

J5



Instituto Panamericano de Ingeniería Naval

Instituto Pan-americano de Engenharia Naval
Pan-american Institute of Naval Engineering

XI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL,
TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA.

PREVISION DEL COMPORTAMIENTO EN LA MAR
DE UN BUQUE DE APOYO LOGISTICO

PAPER N° **40**

HONORIO SIERRA
Dr. Ingeniero Naval
Dirección de Innovación y Tecnología
E.N. BAZAN DE C.N.M., S.A. - Madrid
ESPAÑA

1.- OBJETO

Este estudio del comportamiento en la mar de un buque de Apoyo Logístico, tiene por objeto proporcionar una previsión de las características marineras que cabe esperar del buque, en función del estado de la mar, de la velocidad y del rumbo relativo a la dirección dominante de las olas.

Dado el carácter teórico de este trabajo, sus resultados han de considerarse útiles en su aspecto cualitativo. Aunque los valores obtenidos para los distintos parámetros estudiados son coherentes con los de otros buques análogos, es conveniente contrastarlos con ulteriores ensayos de Canal o con las propias pruebas de mar del buque una vez construido.

2.- CARACTERISTICAS DEL BUQUE

Este buque tiene por misión el aprovisionamiento en la mar de un grupo de combate (un portaviones y varias fragatas). Tiene capacidad para el transporte y suministro de líquidos (combustibles y agua) y sólidos (víveres, provisiones en general y municiones).

Las características principales son las siguientes:

| | | | | |
|----------------------------------|-----|---|----------|-------|
| Eslora total | Loa | = | 160 | m |
| Eslora entre perpendiculares ... | Lpp | = | 148 | m |
| Manga | B | = | 21,60 | m |
| Puntal | H | = | 11,80 | m |
| Desplazamiento, plena carga | | = | 14.600 | t |
| Calado, plena carga | T | = | 7,42 | m |
| Potencia instalada (MCR) | Pb | = | 2 x 7260 | kW |
| Velocidad sostenida (80% MCR) .. | V | = | 20 | nudos |

Capacidad de carga:

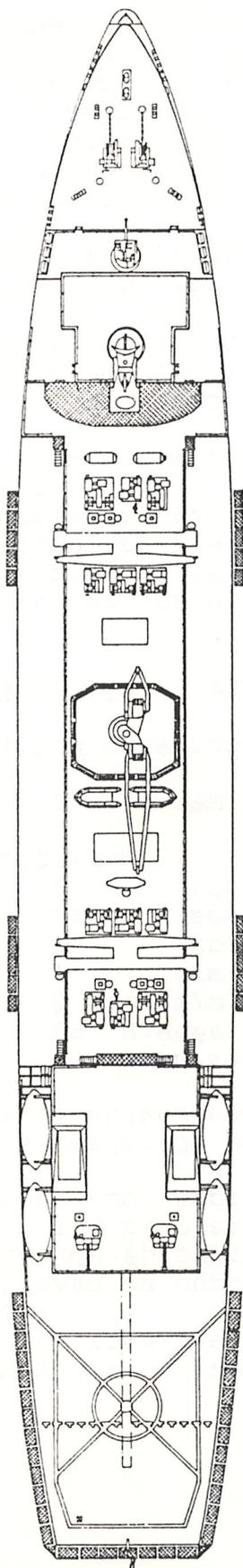
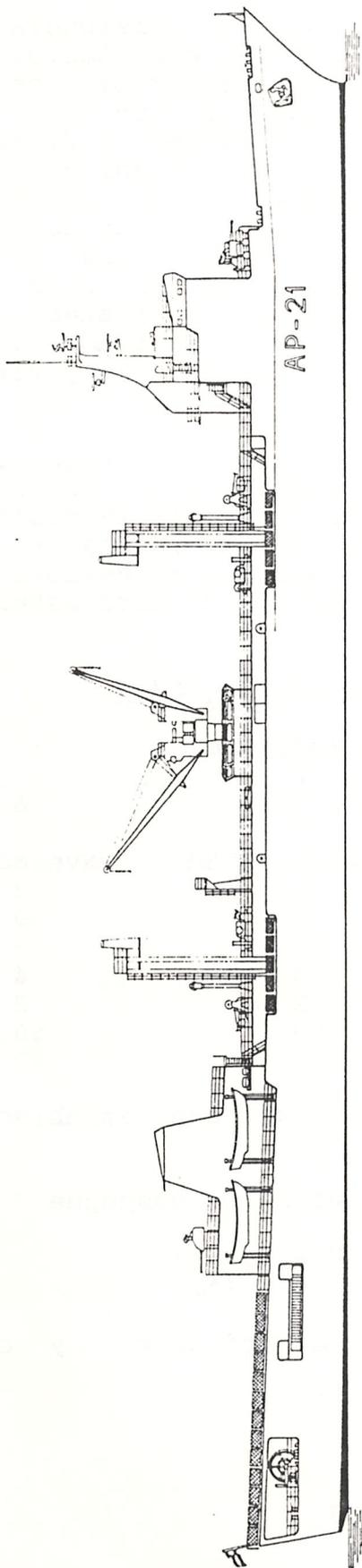
| | | |
|-------------------------------|-------|---|
| Combustibles (de 3 clases) .. | 6.600 | t |
| Agua | 180 | t |
| Carga sólida | 350 | t |

Radios de inercia:

| | | |
|------|------|-----|
| kx = | 0,34 | B |
| ky = | 0,25 | Lpp |
| kz = | 0,25 | Lpp |

Reserva para 18 m

BUQUE MIXTO PETROLERO Y DE APROVISIONAMIENTO



3.- CRITERIOS

En la actualidad, no tengo noticia de la existencia de ninguna norma en vigor que haya podido ser establecida por alguna Marina occidental, para fijar los requerimientos de aceptación de buques de guerra en relación con sus características marineras. No obstante, diversos especialistas pertenecientes a Marinas de algunas naciones de la OTAN han publicado trabajos en los que se proponen criterios que van creando doctrina para la elaboración de una futura norma. La propia OTAN ha editado dos normas concernientes al comportamiento del buque en olas: la STANAG 4154, que trata de criterios generales del comportamiento de fragatas y destructores y la STANAG 4194, sobre condiciones ambientales normalizadas de olas y viento aplicables a este tipo de estudios.

Tanto los trabajos antes aludidos como las normas de la OTAN citadas, de los que se ofrece referencia al final de este trabajo, han servido de base para elaborar la tabla 1, en la que se establecen unos criterios provisionales que, razonablemente, pudieran servir de base para evaluar el comportamiento en la mar del buque objeto de este estudio.

TABLA 1.- Valores límite de operatividad

(Criterio provisional de referencia)

| Estado de la Mar (SSN) | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------|-------------|---------------|------------|
| Operatividad | Helicóptero | Aprovisionam. | Navegación |
| Cabeceo (grados) | 3 | 3 | 3.5 |
| Balance (grados) | 10 | 6 | 10 |
| a.v. Helo (m/s ²) | 2 | - | - |
| a.v. Puente (m/s ²) | 4 | 4 | 4 |
| a.t. Puente (m/s ²) | 2 | 2 | 2 |
| Embarques de agua/h | 50 | 50 | 50 |
| Pantocazos por hora | 20 | 20 | 20 |

Como puede observarse en esta tabla, se han establecido tres tipos de operaciones:

- Posibilidad de toma de cubierta y despegue del helicóptero en Mar 4. (*)
- Posibilidad de aprovisionar en Mar 5. (*)
- Posibilidad de navegación en Mar 6. (*)

(*) Se hace referencia a estados de mar medios tal y como se definen en la STANAG 4194.

