindros de las motorizaciones.
- Sulfhídrico, es uno de los gases, altamente venenosos e inodoro extremadamente peligroso para la vida humana, que se producen en la combustión de los combustibles. El 10 de octubre de 2008, la Organización Marítima Internacional (OMI) firmó una modificación al Anexo VI del convenio MARPOL 73/78, por la que estableció una reducción progresiva de las emisiones de óxidos de azufre (SOx) procedentes de los buques, la cual está en vigor desde el 1 de enero de 2020.

2.3- Generación de residuos de hidrocarburos en el medio marino

A bordo de los buques y embarcaciones, se generan tres categorías de residuos oleosos (hidrocarburos), los cuales son:

- Las aguas de sentina contaminadas en todos los buques y embarcaciones. La sentina de un barco es un espacio abierto que está en la parte más baja del buque en el que se recogen las aguas que

entran dentro del buque y los residuos que ocasionan los motores y mecanismos. Es obligatorio que todos los buques de más de 400 unidades de arqueo bruto estén equipados con tanques para la recogida de los residuos oleosos (fangos) de un tamaño adecuado al funcionamiento del buque. Por lo general, los tanques de fangos son independientes, si bien también pueden ser de tipo combinado.

- Los fangos, que se producen por el funcionamiento rutinario de los equipos de purificación en todos los buques. Con miras a evitar daños a los componentes de la maquinaria de propulsión, retrasar el desgaste y mejorar la combustión, el combustible se purifica por medio de centrifugadoras (de dos o tres fases) antes de pasar a los motores. Los equipos de purificación del combustible suelen ser autolimpiantes y funcionan en permanencia para eliminar los contaminantes tanto sólidos como líquidos (una de las fases que se elimina de los combustibles es el agua).

- Los residuos de la carga de hidrocarburos en los petroleros o los ocasionados por la toma de combustible en buques y embarcaciones. Los requisitos del MARPOL73/78 relativos a la descarga de los residuos de la carga de hidrocarburos a la mar se detallan en la Parte C, del Capítulo 4, del Anexo 1 del MARPOL.

La mayor carga contaminante por hidrocarburos procede de la presión municipal e industrial hacia el medio marino, siendo las operaciones marítimas y los accidentes un porcentaje bajo (tal como se ha mostrado en la Tabla 3), siendo una asignatura pendiente de legislar y de afrontar técnicamente.

3- ESTUDIO DE LA ZONA DEL VERTIDO

Para comprender el comportamiento que experimentará un derrame de hidrocarburo en el medio marino, es indispensable realizar un estudio al detalle de la zona donde se ha producido, en el que se tengan en cuenta:

- Comportamiento ambiental, temperatura ambiental, humedad atmosférica (total y relativa), temperatura del agua de mar, tomar una muestra de agua de mar como “muestra de referencia cero” para que pueda ser comparada con muestras de la zona de vertido.

- Estudio de las corrientes litorales, locales y de marea, manejando datos oceanográficos ye hidrográficos-
- Geografía de la zona, con ortofotos, planos, etc. Para determinar las zonas de influencia y afección [3].

Tabla 3: Fuentes de hidrocarburos vertidos al medio marino.

Vertidos de hidrocarburos	Porcentaje
Instalaciones fijas	**8%**
Fenómenos atmosféricos	**12%**
Municipales e industriales	***45%***
Naturales	**11%**
Accidentes marítimos	***5%***
Operaciones marítimas	***19%***

Cada año entran en el medio marino 1.47 millones de toneladas métricas como resultado de pérdidas en el transporte marítimo, labores de pesca y practicas de ocio náutico deportivo. Como residuos de la carga 0,7 millones de toneladas, son debidas a residuos de la caga que permanecen abordo después de la descarga. La cantidad de dichos residuos depende del contenido de impurezas de la carga anterior y de la viscosidad de la misma, pero típicamente representa aproximadamente un 0,4% de la capacidad de carga, por ejemplo, 800 toneladas en un petrolero de 200.000 toneladas de peso muerto (TPM).

Durante las operaciones de limpieza de tanques y deslastre, gran parte de esta cantidad puede ser vertida al mar. Los buques de lastre segregado y los sistemas de lavado con crudo, junto con el establecimiento de los procedimientos de "cargar encima" han reducido la contaminación debida a la operación de petroleros. Incluidas en las pérdidas del transporte están las descargas del agua de sentinas que contiene productos oleosos y los residuos de fuel oil, que suman 300.000 toneladas al año, generadas por todo tipo de buques. Aunque la cantidad de residuos oleosos vertidos al mar

por los buques puede ser controlada por medio de una gestión apropiada, tiene también gran importancia la provisión de instalaciones adecuadas para la recepción de slops, lastre sucio y residuos oleosos de los espacios de máquinas en tierra.

Los hidrocarburos derramados en el medio marino, sufren una serie de procesos que modifican sus características y su comportamiento. Estos procesos son, entre otros, la propagación (con gran influencia del efecto Coriolis), la deriva (por las corrientes), la evaporación, la disolución, la dispersión, la emulsificación (mezcla con el agua), la sedimentación, la biodegradación y fotooxidación. El conocimiento de esos procesos y la forma en que interactúan los diferentes hidrocarburos es muy valioso en la lucha contra los derrames. Un derrame de hidrocarburos en el medio marino, está afectado por procesos de envejecimiento. Cuando se incrementa el área del vertido, aumenta la tasa de evaporación, pero la velocidad y extensión de la evaporación varían considerablemente dependiendo de la composición propia del hidrocarburo.

Los hidrocarburos de poca densidad, como son la gasolina o el gasoil, se evaporan con gran rapidez (entre una y dos terceras partes en pocas horas, tras su vertido), mientras que los hidrocarburos pesados, se disipan lentamente. El proceso de evaporación estará afectado por la velocidad del viento y la temperatura (tanto del agua como de la atmósfera) cuanto más altas sean ambas, más rápida será la evaporación, el hidrocarburo evaporado es descompuesto por el proceso de fotooxidación.

El proceso de emulsificación, incorpora agua al hidrocarburo, cambiando las propiedades y la cantidad presente en la superficie de la mar. El contenido de agua de tales emulsiones puede alcanzar del 80% al 90%. Estas emulsiones se denominan "mousse ".

En la Tabla 3, se han mostrado las principales fuentes de vertido de hidrocarburos al mar junto con el porcentaje vertido por cada una de las actividades. Hay que destacar, tal como se expone en letra de color rojo, que la mayor carga de vertido de hidrocarburos se produce por actividades municipales e industriales, siendo un porcentaje relativamente reducido el ocasionado a accidentes marítimos, pero que es considerable en las operaciones de suministro. Esta es una asignatura

pendiente en los puertos pesqueros, en los deportivos y en aquellos grandes puertos que hacen actividades de bunkering [9], [20], [21].

La modelización de los focos de contaminación marina [22]–[24], mediante aplicaciones de software, tales como WOSM, OILMAP, GNOME, ADIOS, etc., son de utilizad cuando la zona de vertido es litoral. Las aplicaciones informáticas [25]–[27], han de nutrirse de gran cantidad de datos físicos que son alcanzables en zonas litorales, pero que conllevan gran conocimiento e inversiones millonarias para conocer el comportamiento en puertos y zonas interiores de estos. Estos programas informáticos, sirven de ayuda para la toma de decisiones, pero ante un foco real de contaminación han de tenerse en cuenta como meros "asesores" para conocer las posibilidades de evolución de la contaminación, no sirven de prueba forense como si fueran una grabación óptica real de lo que ha sucedido, puesto que no son una representación al 100% de la realidad sino una tenue luz en un túnel a oscuras. Son meras hipótesis, que en zonas interiores de puertos evolucionan por encima de los muelles, de las localidades, representando una mentira para justificar un hecho sucedido sin encontrar o investigar las causas reales que lo han determinado.

3.1- Toma de muestras en la zona afectada por el vertido de hidrocarburos

La toma de muestras para la identificación de derrames de hidrocarburos viene regulada por la norma española CEN/TR 15522-1:2006. De igual manera, el análisis de estas muestras viene reglado por la norma CEN/TR 15522-2:2006. Para la realización de los análisis se han de realizar por un laboratorio acreditado, en el caso de España, por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) como organismo nacional de acreditación de acuerdo con lo establecido en el Reglamento (CE) nº 765/2008 del Parlamento Europeo y el Consejo, de 9 de julio de 2008, por el que se establecen los requisitos de acreditación y vigilancia del mercado relativos a la comercialización de los productos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 339/93. La acreditación, es la herramienta establecida a escala internacional para generar confianza sobre la correcta ejecución

de un determinado tipo de actividades denominadas "Actividades de Evaluación de la Conformidad" y que incluyen ensayo, calibración, inspección, certificación o verificación entre otras. En general, cualquier actividad que tenga por objeto evaluar si un producto, servicio, sistema, instalación, etc. es conforme con ciertos requisitos puede estar sujeta a acreditación. Dichos requisitos pueden estar establecidos por ley y tener por tanto carácter reglamentario o estar especificados en normas, especificaciones u otros documentos de carácter voluntario.

Estas circunstancias, dotan a las muestras que se extraigan y que sigan una correcta cadena de custodia a condiciones físicas de laboratorio y que sean entregadas con la mayor premura para su análisis unas condiciones importantes de cara al establecimiento de responsabilidades, una vez que la analítica determine la vinculación con el propietario del hidrocarburo [21]. Para garantizar la cadena de custodia, en el Anexo B de la norma española CEN/TR 15522-1:2006 encontramos un modelo de acta para el transporte y recepción de las muestras. Este documento debe estar cumplimentado y firmado por el que toma la muestra, por el que o los que transportan la muestra y por quién recibe la muestra.

Por consiguiente, la asignatura pendiente de los diferentes países marítimos [21], [28], [29] es, crear una legislación clara y eficaz para evitar los casos de contaminación marina por hidrocarburos [30] en la que se tipifiquen de forma clara como se han de establecer las pruebas para determinar la culpabilidad y las responsabilidades de los causantes bien sean por negligencia, intencionados o por accidentes[21], [29], [31].

5- CONCLUSIONES

El medio ambiente en cualquiera de los puertos o zonas litorales afectadas por un foco de contaminación marina por hidrocarburos es único, es complejo, es dinámico, es abierto y extradimensional con respecto al ser humano. La evaluación concreta de cada puerto o de cada zona afectada por contaminación marina, debe ser diferenciada y/o particularizada en cada caso.

No se pueden transpolar unos casos a otros, ya que las condiciones morfológicas, mareales, batimétricas, geológicas, etc., varían, así como lo hacen las características químicas del hidrocarburo implicado en le vertido contaminante.

El análisis de las actuaciones concretas desarrolladas en las zonas portuarias o litorales afectadas por un episodio de contaminación marina ,revelan numerosos aspectos o problemas ambientales, algunos de alcance significativo, que no han sido tomados en consideración o no han sido abordados previamente, así como abundantes deficiencias operativas, entre ellas las derivadas de la carencia de planes de formación para trabajadores y de información para los usuarios. Todo esto ocasiona episodios de contaminaciones accidentales e involuntarias por falta de formación-información, pero que son episodios de contaminación marina real.

La modelización de los focos de contaminación marina por hidrocarburos mediante aplicaciones de software, son de utilizad cuando la zona de vertido es litoral, en zonas interiores no son ni útiles ni ciertas las simulaciones. Las aplicaciones informáticas sirven de ayuda para la toma de decisiones, pero ante un foco real de contaminación, han de tenerse en cuenta como meros "asesores" para conocer las posibilidades de evolución de la contaminación y no sirven de prueba forense ya que no son una reproducción real de lo sucedido.

La gestión ambiental de los puertos (pesqueros, deportivos, comerciales) debe basarse en unos principios conceptuales, claros, sencillos y bien definidos, capaces de orientar el juicio y conducir las acciones. Tales principios, comunes para el conjunto de los puertos y zonas litorales, resultan imprescindibles para la implementación de una política legislativa para luchar contra la contaminación marina por parte de los países marítimos. Hasta el momento, todas las acciones se toman tras accidentes y episodios de contaminación marina, lo que contrasta con la concienciación y la cultura de la seguridad marítima.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Real Academia Española de la Lengua, *Definición de contaminación marina*. 2022.

[2] Håvold, J. I.“Culture in maritime safety,” *Marit. Policy Manag.*, vol. 27, no. 1, pp. 79–88, 2010.

[3] Cheng, Y.; Li, X.; Xu, Q.; Garcia-Pineda, O.; Andersen, O. B.; y W. G. Pichel, “SAR observation and model tracking of an oil spill event in coastal waters,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 62, no. 2, pp. 350–363, 2011.

[4] Madariaga, E. *Control ambiental de los puertos pesqueros y deportivos de Cantabria. Metodología para el diseño de instalaciones portuarias receptoras de residuos*. Berlín, 2012.

[5] Madariaga, E. “Modelo de gestión de los residuos procedentes de embarcaciones en los puertos pesqueros y deportivos de Cantabria: propuestas de control ambiental,” Universidad de Cantabria, 2010.

[6] UK Government, *The National Contingency Plan: A Strategic Overview for Responses to Marine Pollution from Shipping and Offshore Installations*, no. National Contingency Plan. 2014, pp. 1–50.

[7] Acuña, A. R. “El problema del delito culposo de contaminación de aguas por hidrocarburos, especialmente las marinas,” 2018.

[8] University of Plymouth, “Critical Thinking,” in *Learning Development*, 2010, pp. 1–8.

[9] Universidad Pompeu Fabra, “El análisis crítico del discurso y el pensamiento social Teun Van Dijk y Athenea Digital,” *Athenea Digit.*, vol. 1, no. Primavera, pp. 1–7, 2002.

[10] Andrés, M. A.; Madariaga, E.; Delgado, O. y Martínez, J. E. “Marine pollution in the nautical seaports in Croatia by the effluent of tourists,” *Eur. Transp. \ Trasp. Eur.*, no. 64 (3), pp. 1–11, 2017.

[11] Silos-Rodríguez, J. M. *Manual de la lucha contra la contaminación por hidrocarburos*. 2008.

[12] Rodrigo De Larrucea, J. *Hacia una teoría general de la Seguridad marítima*. 2015.

[13] Madariaga, E.; Correa, F.; Oria, J. M. y J. Walliser, “Methodology for waste management of nautical ports in Croatia,” in *Proceedings ElMAR - International Symposium Electronics in Marine*, 2015, vol. 2015-Novem, pp. 189–192.

[14] Abelson, P. H.“Marine pollution,” *Science*, vol. 171, no. 3966. p. 21, 1971.

[15] Zhang, B.; Matchinski, E. J.; Chen, B.;Ye, X.; Jing, L. y Lee, K.“Marine oil spills-oil pollution, sources and effects,” in *World Seas: An Environmental Evaluation Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts*, 2018, pp. 391–406.

[16] Caballero, M. J. “Prestige: Protección a Toda Costa,” 2003.

[17] Chen, J; Zhang, W.; Wan, Z.; Li, S.; Huang, T. y Fei, Y.“Oil spills from global tankers: Status review

and future governance," *Journal of Cleaner Production*, vol. 227. pp. 20–32, 2019.

[18] Silva I.A. *et al.*, "Oil spills: impacts and perspectives of treatment technologies with focus on the use of green surfactants," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 194, no. 3. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 01-Mar-2022.

[19] Beiras, R. *Marine pollution: Sources, fate and effects of pollutants in coastal ecosystems*. 2018.

[20] Espino, M.; Comerma, M.; Arcilla, E. y González, A. S. "La predicción de la contaminación marina por vertido de hidrocarburos en la ingeniería portuaria.," *I Congr. Ing. Civil, Territ. y Medio Ambient.*, p. 14.

[21] Gajate, I. P. "Responsabilidad civil por contaminación marina por hidrocarburos," Bilbao, 2021.

[22] University of Plymouth, "Writing Essays Extended," in *Wirting Essays*, 2011, pp. 1–22.

[23] Hoang , A. T. y Chau, M. Q."A mini review of using oleophilic skimmers for oil spill recovery," *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, vol. 41, no. 2. pp. 92–96, 2018.

[24] Beiras, R. *Marine pollution: Sources, fate and effects of pollutants in coastal ecosystems*. 2018.

[25] Spaulding, M. L.; Howlett, E.; Anderson, E. y Jayko, K. "Oilmap: A global approach to spill modeling," in *Proceedings - 15th Arctic and Marine Oil Spill Program Technical Seminar 1992*, 1992, pp. 15–21.

[26] Spaulding, M. L.; Kolluru, V. S.; Anderson, E. y Howlett, E."Application of three-dimensional oil spill model (WOSM/OILMAP) to Hindcast the Braer spill," *Spill Sci. Technol. Bull.*, vol. 1, no. 1, pp. 23–35, 1994.

[27] Spaulding, Li, M. Z.; Mendelsohn, D.; Crowley, D.; French-McCay, D. y Bird, A."Application of an Integrated Blowout Model System, OILMAP DEEP, to the Deepwater Horizon (DWH) Spill," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 120, no. 1–2, pp. 37–50, 2017.

[28] Seijo, M.; Iglesias, M.; Muñoz, E. y Silva, F. "Estado actual de la gestión de residuos MARPOL y su contribución a la prevención de la contaminación marina," *Residuos Rev. técnica*, vol. 17, no. 96, pp. 72–81, 2007.

[29] Silos-Rodríguez, J. M. *Manual de la lucha contra la contaminación por hidrocarburos*. 2008.

[30] Botello, A. V. "La contaminación marina y la urgencia de su legislación." *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*(2016).

[31] Huerta Viesca, M. I. y Rodríguez, D. *Responsabilidad civil por contaminación marina por vertido de hidrocarburos : a propósito del Prestige*. 2004.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

SEGURIDAD DEL BUQUE ATRACADO: INFLUENCIA DE LA FALTA DE SIMETRÍA EN EL AMARRE

Correa Ruiz, F. J.[1], Madariaga Domínguez, E.[1]

[1]Escuela Técnica Superior de Náutica, Universidad de Cantabria, Gamazo, 1. 39003 Santander, España
[1]e-mail: francisco-correa@unican.es

RESUMEN

La Asociación Mundial para la Infraestructura del Transporte Marítimo (PIANC), explica que un buque atracado y amarrado se ve sometido a fuerzas externas debidas a los vientos, corrientes, oleajes, ondas estacionarias, mareas, buques en navegación y por las propias operaciones de carga. La importancia de los movimientos de un buque amarrado es trascendente, no tan sólo desde el punto de vista de la seguridad, también del rendimiento de las operaciones de carga.

El Foro Marítimo Internacional de Compañías Petroleras (OCIMF), nos explica en su Guía de Equipamiento para Atraques, versión cuarta (MEG4), como ha de ser el equipo de amarre de un buque y como éste debe ser amarrado con una disposición de los cabos simétrica con relación a la maestra del buque, para poder contrarrestar de manera adecuada las fuerzas anteriormente descritas. Las terminales suelen diseñarse para acoger el mayor rango posible de buques. No obstante, este rango se ve reducido notablemente si exigiésemos que el amarre de los buques cumpla con la condición de simetría requerida por la (OCIMF).

En este estudio, demostramos como la efectividad del amarre, cumpliendo los requisitos básicos establecidos en el MEG4, se ve notablemente mermado ante fuerzas externas similares, por la falta de simetría derivada de la inadecuación entre la disposición del amarre de la terminal y del buque.

Palabras clave

Seguridad Marítima, Maniobra, Fuerzas amarre, Efecto buque pasante, PIANC, OCIMF.

1- INTRODUCCIÓN

En este estudio, exponemos un caso real que ha sucedido en una terminal portuaria, durante el paso de un buque de gran obra muerta, necesitado de velocidad para mantener su gobierno, éste provocó que los cabos de un buque tanque amarrado y descargando un hidrocarburo rompiera sus estachas. En el estudio de las fuerzas generadas por el buque pasante concluimos que estas no eran suficientes para la rotura de los cabos en condiciones MEG4 y que ésta se debió a la falta de simetría en el amarre. Por este motivo, abordamos un análisis de la multiplicación de las fuerzas ejercidas sobre los cabos en el amarre debido a la falta de simetría de éste.

Entre los objetivos de esta comunicación, se encuentran el determinar las fuerzas ejercidas sobre los cabos de retención de un buque al paso de otro a lo largo de su costado. Además del estudio de la influencia de la disposición de amarre, los cabos empleados y la tensión de los mismos,

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Un buque atracado y amarrado se ve sometido a fuerzas externas [1] debidas a los vientos, corrientes, oleajes, ondas estacionarias, mareas, buques en navegación y operaciones de carga [2]. Los buques se mueven con seis grados de libertad. Tres son lineales, en el sentido longitudinal (x) “avante o atrás”, transversal (y) y vertical (z). Tres son angulares, con relación al eje longitudinal, los balances del buque a una u otra banda; al eje transversal, las cabezadas; y con relación al eje vertical, las guiñadas, que hacen que la proa se desvíe hacia uno u otro costado (babor y/o estribor) [3].

La importancia de los movimientos de un buque amarrado es trascendente, no tan sólo desde el punto de vista de su seguridad sino también del rendimiento, eficiencia, en las operaciones de carga y/o descarga. De esta manera, un buque tanque atracado no debería poder moverse más de tres metros tanto en el sentido longitudinal como transversal, pudiendo llegar a cinco metros en lugares expuestos [4].

Cuando un buque en navegación pasa cerca de otro buque amarrado, el segundo experimenta fuerzas y momentos que causaran que éste se mueva [5]. El efecto del buque en navegación sobre el buque amarrado podemos dividirlo en tres componentes [6]: succión, estela y, en el caso de geometrías no uniformes, oscilaciones portuarias [5], [7], [8].

En la Figura 1, representamos la distribución de presiones alrededor del buque, además del efecto estela. Mientras que el buque avanza, el agua se desplaza desde su proa hasta la parte posterior de su popa. En la proa [9], [10] se produce un campo local de alta presión, representado en rojo, y la mar experimenta una elevación, esto sucede al ser comprimida el agua por el buque a su paso. El agua fluye por ambos lados del buque y converge en su popa, donde crea otra zona de altas presiones.

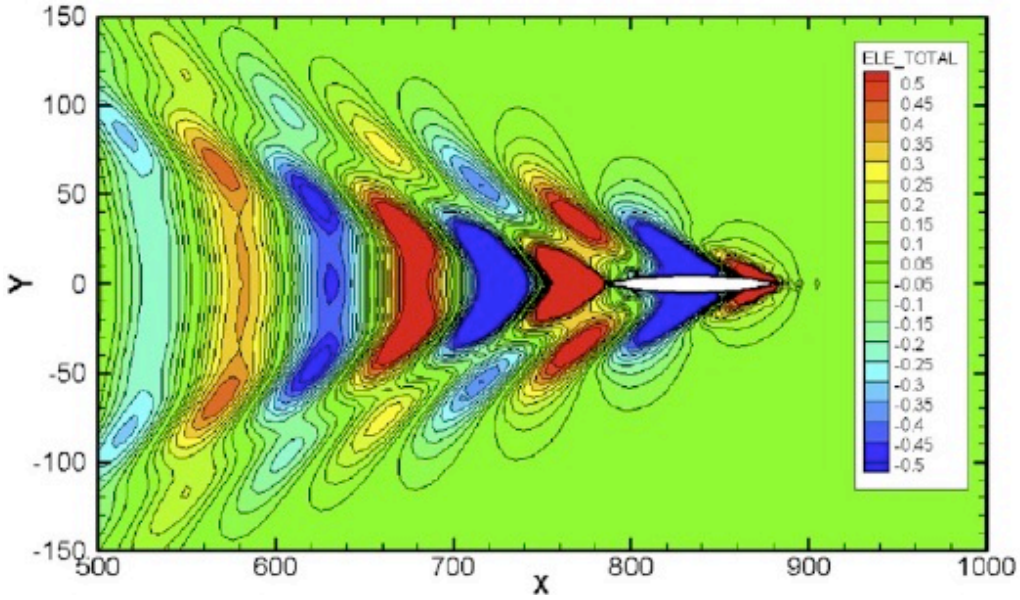


Figura 1: Generación del efecto de succión y estela en navegación, según Nam y Park.

En los costados del buque [11], la aceleración de las partículas de agua crea un campo de bajas presiones, representada en color azul, y una depresión en el nivel del mar. De esta manera, existirán

gradientes entre los diferentes niveles de agua. Otro buque, en la vecindad del buque en navegación, experimentará una fuerza que le empuja en la zona de altas presiones y una succión hacia la zona de bajas.

Los rojos representan zonas de altas presiones, donde los buques próximos serían repelidos, y los colores azules las zonas de bajas presiones, donde otros buques se verían succionados. Los ejes x e y están en metros. Esta distribución de presiones dependerá de las formas del buque, de su casco sumergido, en navegación. Cuánto más cúbico, menos fino, sea el buque, mayor será la altura del agua generada a proa, además de existir un desfase en la distribución de las presiones en función de estas formas [11].

El primero en describir matemáticamente la estela de un buque fue William Thomson, Lord Kelvin. La estela de los buques se forma mediante la combinación de olas divergentes, a ambos lados del buque en navegación, y olas transversales que viajan detrás del buque. Ambas olas se superponen formando crestas y una línea envolvente. La estela causa unas ondas muy cortas en comparación con las ondas de succión y, de esta manera, su efecto es menor sobre los grandes buques, este es solo significante a grandes velocidades de paso [12].

Los estudios de las fuerzas ejercidas por el buque en navegación sobre el buque amarrado se han centrado en los grandes buques tanque y graneleros, debido a su tamaño, puesto que la masa del buque pasante es determinante.

El primero en realizar estos estudios fue Remery [13]. Para sus investigaciones desarrolló un modelo físico. Varió el tamaño del buque en navegación, su velocidad y distancia de paso; manteniendo constante la ratio entre el calado y la profundidad, el tamaño del buque amarrado y su rumbo. Remery concluyó que la tensión de las amarras tiene un considerable efecto sobre las fuerzas, de manera que unas amarras bien tensionadas soportarán menores fuerzas, provocadas por el buque en navegación. Un año después, a partir de un modelo físico, Muga y otros [14] desarrollaron un modelo teórico para poder deducir las fuerzas ejercidas entre dos buques en navegación. Este modelo no consideraba la distancia de la quilla al fondo del mar. Muga estableció

que las fuerzas ejercidas sobre el buque amarrado decrecían con el incremento de la distancia de separación, con la disminución de la velocidad y el incremento del agua bajo la quilla y que se incrementaban con el tamaño del buque.

En estos 50 años, desde el inicio de este tipo de estudios motivado por el incremento notable del tamaño de los buques, se han desarrollado diferentes modelos semi-empíricos, empíricos y numéricos, para el cálculo de las fuerzas que nos ocupan.

Entre los modelos semi-empíricos, deducción de fórmulas a partir de un marco teórico, pero ajustadas con factores derivados de la experimentación, están los modelos de Wang y Seelig, de Wang y Kriebel [2], y el de Varyani y Vantorre [15].

Los dos modelos empíricos, basados exclusivamente en la observación de prototipos o en la medida de modelos físicos, son el de Kriebel y el de Flory [9], [15], [16].

Finalmente, están los modelos numéricos, los cuales simplifican la dinámica real de los fluidos alrededor de los cascos de los buques, con el objetivo de disminuir los tiempos de computación. En los modelos numéricos, el casco de los buques, en 3 dimensiones, es reconstruido de la manera más fiel posible, basándose éstos en la teoría del flujo potencial, para desarrollar las ecuaciones y los modelos numéricos que las resuelven, entre estos modelos cabe citar el de Passcat y ROPES.

Swiegers [17], generando un total de 43 escenarios diferentes, mediante un modelo físico en un canal, combinando las diferentes variables que determinan estas fuerzas, ha comparado la fiabilidad de los modelos citados, estableciendo qué los que mejor ajustan los resultados a la realidad son el modelo numérico de Passcat y el empírico de Flory. Nosotros, al no tener suficiente información para generar modelos en 3 dimensiones de los cascos de los buques, vamos a emplear el modelo de Flory para nuestros cálculos. En la Tabla 1, exponemos las comparaciones entre los diferentes modelos citados desarrollados por Swiegers en 2011 y que han servido para la generación de sus modelos por estos autores en la realización de este estudio.

Vemos que, con relación a las fuerzas longitudinales, el modelo empírico de Flory es mejor que el numérico. De hecho, según Swiegers, el modelo de Flory se demuestra muy apropiado para el

cálculo de las fuerzas longitudinales para cualquier velocidad, con distancias de paso superiores a una manga, ratios inferiores a 1,7 entre la profundidad y el calado y en canales con una anchura superior a seis veces la manga del buque amarrado.

Tabla 1: Diferentes modelos estudiados por Swiegers en 2011.