Entre los numerosos parámetros que pueden indicar las cualidades marineras del buque, se han elegido, como más representativos, los siguientes:

- Movimiento de cabeceo.
- Movimiento de balance.
- Aceleración vertical en la plataforma del helicóptero.
- Aceleración vertical en el puente de gobierno.
- Aceleración transversal en el puente de gobierno.
- Frecuencia de embarques de agua por proa.
- Frecuencia de pantocazos ("Slamming").
- Incremento de potencia por efecto de las olas.

Los tres estados de la mar considerados se han definido por los espectros de olas biparamétricos admitidos por las organizaciones ITTC e ISSC para olas de cresta larga. Los parámetros correspondientes se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2.- Valores característicos de las olas.

| Estado de la mar (SSN) | Altura de ola signific. (m) | Período modal (s) | Período caract. (s) |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| 4 | 1,9 | 8,8 | 6,8 |
| 5 | 3,25 | 9,7 | 7,5 |
| 6 | 5,0 | 12,4 | 9,5 |

Los valores de las tres primeras columnas están recogidos de la citada referencia, STANAG 4194. El período característico se ha deducido del período modal de acuerdo con la relación que guardan entre sí ambos parámetros (0,77), relación que viene determinada por el tipo de espectro aplicado.

La altura de ola significativa es el valor medio del tercio más alto de las olas medidas en una mar plenamente desarrollada.

4.- METODO DE CALCULO

El cálculo de los movimientos del buque en olas se ha realizado por medio del programa MOLAS. Este programa, basado en métodos teóricos y experimentales, es el resultado de la investigación denominada "Comportamiento en la mar de buques de guerra" desarrollado por BAZAN, con la colaboración de la Marina, entre los años 1.982 y 1.984.

El método teórico fue completado en sus parámetros experimentales, por datos procedentes de ensayos con modelos realizados en el Canal David Taylor (Washington), y de pruebas de mar de la corbeta "Infanta Elena" y del patrullero "Recalde", buques puestos a disposición de dicho proyecto de investigación por la Armada.

Este programa tiene capacidad para calcular los movimientos de oscilación vertical, oscilación lateral, cabeceo, balance, guiñada, aceleraciones en cualquier punto del buque, movimientos relativos al agua de cualquier punto, frecuencia de embarque de agua, pantocazos ("slamming"), e incremento de potencia debido a las olas para mantener la velocidad. El espectro de olas puede ser matemático (unidireccional o bidireccional) o procedente de medidas directas en la mar.

En cuanto a la fiabilidad del programa, cabe decir que, a pesar de haber sido contrastado con resultados reales de un pequeño número de buques, los valores obtenidos para el buque objeto de este estudio, son comparables con los de buques análogos como se indicó en el apartado 1.

5.- CONDICIONES CONSIDERADAS

Todo el estudio se ha realizado en la condición de plena carga teniendo en cuenta el efecto de las quillas de balance.

Con el fin de estudiar con suficiente amplitud el comportamiento del buque en olas, se han calculado los espectros de respuesta de los ocho parámetros citados en el apartado 3, en los tres estados de la mar igualmente citados, con olas provenientes de todas direcciones en intervalos de 15 grados y velocidades de 5, 10, 15 y 20 nudos.

6.- RESULTADOS

6.1. Presentación.

Combinar todos estos parámetros y condiciones ha supuesto el cálculo de 1250 espectros de respuesta, el análisis de 2650 hojas de resultados y 300 horas de ordenador.

Los resultados obtenidos se presentan en forma de diagramas polares, sistema habitual de representación de comprensión

rápida, global e intuitiva. Cada uno de estos diagramas está constituido por las siguientes curvas:

- Cuatro circunferencias concéntricas correspondientes a las velocidades del buque de 5, 10, 15 y 20 nudos respectivamente.
- 24 radios a intervalos de 15 grados, que representan direcciones dominantes de las olas respecto al buque, correspondiendo 0 grados a las olas de popa, 90 grados a las de través, 180 grados a las de proa, etc.
- Diverso número de curvas, según cada caso, que representan el lugar geométrico de los puntos cuyo parámetro representado adquiere el mismo valor.

En consecuencia, cada diagrama polar permite conocer el valor significativo de un parámetro (por ejemplo, la amplitud de balance), en un determinado estado de la mar, cualquiera que sea la velocidad del buque y la dirección dominante de las olas.

Por lo tanto, los diagramas polares de las figuras 3 a 16, en conexión con los valores límite de la tabla 1, permiten determinar las "zonas" (combinaciones de velocidad y rumbo) en las que el buque no debe operar a causa de las limitaciones de cada uno de los parámetros considerados.

En los apartados siguientes se comenta brevemente el comportamiento del buque en relación con cada uno de los parámetros estudiados.

6.2. Cabeceo. (Fig. 3, 4 y 5)

El buque puede operar sin limitaciones de velocidad y rumbo en los tres estados de la mar considerados, de acuerdo con el criterio fijado para el movimiento de cabeceo.

6.3. Balance. (Fig. 6, 7 y 8)

No hay limitación para operar con el helicóptero en mar 4, por este concepto. Tampoco la habría en mar 5.

El buque puede aprovisionar en mar 5 con cualquier rumbo excepto con olas de través, de aleta y direcciones comprendidas entre ambas.

Las limitaciones para navegación en mar 6 son análogas a

las citadas para aprovisionamiento en mar 5, lo que se explica porque, si bien las amplitudes de balance son mayores en aquél estado de la mar, el valor límite para navegación (10 grados), es superior al establecido para aprovisionamiento (6 grados).

6.4. Aceleración vertical en la plataforma de helicóptero. (Fig. 9)

No hay limitación para operar con el helicóptero en mar 4. Aunque, según el criterio establecido en este estudio, no se requiere que el helicóptero pueda tomar cubierta o despegar en este buque con mar 5, podría hacerlo sin limitaciones en lo referente a este parámetro.

6.5. Aceleración vertical y horizontal en el puente de gobierno. (Fig. 10 a 15)

No hay limitaciones de velocidad ni de rumbo en ninguno de los tres estados de la mar considerados, por causa de estos dos parámetros.

6.6. Embarques de agua. (Fig. 16)

De acuerdo con el criterio establecido, no hay limitaciones por esta causa en mares de intensidad 4 y 5. En mar 6 se presenta una pequeña zona de limitación voluntaria con olas de amura.

6.7. Pantocazos. (Fig. 17)

El buque tiene excelentes cualidades para evitar los pantocazos pues, como puede observarse en el diagrama correspondiente, la frecuencia no pasa de 4 por hora, en mar 6, en la peor zona, que en este caso es la combinación de 20 nudos con olas de amura. Este valor está muy por debajo del límite establecido (20 pantocazos por hora).

No se incluyen los resultados de la frecuencia de pantocazos en estado de la mar 4 y 5 por innecesarios, ya que la probabilidad de aparición es tan baja que no se alcanza un pantocazo por hora en ninguna zona.

6.8. Pérdida de velocidad. (Fig. 18)

El programa MOLAS calcula el incremento de potencia necesario para mantener la velocidad del buque en cualquier estado de la mar y dirección dominante de las olas. Estos resultados, combinados con la curva de potencia obtenida con los ensayos del Canal en aguas tranquilas y casco limpio, ha permitido determinar la limitación de velocidad no voluntaria. Como puede observarse, la velocidad límite con olas de proa, en mar 6, es del orden de 18,5 nudos. Este valor va aumentando a medida que aumenta el ángulo de incidencia de las olas, de modo que con mar de amura ya se superan los 19 nudos y, 15 grados más allá, se obtienen los 20 nudos, velocidad que se mantiene ya en las restantes direcciones.

En mar 5 e intensidades inferiores, la velocidad del buque no baja de los 20 nudos cualquiera que sea su rumbo.

7.- CONCLUSIONES

Como la operatividad del buque en cada una de las situaciones (navegación, aprovisionamiento y maniobra de helicóptero) está ligada a un estado de la mar (ver tabla 1), es fácil deducir de los diagramas polares 3 a 18 las zonas de operación no recomendadas en cada una de dichas situaciones. Basta, para ello, con superponer todos los diagramas polares correspondientes a un mismo estado de la mar y trazar los límites establecidos en dicho estado para los distintos parámetros.

De este modo, se ha obtenido el diagrama de la figura 1, donde se han sombreado las zonas en las cuales el buque no debe, o no puede, navegar en mar 6. Así, se ha señalado la limitación no voluntaria de velocidad (por limitación de potencia) citada en el apartado 6.8. y las zonas no recomendadas por embarques de agua (apartado 6.6.) y amplitud de balance (apartado 6.3.). Estas zonas no recomendadas definen la limitación de velocidad voluntaria supeditada, obviamente, al criterio del Comandante del buque según las circunstancias que puedan concurrir en cada caso.

Las limitaciones de la operatividad del buque en la maniobra de aprovisionamiento a otros buques (mar 5), se han representado, de manera análoga, en la figura 2. En este caso, no hay necesidad de reducción obligada de velocidad en ninguna zona de operación. La única zona no

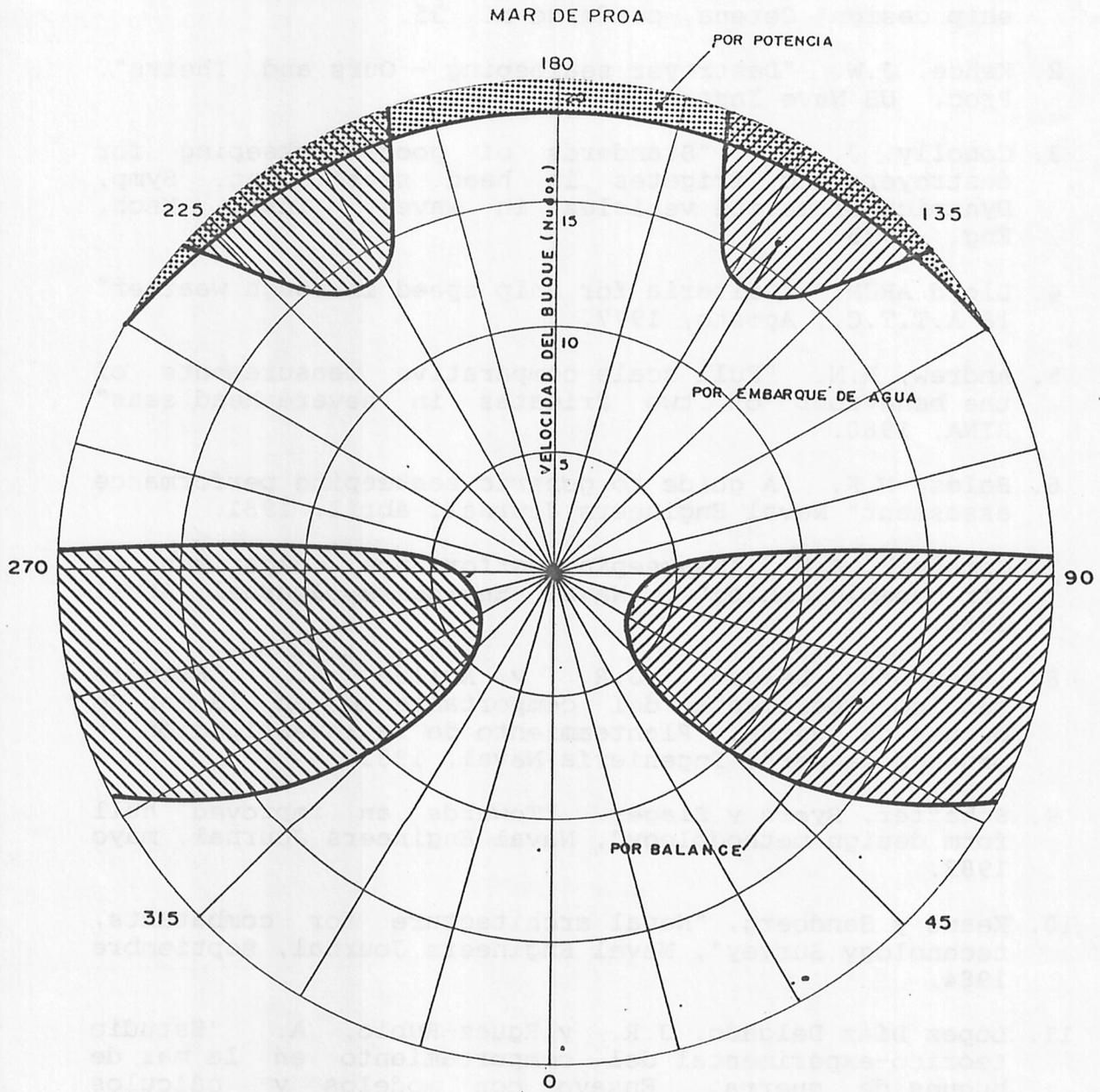
recomendada es la debida al movimiento de balance con mar de través y de aleta (apartado 6.3.), lo cual no constituye una limitación especial debido a que la maniobra de aprovisionamiento sólo se debe realizar con mar y viento de popa o de proa (o abierto una o dos cuartas), para disminuir el riesgo de colisión con el buque o buques receptores.

En cuanto a la operatividad en maniobras de despegue y toma de cubierta del helicóptero, no se ha elaborado el diagrama integral correspondiente debido a que no existen limitaciones de operación, en mar 4, a causa de ninguno de los parámetros implicados. Asimismo, no existe limitación alguna para efectuar este tipo de maniobras en Mar 5.

REFERENCIAS

1. Chiló, B. "Seakeeping merit rating criteria applied to ship design" Cetena, cuaderno n. 35.
2. Kehoe, J.W. "Destroyer seakeeping - Ours and Theirs": Proc. US Nave Inst. 1973.
3. Conolly, J. E. "Standards of good seakeeping for destroyers and frigates in head seas". Int. Symp. Dynamics of marine vehicles in waves. Inst. Mech. Eng. 1975.
4. Lloyd ARJM. "Criteria for ship speed in rough weather" 18 A.T.T.C., Agosto, 1977.
5. Andrew, R.N. "Full scale comparative measurements of the behaviour of two frigates in severe head seas" RINA, 1980.
6. Bales, N.K. "A guide to generic seakeeping performance assesment" Naval Engineers Journal, abril, 1981.
7. Comstock, E.N. "Seakeeping performance comparison of air capable ships". Naval Engineers Journal, Abril 1982.
8. López Díaz Delgado, J.R. y Avilés A. "Estudio teórico-experimental del comportamiento en la mar de buques de guerra. Planteamiento de la investigación y pruebas de mar", Ingeniería Naval, 1983.
9. Schaffer, Byers y Slager, "Towards an improved hull form design methodology", Naval Engineers Journal, mayo 1983.
10. Keane y Sandberg, "Naval architecture for combatants, technology Survey", Naval Engineers Journal, septiembre 1984.
11. López Díaz Delgado, J.R. y Rguez-Rubio, A. "Estudio teórico-experimental del comportamiento en la mar de buques de guerra. Ensayo con modelos y cálculos teóricos", Ingeniería Naval, 1985.
12. Estudio de viabilidad de la fragata NFR-90.