Variable	Fuerza	Modelo empleado					
		Kriebel	Flory	Wang Seelig	Wang Kriebel	Varyani Vantorre	Passcat
Velocidad	*Longitudinal*	5	2	1	6	3	4
	Transversal	1	2	4	3	6	5
	Guiñada	2	1	6	5	4	3
Distancia de paso	*Longitudinal*	6	3	1	5	4	2
	Transversal	2	1	4	6	5	3
	Guiñada	1	4	6	5	3	2
Relación profundidad - calado	*Longitudinal*	5	3	2	6	4	1
	Transversal	2	6	4	3	5	1
	Guiñada	1	4	6	5	3	2
Canal	*Longitudinal*	5	1	2	6	3	4
	Transversal	5	4	3	6	2	1
	Guiñada	1	3	6	5	4	2
Nota: **1** = Mejor ajuste **6** = Peor ajuste							
Calificación combinada	*Longitudinal*	21	9	6	23	14	11
	Transversal	10	13	15	18	18	10
	Guiñada	5	12	24	20	14	9
Total		**36**	**34**	**45**	**61**	**46**	**30**

En los cálculos de las fuerzas transversales es bueno para cualquier condición, excepto para el caso de canales, donde el valor obtenido es superior al real. Con relación al cálculo de los momentos, el

modelo se demuestra bueno para velocidades comprendidas entre 4 y 14 nudos, distancias de paso entre una y dos mangas, cualquier condición de calado y canales de anchura superior a 6 veces la manga del buque amarrado.

2.1- Cálculo de las tensiones de los cabos

Métodos documentados para el cálculo de las tensiones de los cabos existen pocos, dada la complejidad del mismo. El primero, probablemente sea el método recomendado por la marina de guerra norteamericana en 1987 [12], el cual solo puede ser aplicado para el cálculo de las tensiones transversales, siempre y cuando la disposición del amarre sea completamente simétrica[18], [19].

Nosotros hemos aplicado el método matricial de la rigidez. Este consiste en analizar los desplazamientos experimentados por el buque debido a las fuerzas externas calculadas. Partimos de los seis grados de libertad del buque, que hemos simplificado a los tres referidos, el cual queda sujeto, mediante un número finito de elementos, cabos y defensas, a un muelle rígido e inamovible. Hemos establecido un sistema de referencia único para localizar los nodos, extremos de los elementos finitos, cabos y defensas, en los que se fundamenta el análisis [5], [7], [11], [20].

Determinaremos las propiedades fuerza-desplazamiento de cada elemento para relacionarlas entre sí mediante ecuaciones de equilibrio planteadas en los nodos. Esas relaciones, para todos los miembros de la estructura, se agrupan en una matriz de rigidez. Una vez establecida esta, los desplazamientos desconocidos de los nodos los determinamos para las cargas externas ejercidas sobre el buque. Conocidos los desplazamientos, podemos relacionar fuerza y desplazamiento para cada miembro [10], [12], [18].

2.2- Determinación de variables

La fuerza que ejerce el buque en navegación a su paso frente al costado del buque atracado depende de las siguientes variables [9], [19]:

- Las características de ambos buques y la relación entre sus esloras y desplazamientos.
- La sonda de agua disponible con relación al calado de los buques.
- La velocidad de paso del buque que navega.
- La distancia de paso, más concretamente, la ratio entre ésta y la eslora característica (eslora media) de los buques.
- El ancho del canal.

Estas variables serán tratadas de acuerdo con las ecuaciones de Flory. Este autor considera un factor de escala, otro factor que estima la relación entre el calado de los buques y la distancia al fondo de sus quillas, el cuadrado de la velocidad del buque pasante, el logaritmo de la ratio entre los desplazamientos de los buques implicados, pasante y atracado, y el cociente entre la distancia de paso y la eslora característica.

3- RESULTADOS

Lo resultados obtenidos para el caso estudiado se presentan a continuación. El buque amarrado lo estaba con cuatro largos y dos esprínes a proa y dos esprínes, dos traveses y dos largos a popa, en una primera situación, para después reforzar con dos traveses más a popa. Analizamos estos dos supuestos y el caso de que el buque estuviera perfectamente amarrado con cuatro traveses y dos esprínes, tanto a proa como a popa, perfectamente simétricos con relación a un eje que pasara por mitad de la eslora del buque y cuaderna maestra.

La narración de la fuerza longitudinal ejercida por el buque pasante sobre el atracado sería la siguiente: aproximadamente a unas 2 esloras características de distancia (-2), entre sus centros longitudinales, el buque atracado comenzaría a experimentar una ligera fuerza positiva, esto es, de movimiento en la dirección de su proa, la misma dirección de avance del buque pasante.

Esta fuerza se mantendría hasta que la distancia se redujese a -1,1 esloras, momento en el cual cambiaría la dirección del empuje, ahora el buque atracado se vería impulsado, en el sentido longitudinal, en la dirección de su popa. De manera que, cuando la distancia fuese de -1 esloras

características, cuando la proa del buque pasante hubiese sobrepasado ligeramente la popa del buque atracado, este último estaría experimentando una fuerza longitudinal en el sentido de su popa con un valor próximo al 20% de la fuerza longitudinal máxima.

El máximo sucedería en, -0,5, cuando la proa del buque pasante estuviese a la altura del centro longitudinal del buque atracado. En estos instantes, el buque atracado experimentaría la máxima fuerza longitudinal en dirección opuesta al movimiento del pasante. Esta fuerza iría disminuyendo hasta que los buques estuvieran paralelos, prácticamente proa con proa y popa con popa, momento en que se anularían las fuerzas. Ahora éstas, cambian de sentido y empujan al buque atracado en la dirección de su proa, alcanzando el máximo, cuando el centro longitudinal del buque pasante alcanza la proa del atracado, +0,5. A partir de este momento, aun siendo en el mismo sentido, la fuerza longitudinal decrece hasta hacerse cero en el instante en que la popa del buque pasante sobrepasa ligeramente la proa del buque Atracado, +1,1.

Por el contrario, la fuerza transversal comienza a sentirse levemente cuando la distancia entre los centros longitudinales de los buques es igual a 2 esloras características, -2. Esta comienza a incrementarse, de manera que el empuje del buque amarrado hacia el muelle va aumentando, en -1, cuando la proa del pasante alcanza la popa del amarrado, esta fuerza supera el 40% del máximo. En -0,8, la proa del pasante sobrepasa la habilitación del atracado, la fuerza transversal alcanza el primer máximo valor negativo. Cuando la proa del buque en navegación rebasa la mediania de la eslora del buque amarrado, cesa el empuje transversal hacia el muelle de este último, recordemos que en este instante se manifiesta la máxima fuerza atrás longitudinal. A partir de este momento, la fuerza ejercida por el pasante es succionante, atrayendo el costado del atracado, tendiendo a separar al buque amarrado del muelle. Al estar los dos buques a la misma altura, proa con proa, sucede la máxima fuerza transversal positiva. A partir de ahora la fuerza transversal positiva decrece en su valor, anulándose en +0,6. Una vez alcanzado un nuevo máximo negativo, al sobrepasar la popa del buque en navegación a la proa del atracado, la fuerza transversal se mantiene

en pequeños valores negativos decrecientes, empujando lateralmente el costado del buque amarrado hacia el muelle.

Los momentos harán girar el buque atracado, los pares de fuerza sobre el eje vertical del buque, girarán su proa o popa, haciéndole guiñar hacia el muelle o alejándolo de éste. Se considera que el momento es positivo cuando el giro de la proa aleja a la misma del muelle, acercando la popa al mismo.

Seguidamente, exponemos los resultados obtenidos para diferentes supuestos. Las gráficas están basadas en el cálculo de las fuerzas, al paso de un buque en navegación, usando exclusivamente el método de Flory y suponiendo el amarre señalado anteriormente. El resultado sobre los cabos sería de la composición de las fuerzas longitudinales, transversales y los momentos de giro descritos.

Numeramos los cabos de proa a popa, de manera que el cabo número 1 estará en el extremo de proa, hasta el 4 en proa; 5 y 6 serán los esprínes de proa, 7 y 8 los de popa, 9 y 10 los traveses de popa, hasta llegar al 14, que será el largo de más a popa, tal como muestra la Tabla 2.

Tabla 2: Tensión en toneladas, soportada por los largos de proa del buque atracado al paso del buque en navegación.

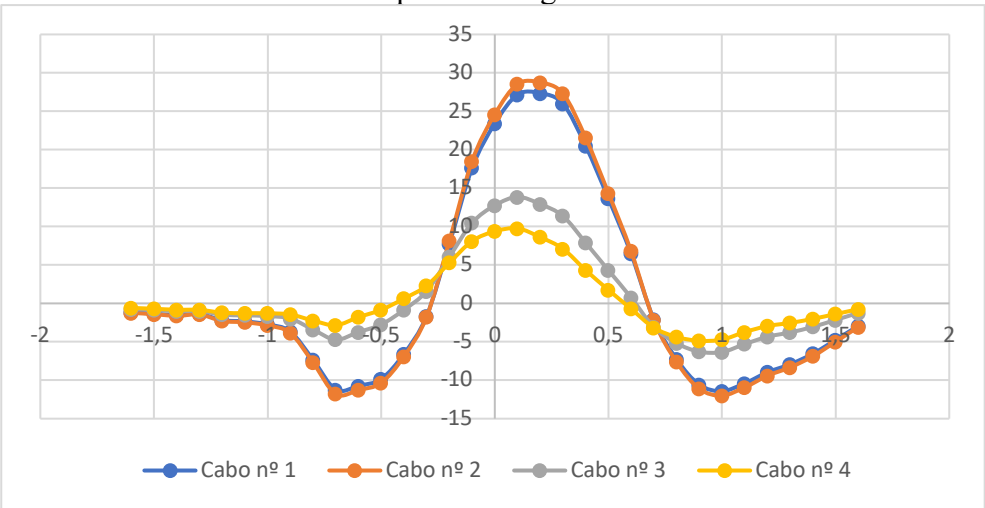


Tabla 3: Tensión en toneladas, soportada por los esprínes del buque amarrado.

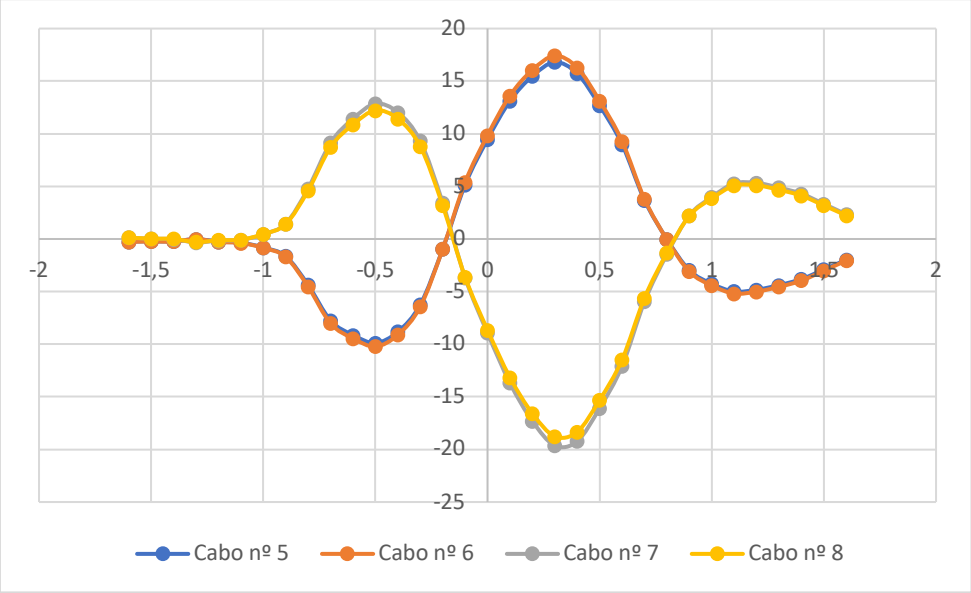
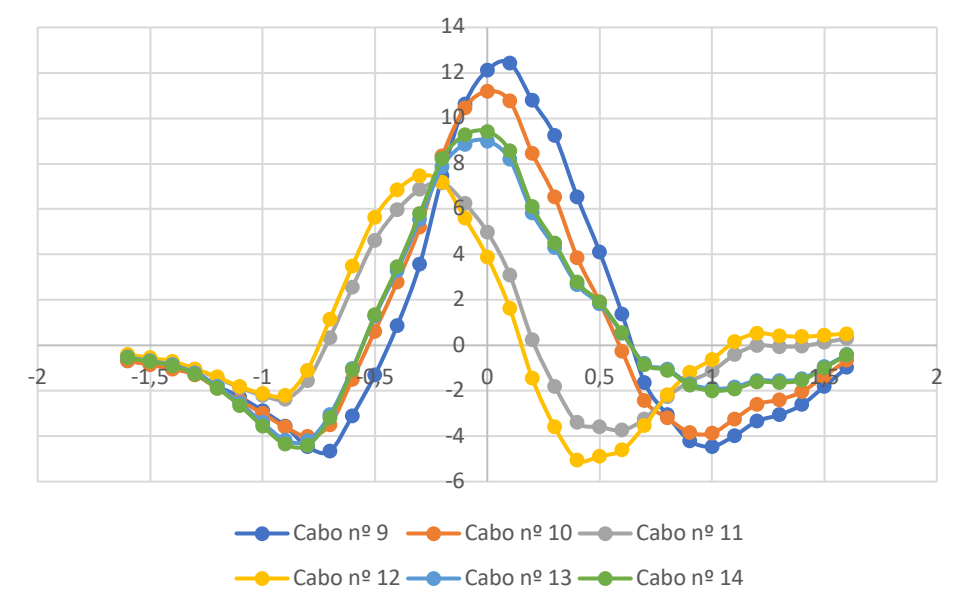


Tabla 4: Tensión en toneladas, soportada por los traveses y largos de popa del buque amarrado.



DESAMPARADOS No.201, MUELLE "JUAN MANUEL DíAZ",
HABANA VIEJA, LA HABANA, CUBA.
Telef: (53) 7861 0920
ipin@enet.cu

Tabla 5: Porcentaje sobre la carga máxima de trabajo experimentada por cada uno de los cabos.

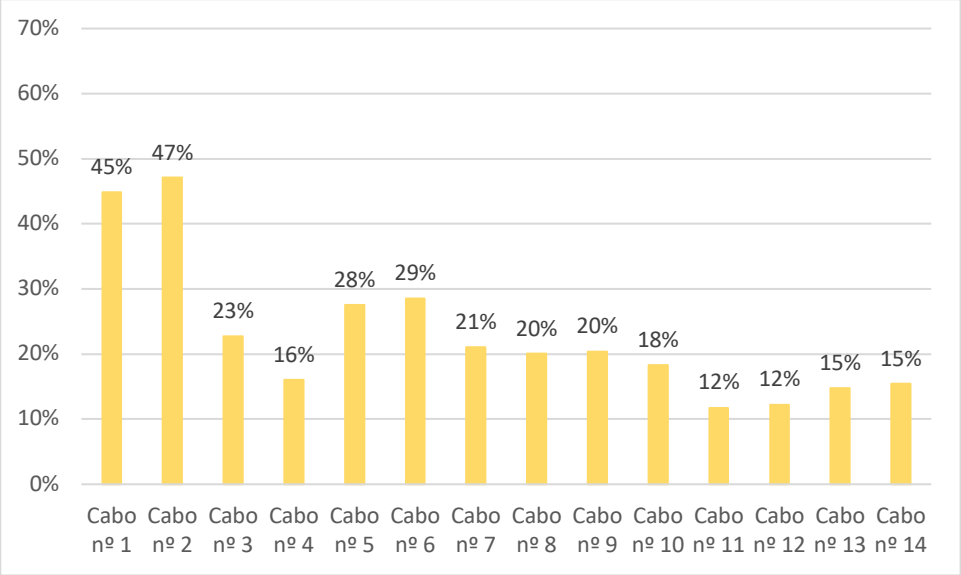


Tabla 6: Cargas máximas soportadas por los cabos, aplicando Flory y con 12 cabos.

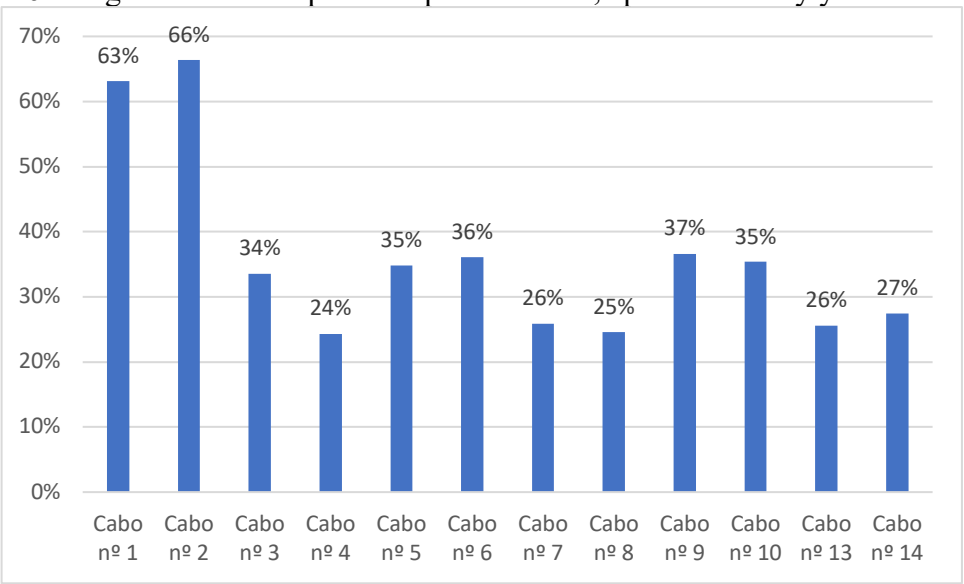
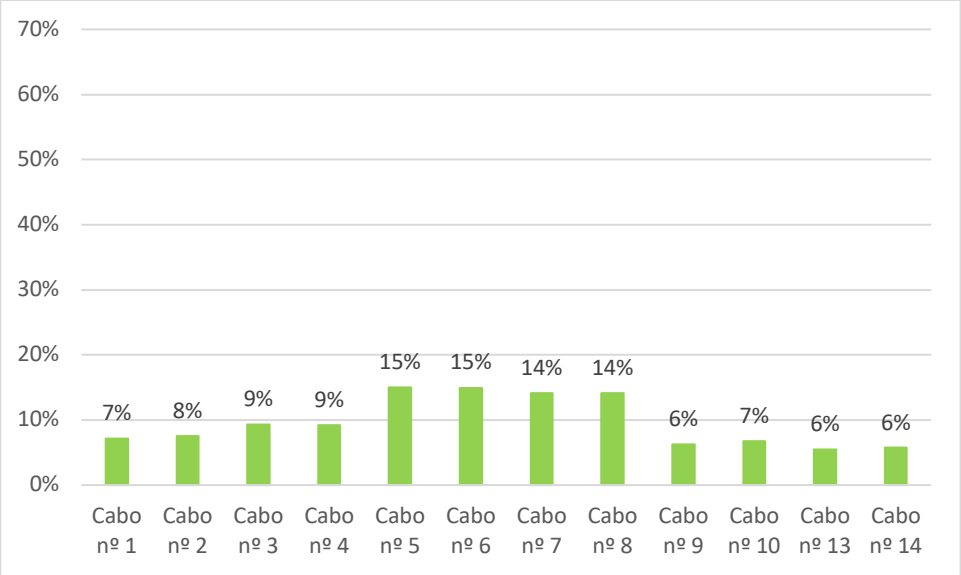


Tabla 7: Tensiones soportadas por los cabos si el buque hubiese estado amarrado de manera simétrica de acuerdo con la OCIMF.



Vemos que los cabos que experimentan una mayor tensión son los dos largos de proa, alcanzando uno de ellos el 47% de su carga de rotura, Tabla 5, para una disposición no simétrica de 14 cabos, pudiendo ser del 66% de esta carga de rotura, Tabla 6, si el amarre fuese con 12 cabos. Por el contrario, los esprines, los cabos 5 y 6, en este supuesto, soportaron un 28,54% de su carga de rotura, un 36% en el caso de una disposición con 12 cabos.

En las Tablas mostradas, presentamos las fuerzas calculadas para todos los cabos durante el amarre al paso de un buque en navegación a una distancia de 1 manga. El buque tiene una gran obra muerta, navega a 6 nudos y tiene la misma eslora que el buque atracado, aunque un calado y un desplazamiento inferior.

En las Tablas 2, 3 y 4, mostramos la tensión calculada para los largos de proa, los esprínes y los largos y traveses de popa, respectivamente, en un amarre con 14 cabos.

En las Tablas 5, 6 y 7, mostramos la tensión soportada por estas estachas, comparando un amarre no simétrico con 12 y 14 cabos, con un amarre simétrico con solo 12 cabos. Cabe destacar, tal como se muestra en la Tabla 7, que con la simetría del amarre (con relación al centro longitudinal del buque) las fuerzas soportadas por los cabos son hasta 10 veces inferiores que con un modelo da amarre no simétrico.

5- CONCLUSIONES

Es evidente que la conclusión final y obvia es que un amarre simétrico, con relación a la cuaderna maestra del buque, nos garantiza que los esfuerzos experimentados por los cabos son ostensiblemente inferiores que, con un amarre con igual número de cabos, incluso superior, si este no observa la citada simetría.

Sin entrar en el detalle del caso que nos ocupa, de la rotura de cabos debido a la falta de tensión de los mismos, lo que facilitó el movimiento del buque, de unicidad en los pares de cabos, lo que implicó la falla del más débil, y la falta de mantenimiento de éstos, lo que implicó que los cabos partieran con una tensión igual a la mitad de su carga de rotura, vemos que debido a un incumplimiento de las normas básicas sobre las condiciones de amarre establecidas en el MEG4. Advirtiendo de la necesidad de sistema automático de desacoplamiento del brazo de carga (ERS), acorde con las especificaciones de la OCIMF, para el aminoramiento de las consecuencias y, por consiguiente, del riesgo.

Deseamos subrayar que los cabos del buque estudiado, llegaron a soportar unas tensiones hasta 10 veces superiores debido a la falta de simetría del amarre, tal como podemos deducir comparando las Tablas 5 y 6, disposición del amarre con 12 o 14 cabos no simétricos con relación a la mediana longitudinal del buque, con la Tabla 7, atraque simétrico con 12 cabos. Por este motivo, es necesario remarcar la necesidad de observar la mayor simetría posible de los cabos en el amarre del buque.

Las terminales portuarias han de ser diseñadas con simulaciones previas de los esfuerzos que soportaran los cabos de los buques en función de las esloras de éstos que determinaran el tipo de amarre, su simetría o no, para adoptar las medidas oportunas en cuánto al emplazamiento de los ganchos de amarre en las mismas.

Sería recomendable equipar a todas las terminales portuarias con dinamómetros que nos indiquen en todo momento, en tiempo real, las tensiones que soportan las amarras, incluso sensores meteo-oceanográficos, lo cual permitirá la evaluación de las fuerzas soportadas por las estachas de los buques. Finalmente, hacer hincapié en la gran ventaja que supone el disponer de ERS en todo tipo de terminales donde se manipulen graneles líquidos, principalmente si estos son hidrocarburos o sustancias nocivas líquidas a granel.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] OCIMF, *Mooring Equipment Guidelines (MEG4)*, 4th Editio. London: Oil Companies International Marine Forum, 2018.

[2] Kriebel, D. "Mooring loads due to parallel passing ships," in *Ports 2007: 30 Years of Sharing Ideas 1977-2007; Proceedings of the Eleventh Triennial International Conference*, 2007, p. 46.

[3] Journée, J. M. J. y Massie, W. W. (2001). Offshore hydromechanics.

[4] PIANC, "Guidelines for the design of armoured slopes under open piled quay walls," *Pianc*, vol. 96, 1997.

[5] Smith, E.; Pinkster, J. A. y Tschirky, P. "Modeling passing vessels and moorings in port design and operation," *Ports 2010 Build. Past, Respect. Futur. - Proc. 12th Triannual Int. Conf.*, pp. 293–302, 2010.

[6] International Chamber of Shipping; OCIMF; IAPH, *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals.*, no. Sixth Edition. London, 2020.

[7] Seelig, W. N. "U.S. Navy ship mooring practices - Design, construction, inspection, maintenance," in *Ports 2001: America's Ports - Gateways to the Global Economy - Proceedings of the Ports 2001 Conference*, 2004, vol. 108.

[8] Pinheiro, L.; Fortes, C. J.; Santos, J. A. y Rosa-Santos, P. "Numerical simulation of the motions and forces of a moored ship in Leixões harbour," in *Proceedings of 3rd International Conference on Maritime Technology and Engineering, MARTECH 2016*, 2016, vol. 1, pp. 217–226.

[9] Flory, J. F. "A method for estimating passing ship forces," in *Ports 2001: America's Ports - Gateways to the Global Economy - Proceedings of the Ports 2001 Conference*, 2004, vol. 108.

[10] Wictor, E. y Van Den Boom, H. J. J. "Full scale measurements of passing ship effects," *PIANC World Congr*, p. 14, 2014.

[11] Nam B. W. y Park, J. Y. "Numerical simulation for a passing ship and a moored barge alongside quay," *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 10, no. 5, pp. 566–582, 2018.

[12] Department of the Navy, *DDS 582-1 Calculations for Mooring Systems*. Washinton, DC, 1987.

[13] Remery, G. F. "Mooring forces induced by passing ships," in *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*, 1974, vol. 1974-May, pp. 349–358.

[14] Muga, B. J. y Fang, S. J. (1975, May). Passing ship effects-from theory and experiment. In *Offshore Technology Conference*. OnePetro.

[15] Varyani K. S. y Vantorre, M. "New generic equation for interaction effects on a moored containership due to a passing tanker," *J. Sh. Res.*, vol. 50, no. 3, pp. 278–287, 2006.

[16] Farmer, A. L.; Whitsel, R. D. y Hasan, M. R. "Unified facilities criteria program and UFC 4-152-01 design: Piers and wharves," in *Ports 2019: Port Engineering - Papers from Sessions of the 15th Triennial International Conference*, 2019, pp. 715–722.

[17] Flory, John F. "The effect of passing ships on moored ships." *Prevention First 2002 Symposium*. 2002.

[18] Da Costa González, D. "Estudio paramétrico de las fuerzas en sistemas de amarre para buques amarrados en puertos.," Universidad do Porto, 2006.

[19] Santos, J. A. *et al.*, "Physical modelling of motions and forces on a moored ship at the leixões port," *Defect Diffus. Forum*, vol. 396, pp. 60–69, 2019.

[20] Schuetz, D. P.; Robbins, D. B.; Schuman, P. M. y Kelly, D. J. "Investigation and initial stability analysis of a wharf on severely deteriorated steel H-piles," *Ports 2019 Port Eng. - Pap. from Sess. 15th Trienn. Int. Conf.*, pp. 273–283, 2019.

EDUCACIÓN AZUL, MOTOR DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA MARÍTIMA

Pardo Gil-Alberdi, M. - CEO del IME
mercedespardo@ime.es
Del Río Gimeno, L.
leticiadelrio@ime.es

RESUMEN

Todos sabemos la importancia del elemento humano en el transporte marítimo y, por lo tanto, la **capacitación** es uno de los desafíos más importantes que tiene nuestra industria.

Las universidades y las instituciones dedicadas a formación tienen la responsabilidad y el deber de diseñar y ofrecer formación de acuerdo con las nuevas competencias que se requieren.

Los **desafíos de la gente de mar** tienen que ver con esto. Tenemos que **prepararlos para esta transformación** donde los buques autónomos, blockchain, ciberseguridad, gemelo digital, sostenibilidad y digitalización son algunos de los retos que tiene nuestra industria.

La Comisión Europea afirma que el mar y las costas son motores de la economía mundial. En los últimos años un número creciente de países, empresas o instituciones como la OCDE, la Unión Europea o Naciones Unidas se han interesado por **el potencial económico de los océanos y los mares,** y las profesiones relacionadas, que se espera vayan en crecimiento en los próximos años.

OBJETIVOS:

- Analizar las **competencias demandadas** para preparar programas de formación ad hoc que capaciten a los futuros profesionales.

- Transmitir la importancia de la **formación de profesionales a lo largo de su vida laboral**, no sólo en cuestiones técnicas, operativas y comerciales, sino también en habilidades blandas.

- Concienciar a las empresas sobre la importancia **de retener a los profesionales,** estableciendo un plan de carrera y ofreciéndoles incentivos atractivos.

- Tomar conciencia de la importancia de **educar a las próximas generaciones** en asuntos marítimos, con el fin de tener jóvenes dispuestos a trabajar en el transporte marítimo.

1- INTRODUCCIÓN

Según la Unión Europea, la Economía Azul "es aquella que reconoce la importancia de los mares y los océanos como motores de la economía por su gran potencial para la innovación y el crecimiento". La Economía Azul es por tanto un sector estratégico para el desarrollo económico en beneficio del bienestar social y la creación de riqueza y empleo de las naciones. Es un sector del que se desprenden infinidad de profesiones relacionadas con el mar y solo aquellos países que mantienen e impulsan su vocación marítima serán los protagonistas del progreso y del mañana. Sin embargo, es bien conocido para todas aquellas personas que nos dedicamos al sector marítimo, que, en casi la totalidad de países de la UE, existe hoy día una gran dificultad para encontrar profesionales cualificados, ya que muchas de las profesiones son desconocidas para gran parte de la población. Por ello, se hace necesario tomar conciencia de la importancia de **educar a las próximas generaciones** en asuntos marítimos, con el fin de tener jóvenes dispuestos a trabajar en el shipping, ya que se trata de un sector que demanda profesionales cualificados en los distintos subsectores que lo componen. Para analizar cuáles son los profesionales que se están demandando en la actualidad y las necesidades formativas de los mismos, hemos realizado un estudio entre las empresas del sector, a través de una encuesta dirigida a los responsables de Formación o a los Directores Generales y también hemos sondeado a estudiantes de carreras relacionadas con el sector marítimo.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

ANTECEDENTES

Existe una notable falta de profesionales en diversas áreas del sector marítimo y se hace necesario contar con una mano de obra cualificada y diversa, no sólo en el transporte marítimo, sino también en el sector naval.

Nuestro objetivo es dejar patente no sólo la importancia de retener el talento en el sector marítimo, sino también de trabajar sobre las generaciones futuras, desarrollando estrategias para hacer que nuestra industria sea atractiva para el relevo generacional, consiguiendo una industria competitiva y cualificada.

Dentro de las competencias profesionales que nos interesan para este estudio, podemos destacar:

- **Competencias técnicas** que se adquieren a través de conocimientos teóricos y técnicos específicos e imprescindibles para una posición determinada (ej. mecánico naval, primer oficial).

- **Competencias transversales**: son aquellas capacidades y habilidades necesarias para dar respuesta a diferentes situaciones laborales (ej. capacidad de liderazgo, trabajo en equipo, resolución de problemas) y que pueden aplicarse en distintos trabajos.

Para el desarrollo de nuestra investigación y con el objetivo de obtener una información más precisa para nuestra finalidad, hemos dividido en tres grupos el universo objeto de estudio:

- Grupo 1 - Sector del transporte marítimo: Armadores, Fletadores, Consignatarios, Agencias de Manning, Servicios al Buque, etc.
- Grupo 2 - Sector naval: empresas de Ingeniería, Sociedades de Clasificación, Astilleros de Construcción y Reparación, Industria Auxiliar, etc.
- Grupo 3 - Estudiantes del último curso de Ingeniería Naval y de Ciencias del Mar.

El total de la muestra es de 250 encuestas, repartidas de la siguiente manera: 84 encuestas en empresas del sector del transporte marítimo; 84 encuestas en empresas del sector naval y 82 encuestas a estudiantes.

Para este estudio se han seleccionado, por una parte, las empresas y entidades con mayor peso y representación en el panorama marítimo español, para obtener unos resultados reales y una "fotografía" de la situación actual de las necesidades formativas y de las competencias profesionales demandadas, dentro del ámbito del transporte marítimo y del sector naval. Podemos citar algunas, a modo de ejemplo, sin querer ser muy exhaustivos, pero sí es nuestro propósito dejar constancia de la importancia de las empresas que han participado en el estudio. Dentro del sector del **transporte marítimo**, han colaborado con nosotros, entre otras: Knutsen España, Noatum Maritime, Asociación de Navieros Españoles, Grupo Ibaizabal, Empresa Naviera Elcano, Beship Brokers, Naviera Sicar, Agencia Marítima Ibernor, Franco Española Marítima, etc. En lo referente a las **empresas del sector naval**, merece destacar: Petrogás, Bureau Veritas, Ghenova Ingeniería, Astilleros de Santander, Pequeños y medianos astilleros (PYMAR), Rina Iberia, Seaplace, Soermar, Astican, etc.

Respecto a las encuestas a **estudiantes**, los centros donde se han realizado son, a modo de ejemplo, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid, Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas de La Coruña, Escuela Técnica Naval de Las Palmas, Escuela de Ingeniería Marina Náutica y Radioelectrónica de Cádiz, entre otras.

En el caso concreto de las encuestas a las empresas y entidades, se realizó un formulario online con 2 modelos de preguntas, que más adelante se describen, y se enviaron, a través de un enlace, a los responsables de Formación o, en su defecto, a los Directores Generales de las empresas seleccionadas, contando con un altísimo porcentaje de respuesta (superior al 95%).

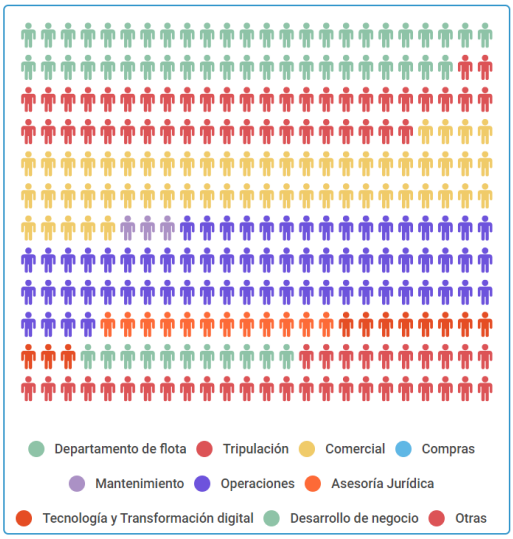
En el caso de la investigación entre los alumnos universitarios, se realizaron charlas en las respectivas universidades, en las que se orientaba a los alumnos sobre las salidas profesionales a

las que podían acceder y se proyectaba un código QR, mediante el que accedían al cuestionario en sus móviles, rellenándolo en ese mismo momento.

3 - RESULTADOS

GRUPO 1 - SECTOR DEL TRANSPORTE MARÍTIMO (*se pueden consultar los resultados completos en el Anexo*)

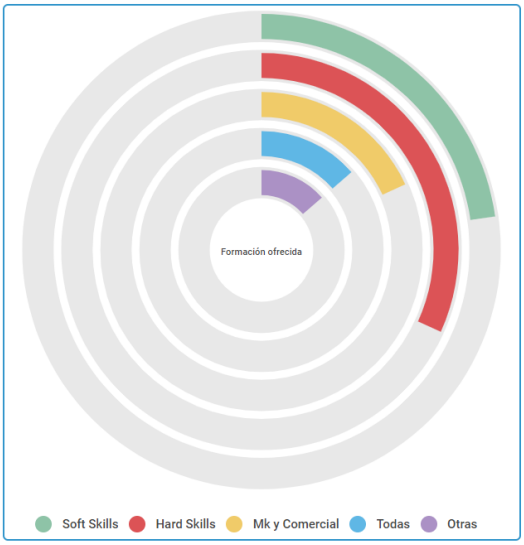
Áreas donde se requiere más personal



Área o perfil profesional donde precisan personal

Ingeniero Naval para Gabinete de Estudios; Operaciones; Personal de Flota; Tripulaciones; Customer Service Manager; Inspección; Sales Executive; Financiación estructurada; modelización financiera; Sales Executive; Inside Sales; Terminales Portuarias.

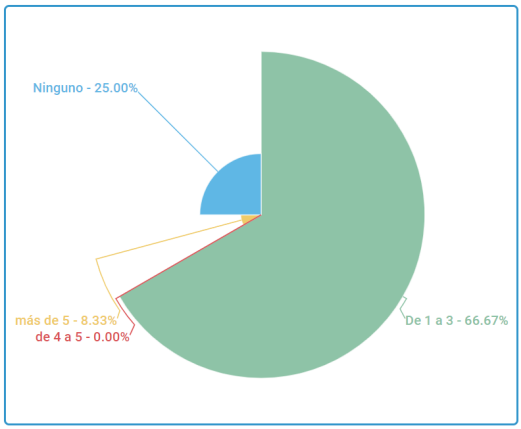
Formación ofrecida a los empleados



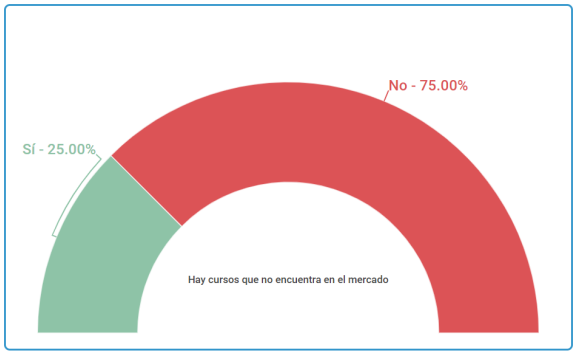
Cursos más realizados

Tripulaciones, Prevención de Riesgos Laborales, Calidad, comerciales, Sistemas, ISO, MBA, idiomas, BIMCO, etc.

Promedio de cursos por empleado



Hay algún curso que no encuentre en el mercado



Cursos de los que no encuentra oferta en el mercado

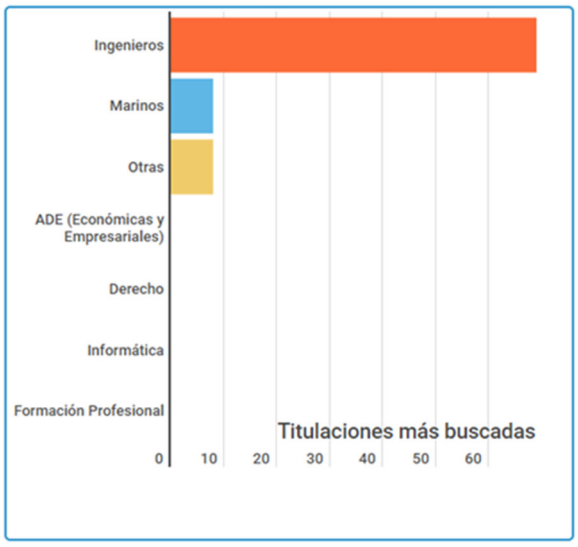
Alto voltaje, STWC, Contratación y Seguridad Social Marítima, Agente Marítimo, Financiación de proyectos (compra de buques, proyectos de transporte, etc.); Comercio Internacional; Transporte Marítimo Global, etc.

Competencias más demandadas

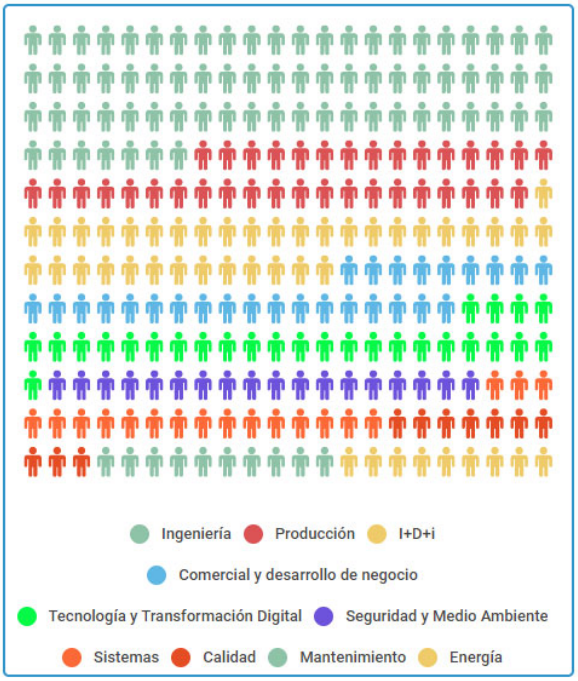
Conocimiento de sistemas, idiomas, experiencia internacional, presentaciones, network, disponibilidad para viajar, flexibilidad de horarios, conocimiento sobre tráfico marítimo, trabajo a bordo, inglés bilingüe, conocimiento del mercado de fletes, Operaciones Marítimas, Tripulaciones, Inspección de Buques, Documentación de Carga, Comercio Internacional, etc.

GRUPO 2 - SECTOR NAVAL (*se pueden consultar los resultados completos en el Anexo*)

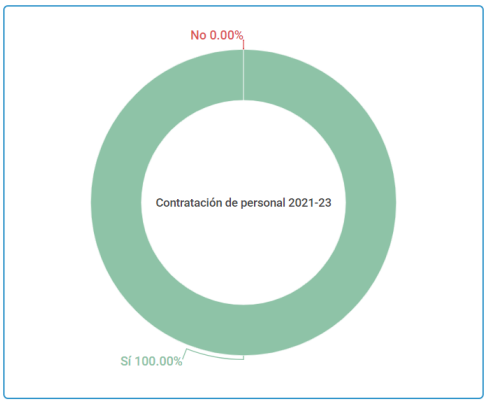
Titulaciones más buscadas



Áreas donde se requiere más personal



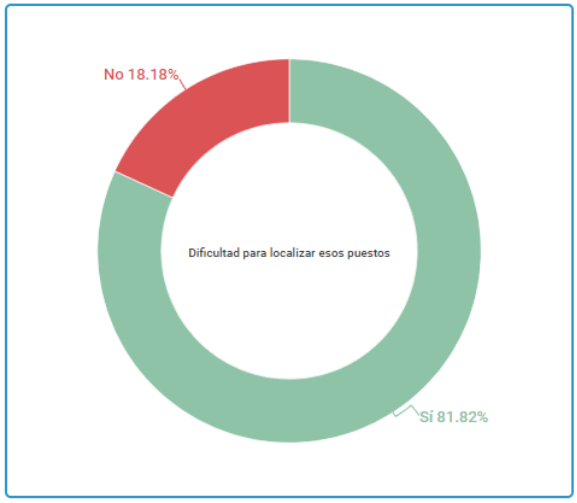
¿Ha contratado o tiene previsto contratar personal durante 2021-23?



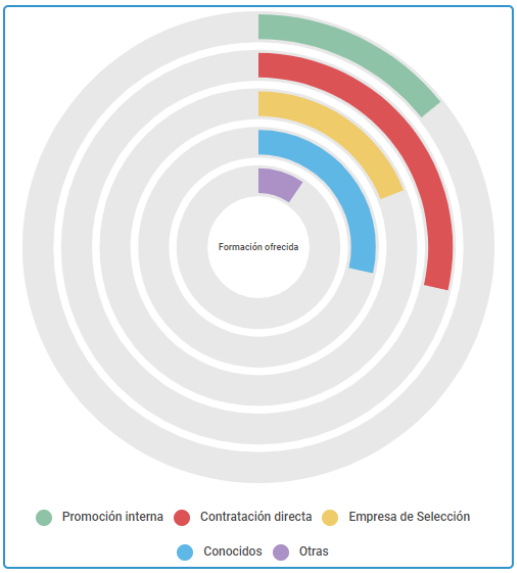
Área o perfil profesional

Ingeniería, Departamento Técnico, Ingenieros Navales, Jefes de Máquinas, Producción, Compras, Comercial, Delineante Naval, Jefe de Buque para Departamento de Producción, HR, Finanzas, DTI, Innovación, Estrategia, Energías Verdes, Auditoría, Comunicación, etc

¿Tiene dificultades para encontrar dichas posiciones?

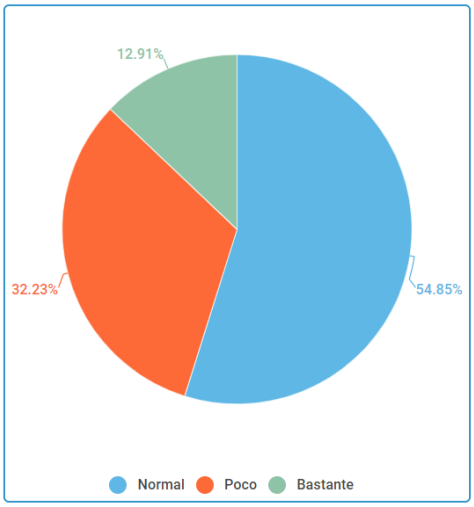


¿Cómo ha conseguido las nuevas incorporaciones?

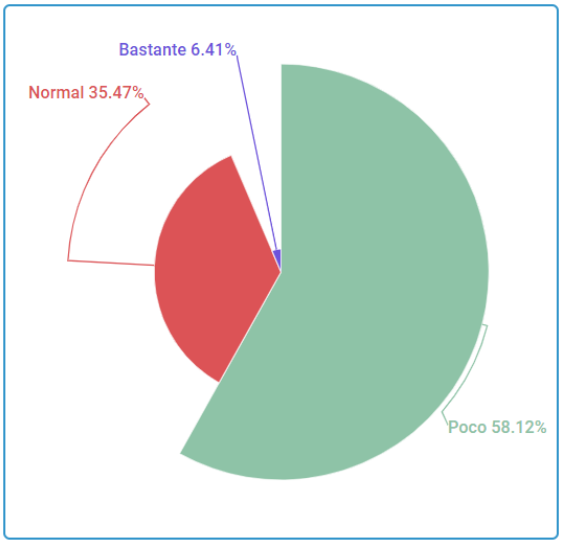


GRUPO 3 – ESTUDIANTES (*se pueden consultar los resultados completos en el Anexo*)

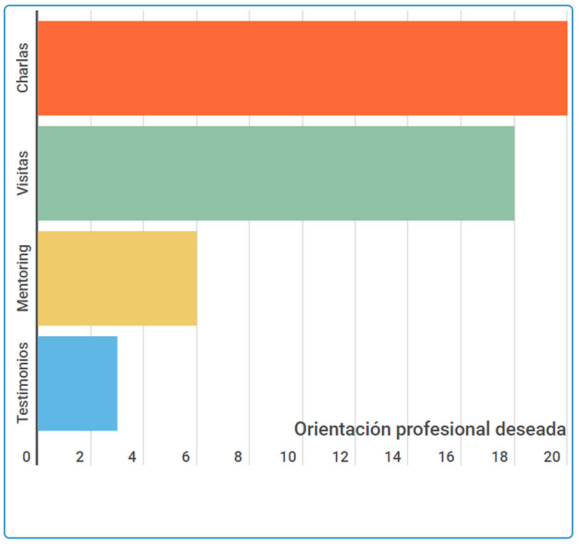
El programa de estudios ¿se adecúa a las necesidades reales del mercado laboral?



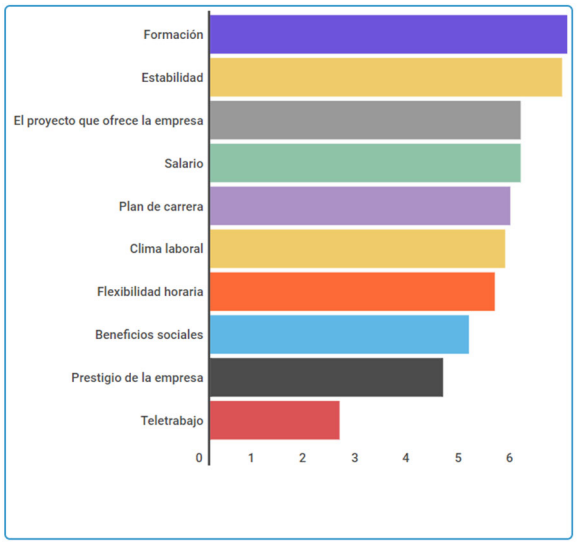
¿Te han informado correctamente, durante tus estudios, sobre las posibles salidas profesionales?



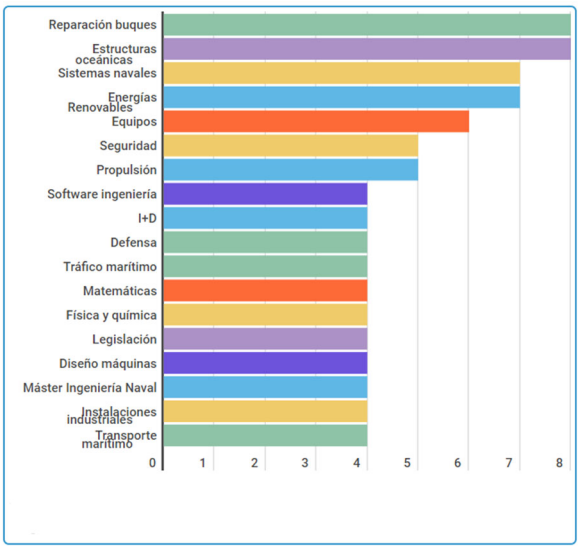
¿Qué modelo de orientación profesional te hubiera gustado recibir?



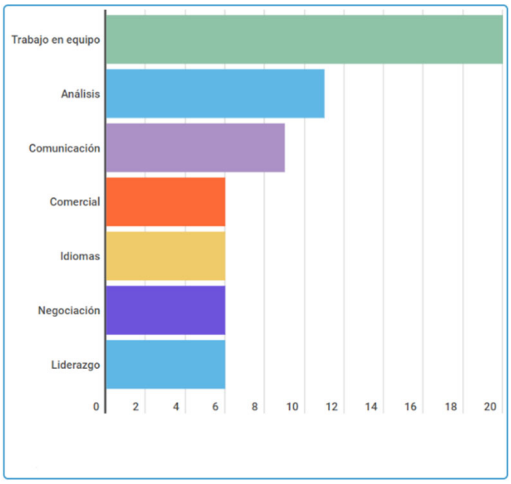
¿Qué es lo que más valoras cuando buscas trabajo en una empresa?



¿Qué competencias <u>específicas</u>, consideras más importantes?



¿Qué competencias <u>transversales</u> consideras más importantes?



DESAMPARADOS No.201, MUELLE "JUAN MANUEL DíAZ",
HABANA VIEJA, LA HABANA, CUBA.
Telef: (53) 7861 0920
ipin@enet.cu

4- DISCUSIÓN

Respecto al **primer grupo, el Sector del Transporte Marítimo**, vemos que hay una mayoría de ingenieros y marinos entre las titulaciones más demandadas y el departamento de operaciones es el área donde se requiere más personal, seguido por el comercial, departamento de flota y tripulación. En concreto, se buscan principalmente ingenieros, marinos, expertos en desarrollo de líneas marítimas, etc. La contratación de personal hasta 2023 es segura en el total de las empresas consultadas, concretamente en las áreas de operaciones, flota, comercial o finanzas.

La mayoría opina, además, que existe dificultad a la hora de localizar los perfiles demandados. Respecto a la vía mediante la que se realizan las nuevas incorporaciones, la principal es la promoción interna, seguida de las referencias entre conocidos del sector y manifiestan que recurren a empresas de selección en menor medida. Es mayoritaria la afirmación de que se ofrece plan de carrera a las nuevas incorporaciones, aunque un tercio de las empresas no contemplan este incentivo laboral.

Se trata de un sector en el que la formación en "hard skills" es la principal que reciben los empleados, seguida de "soft skills" y marketing y comercial. Los cursos más realizados versan sobre Tripulaciones, Prevención de Riesgos Laborales, Calidad, comerciales, Sistemas, ISO, MBA, idiomas o BIMCO.

El promedio de cursos por empleado al año está mayoritariamente en el rango 1 a 3. Tan solo un cuarto de los encuestados manifiesta tener dificultades para encontrar la formación necesaria para sus empleados, mencionando Alto voltaje, STWC, Contratación y Seguridad Social Marítima, Agente Marítimo, Financiación de proyectos (compra de buques, proyectos de transporte, etc.); Comercio Internacional; Transporte Marítimo Global, entre otros.

Respecto a las competencias más demandadas, destacan las "hard skills" (sistemas, experiencia internacional, tráfico marítimo, conocimiento del mercado de fletes, Operaciones Marítimas,

Tripulaciones, Inspección de Buques, Documentación de Carga, Comercio Internacional etc.) sobre las "soft skills" (disponibilidad para viajar, flexibilidad horaria, inglés, network, etc.).

En lo que respecta al **segundo grupo, el Sector Naval**, gran mayoría del personal demandado son ingenieros, mayoritariamente navales, industriales, de telecomunicaciones, aeronáuticos, informáticos, etc. en las áreas de ingeniería, producción y de I+D+i. En concreto, se buscan principalmente Ingenieros de proyectos, personal técnico, oficiales de máquinas, etc. Al igual que en el grupo anterior, el total de los encuestados afirma que se han realizado y se van a realizar contrataciones en el período 2021-23, sobre todo de ingenieros, personal de certificación, departamento comercial o jefes de proyecto y también una gran mayoría alude tener dificultades para localizar las posiciones demandadas.

Respecto a las últimas incorporaciones en la empresa, igualmente destaca las referencias de conocidos del sector y la contratación directa, y en menor medida la promoción interna (contrariamente a lo que ocurría en el grupo anterior). Las empresas de selección se utilizan más en este grupo, Sector Naval, que en el anterior.

Respecto a si se ofrece un plan de carrera a las nuevas incorporaciones, los encuestados de este grupo afirman mayoritariamente que sí. Nos encontramos con que la formación más ofrecida a los empleados de estas empresas es principalmente en prevención de riesgos, seguridad y medio ambiente y las soft skills y hard skills se ofrecen a partes iguales, en un segundo lugar. Indican que la mayoría de los cursos ofrecidos son de índole técnica, normativa ISO, seguridad, etc.

En este segundo grupo, el porcentaje de encuestados que afirma no encontrar la formación que necesita para sus empleados es tan sólo del 18%, mencionando la tecnología del hidrógeno, equipos offshore, pilas de combustible, entre otros. Igual que en el caso anterior, se demandan más las "hard skills" (normativa, software específico, digitalización, conocimientos técnicos de procesos, etc.) que las "soft skills" (comunicación, gestión de equipos, etc.). Nos han comentado que no localizan son ingenieros con habilidades de planificación y con manejo de MS Prpoject o

Primavera, así como ingenieros navales con experiencia en producción en eólica marina. Afirman que se debería potenciar la ampliación del Dpto. de Ingeniería dentro del astillero.

Por último, respecto al **tercer grupo, el de estudiantes**, la mayor parte de los entrevistados están cursando el último curso de Ingeniería en Tecnología Naval y, en menor medida, Ingeniería Técnica Naval. Es patente que casi un tercio de estos alumnos considera que su programa de estudios se adecúa poco a las necesidades del mercado laboral, y más revelador todavía es el dato de que más de la mitad opina que no les han informado correctamente, durante los estudios, sobre las posibles salidas profesionales. Tienen, en general, un gran desconocimiento de las plataformas de búsqueda de empleo, afirmando más del 60% que no las maneja. De la parte que sí conoce algunas de estas plataformas, afirman que la más relevante es Linked-in, también se maneja la Fundación Universitaria de las Palmas, InfoJobs, BlueUpTalent, Indeed y Sepe, aunque en menor medida. Quizá el dato más alarmante de esta parte del estudio sea que el 100% de los jóvenes consultados echa en falta una orientación profesional en su Universidad y les habría gustado tener charlas sobre estos temas, visitas a empresas, mentoring de profesionales del sector o testimonios orientativos. Estos estudiantes son más reticentes a trabajar fuera de España, que a desempeñar el mismo trabajo dentro de nuestras fronteras. Las competencias específicas de su carrera que consideran más importantes son: la reparación de buques, estructuras oceánicas, sistemas navales, energías renovables, seguridad, propulsión, software de ingeniería, I+D, defensa, tráfico marítimo, matemáticas, física y química, legislación, etc. Y las competencias transversales más valoradas son el trabajo en equipo, el análisis, la comunicación, el área comercial, los idiomas, la negociación o el liderazgo. Un dato que llama poderosamente la atención es que lo que más valoran, a la hora de buscar trabajo, es en primer lugar, la formación que les pueda ofrecer la empresa, seguido de la estabilidad, el proyecto que ofrece, el salario, el plan de carrera, el clima laboral, la flexibilidad horaria, los beneficios sociales, el prestigio de la empresa y por último la posibilidad del teletrabajo. Al acabar la carrera se ven mayoritariamente trabajando en el sector marítimo, concretamente en las áreas técnicas, de I+D+i, cargos ejecutivos, sociedades de clasificación, shipping, etc.

5- CONCLUSIONES

El mercado laboral está cambiando y, a su vez, la transformación digital está alterando el mercado laboral. Hay estimaciones que hablan de 85 millones de empleos desplazados en los próximos 5 años. Pero no todo son malas noticias, ya que también se crearán nuevos puestos de trabajo, concretamente 97 millones. Los trabajos desplazados serán aquellos de carácter más administrativo y repetitivo, pero se crearán nuevos trabajos, en los que se desarrollen profesionales relacionados con el control de las nuevas tecnologías, como veremos más adelante.