FIG. I.- DIAGRAMA DE OPERATIVIDAD EN NAVEGACION



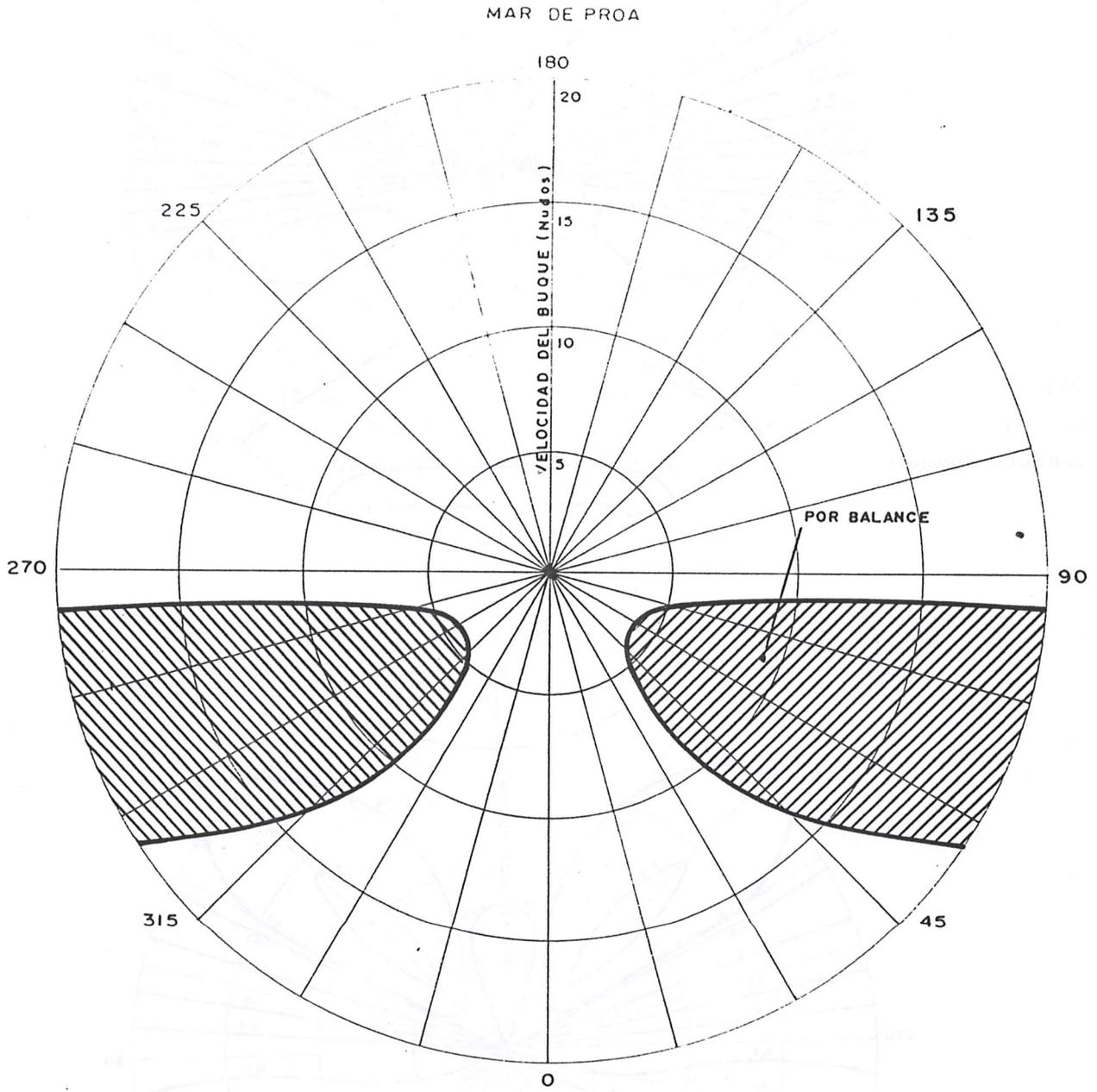
ZONA DE LIMITACION VOLUNTARIA



ZONA DE LIMITACION OBLIGADA

MAR-6

FIG. 2.-DIAGRAMA DE OPERATIVIDAD EN APROVISIONAMIENTO



ZONA DE LIMITACION VOLUNTARIA

MAR - 5

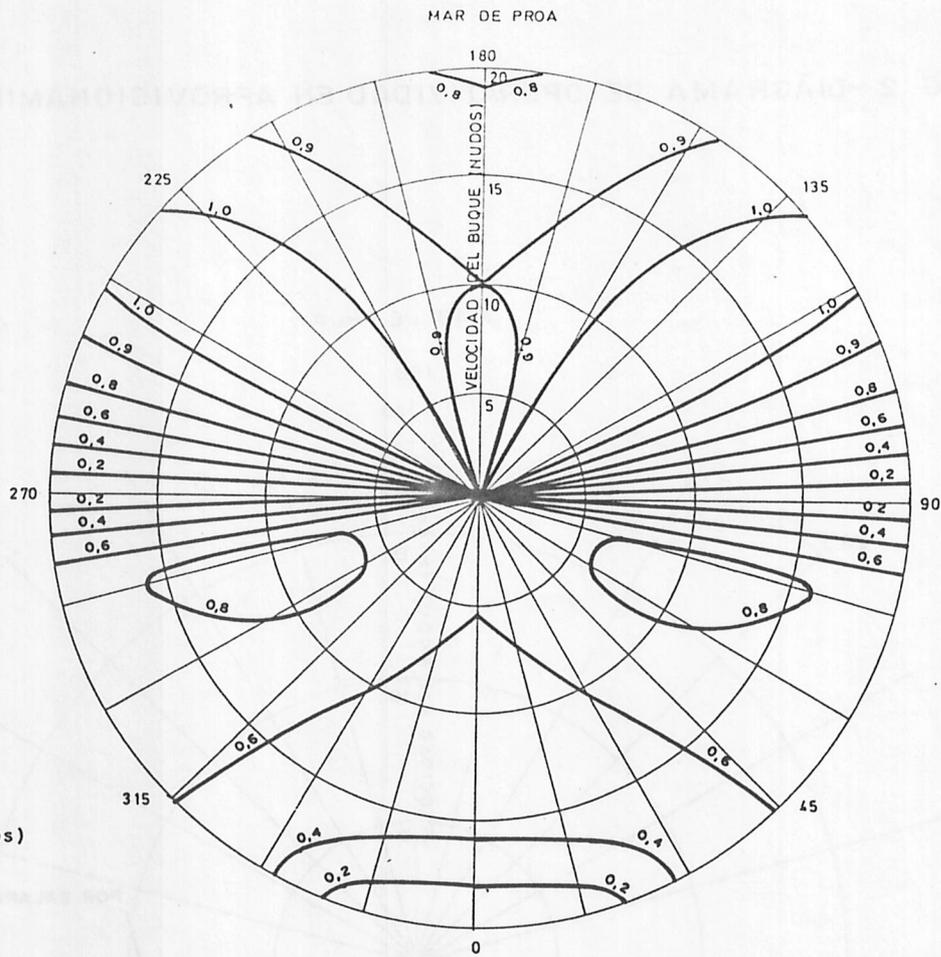


Fig. 3
MAR - 4
CABECEO (grados)

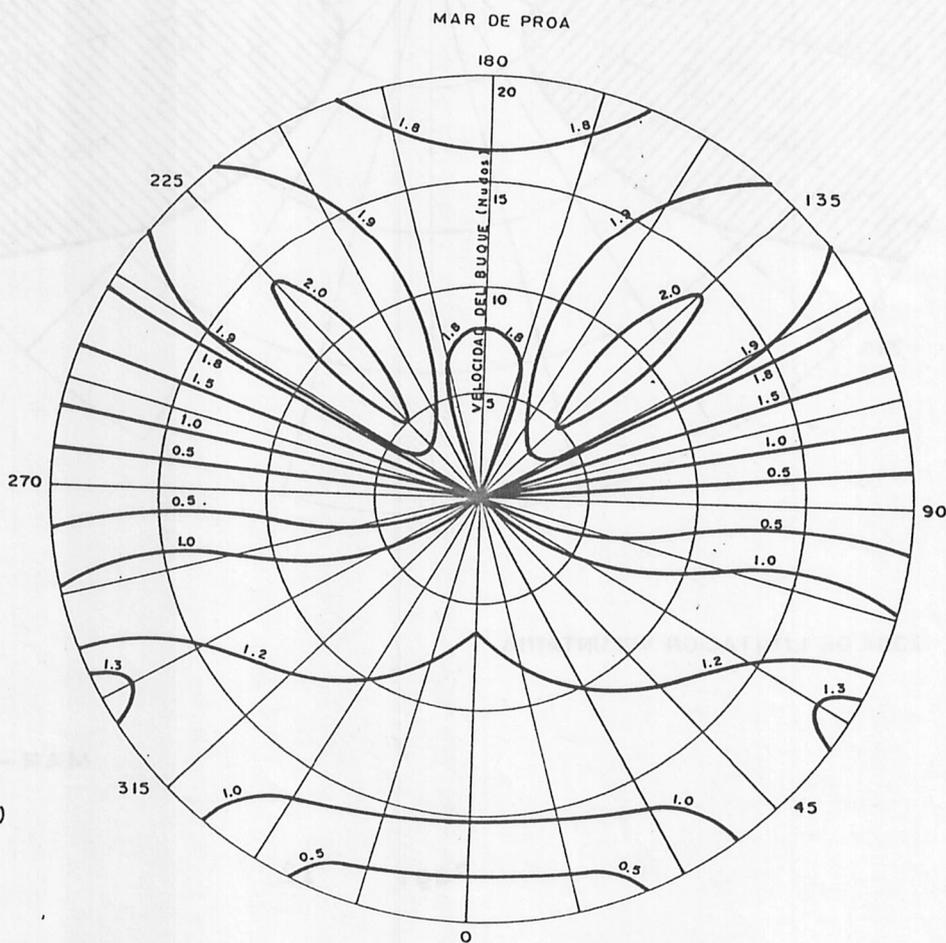


Fig. 4
MAR - 5
CABECEO (grados)

MAR DE PROA

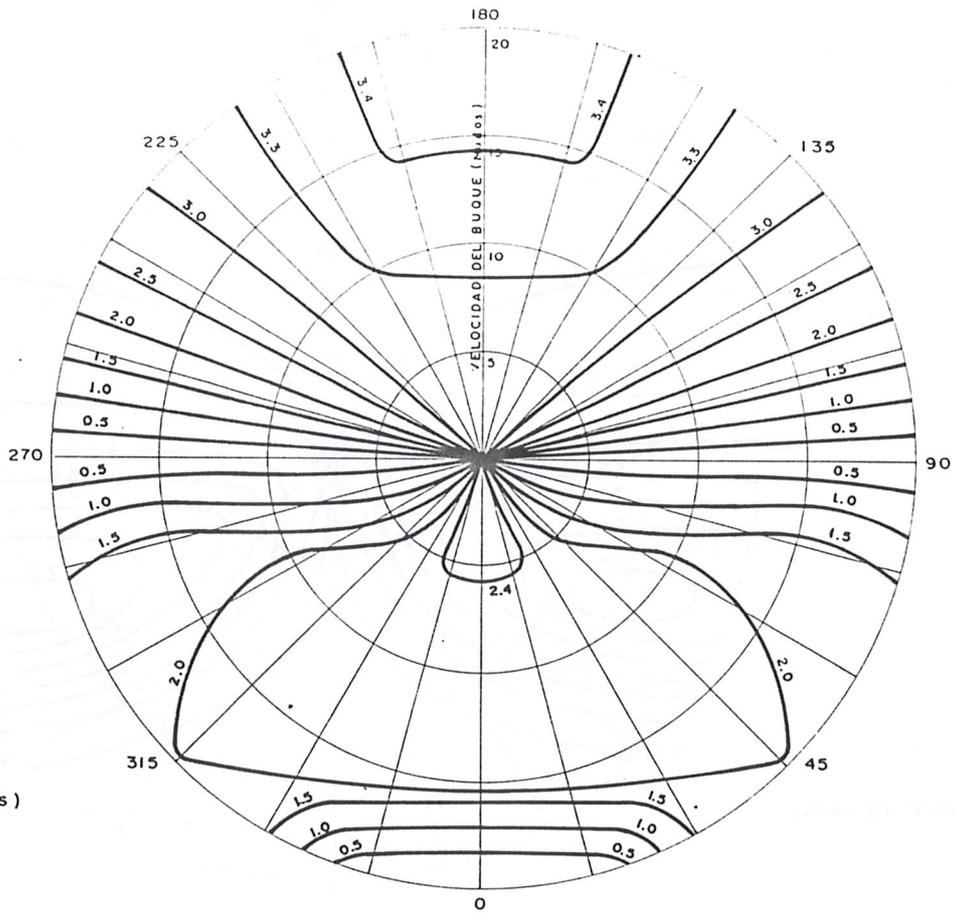


Fig. 5
MAR - 6
CABECEO (grados)