Respecto del sector del transporte marítimo

Con la **digitalización** y **automatización** del sector marítimo, el futuro marino debe dominar las nuevas tecnologías, además de los conocimientos náuticos.

Los **buques del futuro** se basan en tecnología avanzada a todos los niveles, y requerirán conocimientos y experiencia diferentes y **más avanzados técnicamente** que el transporte marítimo actual, ya sea a bordo o en tierra.

Los desarrollos de la creciente digitalización y automatización pueden ofrecer oportunidades de trabajo diferentes y mejoradas para los marinos modernos, ya que, en lugar de permanecer en el mar durante meses, pueden tener un trabajo en tierra. Los nuevos tipos de trabajos en tierra también podrían dar a las **mujeres** más oportunidades de hacer carrera en el sector marítimo.

Por otro lado, el sector marítimo tiene un gran reto que es la **descarbonización**. Actualmente el transporte marítimo es responsable del 3% del total de las emisiones globales de GEI a la atmósfera. El sector del transporte marítimo, junto con el sector naval, está trabajando en distintas alternativas para trabajar en la descarbonización: desde velocidad económica, combustibles alternativos, nuevos buques, etc. con lo que se van a demandar en las empresas perfiles profesionales nuevos como por ejemplo **Responsable Sostenibilidad y Eficiencia Energética**, pero también **Analista de Datos, Chief Productivity Officer** además de los que hay actualmente que irán creciendo como **Responsable Ciberseguridad** y **Director de Riesgos**.

Respecto del sector naval

Dentro del sector naval, donde encontramos a las ingenierías y Sociedades de Clasificación, es notorio que llevan trabajando años en temas de innovación y digitalización.

Pero en los últimos años, se están trabajando temas como el **gemelo digital, la impresión 3D, los drones** que hace que se vayan a requerir, en los próximos años, **ingenieros de procesos**, que puedan redefinir el modo en que trabaja la industria marítima mediante digitalización y tecnología.

Y también **ingenieros de sistemas** para integrar sistemas en tecnologías como Blockchain e IoT entre otros.

Y entre los nuevos perfiles que se van a requerir, que hasta ahora no existían, podemos encontrar los siguientes: impresores 3D para repuestos o partes del barco, operador y pilotos de drones, además de los comentados anteriormente, que también se buscarán en este sector naval (Analista de Datos, Chief Productivity Officer, Responsable Ciberseguridad y Director de Riesgos).

Respecto de la formación

Desde el sector marítimo tenemos un gran reto en lo que respecta al relevo profesional.

Por un lado, el sector debe atraer talento desarrollando Employer Branding para hacer la marca de su empresa atractiva a la gente joven, ofreciéndoles buen clima laboral, plan de carrera y salario emocional. Para ello, la empresa tiene que ir a las Universidades a contar las posibles salidas que tienen en el sector haciéndolo atractivo primero y luego reteniendo talento.

Por otro lado, dentro de las empresas, se va a exigir más productividad con menores recursos, lo que va a suponer que las personas tengan una transversalidad de conocimientos. En este proceso de mejora de la productividad, la digitalización va a tener un peso significativo. Pero desde luego si queremos que los profesionales tengan transversalidad y especialización, la formación también va a jugar un papel muy importante. Ofrecer a los empleados una formación continua y constante es vital para que los profesionales no se queden obsoletos en el desempeño de sus funciones.

En este sentido, van a tomar mucha importancia las microcredenciales, es decir formaciones de carácter muy específico y cortas en el tiempo que se adapten a las nuevas demandas formativas.

Escritura de reconocimientos.- Nuestro agradecimiento a las empresas del sector transporte marítimo y sector naval por sus aportaciones tan interesantes en las encuestas realizadas, así como a las Escuelas de Marina Civil y de Ingeniería Naval de España por sus reflexiones sobre las necesidades y oportunidades laborales del sector.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.- Pardo Mercedes, Pernia Oscar, Rumbeu, Ana. El Mercantil, marzo 2022, "La formación se topa con el desconocimiento" pp. 152-160. **2.-** Velasco, Lucía. "Te va a sustituir un algoritmo? EL futuro del trabajo en España, Turner Publicaciones. 2021 pp. 13. **4.-** Pardo, Mercedes. "Informe ejecutivo Educación Azul", noviembre 2021. **6.-** International Chamber of Shipping, "Seafarer Workforce Report", 2021 Edition.pp. 2-5. **7.-** ECSA and ITF, "The mapping of career paths in the maritime industries 2004-2005", pp.108-118. **8.-** Pardo Mercedes, "El sector marítimo, un sector lleno de posibilidades laborales", Rotación, diciembre 2021

PALABRAS CLAVE: Economía Azul, Educación Azul, formación por competencias, reciclaje, retención de talento, educación futuras generaciones, carreras marítimas, relevo generacional, habilidades blandas, desarrollo profesional, empleo juvenil.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

DISEÑO, FABRICACIÓN, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE "ARRECIFES ARTIFICIALES VERDES" EN LAS RÍAS GALLEGAS: UNA OPORTUNIDAD DE ECONOMÍA CIRCULAR Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Carral Couce L. [1], Rodriguez Guerreiro M.J [1], Lamas Galdo I. [1], Santiago Caamaño L., Camba Fabal C[1]., Tarrío Saavedra J.[1], Díaz Díaz A.[1], Castro Santos L.[1], Alvarez Feal C.[1], Munín Doce A.[1], Cartelle Barros J.J[1]., Carballo Sánchez R.[2]

[1] Escuela Politécnica de Ingeniería de Ferrol – Universidade da Coruña, [2]Escola Politécnica Superior – Universidad de Santiago de Compostela

[1]lcarral@udc.es

RESUMEN

Las rías gallegas están sufriendo las consecuencias de la contaminación y de patrones de pesca poco sostenibles. El volumen de capturas de muchas especies es cada vez más reducido, lo que supone graves pérdidas económicas para la actividad pesquera y marisquera.

La recuperación de los ecosistemas marinos de las rías mediante el empleo de arrecifes artificiales (ARs) representa una oportunidad prometedora para uno de los principales pilares socio-económicos de Galicia. La aplicación de los principios de la economía circular y el desarrollo sostenible en el proceso de fabricación, transporte e instalación de ARs resulta fundamental para la obtención de beneficios socio-económicos con el mínimo impacto ambiental.

En este trabajo se estudia la posibilidad de fabricar arrecifes artificiales verdes (ARVs). La incorporación de residuos de concha de la industria conservera gallega y de materiales de deshecho procedentes de la industria naval permite reducir el empleo de árido del hormigón. La idoneidad de los materiales propuestos se demuestra mediante ensayos mecánicos y un posterior análisis estadístico.

En la evaluación del índice de sostenibilidad de diferentes ARVs se ha empleado un modelo basado en un método multicriterio de toma de decisiones, teniendo en cuenta indicadores económicos, sociales y medioambientales. También se han estimado los potenciales de calentamiento global y

de demanda energética acumulada asociados a un programa de recuperación de los ecosistemas marinos de todas las rías gallegas. En el trabajo se han considerado diferentes alternativas de fabricación y de transporte y se presentan brevemente varias líneas futuras de trabajo.

Es importante destacar que todos estos trabajos se han realizado en el marco del convenio PROARR financiado por la Xunta de Galicia, que tiene como objetivo el desarrollo, fabricación e instalación de arrecifes artificiales respetuosos con el medio ambiente y que permitan la regeneración de los ecosistemas de las rías gallegas.

Palabras claves: arrecifes artificiales, sostenibilidad, economía circular.

1- INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos están fuertemente amenazados en todo el planeta debido al calentamiento global, la contaminación de los mares y patrones de pesca poco sostenibles. La presión a la que están sometidos hace que ciertos hábitats costeros estén próximos a alcanzar el límite global de absorción de impactos, lo que repercute en un empobrecimiento de la vida submarina.

Las rías gallegas destacan por sus características geográficas y por ser, tradicionalmente, una importante fuente de recursos y de diversidad biológica. Más del 50% de la población gallega vive en zonas costeras en las que la industria pesquera y marisquera han sido históricamente un pilar socio-económico básico. De acuerdo con la literatura existente, la acuicultura es actualmente la primera actividad pesquera en términos de volumen, seguida por la pesca marítima y el marisqueo. Sin embargo, este orden se ve alterado si se habla en términos de valor, pasando la pesca a ocupar la primera posición, que es, precisamente la actividad que más sufre la degradación ambiental. Esto no es aplicable solo a Galicia. España ocupa el tercer lugar en el comercio pesquero internacional, debido, en gran medida, a la contribución gallega.

En el caso concreto de la pesca artesanal, la degradación de los ecosistemas de las rías gallegas tiene un impacto significativo sobre esta actividad. Las estadísticas muestran que en los últimos

años se ha producido un descenso constante en el volumen de captura de ciertas especies. La pérdida aproximada es de 36 millones de euros al año.

La industria conservera en Galicia es otro de los motores fundamentales de su economía, siendo la segunda mayor del mundo. Galicia también es la segunda productora mundial de mejillón, sólo por detrás de China. El aspecto negativo de esta industria es la generación de miles de toneladas de residuo de concha, que son potencialmente perjudiciales para los seres vivos y para el medio ambiente. En el caso del mejillón, los residuos de concha suponen un porcentaje elevado del peso total del producto y están compuestos por una fase mineral de carbonato de calcio y una matriz orgánica con nitrógeno, potasio, azufre, o fósforo, entre otros elementos. Actualmente, estos residuos no se reutilizan de forma extensiva, lo que supone un problema económico y ambiental. De hecho, muchos de estos residuos de concha son gestionados como residuos sólidos urbanos o en empresas de procesamiento de conchas de bivalvos. En el peor de los casos, los residuos se depositan de forma no controlada en lugares no habilitados para tal fin, especialmente en épocas de alta producción.

Se hace necesario un programa de recuperación de los hábitats marinos degradados de las rías gallegas, en el que los arrecifes artificiales (ARs) pueden representar una oportunidad prometedora, ya que cualquier estructura sumergida tiene capacidad para potenciar los recursos marinos vivos. Si bien los ARs tienen como objetivo la recuperación de ecosistemas marinos y el beneficio económico y social, también ha de tenerse en cuenta el impacto ambiental derivado de su construcción, transporte e instalación.

Entrando en mayor detalle, los ARs mejoran la producción pesquera, potencian la circulación de nutrientes, actúan como refugio para todo tipo de especies y mejoran la transferencia de energía al proporcionar sustrato adicional para el asentamiento de algas e invertebrados. Además, hay que añadir otros beneficios relacionados con la pesca y el buceo recreativos o el turismo.

Tradicionalmente los arrecifes artificiales se clasificaban en dos tipos: arrecifes artificiales de oportunidad (AROs) y arrecifes artificiales convencionales (ARCs). En el primer grupo se

encuentran fundamentalmente embarcaciones fuera de servicio o neumáticos que se depositan en el fondo del mar.

Los ARCs son sistemas creados de forma específica para la rehabilitación de ecosistemas marinos. Suelen ser estructuras modulares con oquedades, siendo el hormigón (mezcla de cemento, arena, grava, agua y aditivos) el material habitual en su fabricación. La producción de hormigón es considerablemente perjudicial para el medio ambiente debido a los áridos empleados (arena y grava), que representan entre el 60 y el 80% del volumen, y a otros materiales técnicos como las armaduras. Además, la extracción de grandes cantidades de áridos en zonas costeras provoca alteraciones en las corrientes y en el oleaje, aumentando la erosión y generando un retroceso del litoral. A esto hay que añadir que la industria de fabricación del cemento es una de las mayores productoras de gases de efecto invernadero a nivel global.

Hay dos conceptos de gran relevancia y estrechamente relacionados entre sí al plantearse el uso de arrecifes artificiales verdes (ARVs): la economía circular y el desarrollo sostenible. En una economía lineal (fabricar, usar y eliminar) se consumen materias primas para fabricar productos con una determinada vida útil, generando residuos que hay que tratar o eliminar. El tratamiento y la eliminación de residuos son actividades que pueden llegar a ser tremendamente costosas en términos monetarios. En una economía circular, los residuos vuelven al ciclo productivo, habitualmente tras un proceso de reciclaje, y terminan convirtiéndose en un recurso para un nuevo ciclo de vida. De esta forma, se le aporta valor a algo que originalmente no lo tenía. A esta valorización de residuos hay que añadir un menor consumo de materias primas, parcialmente reemplazadas por los residuos reciclajes y una reducción del impacto ambiental.

El desarrollo sostenible y la sostenibilidad integral van más allá de los aspectos puramente ambientales, teniendo en cuenta además aspectos económicos, sociales e incluso técnicos. En general, estos dos conceptos están asociados a satisfacer las necesidades de los seres humanos a través de un consumo eficiente y controlado de los recursos naturales, lo que debería ayudar a reducir el impacto ambiental sobre el medio. En una interpretación más amplia de estos dos

términos, se puede afirmar que los seres humanos tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza, por lo que también entran en juego criterios éticos y culturales.

La producción, el transporte y la instalación de ARs deben ajustarse a los principios de la economía circular y del desarrollo sostenible, de forma que los potenciales impactos negativos sobre el medio no sean superiores a los beneficios derivados de su instalación. En este sentido, el empleo de ARVs que incorporen residuos de concha como materiales sustitutivos del cemento y la arena, y de otros materiales convencionales del hormigón como las armaduras de acero, surge como una oportunidad prometedora de economía circular y desarrollo sostenible.

En resumen, el empleo de ARVs serviría para reducir el impacto ambiental derivado del consumo de recursos naturales no renovables, que incluyen la extracción, tratamiento y transporte de estos recursos, y el volumen de residuos de concha a eliminar en la industria conservera.

Este trabajo presenta los siguientes objetivos principales:

- Reemplazar los áridos del hormigón por residuos de concha y por materiales de deshecho procedentes de la industria naval. Demostrar la idoneidad de los materiales propuestos para la fabricación de ARs mediante ensayos mecánicos y un posterior análisis estadístico.
- Crear un modelo basado en un método multicriterio de toma de decisiones (MCDM: *Mulcriteria Decision Making Method*) con el objetivo de evaluar la contribución al desarrollo sostenible de diferentes arrecifes artificiales verdes, cada uno de ellos con un determinado porcentaje de sustitución de materiales convencionales.
- Evaluar el potencial de calentamiento global (PCG), así como la demanda energética acumulada (DEA), asociado a un programa de recuperación de los ecosistemas marinos de todas las rías gallegas. Para ello se considerarán diferentes opciones de fabricación (producción centralizada y descentralizada, en ambos casos con el mix eléctrico español y con un mix alternativo basado en energías renovables) y de transporte, tanto terrestre (camión rígido y articulado) como marítimo (barco de servicio y buque granelero). Para

el transporte se explora la posibilidad de emplear combustible diésel o gas natural licuado.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Cada uno de los objetivos presentados en el apartado anterior tiene su propia metodología, por lo que este apartado se divide en tres partes. De ellas, la primera se divide, a su vez, en dos: una vinculada a los ensayos mecánicos y otra al análisis estadístico.

2.1. Sustitución de áridos por residuos de concha y materiales de deshecho en la fabricación de ARs

2.1.1. Ensayos mecánicos

En primer lugar se seleccionaron los residuos y materiales de deshecho a emplear como sustitutos del árido utilizado en la producción de hormigón. Se han considerado residuos de concha de mejillón y ostra, granalla, lana de roca y lana de fibra de vidrio [1]. Posteriormente se determinaron las proporciones óptimas de cada uno de los componentes materiales del hormigón, sin la adición de materiales reciclados. Para ello se fabricó un conjunto de probetas con diferentes dosificaciones. Una vez elaborada la masa, la consistencia del hormigón de cada una de las probetas fue ensayada mediante la prueba del cono de Abrams. Además se elaboraron diferentes muestras que fueron compactadas con un vibrador de aguja. Tras 24 horas, las muestras se desmoldaron y se sumergieron en un baño de agua a 20º C, donde se curaron entre 7 y 28 días.

Las probetas con los mejores resultados determinaron las proporciones de los componentes materiales convencionales y se generaron nuevas dosificaciones en las que los materiales reciclados fueron reemplazando al árido fino. Los compuestos elaborados con materiales reciclados fueron sometidas a dos ensayos: uno de compresión y otro de absorción a través del método Fagerlund.

2.1.2. Análisis estadístico

Para identificar las variables que influyen en el valor de la resistencia a compresión y en el valor de la vida útil bajo el mismo tipo de esfuerzo, se han aplicado técnicas de análisis exploratorio y relacionadas con el Statistical Learning [1], como procedimientos de selección de variables y ajuste de modelos de regresión lineal multivariante.

Además de identificar dichas variables, se ha estudiado el grado de influencia de cada una de estas sobre la resistencia a compresión y tiempo de vida, lo cual facilita el diseño de hormigones con propiedades específicas.

Como resultado, se han estimado funciones predictivas en las que las relaciones entre las variables respuesta y predictores significativos se han definido a partir de una serie de parámetros. También se ha analizado el efecto de estas variables sobre el índice de absorción del hormigón al cabo de 3 y 24 horas. Estas variables recogen información relevante acerca de la resistencia a la degradación del hormigón, entre otras propiedades. Se ha prestado especial atención al estudio del impacto del tipo de residuo y de la cantidad de este empleada como sustituto del árido sobre las propiedades del hormigón. El análisis estadístico se detalla en Carral et al. [1].

2.2.Método MIVES: Evaluación de la sostenibilidad integral de diferentes tipos de arrecifes artificiales verde

Para evaluar la sostenibilidad de diferentes ARVs se ha creado un modelo basado en el método MIVES (Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible). Este método es una técnica MCDM determinista que se basa en el uso de árboles de requerimientos, funciones de valor y, opcionalmente, en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP: *Analytic Hierarchy Process*) [2].

El árbol de requerimientos es un esquema jerárquico que suele estar formado por tres niveles: requerimientos, criterios, e indicadores. El nivel más importante es el de los indicadores, que son las características específicas que se van a evaluar. Los otros dos niveles sirven para estructurar el problema y facilitar su comprensión; además de hacer lo propio con el proceso de cálculo.

La Tabla 1 muestra el árbol de requerimientos empleado en este estudio, junto con los correspondientes pesos o importancias relativas para los requerimientos (α_i), criterios (β_i) e indicadores (γ_i).

Tabla 1. Árbol de requerimientos del modelo basado en Ref. [2].

Requerimientos (α_i)	**Criterios (β_i)**	**Indicadores (γ_i)**
Económico (21%)	Coste total (82%)	Coste total (100%)
	Influencia en la industria conservera (18%)	Reducción de residuos (conchas) (100%)
Medioambiental (45%)	Influencia en la industria conservera (28%)	Reducción de residuos (conchas) (100%)
	Consumo de recursos y emisiones (36%)	Áridos (5%)
		Cemento (70%)
		Acero (25%)
	Consumo de energía (24%)	Consumo total de energía (100%)
	Generación de residuos (12%)	Acero (25%)
		Hormigón (75%)
Social (34%)	Prosperidad general (100%)	Sostenibilidad en la industria conservera (62.5%)
		Sostenibilidad en la industria maderera (37.5%)

El método MIVES permite comparar indicadores medidos en diferentes unidades mediante el uso de funciones de valor. Estas funciones son herramientas matemáticas para adimensionalizar los indicadores en una unidad común denominada valor o nivel de satisfacción (V_i), que varía entre 0 (peor solución posible) y 1 (mejor solución posible). Las funciones de valor también permiten considerar posibles no linealidades en la evaluación. Una vez que se han definido tanto el árbol de requerimientos como las funciones de valor, es posible estimar el índice de sostenibilidad (IS) de la alternativa a evaluar. Para ello se ha empleado la Ecuación (1). El IS se encuentra comprendido en el intervalo [0, 1], peor y mejor solución, respectivamente [2].

$$IS = \sum_{i=1}^{11} \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \gamma_i \cdot V_i \quad (1)$$

2.3.Cálculo de los indicadores de PCG y DEA

El PCG asociado a la fabricación de un módulo de ARV, que es la unidad funcional (UF) considerada en este estudio, se estima a través de la Ecuación (2) [3]. Las unidades de medida son kg de $CO_{2eq.}$/UF.

$$PCG_{fabricación} = \sum_{t=1}^{9} CE_t \cdot PCG_{electricidad} \quad (2)$$

En la Ecuación 2, CE_t es el consumo de electricidad en kWh/UF asociado a cada una de las 9 etapas de fabricación de cada arrecife, mientras que $PCG_{electricidad}$ es el factor de emisión en kg de $CO_{2eq.}$/kWh, asociado al mix eléctrico correspondiente.

Mediante una expresión análoga a la Ecuación (2) es posible estimar la demanda de energía acumulada (DEA) asociada a la fabricación de un ARV [3], medida en MJ. Para estimar el PCG y la DEA asociados a un número superior de ARVs no hay más que multiplicar el resultado de la Ecuación (2) (y la asociada a DEA) por el número exacto de arrecifes. Hay que tener en cuenta que se está considerando un programa de recuperación de los ecosistemas marinos de todas las rías gallegas, por lo que será necesario un elevado número de ARVs. La Ecuación (3) permite estimar el PCG para la etapa de transporte terrestre, en kg de CO_{2eq} [3].

$$PCG_{terrestre} = \sum_{j=1}^{4} \sum_{k=1}^{N_j} d_{j,k} \cdot n_{j,k} \cdot PCG_{km} \quad (3)$$

Donde N_j es el número de estuarios k pertenecientes a la zona j de la costa; $d_{j,k}$ es la distancia en km entre el centro de producción y el puerto correspondiente; y $n_{j,k}$ es el número de viajes para transportar todos los ARVs a la zona j. Por último, PCG_{km} es el factor de emisión para un km de transporte terrestre, que se mide en kg de $CO_{2eq.}$/km. El PCG para el caso del transporte marítimo

se calcula de forma similar, añadiendo un término adicional que incluya el tiempo que la embarcación está parada durante el proceso de instalación [3].

La estimación de DEA para ambas etapas de transporte es análoga, reemplazando los factores de emisión por factores de consumo de energía [3]. Los resultados se expresan en MJ en lugar de kg de CO_{2eq}.

Para el cálculo de los valores totales de PCG y DEA asociados a la recuperación de todos los ecosistemas marinos de las rías gallegas es preciso agregar los resultados parciales medidos en las mismas unidades [3].

3- RESULTADOS

Este apartado se divide en tres partes, cada una de ellas asociada a uno de los objetivos señalado en el apartado 2.

3.1. Resultados de la sustitución de áridos por residuos de concha y materiales de deshecho: Ensayos mecánicos y de permeabilidad

La Figura 1 muestra los histogramas de variables críticas para la calidad (CTQ) del hormigón. Mediante el ajuste de modelos de regresión lineal multivariantes se ha estimado la relación de las variables CTQ (resistencia a compresión, Y_1, tiempo de vida, Y_2, y coeficiente de absorción de agua a 3 h, Y_3 y 24 h, Y_4) con respecto a los predictores relevantes: cantidad de fluidificante (x_4), agua (x_9), tipo de aditivo (x_{10}) y porcentaje de aditivo sustitutivo de arena (x_6):

$$Y_1 = 99.71 + -0.19X_4 + 0.47X_6 - 14.49X_9 + 3.62X_{10}[Fibra\ Vidrio] - 19.27X_{10}[Granalla] - 2.71X_{10}[Lana\ Roca] - 19.83X_{10}[Mejillon] - 11.10X_{10}[Ostra] + \hat{\varepsilon}$$

$$Y_2 = 163.88 - 0.44X_4 + 0.65X_6 - 18.19X_9 + 6.17X_{10}[Fibra\ Vidrio] - 32.39X_{10}[Granalla] + 1.91X_{10}[Lana\ Roca] - 34.02X_{10}[Mejillon] - 18.51X_{10}[Ostra] + \hat{\varepsilon}$$

$$Y_4 = 0.568 - 0.0215X_6 + 0.499X_{10}[Granalla] + 0.877X_{10}[Lana\ Roca] + 0.293X_{10}[Mejillon] + 1.049X_{10}[Ostra] + \hat{\varepsilon}$$

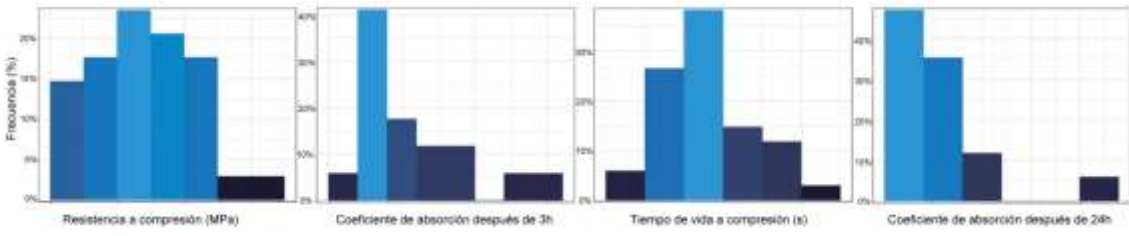


Fig. 1. Histogramas de las variables CTQ del hormigón [1].

De acuerdo con los resultados [1], el empleo de conchas de ostra o granalla en lugar de arena reduce la vida útil y la deformación del hormigón sometido a compresión. La lana de roca y la lana de fibra de vidrio obtuvieron resultados similares a los del hormigón convencional. De hecho, una mayor cantidad de arena reemplazada implica un incremento lineal en ambas variables. El estudio estadístico proporciona evidencias que apoyan el uso de conchas de mejillón como sustituto del árido convencional, otorgando una resistencia a la compresión aceptable y una capacidad de absorción de agua similar a la de la arena.

3.2.Resultados de la evaluación de la sostenibilidad

La Figura 2 muestra los índices de sostenibilidad (Ecuación (1)) de cuatro tipos de arrecife artificial verde (ARV_1, ARV_2, ARV_3 y ARV_4) y de un arrecife artificial convencional (ARC). Los cuatro primeros presentan diferentes porcentajes de reemplazo de materiales convencionales (arena, cemento y armaduras de acero) por conchas de mejillón y fibras de eucalipto [2]. El ARC sólo contiene materiales convencionales. Puede afirmarse que los arrecifes artificiales verdes presentan una mayor contribución al desarrollo sostenible que su homólogo convencional.

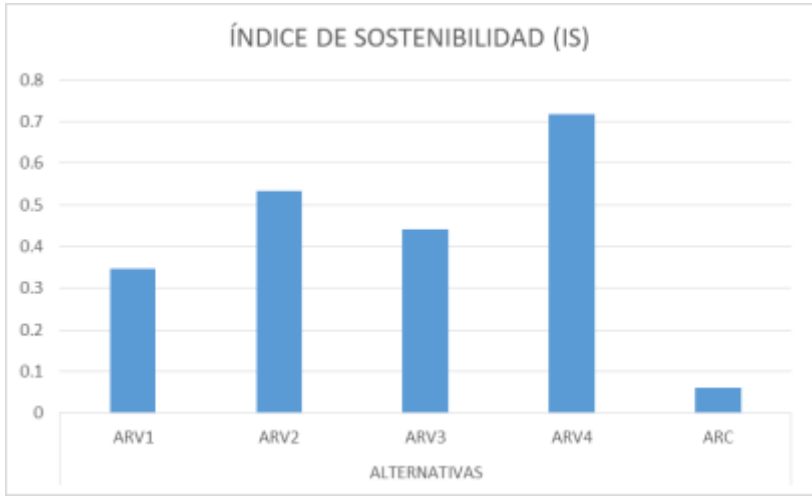


Fig. 2. Índices de sostenibilidad de diferentes ARVs y un ARC [2].

3.3.Resultados de PCG y DEA para la recuperación de las rías gallegas

La Tabla 2 presenta los resultados totales de PCG y DEA asociados a la instalación de 4080 ARVs en las costas gallegas. Se muestran los valores obtenidos tanto para el mejor como para el peor escenario posible. El mejor escenario está asociado a un mix eléctrico basado en energías renovables, a una producción descentralizada (una fábrica para cada una de las zonas de la costa gallega), y a la utilización de gas natural licuado para alimentar a los camiones artículados y al barco de servicio. El peor escenario se basa en una producción centralizada bajo el mix eléctrico propio de España, utilizando diésel como combustible tanto para los camiones rígidos como para el buque granelero [3].

Tabla 2. Resultados de PCG y DEA basado en Ref. [3].

Resultados	**Mejor escenario**	**Peor escenario**
$PCG_{Fabricación}$ (kg de $CO_{2eq.}$)	7.5E3	1.08E5
$PCG_{Transporte}$ (kg de $CO_{2eq.}$)	5.48E5	7.93E5

PCG_{Total} (kg de $CO_{2eq.}$)	**5.55E5**	**9.01E5**
$DEA_{Fabricación}$ (MJ)	4.86E4	2.17E6
$DEA_{Transporte}$ (MJ)	5.92E6	7.95E6
DEA_{Total} (MJ)	**5.97E6**	**10.12E6**

4. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

En este trabajo se ha evaluado la sostenibilidad de diferentes tipos de arrecifes artificiales constituidos mediante hormigón, cuyas conclusiones se exponen a continuación:

- El empleo de conchas de ostra o granalla en lugar de arena reduce la vida útil y la deformación del hormigón sometido a compresión. La lana de roca y la lana de fibra de vidrio obtuvieron resultados similares a los del hormigón convencional. De hecho, una mayor cantidad de arena reemplazada implica un incremento lineal en ambas variables. El estudio estadístico proporciona evidencias que apoyan el uso de conchas de mejillón como sustituto del árido convencional, otorgando una resistencia a la compresión aceptable y una capacidad de absorción de agua similar a la de la arena.
- En cuanto a los índices de sostenibilidad de cuatro tipos de arrecife artificial verde (ARV1, ARV2, ARV3 y ARV4) y de un arrecife artificial convencional (ARC). Los cuatro primeros presentan diferentes porcentajes de reemplazo de materiales convencionales (arena, cemento y armaduras de acero) por conchas de mejillón y fibras de eucalipto. El ARC sólo contiene materiales convencionales. Puede afirmarse que los arrecifes artificiales verdes presentan una mayor contribución al desarrollo sostenible que su homólogo convencional.
- Se presenta los resultados totales de potencial de calentamiento global (PCG), así como la demanda energética acumulada (DEA) asociados a la instalación de 4080 ARVs en las costas gallegas. Se muestran los valores obtenidos tanto para el mejor como para el peor escenario posible. El mejor escenario está asociado a un mix eléctrico basado en energías renovables, a una producción descentralizada (una fábrica para cada una de las zonas de la

costa gallega), y a la utilización de gas natural licuado para alimentar a los camiones artículados y al barco de servicio. El peor escenario se basa en una producción centralizada bajo el mix eléctrico propio de España, utilizando diésel como combustible tanto para los camiones rígidos como para el buque granelero

Sin embargo, es posible ir más allá si se considera la sostenibilidad del propio ecosistema en términos de reversibilidad. En este sentido, ya se está trabajando en el posible desarrollo de un arrecife artificial verde cuyo diseño y fabricación permitan una durabilidad limitada en el tiempo. Se trataría de una aplicación positiva de la denominada obsolescencia programada. Es decir, el ARV se iría desgastando con el tiempo al estar sometido al efecto del agua salada, corrientes, mareas y olas, de forma que se degradaría y desaparecería por completo tras una determinada cantidad de años. Esto garantizaría la recuperación del ecosistema sin necesidad de modificarlo de forma permanente. Además permitiría ahorrarse los costes de desmantelamiento de los ARVs y evitar el impacto ambiental asociado.

Otra línea de trabajo futura consiste en incorporar a los ARVs materiales capaces de absorber sustancias contaminantes o sustancias eutrofizantes. Esto podría realizarse incorporando los materiales absorbentes en el proceso de fabricación de los arrecifes. O también podría amarrarse al ARV varias bolsas permeables que contengan materiales adsorbentes (oxihidróxidos de hierro y aluminio o cualquier otro sub-producto industrial no tóxico que sirva para lo que se pretende) mezclados con materia orgánica. Estas bolsas podrían ser reemplazadas cada cierto tiempo en función de la contaminación del ecosistema. Esto aumentaría ligeramente los costes, pero mejoraría sensiblemente la eficiencia y la rapidez del proceso de descontaminación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a D. Iván López (Universidad de Santiago de Compostela, USC), Dª. Andreina Vargas (USC), D. Humberto Carro (Universidade da Coruña, UDC) y D. José Ángel

Fraguela (UDC) la ayuda prestada para el adecuado desarrollo del convenio de investigación PROARR, en el marco del cual se ha elaborado el trabajo que aquí se presenta. También agradecen a la Xunta de Galicia la financiación otorgada para el desarrollo del mismo. Por último, los autores agradecen a D. Carlos Fernández Garrido sus múltiples sugerencias que han servido para enriquecer el texto.

Bibliografía

[1] Carral L, Alvarez-Feal JC, Tarrio-Saavedra J, Rodriguez Guerreiro MJ, Fraguela JÁ. Social interest in developing a green modular artificial reef structure in concrete for the ecosystems of the Galician rías. J Clean Prod 2018;172:1881–98. doi:10.1016/j.jclepro.2017.11.252.

[2] Carral L, Camba Fabal C, Lamas Galdo MI, Rodríguez-Guerreiro MJ, Cartelle Barros JJ. Assessment of the materials employed in green artificial reefs for the galician estuaries in terms of circular economy. Int J Environ Res Public Health 2020;17:8850. doi:10.3390/ijerph17238850.

[3] Carral L, Cartelle Barros JJ, Carro Fidalgo H, Camba Fabal C, Munín Doce A. Greenhouse gas emissions and energy consumption of coastal ecosystem enhancement programme through sustainable artificial reefs in Galicia. Int J Environ Res Public Health 2021;18:1909. doi:10.3390/ijerph18041909.

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

RESONANCIAS EN SISTEMAS DE PROPULSION DE BUQUES RELACIONADO CON LA OPERACIÓN PROLONGADA A TRAVÉS DE LOS AÑOS DE SERVICIO

Torres Cuevas A. A

Astilleros y Maestranzas de la Armada, Chile
e-mail: atorresc@asmar.cl

RESUMEN

Las estructuras de los buques son en general estables a lo largo de su vida útil, sin embargo, existen embarcaciones que pasado prolongados años de operación suelen presentar modos de vibración atípicos en alguno de los componentes del sistema. De los casos que se han estudiado, esta problemática se ha podido catalogar como un fenómeno de resonancia. El presente trabajo tiene por finalidad proponer una metodología simple de medición y análisis de la respuesta vibratoria para la identificación de algunos tipos de resonancias en sistemas propulsores. El resultado evidenció que la resonancia genera un incremento drástico en el nivel vibratorio y síntomas característicos que permiten diferenciarlos de otras fallas convencionales. El cambio en las propiedades de rigidez y forma respecto del diseño original, generan el entorno para la aparición de este fenómeno, pudiendo ser detectable a través del análisis de vibraciones.

Palabras claves: Sistema propulsor, resonancia, vibraciones, reparación.

1- INTRODUCCIÓN

Un buque es un complejo conjunto de componentes estructurales y mecánicos estimulados bajo la acción de fuerzas dinámicas [3]. Estas fuerzas dinámicas de excitación son las que ocasionan que un sistema vibre y dañen los componentes del sistema propulsor si no son debidamente controladas.

Uno de los problemas que puede reducir la vida útil de la maquinaria, es la resonancia. Se dice que un sistema está en condición de resonancia cuando la frecuencia de excitación que actúa sobre este coincide con alguna de sus múltiples frecuencias naturales del sistema. En teoría, al igualarse tales frecuencias, la amplitud de las fuerzas actuantes incrementa de manera significativa los niveles vibratorios, en especial en sistemas poco amortiguados Fig.1, pudiendo superar los niveles máximos recomendados. La importancia de la correcta identificación radica en evitar una prolongada exposición que pueda llevar a la fatiga de los componentes más vulnerables del sistema.

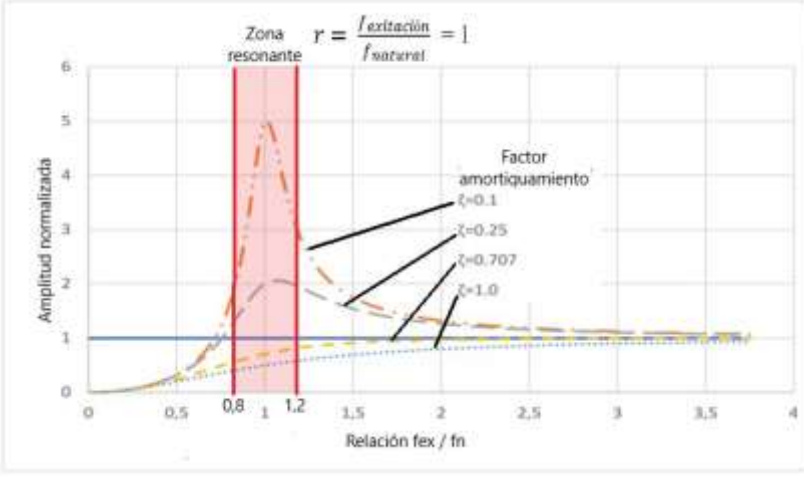


Fig. 1. Gráfico adimensional del desplazamiento vibratorio de maquinaria

Para sistemas con un grado de libertad, la resonancia puede ser expresada mediante la relación:

$$\omega = \omega_n \tag{1}$$

Donde:

ω – frecuencia de excitación, rad/s.

ω_n – frecuencia natural de vibrar del sistema, rad/s.

En construcción naval, los buques son normalmente diseñados para que la frecuencia fundamental o velocidad crítica este siempre fuera del rango de operación. Con el transcurso del tiempo, las embarcaciones pueden sufrir pérdidas de rigidez por deterioro de las uniones estructurales, corrosión de las bases, grietas, alteraciones respecto a su diseño original, generando cambios en la frecuencia natural que pueden conducir a este fenómeno.

Si bien, la resonancia está relacionada a las variaciones de rigidez de los componentes o estructuras, existe también fenómenos resonantes asociados a la hélice propulsora; uno de ellos es conocido en la literatura como hélice cantora [1], condición que depende de la igualdad entre frecuencia natural de uno de sus modos de vibrar de la hélice y la frecuencia de desprendimiento de vórtices generada en el borde de salida de la pala [4], cuya respuesta genera altas vibraciones y ruido en la embarcación.

Una herramienta que ha mostrado ser eficaz para identificar la condición de resonancia, es a través del análisis de la señal vibratoria, mediante la cual es posible encontrar la relación existente entre la respuesta en frecuencia y la fuerza dinámica que la genera.

En el siguiente trabajo se presenta de manera práctica, una metodología para la identificación de condiciones resonantes en líneas de eje y hélices, basado en un análisis cuantitativo de la respuesta vibratoria observada durante rutinas de mantenimiento en diferentes tipos de embarcaciones.

2- MATERIALES Y MÉTODO

El método de obtención de datos corresponde al registro y análisis de la señal vibratoria medida durante pruebas de arribo en la mar. La aplicación de la metodología será a través del estudio de dos casos prácticos considerados como efectos resonantes, Tabla 1. Para el caso de vibraciones relacionadas con el eje propulsor, las unidades a analizar corresponden a embarcaciones que han

presentado un incremento en los niveles de vibración relacionado con el eje propulsor, superando el límite de vibración discreta de 8 mm/s en cualquiera de sus velocidades de operación. La tabla 2 muestra un resumen de la tendencia de las unidades con este tipo de problemas.

Tabla 1 Secuencia de pruebas efectuadas en navegación

Etapa	Prueba	Propósito	Eje	Hélice
1	Configuración del instrumento	Configurar rango de frecuencia y unidades de medida de acuerdo a normas de evaluación.	Si	Si
2	Medición con buque dando avante a M.C.R.	Evaluar severidad vibratoria, adecuar configuración del instrumento al rango de frecuencia y amplitud de interés	Si	Si
3	Ubicación del sensor	Caso resonancia en eje: descanso soporte de tramo de eje con mayor relación largo / diámetro. Caso resonancia en hélice: descanso más cercano a la hélice.	Si	Si
4	Medición variando velocidad del eje (tiempo real)	Identificar rango generación de resonancia o amplificación	Si	Si
5	Buque dando atrás	Descartar origen mecánico de vibración	No	Si
6	Medición de fase entre posición radial vertical y radial horizontal	Diferencia condición de resonancia respecto de desbalance.	Si	No

Tabla 2 Número de buques con altos niveles de vibración a M.C.R.

	Unidades con nivel de vibración satisfactorio	Unidades nivel de vibración no satisfactorio
Año 2004	13	3*
Año 2022	9	7

**causa no relacionada a resonancia.*

Para el caso de vibraciones en hélices, la tabla 3 detalla una estadística de las embarcaciones en las cuales ha sido detectado este fenómeno, destacándose el caso a analizar.

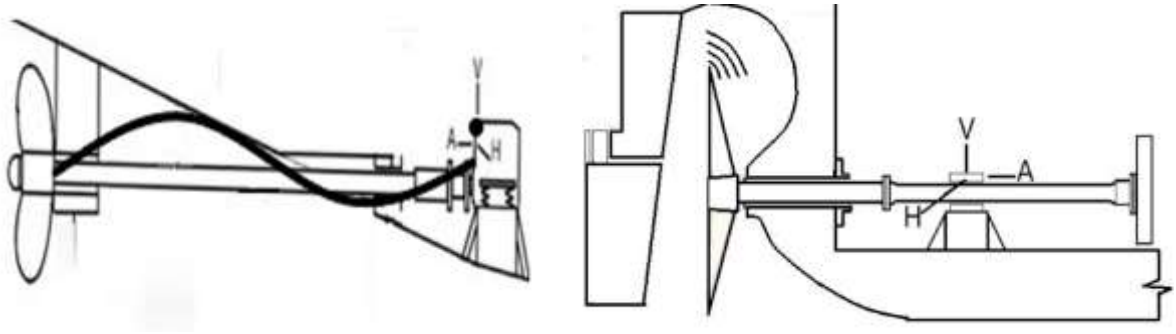
Tabla 3 Embarcaciones en las cuales se ha detectado el fenómeno en los últimos 10 años

Tipo de embarcación	Año construcción	Tipo de hélice	Diámetro de hélice (m)	Cantidad de líneas propulsoras	Paso	Condición de borde en hélice
Transporte de Pasajeros	1990	High skew	3,2	2	Fijo	Bisel no definido
Pesquero	1986	Convencional	2	1	Fijo	Bisel no definido
Servicio costero	1995	Convencional	1	2	Fijo	Protección con polímero
Transbordador de pasajeros	**1973**	**Convencional**	**1,5**	**1**	**Fijo**	**Borde deformado / pérdida de paso**
Servicio costero	2002	Convencional	1	2	Fijo	Bisel no definido

La instrumentación utilizada para la medición de vibraciones, configuración, condiciones de pruebas y límites se detallan a continuación:

- Equipo utilizado: Analizador de vibraciones Microlog AX80
- Sensores: Acelerómetros de 100 mV/g (cantidad acelerómetros 2)
- Rango de frecuencias: 2 a 1000 Hz / 2 a 2000 Hz (depende del rango de resonancia)
- Condiciones de navegación: Estado de mar fuerza 3 o menor, curso recto de navegación con caídas de timón restringido a 2° a babor / 2° a estribor [5].
- Límite de vibración para resonancia en eje: 8 mm/s valor discreto del eje [6]
- Límite de vibración para resonancia en hélice: 5 mm/s valor global medida en descanso [7].

La figura 2 muestra los puntos de control para análisis. Una vez efectuada las mediciones, la información es descargada en el software de análisis de vibraciones Aptitude Analyst de SKF.



2(a) 2(b)

Fig. 2. Esquema y puntos de control, resonancia en eje 2(a) resonancia en hélice 2(b)

3- RESULTADOS

Análisis caso 2a: resonancia en eje

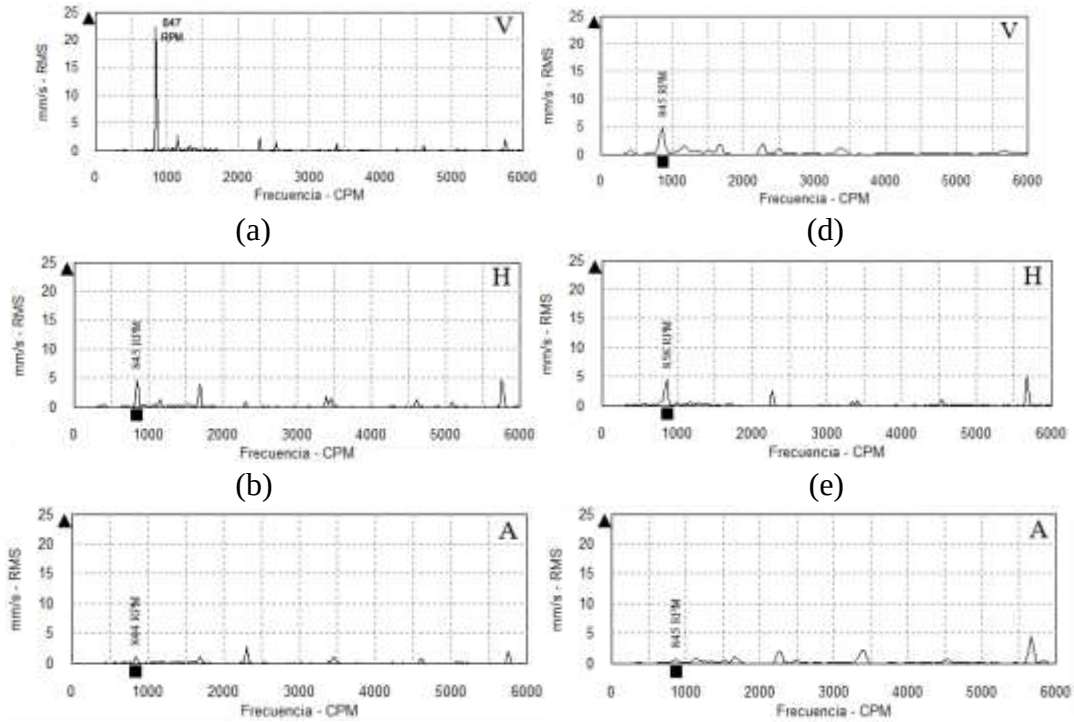
El primer caso corresponde a embarcaciones construidas con estructura de aluminio, eslora 33 metros, manga 6,6 metros, desplazamiento 125 toneladas y velocidad máxima 25 nudos. La tabla 4 muestra compara la magnitud que pueden alcanzar las vibraciones en las embarcaciones clasificadas como no satisfactorias respecto de una con niveles de vibración satisfactorios a M.C.R.

El análisis de la respuesta vibratoria puede ayudar a distinguir a la resonancia de otras fallas con características similares. Los datos obtenidos de la secuencia de pruebas son observados en la fig. 3. Se puede apreciar la existencia de una componente dominante a 1X RPM altamente direccional. Los registros de fase relativa (sensores dispuesto a 90°) mostraron un valor de 39°. La relación de amplitudes entre los espectros de la Fig. 3(a) y Fig. 3(b) es de 4,7 veces. De acuerdo con las referencias obtenidas de la literatura [2], el resultado de la medición de fase, la diferencia entre la amplitud radial vertical y amplitud radial horizontal superior a 3 y la alta direccionalidad contempla la resonancia como causa, descartando otras causas similares como el desbalance o flexión de eje. La Fig. 3 evidencia, además, una distribución de las componentes armónicas del giro del eje de

poca incidencia en el valor global de los espectros (1X, 2X, 3X), desestimando al desalineamiento.

Tabla 4 Comparación niveles de vibración entre embarcaciones comisionadas en mismo año

	Embarcación en rango no satisfactorio			Embarcación en rango satisfactorio		
Dirección de medición	Nivel global mm/s	Nivel discreto 1X, mm/s	Relación nivel discreto/ nivel global	Nivel global mm/s	Nivel discreto 1X, mm/s	Relación nivel discreto/ nivel global
Vertical	25	22,2	89%	9,5	4,8	51%
Horizontal	16	4,71	29%	11	4,43	41%
Axial	9,7	1,05	15%	10	0,76	8%



(a) (d)

(b) (e)

(c) (f)

Fig. 3. Espectros de buque en condición no satisfactorio (a), (b) y (c); espectros de buque en condición satisfactorio (d), (e) y (f).

La fig. 4 muestra el incremento de la amplitud discreta a diferentes velocidades. Se puede apreciar

que un pequeño cambio en la velocidad de operación incrementa la amplitud discreta al doble, para luego disminuir su valor a velocidades de operación superiores. Esta respuesta refleja el comportamiento de la línea de eje al pasar por su velocidad crítica.

Objeto reforzar el planteamiento anterior, se empleó el análisis del arreglo general de la línea de eje, como se indica en la Fig. 5, detectando que la disposición de los apoyos y su proporción respecto del diámetro del eje mantiene una relación L_1 / D= 34,6 veces; algunas Sociedades Clasificadoras [8] sugieren efectuar un análisis de vibraciones específico (whirling) cuando la relación L_1 / D superen el valor de $450 \cdot \sqrt{diámetro\ del\ eje}$, muy cercana a la distancia actual. Se estima que mayores longitudes entre descanso aumentan la posibilidad de vibración relacionada a resonancia.

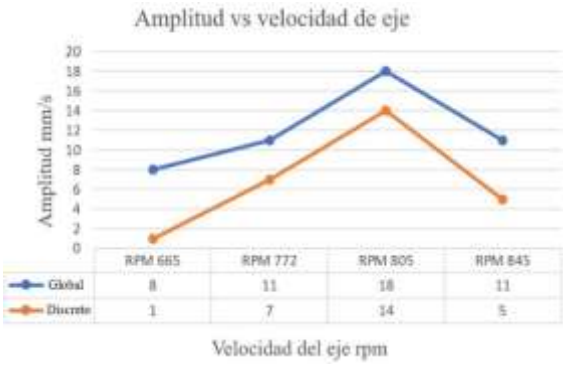


Fig. 4. Relación amplitud vertical vs rpm.

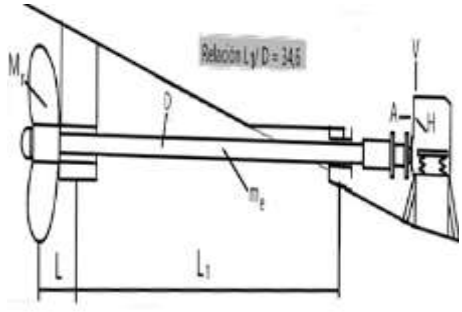


Fig. 5. Arreglo general y relación L_1 / D.

Para la validación de modo de vibrar anterior y bajo la hipótesis de resonancia, se efectuó un modelamiento de la línea de eje. Lo anterior fue realizado mediante la aplicación del software ShaftDesigner. La frecuencia natural calculada por el software fue de 13, 7 Hz, lo cual indica que la línea de eje se encontrará en una condición de máxima amplificación de los niveles vibracionales cuando la frecuencia natural coincida con las revoluciones del eje a 822 RPM Fig. 6.

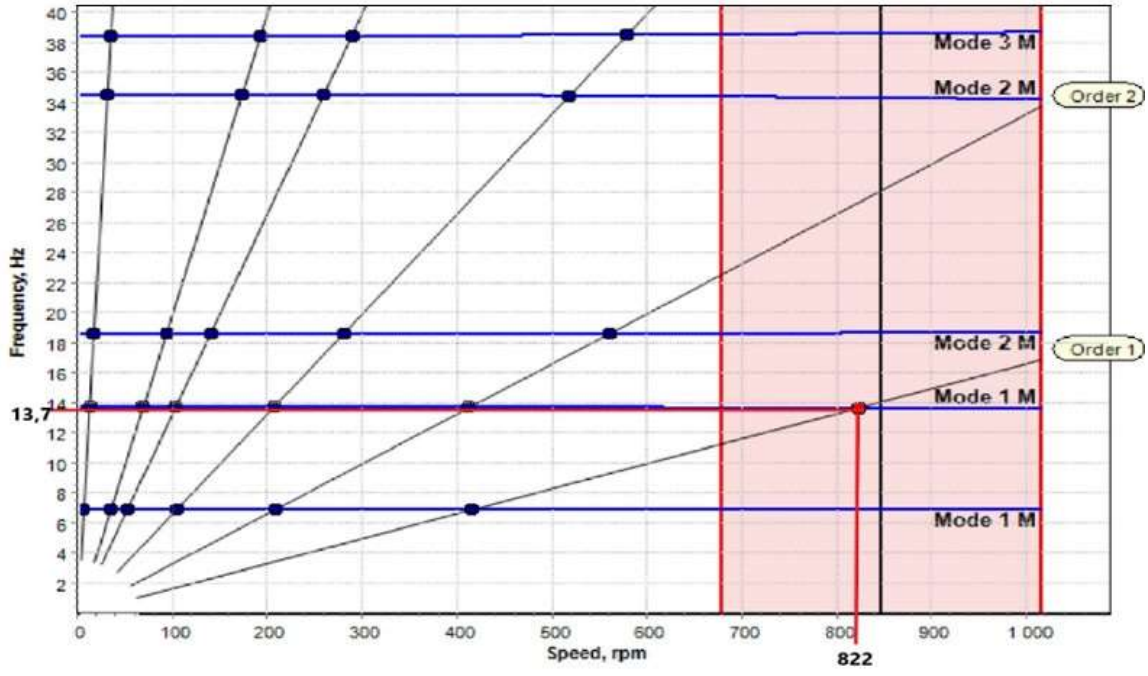


Fig. 6. Diagrama de Campbell para frecuencias críticas.

Análisis caso 2b: resonancia en hélice

El segundo caso de resonancia es uno que afecta ha algunos tipos de hélices, produciendo altos niveles de vibración y ruido. La tabla 3 expone las embarcaciones que evidenciaron este problema. El caso en estudio corresponde a una hélice convencional de 3 palas de paso fijo, instalada en un transbordador de pasajeros de eslora 24 metros, manga 6,7 metros, desplazamiento 165 toneladas y una velocidad máxima de 9 nudos y con solo una línea propulsora. La hélice presenta daño en su borde y pérdida de paso de una de sus palas.

La tabla 5 resume el resultado de las pruebas efectuadas. El término revolución y frecuencia resonante se definieron como aquellos a la cual se produce la mayor amplitud de vibraciones en todo el rango de aparición del fenómeno.

Tabla 5 Resultado pruebas y mediciones efectuadas hélice instalada en transbordador.

Tipo de buque	Revolución máxima eje (RPM)	Velocidad máxima del buque (m/s)	Velocidad del fluido en la pala (m/s)	Revolución resonancia eje (RPM)	Velocidad de resonancia (m/s)	Frecuencia resonancia (Hz)
Transbordador de pasajeros	405	4,6	15,4	257	3,13	511,9

El análisis de la señal vibratoria se presenta en la Fig. 7. El espectro de la Fig. 7(a) corresponde a la condición de navegación a avante a 257 RPM del eje y muestra la relación entre la frecuencia resonante y amplitud. El espectro de la Fig. 7(b) corresponde a la condición navegación atrás a 257 RPM. Se observa que en la condición dar atrás desaparece complétame dicha frecuencia. La Fig. 7(c) muestra la señal en el dominio tiempo, donde es posible visualizar las modulaciones relacionadas con la velocidad de giro del eje propulsor. El comportamiento modulado y permanente permite diferenciarlas de problemas hidrodinámicos como la cavitación y turbulencia.

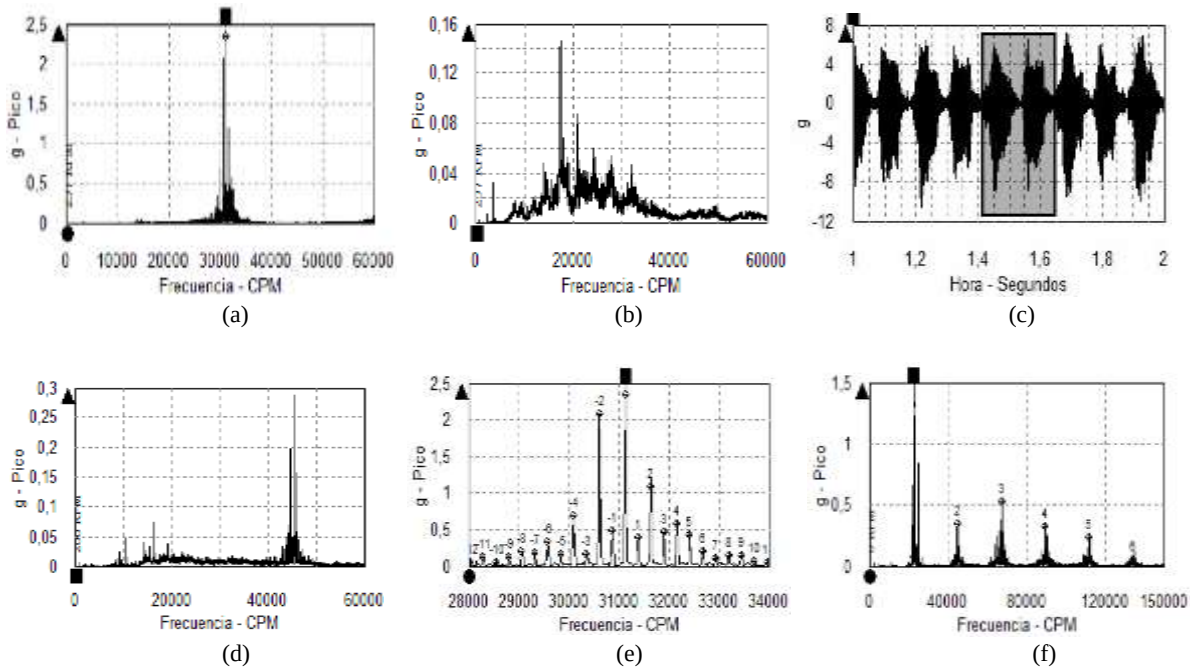


Fig. 7. Espectros y onda temporal de una embarcación con resonancia en la hélice.