MAR DE PROA

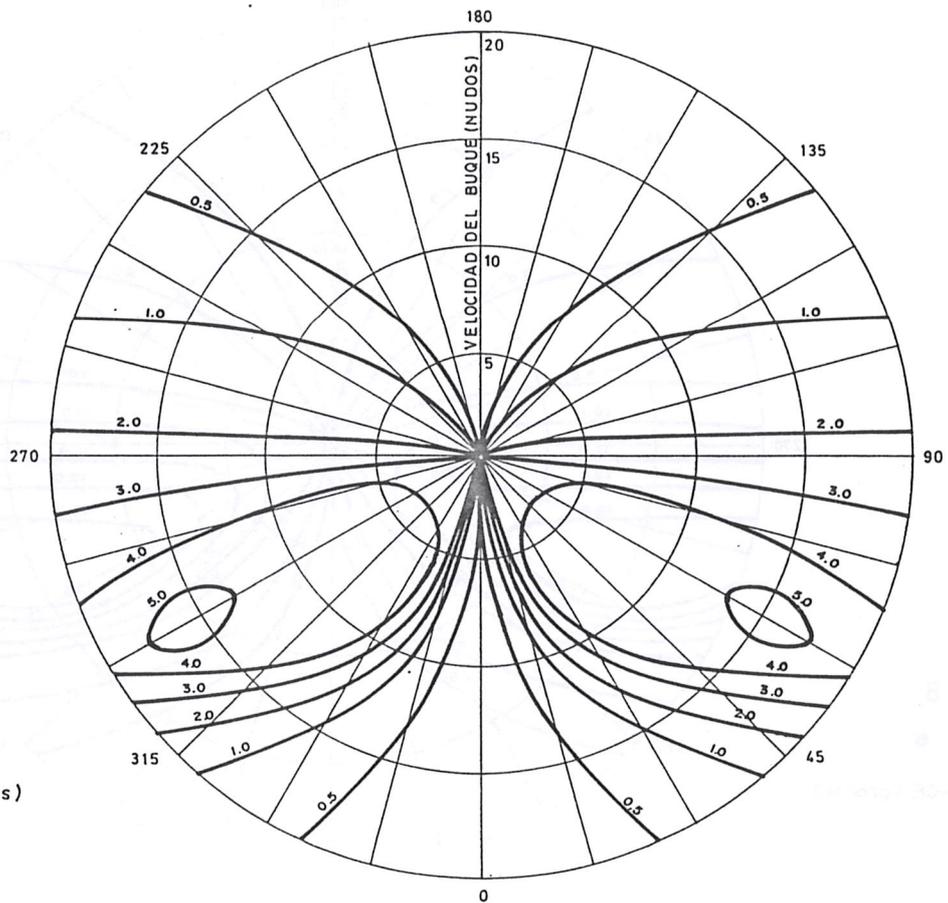


Fig. 6
MAR - 4
BALANCE (grados)

7. Igual

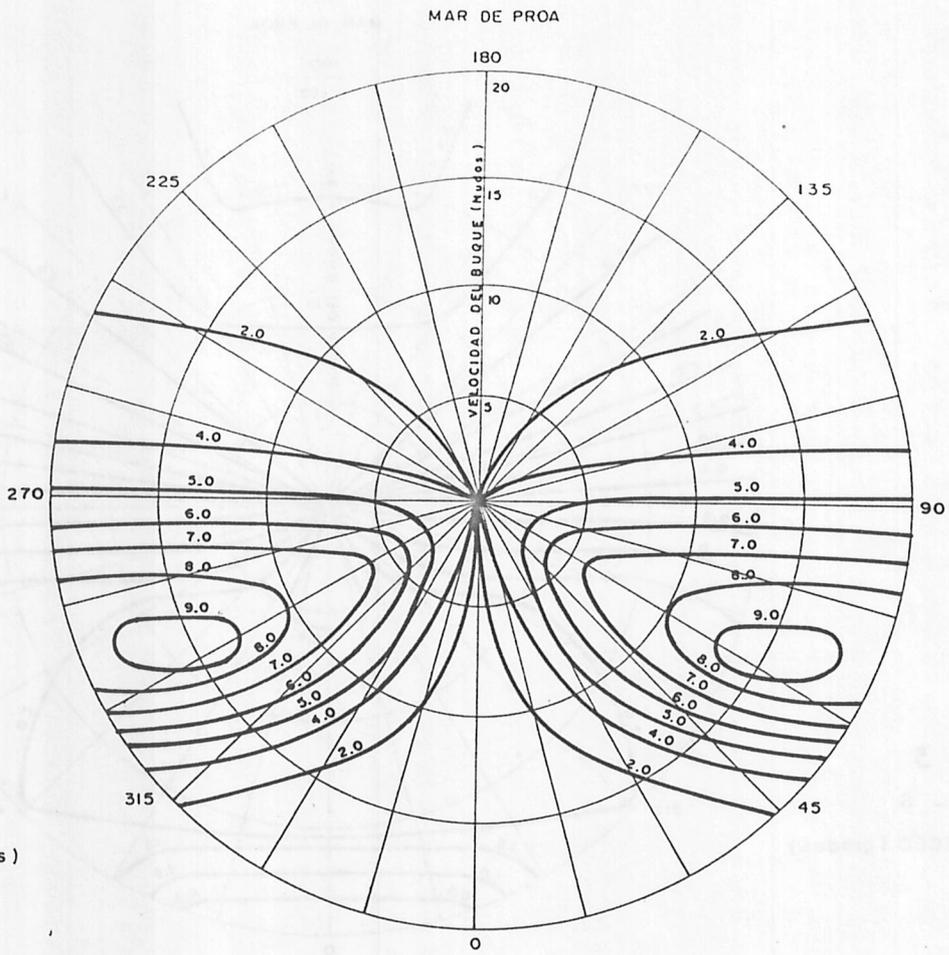


Fig. 7
MAR - 5
BALANCE (grados)

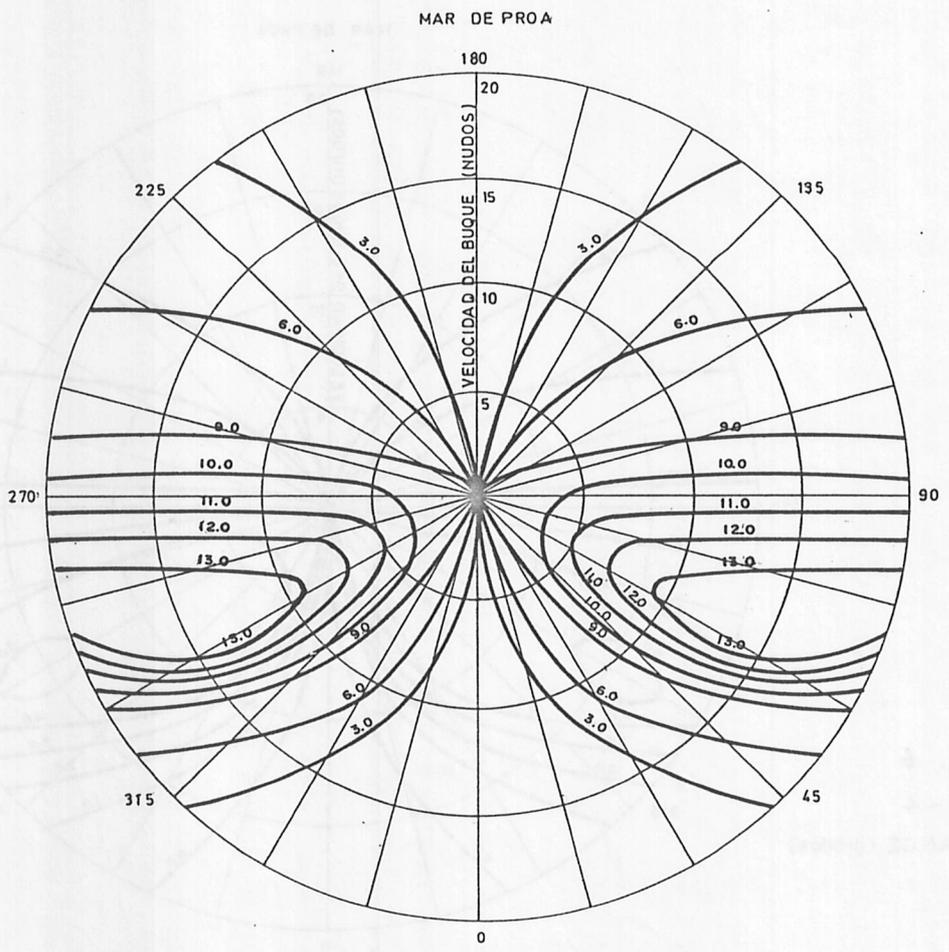


Fig. 8
MAR - 6
BALANCE (grados)