La Fig. 7(e) muestra las modulaciones alrededor de la frecuencia central de la Fig. 7(a), con componentes espaciadas exactamente a las velocidades de giro del eje, llamadas bandas laterales, siendo esta una de las características que se mantiene en todas las hélices analizadas.

El espectro de la Fig. 7(d) corresponde a una velocidad mayor a la del espectro 7(a); puede observarse que la frecuencia de resonancia cambia el valor de su frecuencia central. El espectro de la Fig. 7(f) muestra que se pueden excitar armónicos de la frecuencia resonante, manteniéndose las bandas laterales alrededor de cada uno de los armónicos.

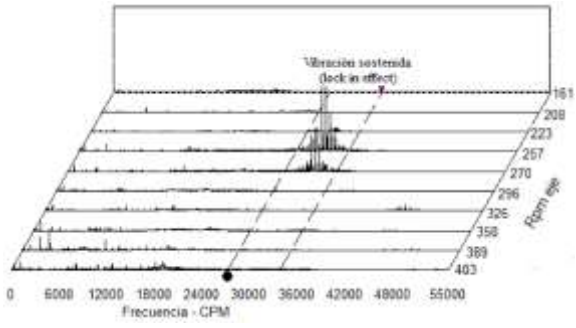


Fig. 8. Efecto de vibración sostenida

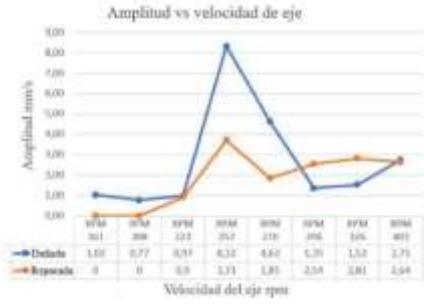


Fig. 9. Amplitud de la vibración vs rpm del eje.

La gráfica de la Fig. 8 muestra el comportamiento de la vibración respecto de la amplitud y la velocidad de giro del eje propulsor. Se observa que la condición resonante de la hélice se manifiesta en un rango bien definido de revoluciones. Se evidenció además que, aunque la velocidad de rotación del eje aumente, la frecuencia de resonancia se mantiene, lo cual se conoce como vibración sostenida o "lock-in effect" [2]. La Fig. 9, muestra el incremento de la amplitud de vibración al pasar la zona resonante. La línea naranja muestra su atenuación posterior a la reparación.

En resumen, las pruebas efectuadas evidenciaron que este tipo de fenómeno tiene las siguientes características:

- Frecuencia central de gran amplitud en un rango bien definido de velocidades del eje.
- Disminución de amplitud fuera del rango resonante.

- La frecuencia central no coincide a alguna vibración armónica proveniente de otra fuente del sistema propulsor (engranaje, bombas hidráulicas, soltura en descansos, etc.).
- Desaparición de la frecuencia resonante al efectuar pruebas dando atrás.
- Se evidencian bandas laterales alrededor de la frecuencia central de vibrar.
- Modulaciones evidenciables en forma de onda de todas las hélices analizadas.
- Expansión de la forma de onda muestra estabilización en periodo de la frecuencia central.

4- DISCUSIÓN

A partir del caso de resonancia en el eje, los resultados obtenidos mediante el análisis espectral, relaciones de amplitud, frecuencia y fase mostraron coincidencia con los síntomas esperados para esta condición [2]. La necesidad de efectuar el registro con diferentes parámetros es conveniente debido a la similitud del problema con otras fallas convencionales, lo cual puede llevar a un diagnóstico erróneo si solo se consideran los síntomas de forma aislada.

Una observación importante se evidenció a partir de la relación L_1 / D. De acuerdo con la ecuación $\omega_n = \sqrt{k/m}$, que representa las variables contenidas en la frecuencia natural de un elemento, una disminución en el valor de la rigidez equivalente *"k"* del sistema, que puede lograrse al aumentar la distancia entre apoyos, reduce el valor de su frecuencia natural acercando las velocidades de operación al rango de resonancia. La estimación de la frecuencia fundamental de vibrar del eje obtenida por el software ShaftDesigner indica que el actual sistema propulsor efectivamente se encuentra trabajando en un rango de resonancia.

En síntesis, basado en la geometría de la instalación y los resultados obtenidos, se concluye que la frecuencia natural siempre ha estado en rangos muy cercanos a la frecuencia de rotación; con los años de operación, la mayor rigidez inicial de la estructura y amortiguamiento de sus montajes va

perdiendo la capacidad de controlar la amplitud o mantener el sistema fuera de la zona resonante, afectando su respuesta vibratoria, pudiendo de esta manera explicar el por qué durante su entrega el problema no estaba presente en las embarcaciones con este problema.

Para el caso de resonancia en la hélice, el resultado evidenció, al igual que en el caso anterior, un aumento significativo en los niveles vibratorio en un rango bien definido de operación. La evaluación de las componentes a distintas frecuencias resonantes pudo establecer que las bandas laterales mantienen su relación con los RPM del eje, independiente del modo de vibrar excitado.

Por otro lado, los resultados de la prueba de dar atrás mostro la eliminación de la frecuencia resonante para la misma velocidad de operación de dar avante, permitiendo establecer la influencia en el cambio de las condiciones de entrada y salida del flujo y su incidencia en la generación de los vórtices, siendo una prueba iterativa válida para identificar el fenómeno.

Una comparación con las observaciones efectuadas por Cartlon 2019 [1], muestran la coincidencia respecto al rango estimado de aparición del fenómeno, sus modulaciones y la incidencia de los cambios de geometría de la pala (daño) como una de las causas. No obstante, los datos obtenidos en referencia al tipo de buque no coincidirían plenamente con su investigación, debido que el fenómeno fue evidenciado tanto en buques rápidos y como en buques de bajo andar.

Debido a que la hélice del buque en estudio no había presentado este problema en años anteriores, mostraba pérdida de paso y daño en sus bordes y nunca ha sido cambiada, se establece que el parámetro más sensible en la generación de los vórtices corresponde a la geometría de la pala en su borde de salida. Si el perfil del borde cambia a causa de daños, descuido en la reparación o incluso mediante la aplicación de alguna protección polimérica, implica crear las condiciones para que la fuerza periódica generada por los vórtices llegue al punto de excitar una de las frecuencias naturales de las palas y, en consecuencia, entre en resonancia.

Algunas limitaciones para considerar al momento de utilizar la metodología durante las pruebas y análisis:

- El análisis de vibraciones se debe considerar como etapa de identificación de la condición resonante en líneas de eje que permite fijar rangos seguros de operación; las correcciones deben, en lo posible, ser analizadas a través de Software de cálculo e inspecciones.
- Considerar que el equipo analizador de vibraciones permita el análisis de fase relativa y cuente con una cantidad de líneas de resolución en lo posible superior a 1600.
- El alcance del caso 2 del estudio solo incorporó hélice de paso fijo, por lo cual no es posible asegurar obtener igual respuesta para hélices de paso variable o ajustable.

5- CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados en los casos expuestos, es posible concluir lo siguiente:

- Existe una relación entre la aparición de resonancias en los componentes de sistemas propulsores y los años de operación, influenciados por factores dominantes como son cambios de forma y rigidez respecto a su configuración original.
- Se comprobó que, en ambos casos, la cercanía de una frecuencia de excitación con una de las múltiples frecuencias naturales de un elemento incrementa de manera importante la amplitud de las vibraciones.
- El análisis de la señal vibratoria es una técnica simple y eficaz para identificar resonancias en sistemas propulsores, pudiendo aislar el fenómeno de otras fallas convencionales.
- La importancia de identificar oportunamente si el comportamiento vibratorio corresponde a un estado de resonancia es determinar un plan de reparaciones para un próximo periodo

de dique o varadero, que incluya la revisión de soportes y estructuras e inspecciones en busca grietas producidas por fatiga del material.

Recomendaciones:

- Evitar la exposición prolongada de los componentes del sistema propulsor a los efectos de la resonancia, usualmente mediante el cambio en la velocidad de operación.

Agradecimientos

Genaro Riffo Paz, Ing. Civil Mecánico, revisión del documento.

Franklin J. Dominguez Ruiz, Ph.D. Naval Eng., revisión del documento.

6- REFERENCIAS

[1] Cartlon J.S.; "Marine Propellers and Propulsion", 4th edition, Elsevier, 2019

[2] Saavedra P. N.; "Análisis de Vibraciones de Máquinas Categoría III, ISO 18436-2". Laboratorio de Vibraciones Mecánicas, Universidad de Concepción, Chile. 2012

[3] Noonan E. F., Antonides G. P. and Wood W. A., "SSC-330: Practical Guide for Shipboard Vibration Control and Attenuation", Ship Structure Committee, 1990

[4] Lloyd's Register 2006 Ship Vibration and Noise Guidance Notes

[5] ISO 6954 (2000). Mechanical vibration - Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships

[6] ISO 10816-3:2009 Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts

[7] Det Norske Veritas. 2011. Rules for Classification of Ships - Part 6 Chapter 15: Vibration Class

[8] American Bureau of Shipping 2016 Guide for Enhanced Shaft Alignment

LA EXPORTACIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN CONTENEDORES Y LOS INCENDIOS EN ALTAMAR.

Corrales González D.

PREGER. Escuela Ramal del Ministerio de Transporte.
Email: diego@preger.transnet.cu, dcorralesg@gmail.com

RESUMEN

El carbón vegetal se ha convertido para muchos países en vías de desarrollo en uno de sus importantes rubros de exportación. Cuba, ante las necesidades de incrementar sus exportaciones, ha apostado por incluir el carbón vegetal entre sus principales renglones a partir de que dispone de excelentes materias primas como el Marabú y otras maderas con excelentes características. Con el impetuoso avance de la contenedorización internacional, el modo de transporte que se viene utilizando en las exportaciones no es otro que los contenedores ISO, pero no siempre son bien utilizados. El carbón vegetal es considerado como mercancía peligrosa con número ONU 1364 clase 4.2 del código IMDG de la OMI (Organización Marítima Internacional). Ignorar esta realidad y las disposiciones reguladas en dicho código entraña grandes riesgos durante las transportaciones en buques portacontenedores.

Palabras Claves. Carbón vegetal, mercancía peligrosa, desempeño logístico, capacitación, buenas prácticas.

1- INTRODUCCION

Entre 2015 y 2019 han ocurrido numerosos incendios a bordo de buques portacontenedores y áreas portuarias. Según reportes de la OMI, la causa ha sido la combustión espontánea del carbón vegetal. Las consecuencias han sido catastróficas, pérdidas por millones de dólares. Digamos que estas cuantiosas pérdidas generadas por un solo contenedor en un buque que transporte miles de contenedores pueden ser evitadas si conocemos, “lo que se debe saber” y hacemos, “lo que se pueda

hacer" durante el desempeño logístico desde el horno hasta el llenado del contenedor para minimizar los riesgos durante las transportaciones marítimas. Es aquí donde está la clave para la prevención del riesgo de combustión espontánea.

Hasta el momento de la redacción de estas líneas Cuba, no se ha visto involucrada en un siniestro de este tipo a pesar que llevamos exportando cantidades importantes de contenedores anuales de carbón vegetal desde el 2004, lo que no quiere decir, que estemos haciendo las cosas bien, ni exentos de que pudiera ocurrir, entre los resultados del trabajo se ha podido comprobar que se ha estado exportando carbón vegetal asumiendo riesgos desconocidos por muchos de los involucrados.

El objetivo fundamental de este trabajo es destacar la importancia que tiene la capacitación especializada, lo que debemos saber y lo que podemos hacer aplicando buenas prácticas con relación al carbón vegetal en las condiciones de Cuba y también de países del tercer mundo que exportan carbón vegetal para afianzarse como buenos exportadores con el mínimo de riesgos en las transportaciones marítimas.

Tiene como antecedentes la inquietud generada por una serie de reportajes vistos en nuestras fuentes informativas, tanto la TV como en la red de redes, de lo que se está haciendo, en nuestro país y en los países subdesarrollados exportadores de carbón vegetal en cuanto al desempeño logístico de las exportaciones así como el conocimiento y experiencias acumulados en la utilización de los contenedores, el código IMDG sobre todo en las transportaciones marítimas de larga duración, las Economías de Escala y los trasbordos intermedios.

Para nadie es un secreto la necesidad que tenemos de exportar, pero para ser buenos exportadores hay que aprender a exportar para un mercado internacional muy competitivo minimizando riesgos en las transportaciones marítimas, hoy se habla de carbón vegetal, como mercancía peligrosa, pero mañana será otra y otra y no podemos darnos el lujo de formar parte de un desastre de magnitudes impredecibles y que al final carguemos con una buena parte de la responsabilidad.

El papel de la capacitación, de conocer las buenas practicas, de la necesidad de tener normas nacionales bien confeccionadas y la aplicación del código IMDG debe ser algo que nos distinga.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado fue empírico, basado en los conocimientos y experiencias acumuladas durante más de 40 años en la industria marítima, portuaria y de la logística internacional, del conocimiento del escenario marítimo, de cómo funcionan las organizaciones e instituciones vinculadas a esta industria, la OMI, los Club de Protección e Indemnización (P&I), el conocimiento de las normas ISO de contenedores, como se aplican y otros importantes convenios y códigos marítimos de los cuales Cuba es signataria, de nuestra legislación nacional y de lo que significan las reclamaciones millonarias en este contexto.

Primero nos dimos a la tarea de tener una referencia del comportamiento de la producción y el comercio internacional del carbón vegetal cuyo mercado internacional tiene una larga tradición y donde varios países exportadores compiten por ganar los clientes en los países importadores. Se consultaron varios informes y reportes de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO.

Según un reporte del 2018 “Datos y Cifras Globales de Productos Forestales” (FAO Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018), se dice que:

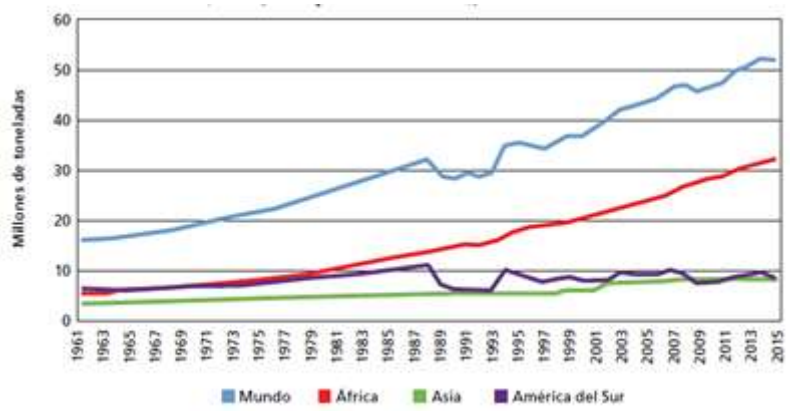
- ***23 de marzo de 2017, Santiago de Chile*** *- Según un nuevo informe de la FAO, a nivel global América Latina y el Caribe sólo es superada por África en términos de producción y uso per cápita de carbón vegetal.*

Del informe FAO ***“La transición al Carbón Vegetal”*** del 2017 (FAO Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017), se puede ver en el Grafico No 1, como se ha incrementado y variado la producción de carbón de leña desde 1961 hasta 2015 en millones de toneladas.

En el mismo informe, en uno de sus puntos principales se expone y cito:

- *Se prevé que la producción mundial de carbón vegetal siga aumentando en las próximas décadas. El sector del carbón vegetal, que tiene principalmente carácter informal, genera ingresos para más de 40 millones de personas,* ***aunque la falta de regulación promueve la ineficiencia y lleva a los gobiernos a perder miles de millones de dólares en ingresos.***

Grafico No. 1. Producción de carbón de leña a nivel mundial y por región 1961-2015



Todo parece indicar que así ha sido hasta el 2018 pero no se puede dejar a un lado las afectaciones en el crecimiento causadas por la pandemia entre 2019 y 2021.

Otra cita dice:

- *"En 2018, África representó el 64% de la producción mundial de carbón vegetal (con un aumento en la producción de 31 millones de toneladas en 2014 a 34 millones de toneladas en 2018). La producción de América Latina y el Caribe se redujo en 1 millón de toneladas, de 9 millones en 2014 a 8 millones en 2018. En la región Asia-Pacífico la producción se mantuvo estable en 9 millones de toneladas".*

Los principales países exportadores-importadores en porcentaje fueron:

- Exportaciones: Carbón vegetal de madera: Indonesia (18%); Myanmar (9%); Nigeria (9%); Polonia (6%); Namibia (6%); Ucrania (6%); Viet Nam (5%); India (4%); **Cuba (4%)**; Filipinas (3%); Paraguay (3%).
- Importaciones: Carbón vegetal de madera: China (14%); Alemania (6%); Polonia (6%); Japón (5%); República de Corea (4%); Sudáfrica (4%); Estados Unidos de América (4%); Arabia Saudita (4%).

Fuente: Base de Datos FAOSTAT-FORESTAL
Última actualización: miércoles 29 de diciembre de 2021.

Del análisis anterior entre otras, surgieron las siguientes interrogantes:

¿Cuántas de esas toneladas globales han sido destinadas a la exportación regional e intercontinental?

¿Cuántas de esas toneladas han sido cargadas en contenedores?

Resulta difícil encontrar estadísticas acerca del tráfico de contenedores con carbón vegetal en el tráfico marítimo internacional. Un estimado conservador pudiera ser, que a nivel global las cifras han de oscilar en el orden de 100 000 contenedores anuales en sentido norte-sur y este -oeste

Estas cifras, que resultan estimulantes para el desarrollo de esta fuente de ingreso para esos países, no están exentas de complejidades en su desempeño logístico, que, si no se ejecutan aplicando las mejores prácticas, puede perjudicar tan importante propósito.

Los países en desarrollo, por lo general, no tienen las mejores tradiciones en el tratamiento de la logística internacional de exportación de mercancías peligrosas y del Código Internacional para el Transporte por Mar de Mercancías Peligrosas, Código IMDG (por sus siglas en inglés), (OMI, Ediciones 2011, 2014, 2016, 2018, 2020), lo cual es fundamental para la prevención y reducción de riesgos de accidentes en el mar, el desconocimiento de las características del carbón vegetal como mercancía peligrosa, sus características de combustión espontánea, bajo ciertas condiciones de transporte por mar se traduce en riesgos potencialmente latentes y activos.

Tocaba entonces demostrar cuales han sido las consecuencias de los malos manejos en el tratamiento de las exportaciones del carbón vegetal en contenedores. Para ello se recurrió al estudio de varios documentos del Comité de Seguridad Marítima (MSC) y del Subcomité de Transporte de Cargas y Contenedores (CCC), de la OMI, (Diferentes Periodos de sesiones del Comite de Seguridad Marítima y el Sub-comite de Cargas y Contenedores, 2018, 2019, 2020), donde se analizaron los documentos y temas relacionados con las transportaciones de carbón vegetal en buques portacontenedores que aparecen en la Tabla No1.

Tabla No 1. Documentos del MSC y el CCC de la OMI de diferentes periodos de sesiones.

Periodo de sesiones.	Fecha	Tema Tratado	Nota presentada por	Resumen.
5º periodo de sesiones	20/07/2018	Observaciones sobre el documento CCC 5/INF.16 acerca de la ignición espontánea del carbón vegetal que causa incendios en contenedores transportados por buques portacontenedores	ICHCA	En la presente nota se formulan observaciones sobre el documento CCC 5/INF.16 (Alemania) acerca de la ignición espontánea del carbón vegetal y se destacan algunas de las cuestiones que tal vez haya que examinar en lo que respecta al transporte de carbón vegetal en contenedores.
6º periodo de sesiones	05/07/2019	Observaciones sobre la ignición espontánea del carbón vegetal	China	En el presente documento se formulan observaciones sobre el documento CCC 5/INF.16 acerca de la ignición espontánea del carbón vegetal y se destacan algunas de las cuestiones que tal vez haya que examinar en relación con el transporte seguro del carbón vegetal que ha superado la prueba N.4.
7º periodo de sesiones	08/06/2020	ENMIENDAS AL CÓDIGO IMDG Y A SUS SUPLEMENTOS Clasificación y transporte del carbón vegetal	Alemania	En el presente documento se examinan sucesos recientes ocasionados por la combustión espontánea de carbón vegetal y se proponen enmiendas a las prescripciones relativas a la documentación y las disposiciones de estiba para el Nº ONU 1361 CARBÓN de origen animal o vegetal
7º periodo de sesiones	08/07/2020	ENMIENDAS AL CÓDIGO IMDG Y A SUS SUPLEMENTOS Propuesta para revisar disposiciones a fin de mejorar la seguridad del transporte de carbón vegetal	Consejo Europeo de la Industria Química (CEFIC)	En este documento figura la propuesta del CEFIC para mejorar la seguridad del transporte de carbón vegetal.
7º periodo de sesiones	11/06/2021	ENMIENDAS AL CÓDIGO IMDG Y A SUS SUPLEMENTOS Observaciones sobre la clasificación, la manipulación y el transporte de las remesas de carbón vegetal	Alemania, Islas Marshall, BIMCO, CEFIC, ICS, IVODGA, Clubes P e I y WSC	En el presente documento se formulan observaciones sobre la clasificación, la manipulación y el transporte de las remesas de carbón vegetal, y se invita al CCC 7 a que examine la constitución de un grupo de trabajo por correspondencia para avanzar sobre el particular.

En estos documentos se hace un análisis del carbón vegetal como mercancía de combustión espontánea, con temperatura de ignición poco predecible y con alto riesgo de iniciar incendios a bordo de los buques portacontenedores, sobre todo aquellos con travesías de larga duración. En el tercer documento de la tabla No 1, en nota presentada por Alemania, se expresa que el 25 % del total de buques portacontenedores que han sufrido incendios en altamar entre 2015 y 2019, el inicio del incendio fue la combustión espontánea de un contenedor que transportaba carbón vegetal.

El más significativo en el 2019 fue el buque "Yantian Express" en medio del océano Atlántico que sufrió la pérdida de 320 contenedores que llevaba a bordo en sus bodegas 1 y 2 después de permanecer 6 días en llamas y cuyo responsable fue un contenedor de *carbón vegetal de coco*, mal declarado (en Derecho Marítimo "Misrepresentation") y que presumiblemente, la carga llevaba más de 35 días en el contenedor.

Se pudiera pensar que el por ciento de siniestralidad de los pocos contenedores que han combustionado espontáneamente es mínimo respecto a tantos contenedores con carbón vegetal que han surcado los océanos, en el supuesto caso que en los 8 incendios, solo un contenedor combustiono por cada buque, esto es prácticamente nada estadísticamente hablando pero, lamentablemente no es así, si se conociera las perdidas y daños totales de esos ocho siniestros serian cifras del orden de miles de millones, (pérdida de vidas humanas, costos del salvamento, gastos de remolque a puerto de refugio, gastos en puerto de refugio, inspecciones de ajustes de averías, cargas perdidas, contenedores perdidos, daños a los buques, reclamaciones, costas procesales, etc.). Véase el **Reporte de Investigación del "Yantian Express"** (Federal Bureau of Marítime Casualty Investigation, 2020)**,** publicado en internet.

En estas cuantiosas pérdidas materiales y financieras, donde por lo general no escapan a sus efectos ninguno de los que participan en esa aventura marítima y, para entender esto, hay que

tener un mínimo de conocimientos de que es una "Avería Gruesa", ("General Average" en inglés), evento exclusivo del transporte marítimo, (Martinez, 2022). En el peor de los casos si la declaración de "Avería Gruesa" no procediera, la subrogación de las compañías de Seguro es muy probable que iría contra el presunto responsable, (lo que es recogido en las Reglas de York Amberes en sus diferentes versiones y en la Ley 115 De la Navegación Marítima, Fluvial y Lacruste de Cuba y su Reglamento), entiéndase **el exportador y sus empleados.**

El desconocimiento generalizado de la logística de exportación de cualquier mercancía peligrosa clasificada como tal en el Código IMDG entraña riesgos que no pocos están dispuestos a asumir.

El siguiente paso estuvo dirigido al análisis de las propiedades fisicoquímicas de nuestro carbón vegetal del cual no se encontró suficiente información teniendo en cuenta que se produce carbón no solo de Marabú sino también de otras maderas a lo largo de toda la isla, solamente en la Norma 580-2017 del Ministerio de la Agricultura (Ministerio de la Agricultura, 2017) se hace una breve mención del carbón vegetal como mercancía peligrosa, se requiere profundizar en estos estudios y en la actualización de la Norma. Al desconocer que el carbón vegetal está considerado como mercancía peligrosa, en el más sano juicio, exime de cumplimentar con un grupo importante de regulaciones y disposiciones internacionales desde el mismo momento que son llenados los sacos al costado del horno, su tratamiento en los centros de beneficio y clasificación y el llenado del contenedor hasta su carga a bordo de un primer buque. En el peor de los casos, conociendo del peligro o el riesgo, con el afán de disminuir costos, buscando más margen de lucro, se hacen falsas declaraciones y se violan regulaciones nacionales e internacionales.

En los últimos años las navieras encargadas de las transportaciones marítimas de contenedores con carbón vegetal, se han negado a embarcar contenedores por la falta de determinados certificados que deben acompañar la documentación de transporte, precisamente relacionados

con la peligrosidad que entraña a partir del incumplimiento de las exigencias del carbón vegetal como mercancía peligrosa con número ONU 1361, clase 4.2 del código IMDG

Entre otros, se detectó el problema del no etiquetado de los sacos y los contenedores que es otra disposición del código IMDG ignorada y que reviste gran importancia en la cadena logística. Los Paneles naranjas y las etiquetas de la clase tienen una función muy importante. (Figuras 2, 3, 4 y 5).



Figura No 2. Panel Naranja



Figura No 3. Etiqueta clase 4.2 código IMDG



Figura No 4. Saco etiquetado.



Figura No 5. Contenedor etiquetado

Pero también tienen un costo adicional del que se habla poco. Ejemplo, según fuentes de la prensa digital cubana, (Sierra, 2017) Cuba exporta unas 100 000 ton/año, equivalente a 4 000 FEUs/año (contenedores de 40'), de carbón vegetal ensacado a razón de unos 1 200 sacos/contenedor, estamos hablando de 4 800 000 sacos/año. Según cálculos estimados a partir de los precios por etiquetas promocionados en internet (cálculos muy conservadores), se requiere invertir 1.5 millones de Euros en etiquetas y 2.4 millones en la compra de sacos. Esto influye en los precios de su comercialización

internacional, la competitividad y las habilidades para las negociaciones en el contrato de compra/venta.

Se detectó que se aplican prácticas no reconocidas que contribuyen a que los exportadores asuman potenciales riesgos ante un siniestro, (Ejemplo: la falta de las etiquetas de peligrosidad y los certificados) pero falta consenso **en lo que debemos saber y sobre todo, qué se puede hacer.**

Se le da una especial importancia al certificado de auto calentamiento que debe realizarse por un laboratorio acreditado y con reconocimiento internacional que conlleva un sin número de acciones a cumplir que tienen un costo importante. Nuestro país solamente dispone de un laboratorio para dar respuesta a una distribución territorial en toda la isla. Dicho certificado debe reconocer la superación de la prueba N.4 (NACIONES UNIDAS, 2019) del Manual de Pruebas y Criterios que, a buen entender, su principal objetivo consiste en que la superación de dicha prueba sea suficiente criterio para que el carbón vegetal en cuestión sea considerado mercancía peligrosa o no y lo exima del cumplimiento de las disposiciones reguladas en el código IMDG y entonces hacer la selección del tipo de saco lo que no se hace de esa forma, lo cual entraña algunos costos asociados como ya se dijo y riesgos latentes. Se ha probado que carbones que han superado la prueba, han combustionado espontáneamente. Según criterios de expertos la prueba no logra simular las condiciones a las que están sometidas los sacos de carbón en el contenedor cuando de una larga travesía marítima se trata. Existen opiniones en los círculos especializados de que esta prueba no es fiable, pero no se ha llegado a un consenso en este respecto.

3- RESULTADOS

Las navieras internacionales y sus Aseguradoras (P&I Club), expertos en la OMI y otras prestigiosas organizaciones de la industria marítima han estado discutiendo esta temática, emitiendo sugerencias, recomendaciones y hasta directrices a partir de la ocurrencia de tan fatales accidentes y han comenzado a exigir la presentación de tales certificados como parte de la documentación de embarque (certificados de laboratorios acreditados internacionalmente, con sus

expertos certificados, así como sus normativas de muestreo, una red de laboratorios capaces de dar respuesta a tales exigencias en un mercado cada vez más creciente, inspecciones de arrumazón e intemperización, etc.) lo que entraña dificultades para su cumplimiento y que no son fáciles de cumplir y organizar.



Figura No 6. Muestra de carbón vegetal para prueba N.4

La prueba exigida por el código IMDG, (la N.4 del Manual de Pruebas y Criterios de Naciones Unidas) comprende hasta tres pruebas a una determinada cantidad muestras, (figura No 6. Foto de muestra que aparece en el reporte de investigación del Yantian Express), debidamente seleccionadas **por remesas o envíos** (entiéndase B/L, Conocimiento de Embarque) y sometidas a temperaturas de 100, 120 y 140 grados centígrados durante 24 horas para determinar si el carbón combustiona espontáneamente a una temperatura por debajo de los 50 grados Celsius y ha de considerarse carga peligrosa o no y en consecuencia aplicar, o no aplicar, las exigencias del código IMDG. Todo esto, brevemente resumido, entraña dificultades y demoras en el desempeño logístico de la exportación.

El Código IMDG plantea que superado o no el resultado de la Prueba N.4, el carbón vegetal siempre ha de considerarse mercancía peligrosa y actuar en consecuencia.

Se ha demostrado que en más de un embarque de carbón vegetal el resultado de estas pruebas fue superado y ***no se consideró como mercancía peligrosa***, sin embargo, varios de estos contenedores combustionaron espontáneamente en alta mar o áreas portuarias que provocaron incendios de

magnitudes considerables. Por lo tanto, tal Prueba no resulta determinante ni fiable, no garantiza que el carbón vegetal pueda combustionar espontáneamente o no.

4- DISCUSIÓN.

En realidad, no hubo discusiones como tal. Esta investigación su principal propósito fue elaborar el ciclo de conferencias como acción de capacitación, durante los tres ciclos que se impartieron se desarrollaron productivos debates e intercambios entre los participantes y el profesor como mediador lo que de hecho hizo importantes aportes al perfeccionamiento de la capacitación.

5- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los debates y análisis realizados en el MSC y el CCC de la OMI y otras organizaciones influyentes en la industria marítima, todavía no se ha dicho la última palabra respecto a este serio problema. Se esperan pronunciamientos en lo referido al carbón vegetal en el próximo periodo de sesiones de la OMI del mes de septiembre de este año y que sea publicada la próxima edición del código IMDG y la Enmienda 42.

La clave de la prevención de riesgos de combustión espontánea de carbón vegetal en los contenedores y que puedan ser embarcados en las navieras con mínimo de riesgo, está en la aplicación de buenas prácticas y la debida organización y ejecución del desempeño logístico de la exportación.

RECOMENDACIONES:

1. La selección del tipo de saco a utilizar (a partir del resultado de la prueba N.4) para el envasado del carbón en correspondencia con el código IMDG grupos II y III de envases y embalajes.
2. El tratamiento de intemperización que debe darse al carbón desde su ensacado al costado del horno hasta su arrumazón en el contenedor.
3. Restringir al mínimo las posibilidades de intercambio de temperatura y humedad del carbón contenido en los sacos con el ambiente interior del contenedor y a su vez con el exterior aplicando

patrones de estiba recomendados con los debidos espacios para la disipación del calor asi como el etiquetado de los sacos y el contenedor.

4. Según estudios realizados la arrumazón de los sacos dentro del contenedor debe hacerse en bloques de entre 11 a 16 m³ separados unos de otros 10 cm y separados del techo entre 30 y 60 cm, nunca pegar las estibas al techo para facilitar la disipación de calor.
5. La realización del certificado de la prueba N.4 debe hacerse antes de cargar los sacos en el contenedor haciendo un certificado de arrumazón e intemperización por agencias de inspección reconocidas y que se adjunten a los documentos previos al embarque ya sean en los transportes terrestres, la Aduana, el Conocimiento de Embarque y el Manifiesto de Cargas Peligrosas.
6. El precio del carbón y su comercialización internacional y ha de subordinarse a tales desempeños logísticos no solo sobre la base de la calidad del Carbón, los costos asociados a los riesgos en la fase marítima han de considerarse ya que las reclamaciones recaerán sobre los exportadores cualquiera que sea el término de compraventa pactado.
7. Se requiere de la actualización y aplicación permanente de las normativas nacionales a este respecto.
8. Impartir la acción de capacitación resultado del estudio a todos los actores de la cadena logística, el propio código IMDG dedica todo un capítulo el 1.3, a la necesidad de la capacitación. Todas las personas de tierra, desde el carbonero hasta los profesionales y funcionarios de las empresas exportadoras, requieren de una capacitación especializada, que refleje **lo que se debe saber** y **que se puede hacer en las condiciones de cada país.**

Y recuerde siempre que:

EN LA INDUSTRIA MARÍTIMA NO HAY ESPACIO PARA EL ERROR NI LA IMPROVISACIÓN, ESTAS MANIFESTACIONES SE PAGAN MUY CARO.

6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. A Joint Publicationof CINS and the International Group of P & I Clubs. (2017). *Guidelines for the Carrier of Charcoal and Carbon in Containers.* Londres: CINS (the Cargo Incident Notification System) and the International Group of P&I Clubs.

2. Diferentes Periodos de sesiones del Comite de Seguridad Marítima y el Sub-comite de Cargas y Contenedores. (2018, 2019, 2020). *Observaciones acerca de la ignición espontanea del carbón vegetal.* Londres: OMI.

3. FAO Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *La Transición al Carbón Vegetal.* Roma: FAO.

4. FAO Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Datos y Cifras Globales de Produstos Forestales.* Roma: FAO.

5. Federal Bureau of Marítime Casualty Investigation. (2020). *Investigation Report 15/19 Fire in the area of the deck cargo on board in container ship YANTIAN EXPRESS in the Atlantic Ocean on 3 January 2019.* Hamburgo: Federal Bureau of Marítime Casualty Investigation.

6. Healt and Safety Authority - International Road Tranport Union . (2014). *Código de buenas prácticas para la estiba segura de la carga en el transporte por carretera.* Ginerbra: IRU.

7. Martinez, E. (6 de Mayo de 2022). *¿Qué es la avería gruesa en el transporte marítimo y como protegerse de las perdidas que se presenten?* Obtenido de BrokerComex, Noticias: https://www.brokercomex.com/2022/05/06/que-es-la-averia-gruesa-en-el-transporte-maritimo-y-como-protegerse-de-las-perdidas-que-se-presenten/

8. Ministerio de la Agricultura. (2017). *NC - FORESTALES — CARBÓN VEGETAL — ESPECIFICACIONES.* La Habana: 2da Edición, Oficina Nacional de Normalización.

9. NACIONES UNIDAS. (2019). *Manual de Pruebas y Criterios Septima Edición Revisada.* Nueva York y Ginebra: NU.

10. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. (2008, 2017). *Norma 580 CARBON VEGETAL - ESPECIFICACIONES.* La Habana: O.N.N.

11. OMI. (2011). *Codigo ESC para la Estiba y Sejeción de la Carga.* Londres: OMI.

12. OMI. (Ediciones 2011, 2014, 2016, 2018, 2020). *Codigo IMDG de Transporte por Mar de Mercancias Pelgrosas con sus Enmiendas.* Londres: OMI.

13. OMI/OIT. (2014). *Código de prácticas OMI/OIT/CEPE-Naciones Unidas sobre la Arrumazon de Unidades de Tranportes.* Londres: OMI-OIT.

14. Sierra, R. (20 de Agosto de 2017). *Cuba Si*.

LA INDUSTRIA NAVAL EN CADENAS GLOBALES DE VALOR, UNA OPORTUNIDAD EN EL CONTEXTO DE COLOMBIA

Carreño Moreno, J.E.[1], Delgado Agudelo, C.A.[2]

[1]CEO GHENOVA Colombia S.A.S, Cartagena de Indias, Colombia, 2022
[2]Marine & Defense Manager GHENOVA Colombia S.A.S, Cartagena de Indias, Colombia, 2022
e-mail[1]: carlos.delgado@ghenova.net

RESUMEN

Las complejidades que se generan en el ámbito internacional ante una economía globalizada, nos conducen a analizar como las Cadenas Globales de Valor (CGV) están transformando el comercio mundial con procesos disruptivos, en cuanto a que las líneas de producción ya no se encuentran limitadas dentro de un espacio físico, restringido por límites geográficos o grandes distancias; sino que permiten la integración de capacidades productivas entre diferentes países, con base en los conceptos de productividad y competitividad. Una empresa consigue insertarse en una cadena global de valor mediante la optimización de sus procesos productivos, identificando la fase de la cadena donde su nivel de competitividad es mayor, ajustando el diseño de sus productos o los servicios que presta para la integración de la cadena de valor y aprovechando en su favor toda la capacidad productiva a nivel global, superando todo tipo de barreras geográficas, económicas, culturales y normativas.

Palabras claves: Cadena Global de Valor, Diseño y Construcción Naval, Integración, Productividad, Competitividad.

1- INTRODUCCIÓN

El proceso de globalización de la economía ha generado una tendencia en cuanto a la atomización de la actividad productiva, en el sentido de que el desarrollo del proceso de fabricación y/o prestación de servicio que anteriormente se realizaba en forma integral desde una sola ubicación

geográfica, hoy en día se lleva a cabo en forma más dispersa, es decir el proceso "centralizado" se ha transformado en "descentralizado", involucrando en las tareas de producción y/o prestación de servicios un mayor número de actores, regiones geográficas e incluso de países. Esta nueva manera de relacionamiento frente al desarrollo de actividades comerciales con interés económico se ha denominado como Cadenas Globales de Valor (CGV) o Cadenas globales de producción (CGP) cuya conceptualización se describe en la Figura 1, donde se integran los pasos que surte un producto y/o servicio desde la materia prima hasta la entrega al cliente, y que como proceso debe estar soportado en principios fundamentales que a la vez son los retos sobre los que se debe investigar y trabajar. En términos generales, los países de América Latina no han logrado una involucración significativa en CGV, ya que los niveles de industrialización y construcción de capacidades a nivel local no han alcanzado un nivel competitivo que les permita integrarse y consolidarse en otros mercados. [Solimano, 2013] Cabe decir que la cantidad de actores (eslabones) en una cadena de valor estará sujeta al tipo de actividad económica comercial que se realice.



Figura 1. Conceptualización de la integración en CGV
Fuente: Elaboración propia, basado en ANDI, 2017

2- MATERIALES Y MÉTODOS

2- El panorama actual

A nivel de América Latina y el Caribe, se observa como el concepto de cadena global de valor se viene incorporando en la elaboración de los planes que orientan las políticas de desarrollo industrial, identificando en este marco de referencia una gran oportunidad para la promoción y fortalecimiento de diversos sectores productivos. Ahora bien, este tipo de iniciativas deben articularse con otras políticas relacionadas, como por ejemplo temas de interés en: Ciencia, Tecnología e Innovación; con el fin de identificar los criterios que facilitarán la selección de los sectores productivos que pueden alcanzar un nivel de competitividad adecuado para involucrar las capacidades industriales en las cadenas de producción a nivel global.

2.1- El aporte de la CEPAL

Conforme el estudio de la CEPAL, la inserción de las capacidades industriales de un país en cuanto a materias primas, desarrollo de productos y/o prestación de servicios, en una CGV generalmente se necesitará de inversiones iniciales que requieren de fuentes de financiación externa ya sea capital privado o entes gubernamentales, para implementar estrategias que faciliten contratación de personal profesional especializado, adquirir nuevas tecnologías y optimizar los procesos. Y de esta manera lograr involucrarse en las cadenas globales de valor en las diferentes modalidades posibles: comercio tradicional, importación y ensamblaje, solo ensamblaje. [Padilla, 2016]

En concordancia con lo anterior, son varios los gobiernos que han solicitado a la CEPAL un acompañamiento para el diseño de sus políticas industriales, asistencia técnica para definir como llevar a cabo el proceso de transformación productiva y lograr altos niveles de eficiencia y competitividad; para lo cual se hace necesario que existencia una participación activa y tangible del sector público que sustente y evidencie, el compromiso y la voluntad política para el fortalecimiento de las capacidades industriales de un sector y su incorporación de las cadenas globales de valor; en coordinación con los proyectos de cooperación internacional.

Más allá del contexto de la política industrial que se plantee a nivel de cada país, cuando se tiene por objetivo la incursión de las capacidades productivas en determinadas cadenas globales de valor, es necesario efectuar un análisis detallado de las restricciones existentes y plantear una estrategia que facilite a los actores interesados la identificación del eslabón de la cadena en cual se pueden involucrar en forma eficiente y eficaz, gracias al incremento en la productividad y la agregación de valor en su oferta de materias primas, productos y/o servicios. [Halse, 2014]

2.2- Promoción y beneficios de las CGV

Cuando se despierta el interés por estar involucrados en los procesos de producción a nivel mundial es importante tener presente que para promover ese tipo de iniciativas es necesario conocer los elementos que condicionan las decisiones de localización (ubicación geográfica) de los procesos productivos en las Cadenas Globales de Valor (CGV), y se listan a continuación algunos puntos relevantes:

- Diferenciales salariales de la mano de obra entre naciones
- Costos de coordinación de diferentes etapas del proceso productivo
- Capacidades gerenciales
- Capacidades de integración de tecnologías foráneas con la mano de obra local
- Economías de aglomeración (transporte) y costos de acceso a los mercados

Se identifica entonces, que se requiere realizar un trabajo significativo en diferentes niveles de una organización para lograr insertarse en la cadena de producción mundial, sin embargo, cabe traer a colación que son múltiples los beneficios que pueden obtenerse como resultado de la integración en una CGV, entre los que resaltamos los siguientes:

- Construcción de lazos fuertes respecto a los encadenamientos locales, regionales e internacionales en las actividades productivas y/o prestación de servicios.

- Un mayor aprovechamiento de oportunidades para el desarrollo de capacidades de producción y y/o prestación de servicios.
- Se superan las brechas de competitividad, productividad e información; en una forma más ágil, eficiente y eficaz (proceso integral).
- Se alcanza una complementariedad entre diferentes sectores productivos a nivel nacional e internacional.
- Se fortalece la actividad comercial con economías de mayor escala, y se involucran procesos de: innovación, transferencia de tecnología y mejores prácticas.
- Se obtiene una modernización de los procesos funcionales y se consolidan relaciones con base en un aprendizaje conjunto (construcción colectiva del conocimiento).

3- análisis del contexto nacional (colombia)

Durante los últimos 30 años se han implementado múltiples políticas y programas orientadas a mejorar de manera específica la productividad de las empresas a nivel nacional con base en la definición de unos objetivos estratégicos para alcanzar en el corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, el enfoque y la manera como se abordan estas iniciativas han cambiado con el paso del tiempo, en especial con los planes específicos que se desarrollan en cada periodo gubernamental, y como mecanismo de solución en la Figura 2 se hace referencia a los aspectos que deben evaluarse y articularse para establecer objetivos estratégicos que se mantengan a lo largo del tiempo y su revisión obedezca a cambios del entorno y no por cambios de gobernantes. [CONPES 3866, 2016]

En síntesis, se puede hacer una compilación de buenas iniciativas que han entregado un resultado puntual o temporal, sin embargo, a lo largo del tiempo no se han constituido en elementos articulados completamente. En consecuencia, hoy en día se evidencian problemas significativos descritos así:

- Falta de continuidad y coherencia de los programas.

- Presencia de múltiples actores en la implementación con lo cual no se logra un adecuado seguimiento, evaluación y revisión.
- Ausencia de una estrategia de priorización de las cadenas productivas conforme con las capacidades particulares de cada región.
- Falta de articulación de los planes de competitividad con los planes departamentales de desarrollo.
- Deficiencias en los procesos de diversificación y sofisticación del aparato productivo.
- No se integran las capacidades productivas nacionales en las cadenas globales de valor.
- Incapacidad para promover y conducir al establecimiento de grandes fabricantes y proveedores de servicios, en el territorio nacional.



Figura 2. Definición objetivos estratégicos
Fuente: Elaboración propia, basado en DNP, 2016

3.1- Política de Desarrollo Productivo en Colombia

En agosto de 2016 se aprobó en Colombia el documento de Política Económica y Social CONPES 3866, el cual fue estructurado para implementar instrumentos que permitan la solución de fallas de mercado o restricciones que enfrentan las empresas y que les impide incrementar la productividad. Con base en los antecedentes históricos, este documento desarrolla una propuesta diferente para el desarrollo industrial y la capacidad productiva del país, elaborando un planteamiento en el que el enfoque tiene una orientación hacia lo territorial, con el fin que las estrategias tengan el propósito de articular los esfuerzos de diferentes entidades públicas y privadas a nivel departamental y municipal; de manera que la definición de las acciones concretas a seguir se encuentren alineadas con quienes serán los responsables directos y beneficiarios de los planes y programas para fortalecer las capacidades industriales por medio de actividades de ciencia, tecnología e innovación; aumentar el rendimiento del aparato productivo e incrementar el nivel de competitividad, a partir de la aprobación de recursos de inversión desde entidades gubernamental del orden nacional.

Con esta nueva aproximación, la política de desarrollo productivo toma como punto de partida un elemento fundamental, en el sentido de que en cada región del país se deben identificar las capacidades industriales particulares en las cuales se cuentan con más fortalezas y que tienen mayor potencial de desarrollo, para enfocar los esfuerzos en estas actividades económicas específicamente, de allí la importancia en recabar la necesidad de que exista un liderazgo articulado entre las entidades del estado y la empresa privada en las regiones, en pro de un desarrollo más descentralizado y con el objetivo de lograr posicionar la industria nacional en los diferentes niveles de participación en Cadenas Globales de Valor, conforme un reconocimiento de la competitividad del aparato productivo del país a nivel internacional, y para lo cual se requiere que el trabajo considere un enfoque metodológico diferente que sea sistémico y sostenido a lo largo del tiempo.
En un segundo nivel de trabajo, existe un requerimiento respecto a que, en cada tipo de actividad industrial para el desarrollo de productos o prestación de servicios, se deberá identificar en qué nivel de la cadena de valor pueden establecerse las múltiples capacidades industriales como

eslabones que se articulan perfectamente y aportan significativamente agregando valor en el flujo del proceso industrial, en lo que se denomina como una filosofía de integración horizontal, según se ilustra en la Figura 3. [ANDI, 2017]



Figura 3. Integración horizontal CGV
Fuente: Elaboración propia, basado en ANDI, 2017

3.2- El planteamiento de la ANDI

En el ámbito del desarrollo empresarial con gran frecuencia escuchamos que, "Colombia es un país de grandes oportunidades", lo cual se sustenta en hechos y realidades como las ventajas de la posición geográfica, la estabilidad de la política macroeconómica, los buenos reportes de las calificadoras de riesgo, múltiples acuerdos de integración económica a nivel mundial, significativos avances en inversión social e incluso llegar a ser considerados como una economía emergente con un alto potencial. [OCDE, 2014]

Advierte la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) que a nivel de Colombia aún hay mucho trabajo por hacer, y por lo tanto, se hace necesario identificar cuáles son las fortalezas, capacidades, retos, debilidades y oportunidades que desde la perspectiva de desarrollo industrial se enfrentan en la actualidad para lograr alcanzar niveles de productividad y competitividad que conduzcan en forma efectiva a la inserción de las empresas nacionales, tanto en producción de bienes como prestación de servicios, en las Cadenas Globales de Valor (CGV),

para lo cual ha formulado una Estrategia para una nueva industrialización [ANDI, 2017] que comprende una serie de propuestas para implementar en la agroindustria, la producción manufacturera y la industria de servicios, con base en los siguientes ejes de trabajo: mejorar índices en la productividad, alcanzar un nivel de competitividad en el mercado internacional en cuanto a calidad y precio, establecer acuerdos comerciales a nivel de las empresas, desarrollar proyectos de transferencia de conocimiento y tecnología, articular planes y programas de las entidades gubernamentales con el sector privado a nivel de las regiones, y fortalecer aspectos en torno a seguridad jurídica, temas tributarios y laborales.[OCDE, 2104]

Colombia aún tiene una representación muy baja en cuanto a la involucración de la producción nacional en Cadenas Globales de Valor, por lo tanto desde la ANDI se indica que es necesario: "…desarrollar de forma articulada la capacidad productiva de todos los sectores económicos, fomentando encadenamientos locales, regionales e internacionales, de tal manera que haya un crecimiento equilibrado de la economía y se facilite la sofisticación y diversificación de nuestra producción...", y que para lograrlo cada empresa dentro del sector productivo en el que se desarrolla debe identificar la cadena de valor en la que tiene mayor probabilidad de éxito por su nivel de competitividad o porque las brechas en conocimiento y tecnología son más susceptibles de superar, para apropiarse de la misma con base en la mejora de su productividad y hacerla parte integral de su operación. [ANDI, 2019]

En conclusión, de cara al desarrollo económico del país, la incursión en las CGV no es una opción, sino un imperativo, ya que se convierte en un mecanismo que obliga a las empresas a ser más competitivas, a optimizar los procesos productivos y son el canal que conduce a la participación constante en la cadena de comercialización de productos y servicios para atender la demanda a nivel global, con lo cual se garantiza la continuidad de las operaciones y la sostenibilidad financiera de la misma.

3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4- la industria naval, una oportunidad para colombia

De acuerdo con las políticas públicas para el desarrollo de la industria nacional y el alineamiento de la agremiación de empresas más importante del país, ANDI, se encuentra la iniciativa de la Cámara de Comercio de Cartagena, que aprovechando la ubicación geográfica de la ciudad, ha constituido el Clúster Marítimo de Cartagena y Bolívar, siendo uno de sus objetivos, el de liderar el fortalecimiento y desarrollo de la industria naval, teniendo en cuenta por alcance todo el espectro de actividades que se llevan a cabo en el ámbito marítimo, para lo cual se han identificado una serie de actores interesados que participan directa e indirectamente, como se ilustra en la Figura 4.

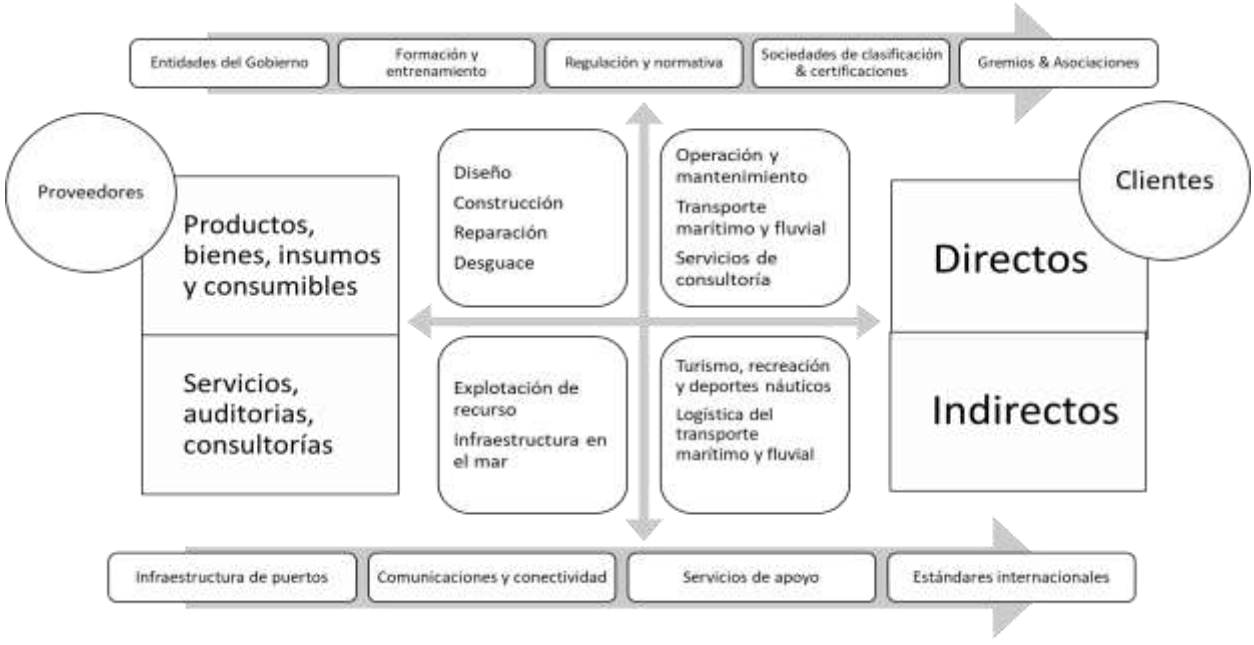


Figura 4. Mapa de partes interesadas y actividades en ámbito marítimo
Fuente: Elaboración propia, basado en https://clustermaritimo.co/nosotros

En concordancia con lo anterior, se tiene el conocimiento de que en torno a lo que representa un buque o un artefacto flotante se identifica un ciclo de vida para este tipo de bienes o productos, el cual a su vez se puede dividir en cinco fases principales como indica la Figura 5 (Diseño,

Construcción, Operación, Mantenimiento & Reparación y Desguace) que representan un gran número de actividades en demanda e implican el foco de interés para el desarrollo de la industria naval del país. [Stopford, 2009]



Figura 5. Ciclo de vida de un buque o artefacto flotante
Fuente: Elaboración propia

No cabe duda que todas las etapas del ciclo de vida mencionadas, ofrecen un universo de posibilidades para las empresas nacionales que cuenten con capacidades que puedan insertarse en las actividades que hacen parte de las diferentes cadenas globales de valor. Por lo tanto, es necesario establecer un marco más definido del alcance al cual se puede comprometer una empresa, y para ello como punto de partida, se trae como referencia la propuesta desarrollada por [Brun & Frederick, 2017] ilustrada en la Figura 6, para el caso de estudio de la industria de construcción naval en Corea del Sur; en la cual representan en términos generales un desglose de lo que sería el ciclo de vida desde una etapa de diseño, construcción y servicio posventa, y en cada una de las etapas se realiza una breve descripción respecto a la integración de materiales y equipos con el proceso productivo.

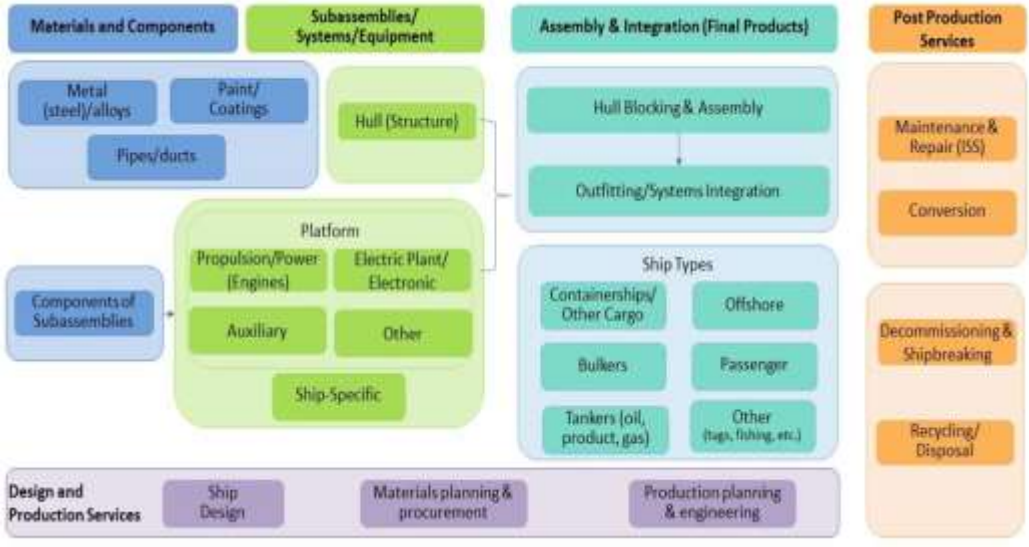


Figura 6. CGV – Ciclo de vida de un buque
Fuente: Tomado de Brun, L., and Frederick, S Chapter 4: Korea and the Shipbuilding Global Value Chain, September 2017

En síntesis, el diagrama que representa la CGV es una visión más amplia de lo que implica el ciclo de vida de un buque o de un artefacto flotante, e invita a investigar en mayor profundidad cuales son los requerimientos técnicos, estándares de calidad y precios que demanda el mercado, para llevar a cabo la tarea de identificar el área particular en la cual una empresa, ya sea para producción de bienes o prestación de servicios, cuenta con el conocimiento, la infraestructura, el soporte logístico y las herramientas tecnológicas para participar en forma eficiente y eficaz, y demostrar un alto nivel de competitividad. [Frederick, S., Handbook]

5- El camino a seguir

A nivel de Colombia se cuenta con una política pública estructurada para el fortalecimiento de la industria y el desarrollo de las capacidades productivas, que tiene una estrategia articulada en líneas de acción para lograr el nivel de competitividad en el mercado internacional y que un alto número de empresas se inserten en las cadenas globales de valor, en los sectores de: (1) manufactura, (2)

agroindustrial y (3) servicios. Adicionalmente, se observa que entre las entidades públicas y las empresas privadas se han elaborado en conjunto programas, a nivel de las regiones, con el objetivo de construir una oferta de valor que sea competitiva a nivel global con el fin de buscar la inserción en las CGV, y que aún se requieren de mayores inversiones para llevar a cabo la transición tecnológica industrial.