T. 1800

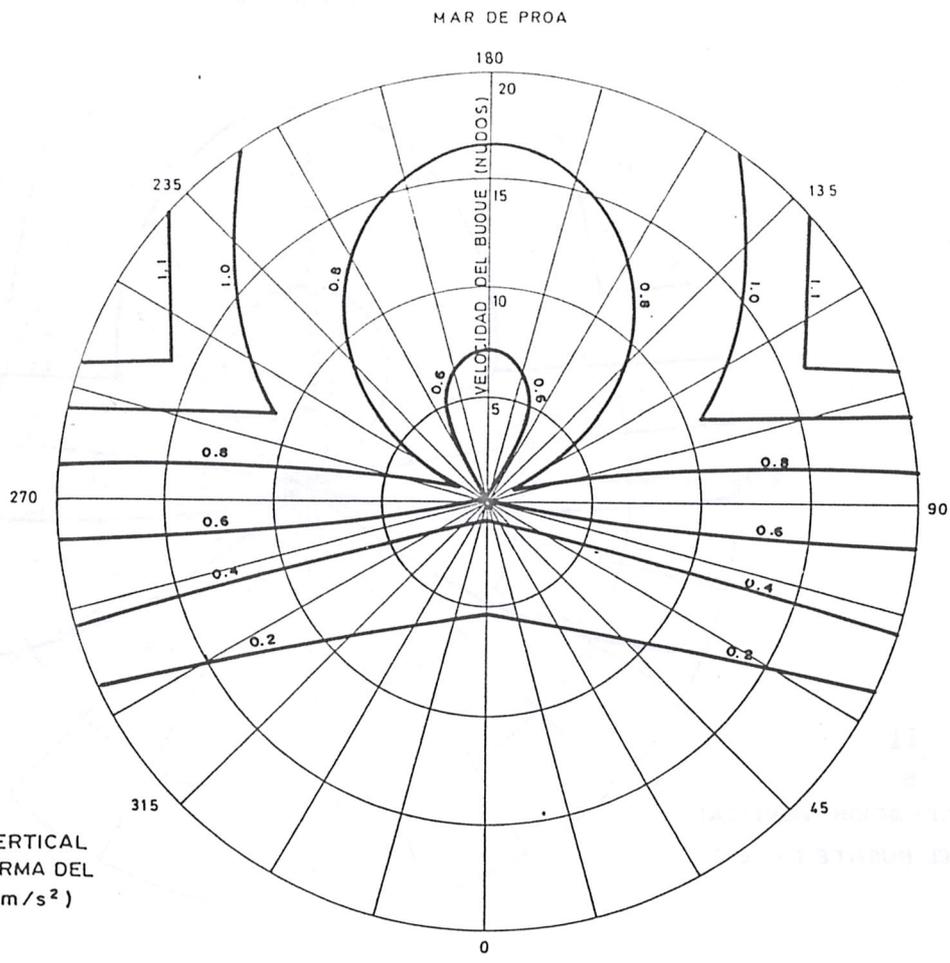


Fig. 9
MAR - 4
ACELERACION VERTICAL
EN LA PLATAFORMA DEL
HELICOPTERO (m/s^2)

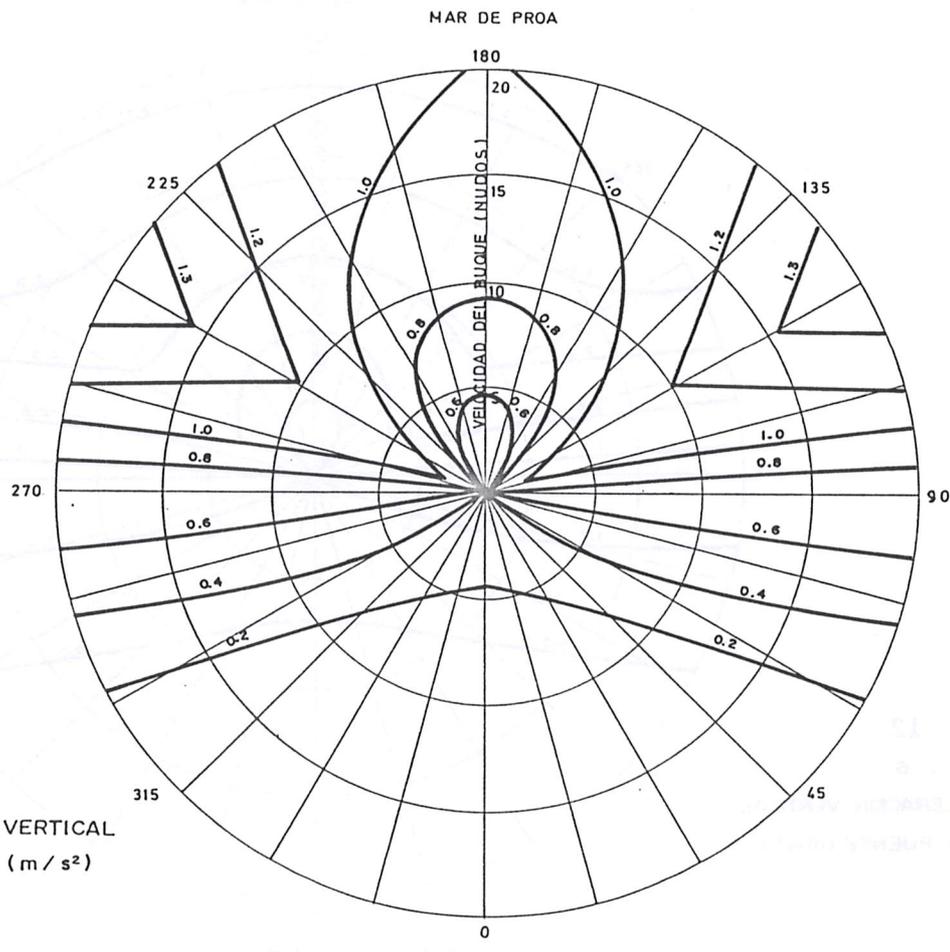
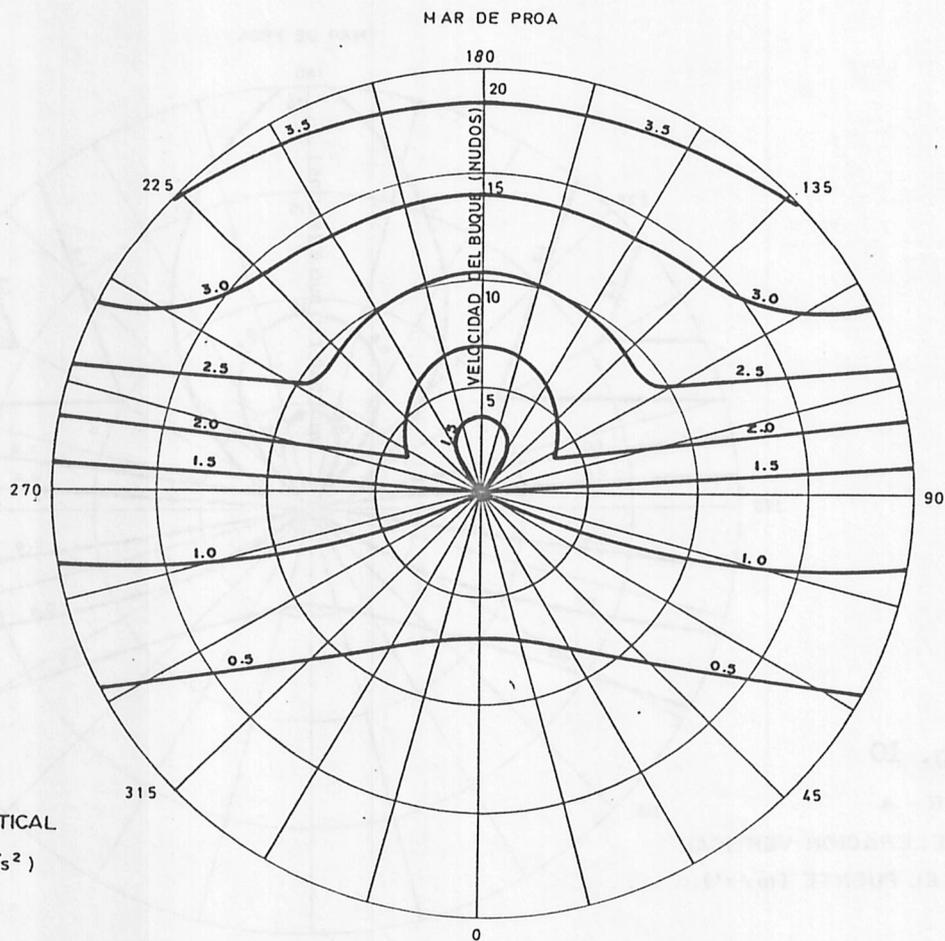
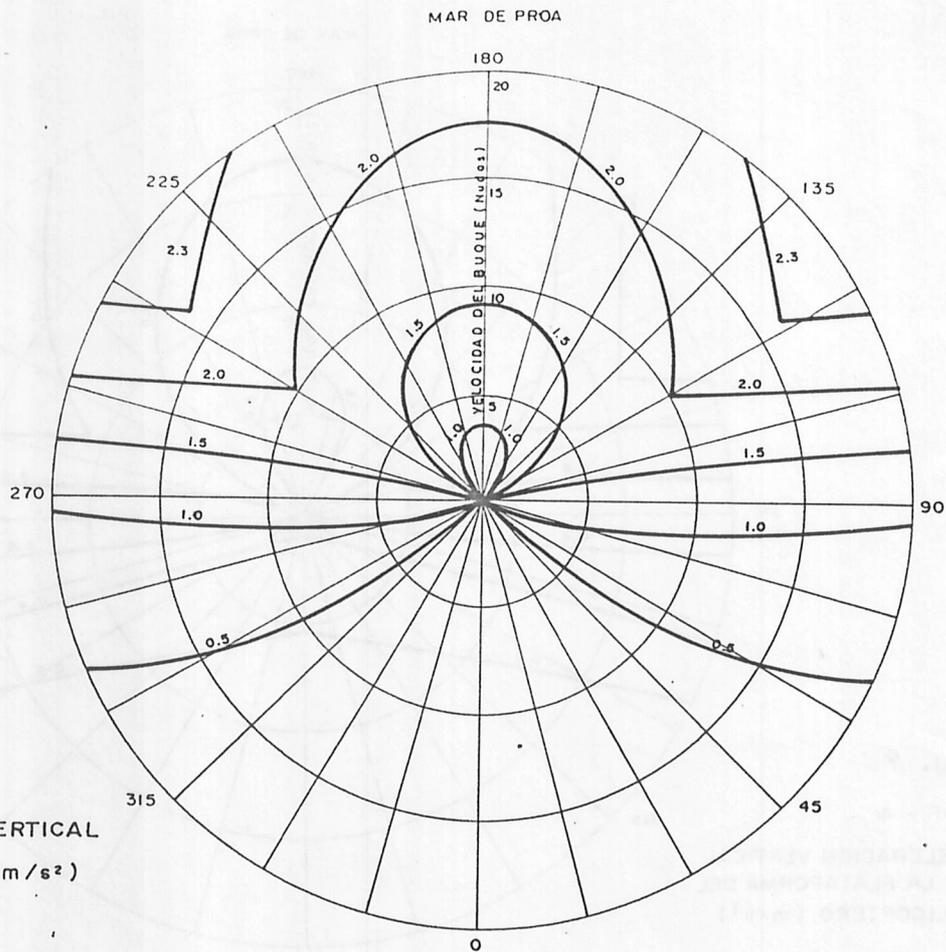