Se identifica entonces como una gran oportunidad de ingreso de la industria nacional de diferentes sectores productivas en las CGV, que para la ejecución de proyectos del nivel estratégicos en Colombia, bajo responsabilidad de empresas nacionales, uniones temporales o extranjeras, e independiente del tipo de financiación, se deben implementar mecanismos que conduzcan a la apropiación de los elementos de la Política de Desarrollo Productivo, para que como empresas líderes de la cadena, incrementen la demanda de productos y servicios en los diferentes eslabones de la cadena de producción y en consecuencia, una vez validados los requisitos de competitividad para el mercado internacional, sean insertados como parte de las CGV. [PTP, 2013]

En el caso particular de la industria naval en Colombia, se ha evidenciado que representa una importante contribución en el crecimiento de la economía, en la generación de empleo, y en el mejoramiento de la competitividad de la industria nacional. En consecuencia, y ante la expectativa de desarrollo de proyectos estratégicos de diseño y construcción naval en el país, se ha efectuado un análisis más específico para establecer una guía metodológica que oriente a las empresas colombianas como insertarse en las CGV.

Y para el caso puntual de las fases de diseño y construcción naval, se ha efectuado una identificación detallada sobre las actividades, materiales, productos y servicios que se demandarían, finalizando con la realización de las siguientes tareas: (1) La identificación de las actividades principales en el proceso y (2) La clasificación de equipos principales y componentes, en diferentes

niveles de complejidad. El resultado obtenido se convierte en parte del know how adquirido y se encuentra disponible a consulta para la construcción colectiva de conocimiento, y así continuar aportando de manera significativa en el fortalecimiento de la industria nacional.

4- CONCLUSIONES

Para alcanzar un alto nivel de desarrollo industrial y un aumento de la capacidad productiva del país se ha desarrollado una propuesta cuyo enfoque tiene una orientación hacia lo territorial, de manera que las estrategias se alineen para articular los esfuerzos de las diferentes entidades públicas con las empresas privadas, en los niveles departamental y municipal.

Para fortalecer las capacidades de las empresas nacionales que atienden actividades en el ámbito marítimo se ha constituido el Clúster Marítimo de Cartagena y Bolívar, lo cual está alienado con los Programas de Transformación Productiva que han trabajado por la promoción de astilleros y el encadenamiento de proveedores nacionales.

Existen metodologías que permiten conducir de manera adecuada el proceso de identificación de oportunidades, para seguidamente definir las acciones que permitirán la inserción de las capacidades industriales de un país en las múltiples cadenas globales de valor que están activas a nivel internacional, donde la productividad y la competitividad son el elemento diferenciador.

5- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Solimano, Andrés (2013), Comercio exterior, cadenas globales de producción y financiamiento, Conceptos y relevancia para América Latina y el Caribe, Publicación de las Naciones Unidas, ISSN 1564-4197
2. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2017), Estrategia para una nueva industrialización II, Bogotá, Colombia, www.andi.com.co
3. Padilla Perez, Ramon, y Oddone, Nahuel (2016), Manual para el fortalecimiento de cadenas de valor, CEPAL

4. Halse, Lise. Global Value Chains in Shipbuilding: Governance and Knowledge Exchange. IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, Sep 2014, Ajaccio, France. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-44739-0_26
5. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2017), Estrategia para una nueva industrialización II, Cap 6. Encadenamientos productivos para fortalecer las cadenas de valor, Bogotá, Colombia, www.andi.com.co
6. República de Colombia, Departamento Nacional De Planeación, CONPES 3866, Política Nacional De Desarrollo Productivo, 2016
7. Cadena Global de Valor Nutella. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), Mapping Global Value Chains, Paris, 2012 http://www.oecd-ilibrary.org/trade/mapping-global-value-chains_5k3v1trgnbr4-en
8. ANDI, 10 de septiembre de 2019, Proyectando la empresa del futuro, http://www.andi.com.co/Home/Noticia/13490-proyectando-la-empresa-del-futuro
9. ANDI, 11 de diciembre de 2018, El mundo ha migrado a las Cadenas Globales de Valor, http://www.andi.com.co/Home/Noticia/3307-el-mundo-ha-migrado-a-las-cadenas-global
10. Estudios de la OCDE de las Políticas de Innovación: COLOMBIA © OCDE 2014
11. Clúster Marítimo de Cartagena y Bolívar https://clustermaritimo.co/
12. Stopford, M., Maritime Economics, ISBN 0-203-89174-0 Master e-book, 2009
13. Brun, L., and Frederick, S., Joint Project between GVCC and KIET, Chapter 4: Korea and the Shipbuilding Global Value Chain, September 2017
14. Frederick, S., Handbook on global value chains, Global value chain mapping, http://gvcc.duke.edu or https://globalvaluechains.org
15. Programa de Transformación Productiva, Plan de Negocio para el sector siderúrgico, metalmecánico y astillero en Colombia, DOCUMENTO 4 Resumen ejecutivo, 20 de marzo de 2013

XXVII COPINAVAL
congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria

PRÁCTICA PROFESIONAL EN ASTILLEROS Y TALLERES NAVALES Y EN ENTIDADES DE DISEÑO

Vite Flores, A[1]. Martínez Villa, P.[2]

Filiación: [1]Universidad Veracruzana. México. 2 Jubilado. IPIN - Cuba

e-mail: avite@uv.mx

RESUMEN

El presente trabajo muestra las formas de vinculación del trabajo docente educativo; en la carrera de ingeniería en construcción naval, con la labor productiva y de servicios que se desarrolla en Astilleros de Construcción y Reparación Naval, en Centros de Diseño, y en Talleres Navales, como formación inicial para lograr la adquisición de habilidades útiles para ganar una experiencia en el ámbito laboral y poder desarrollar posteriormente una carrera profesional exitosa, en cualquiera de las entidades del sector . De mucha utilidad para los alumnos a graduarse que realizan pasantías en estas entidades bajo la dirección y control de los centros de enseñanza de esta carrera.

Palabras claves: Práctica profesional, Trabajo docente educativo, Astilleros, Diseño

1- INTRODUCCIÓN

La formación inicial del alumno en las escuelas y universidades de construcción naval es el proceso de enseñanza –aprendizaje, que hace posible que comiencen a desarrollarse las competencias profesionales y que permite la gradual aproximación del estudiante al objeto, contenido y métodos de la profesión en la especialidad de construcción y reparación naval. En este trabajo se definen las mejores formas de realizar esta formación; sin que constituya una regla, y que pueden ayudar a la efectividad de las prácticas laborales que es el objetivo del trabajo.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Como diseño de la investigación, se han analizado los diferentes métodos y técnicas para la realización de las prácticas profesionales de los alumnos de la carrera de ingeniería naval en la Universidad Veracruzana durante los últimos 5 años, donde se ha puesto de manifiesto la vinculación con el sector naval del área cercana a esta entidad, en la Universidad Veracruzana se rediseñaron los planes y programas para su actualización y pertinencia, iniciando esta actualización en el año 2018 para su implementación en el año 2020. Actualmente se encuentran en operación dos planes de estudio, el plan 2010 y el plan 2020, un tema importante en el nuevo plan han sido las prácticas profesionales, las cuáles no eran obligatorias, sin embargo se promovían las prácticas en el sector laboral del perfil en los dos últimos periodos donde el estudiante cursaba sus créditos finales como Servicio Social y Experiencia Recepcional [2], en estos últimos años los alumnos buscaban una empresa que les permitiera la realización de las prácticas o bien solicitaban a través de la Coordinación de Vinculación el contacto con la empresa, el número de estudiantes que realizaban sus prácticas no era el 100% de la matrícula, como se observa en la Tabla 5.

Los datos anteriores reflejan la baja participación de los estudiantes en la realización de prácticas profesionales, 33 de un total de 310, lo que corresponde a un 10.64%.

Se debe aclarar que sumado a esto el 100% de los estudiantes realizan el Servicio Social en una empresa de su perfil profesional, con una participación del 90% en empresas del sector naval y un 10% en instituciones educativas y de otro sector, sumando 480 H para la suma de sus créditos

Por tanto se organizó el rediseño del programa de la forma que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1 – Programa Estadía Profesional, incluido en el plan de estudios actual

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Introducción a la Ingeniería Naval	Inglés técnico naval	Hidrostática y estabilidad	Fundamentos de diseño naval y producción	Sistemas de manufactura marinos	Diseño naval	Proyecto de diseño naval	Servicio Social
C 3 2 0 8	CT 2 2 0 6	C 2 2 0 6	C 2 2 0 6	C 2 3 0 7	C 3 2 0 8	CT 3 2 0 8	P 0 4 480 12
Física	Ciencia de materiales	Estática	Dinámica	Fundamentos de mecánica de materiales	Mecánica de materiales	Análisis y diseño de estructuras navales	Experiencia recepcional
C 3 2 0 8	C 2 2 0 6	C 2 2 0 6	C 2 2 0 6	C 2 2 0 6	C 2 2 0 6	CT 3 2 0 8	P 0 4 0 12
Algebra y Geometria	Cálculo de una variable	Cálculo multivariable	Ecuaciones diferenciales	Mecánica de fluidos	Hidrodinámica, resistencia y propulsión	Maniobrabilidad y comportamiento en la mar	Acreditación del idioma inglés
C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	NA NA NA NA 2
Química	Álgebra Lineal	Termodinámica	Normatividad marina	Sistemas auxiliares marinos	Ingeniería Marina I (sistemas de propulsión)	Dinámica del buque y sistemas flotantes I	
C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 2 2 0 6	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	C 3 2 0 8	
Pensamiento crítico para la solución de problemas	Algoritmos y programación	Métodos numéricos	Probabilidad y estadística	Introducción a los negocios marítimos	Inspección naval	Estadía Profesional	
CT 0 0 4 4	CT 2 2 0 6	CT 2 2 0 6	C 3 2 0 8	C 2 2 0 6	C 2 2 0 6	CT 0 1 240 16	
Lengua I	Lengua II	Lectura y escritura de textos académicos	Electrotecnia aplicada a la ingeniería naval	Ingeniería eléctrica marina	Construcción de estructuras navales	Optativa 4	
T 0 0 6 4	T 0 0 6 4	CT 0 0 4 4	CT 2 2 0 6	C 3 2 0 8	C 2 2 0 6	CT 2 2 0 6	
Literacidad digital	Ingeniería del medio ambiente marino	Herramientas para análisis de diseño naval	Metodología de la investigación	Optativa I	Optativa 3		
T 0 0 6 4	C 2 2 0 6	CT 2 2 0 6	C 3 0 0 6	CT 2 2 0 6	CT 2 2 0 6		
Dibujo en Ingeniería Naval	Electiva I	Electiva 2	Electiva 3	Optativa 2			
T 0 3 0 3	0 0 0 6	0 0 0 6	0 0 0 6	CT 2 2 0 6			

Fuente:[4]https://www.uv.mx/veracruz/fimcn/licenciatura/inaval/

Destacando de este rediseño las siguientes Experiencias Educativas como son denominadas las asignaturas en la Universidad Veracruzana.

Como se observa en la columna I de la Tabla 2 , las EE de Introducción a la Ingeniería Naval ahora se cursará en el primer periodo de carrera, Ingeniería del medio ambiente marino, donde el alumno toma consciencia de los convenios de MARPOL y SOLAS para el cuidado del medio ambiente marino y la seguridad de la vida humana en la mar, introduciendo conceptos de producción naval en IV periodo, planeación y sistemas de manufactura marinos en V, Inspección Naval y Construcción Naval en VI periodo y en VII cierran con la práctica de los conocimientos Teóricos obtenidos hasta este momento, en la Optativa 4 tienen oportunidad de afianzar lo aprendido en los casos reales en una EE de su elección, de acuerdo sus intereses, teniendo obligatoriamente que cursar 4 Optativas de 10 que se ofertarán a lo largo de su formación académica.

Como se observa en la Tabla anterior se incluye una EE denominada Estadía profesional. Teniendo entonces dos opciones para los estudiantes, la Universidad propone el Modelo Integral Flexible con 382 créditos y la opción de Formación Dual con el mismo número de créditos repartidos en un área denominada Área de Formación Dual, que se describe en la Tabla 2

Formación dual

La Dirección General del Área Técnica de la Universidad Veracruzana propone en el año 2020, integrar a los programas de Ingenierías la Formación Dual, definiéndola como "una modalidad de oferta académica y formativa caracterizada por la alternancia combinada de los procesos de aprendizaje y enseñanza en la empresa y en la institución educativa".

Para integrar esta propuesta al currículo de la Ingeniería Naval se incluye una Guía de formación 2020 de la UV [3]. En esta Guía se encuentra una amplia definición del modelo y sus antecedentes, enfatizando los siguientes aspectos para su implementación

• Formación Dual alineada al diseño curricular.

• Plan de rotación de puestos de aprendizaje.

• Elaboración de los marcos de regulación de la Universidad con los sectores.

En la tabla 2 se presentan los modelos correspondientes al aprendizaje sin formación dual y con formación dual, respectivamente

Tabla 2- Modelo sin formación dual /con formación dual

Área de formación	Sin formación dual Créditos	Sin formación dual Porcentaje	Con formación dual Créditos	Con formación dual Porcentaje
Área de formación Básica General (AFBG)	20	5%	20	5%
Área de formación Iniciación a la Disciplina (AFID)	99	26%	99	26%
Área de formación Disciplinar (AFD)	179	47%	166	39%
Área de formación Terminal (AFT)	66	17%	52	10%
Área de formación de Elección Libre (AFEL)	18	5%	18	5%
Área de formación dual (AFDU)			27	15%

La Formación Dual del estudiante representará entre un 15% o 20% de los créditos obtenidos a lo largo de su trayectoria escolar [3].

Para este Modelo se propone una selección de los alumnos participantes, ya que el modelo no funciona para toda la matrícula, se espera que la matrícula semestral no supere el 5%, al menos en los primeros años de implementación, pudiendo incrementarse conforme avance el programa anualmente.

Es posible tener varias propuestas de selección, en este trabajo se tomó la propuesta de la Guía de la UV:

1. Elaborar una convocatoria exclusiva para el Modelo Dual
2. Fomento de pláticas informativas para estudiantes y posibles tutores en los que se destaque que los estudiantes deben firmar un convenio con la empresa.

3. La institución educativa debe diseñar, validar y aplicar un proceso de selección interno que incluya: examen de conocimientos (en el que se apruebe con 75% o superior), examen práctico (en el que se apruebe con 75% o superior), una entrevista (en la que se valoren facilidad de comunicación, motivación, capacidad de liderazgo, etc.).
4. Preparación e impartición de un taller en donde se les dará a conocer a los estudiantes seleccionados la(s) empresa(s) en la que participará(n) y a su tutor académico. La decisión final de incorporación a las empresas dependerá de un comité evaluador integrado por académicos y personal de Recursos Humanos de la(s) empresa(s). La empresa puede de forma independiente aplicar exámenes o entrevistas como filtro adicional para decidir quiénes son los mejores alumnos para incorporarse al modelo [3].

Para los alumnos que decidan continuar su formación sin la opción dual, tienen la oportunidad de permanecer como ya se mencionó tres periodos en la empresa del sector naval para cumplir con la EE denominada Estadía Profesional y que se explica a continuación.

Estadía profesional forma parte de las EE disciplinares terminales. Para iniciar las prácticas debe iniciarse la vinculación con las distintas entidades del sector naval, para ellos se formó el Consejo Consultivo, conformado por empresas del sector. Es necesario incluir a personal de las empresas en los programas de prácticas profesionales, para integrar a los tres actores principales de la estadía, como se muestra en la Figura 3:

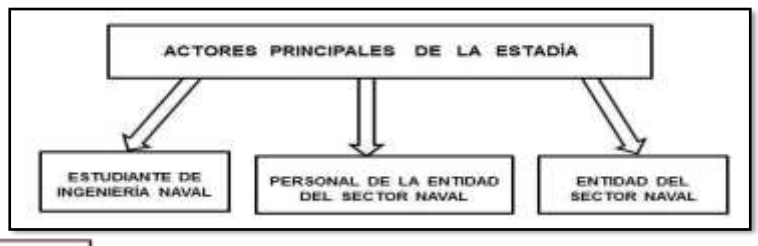


Figura 1- Actores principales de la estadía

El alumno con este programa se fortalece, se involucra en actividades y proyectos reales y se integra al campo laboral de una forma integral.

Los estudiantes realizaron prácticas durante la pandemia en los Astilleros Nacionales, en los puertos de Tampico, Tamaulipas y Coatzacoalcos, Veracruz, en México.

Las prácticas incluyeron actividades de seguimiento de los trabajos realizados en talleres de acero menor, así como cursos de capacitación en soldadura.

A continuación, se muestra un programa de prácticas técnico-pedagógicas realizadas, así como los reportes técnicos presentados por los alumnos, para aprobar su Experiencia Recepcional y cumplir con los créditos para culminar la carrera de Ingeniería Naval.

Tabla 3. - Ejemplo de Visita Técnico-Pedagógica a Astillero de Construcción y Reparación Naval

Visita Técnico-pedagógica	
1.	Presentación en auditorio de la Estructura Organizacional. La presentación consistió en antecedentes del Astillero, medio de varada, funciones de la dirección de proyectos y construcción naval, funciones de la dirección de Reparación Naval. Preguntas y respuestas.
2.	Los alumnos tuvieron la oportunidad de conocer los pantógrafos y el trabajo que se realiza en la etapa de marcado y corte de placa
3.	Tuvieron una explicación acerca del biselado y sub-ensamble
4.	Conocieron los talleres de ensamble
5.	Conocieron el varadero y la mesa de transferencia
6.	Tuvieron la oportunidad de subir al dique flotante y conocerlo con una explicación amplia de cada una de sus áreas
7.	Conocieron os talleres de fundición, electricidad y carpintería

8.	Estuvieron en el área de sopleteo y pintura, donde recibieron una plática amplia sobre este proceso
9.	Estuvieron en el área de erección de los módulos en construcción
10.	Asistieron al Taller de maquinado, donde terminaron el recorrido

La visita les permitió cerrar con el conocimiento práctico, los saberes teóricos recibidos en el aula.

Resultado de las prácticas realizadas en un periodo de 6 meses en los Astilleros mencionados. Se realizaron los siguientes reportes técnicos de estas prácticas y de años anteriores como se detalla a continuación:

Tabla 4 - Trabajos producto de las prácticas realizadas en Astilleros de Construcción, reparación, mantenimiento y entidades de clasificación.

Trabajos presentados en la experiencia educativa experiencia recepcional en la UV	Observaciones	Créditos
"gestión de la reparación de una draga hidráulica por el departamento de proyectos en un astillero" Alumna: Sinaí Gallardo Aburto	Noviembre 2018 Prácticas en Talleres Navales del Golfo (TNG) en Veracruz, Ver.)	12
Reporte Final de Dique 2018 (Dique ISLA SANTA CRUZ) Alumno: Víctor Velázquez Pérez	Julio 2018 Prácticas en Astilleros Internacionales, TMM División Marítima S.A. de C.V.	12
"Estudio de comparación de turbinas eólicas marinas fijas y flotantes, Energía Eólica Marina" Alumno C. Bryant Edmir Castañeda Carro.	Julio 2020 Convenio con la Sociedad de Clasificación American Bureau of Shipping, ABS	12
Desguace de buques en un Astillero del Pacífico Mexicano	Julio 2021 Prácticas realizadas en	12

Alumna: Marcela Meza Vázquez	Astilleros MARECSA	
"Análisis de estabilidad y distribución de pesos de una embarcación tipo empujadora para la SEMAR." Alumno: Calleja Murillo Arnaldo Dirdamlaer	Enero 2022 Prácticas realizadas en ASTIMAR No. 3	12
"Reparación de monoboya japonesa" Alumno: Pérez Pouchoulen Rodrigo	Enero 2022 Prácticas realizadas en ASTIMAR No. 3	12
"Análisis de estabilidad de una embarcación tipo barcaza" Alumno: Aaron Enrique Ramos Romero	Febrero 2022 Prácticas realizadas en ASTIMAR No. 3	12

Las entidades más importantes para vincular a los alumnos con las prácticas profesionales, las podemos ver en la Figura 2.



Figura 2- Principales entidades para las prácticasprofesionales

Las razones por lo que se recomiendan las entidades señaladas, son las siguientes:

- Vinculación más directa con los objetivos básicos de la industria naval ;
- Acercamiento a los programas de diseño, las fases del mismo y los documentos y planos derivados;

- Visión más completa de los procesos tecnológicos y la actividad laboral, en los astilleros y talleres afines

En relación con otras entidades del sector naval; como Empresas Armadoras, Consignatarios, Sociedades Clasificadoras, etc., este tipo de entidades requiere de experiencia previa para la contratación de nuevos integrantes de su personal de ingeniería.

Escogidas las entidades donde se desarrollarían estas prácticas, se deben organizar de tal manera que algunos de los profesores vinculados con el desarrollo curricular de la carrera sean los que programen, dirijan y supervisen el desarrollo de las mismas. Se pueden identificar los principales puntos que pueden abarcar estas prácticas, como por ejemplo los que se muestran en la Figura 8

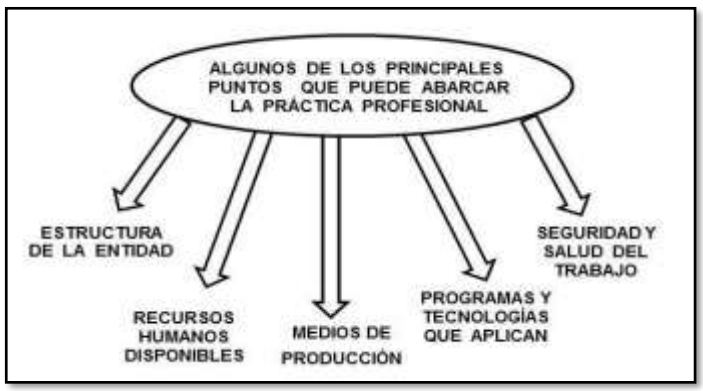


Figura 3 - Principales puntos que pueden abarcar las prácticas

Antes de realizar estas prácticas y según la entidad que se determine, es necesario que los alumnos sepan sus características principales, por lo que se requiere una breve preparación de estos aspectos.

Por ello es importante iniciar con visitas técnico-pedagógicas en los primeros semestres a las áreas de los astilleros, para que los alumnos conozcan las instalaciones y el trabajo que se realiza en cada una de las áreas de éste, de esta forma cuando inician su estadía profesional, la industria no les es del todo desconocida.

Una vez que hayan comenzado la práctica en el astillero el grupo de estudiantes deben realizar un recorrido inicial, con algún responsable de la instalación, para conocer las características del trabajo, las instalaciones y equipos y otras cuestiones importantes. En las Figuras 9 y 10 se puede observar al grupo de estudiantes en prácticas recibiendo las primeras orientaciones y características de la instalación.



Figura 4- Estudiantes en práctica profesional en Astillero

Y en cuanto a los alumnos que estarían en los astilleros de reparaciones y talleres navales; explicarles que estas entidades son parte de la industria naval también. Los astilleros de reparación son donde se realiza el proceso de mantenimiento y reparaciones ya de los buques en explotación y que en los talleres navales; indistintamente, se construyen estructuras y componentes para ambos tipos de astilleros y que en estas entidades también se requiere; como los de construcción, de toda una estructura tanto física como organizativa para desarrollar las operaciones afines.



Figura 5- Estudiantes en práctica profesional en Astillero

Por igual a los que desarrollarían las prácticas en entidades de diseño se les explicaría que, previo a la realización como tal de las construcciones navales , se realizan sus diseños integrales para buscar alternativas y soluciones a las distintas interrogantes que pudieran presentarse y como; a partir de este acto de creación, surgen las representaciones gráficas de lo que se ha estado ideando y estas, nos darán la forma y disposición de los distintos elementos, tanto estructurales, como de habilitación y equipamiento que conformarán la obra en sí, con el objetivo de lograr una acción eficaz de esta, durante su uso o explotación. También durante la práctica en la entidad de diseño, los estudiantes conocerán de las características de esta instalación.

3- RESULTADOS

Con el rediseño del plan de estudios se pronostica tener en el próximo año; como se observa en la Tabla 6 el 100% de los estudiantes realizando prácticas profesionales una vez que inicien su estadía profesional obligatoria, lo que seguramente permitirá un mejor desarrollo profesional en los egresados de la carrera de Ingeniería Naval

Tabla 5- Comparativo de prácticas del plan de estudios 2010 y 2020

Cohorte	Matrícula	Alumnos en prácticas Plan de estudios 2010						Plan de estudios 2020 Alumnos en prácticas
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	pronóstico2023
2017	63	2	2	2	11	4	5/(5Centros de investigación)	
2018	57	0	0	0	0	1	1	
2019	52	0	0	0	0	0		
2020	61	0	0	0	0	0		100%
2021	67	0	0	0	0	0		100%
total	310	2	2	2	11	5	11	Aproximadamente

						128 estudiantes

En el periodo febrero-julio 2022, se reiniciaron las visitas prácticas-pedagógicas a los Astilleros y centros de reparación para que los estudiantes inicien contacto con las distintas entidades con las que más tarde podrán iniciar su estadía profesional. Se retomaron en el mes de junio las reuniones con las empresas que forman parte del Consejo Consultivo para realizar las vinculaciones necesarias para ubicar a la matrícula completa en cada una de las entidades donde realizarán sus prácticas.

4- DISCUSIÓN

Como aspecto novedoso podemos decir que sería de esta manera que hemos señalado, una forma de realizar las prácticas con las iniciativas más adecuadas y que la propuesta del Modelo Dual es una opción que se debe iniciar como programa paralelo para dar a los estudiantes una opción práctica de ser evaluados, ya que las competencias de muchos de los estudiantes como se ha comprobado en los últimos años han permitido que el alumno desarrolle y fortalezca habilidades que ya posee y que sumadas a las habilidades y capacidades que desarrolla durante su formación profesional le permiten un mayor campo de acción en su vida profesional, sumando así distintas formas de evaluación, para dar esa formación integral que requieren los profesionistas del futuro y que estarán enfrentando retos en todos los ámbitos tanto tecnológicos como de investigación, innovación, sustentabilidad, negocios, emprendimiento y liderazgo.

5- CONCLUSIONES

Hemos definido las mejores formas de realizar la formación; las prácticas descritas en este trabajo, son tres: prácticas técnico-pedagógicas, que se realizan en los primeros semestres o periodos y que permite al estudiante conocer las entidades del sector naval, tanto industrial de construcción como de diseño e inspección, las prácticas que se realizan a través de una estadía por un determinado tiempo en empresas del sector naval y las prácticas del modelo Dual [1], que permiten a los estudiantes con mayores habilidades prácticas cursar algunas experiencias educativas o asignaturas en la industria.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Educación dual y responsabilidad corporativa: alianzas público-privadas para la movilidad social. Una mirada desde México. (2019). Consultado en: https://www.es.unesco.org/sites/default/files/libroaudi_il_rm_ok_dic_2019_com.pdf

[2] Estatuto 2018 de alumnos de la Universidad Veracruzana (2018). Consultado en https://www.uv.mx/legislacion/files/2021/12/estatuto-alumnos-12-2021.pdf

[3] Guía para el modelo dual (2020). Dirección general del área técnica. Consultado en https://www.uv.mx/tecnica/files/2021/10/guia-formacion-dual-uv-2020_v1.pdf

[4] Nuevo mapa curricular, Ingeniería Naval (2020).Consultado en: https://www.uv.mx/veracruz/fimcn/licenciatura/inaval/