Fig. 10
MAR - 4
ACELERACION VERTICAL
EN EL PUENTE (m/s^2)

Figura



Original

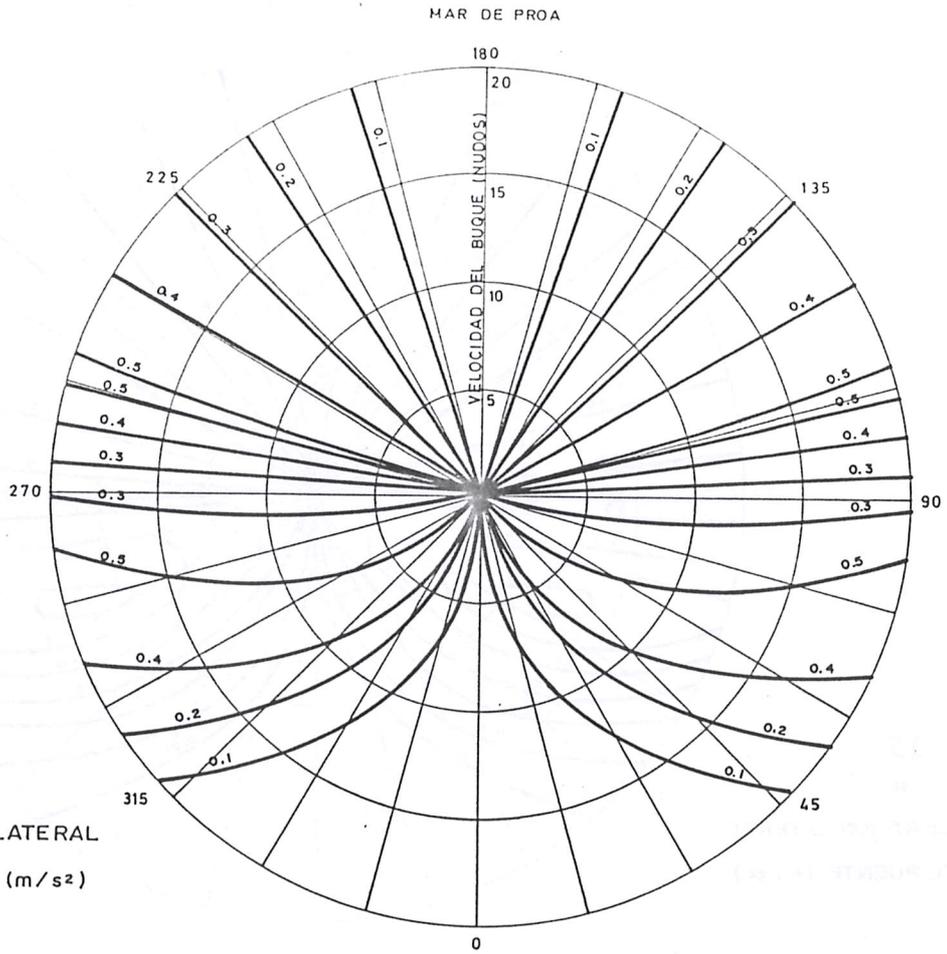


Fig.13
MAR - 4
ACELERACION LATERAL
EN EL PUENTE (m/s²)

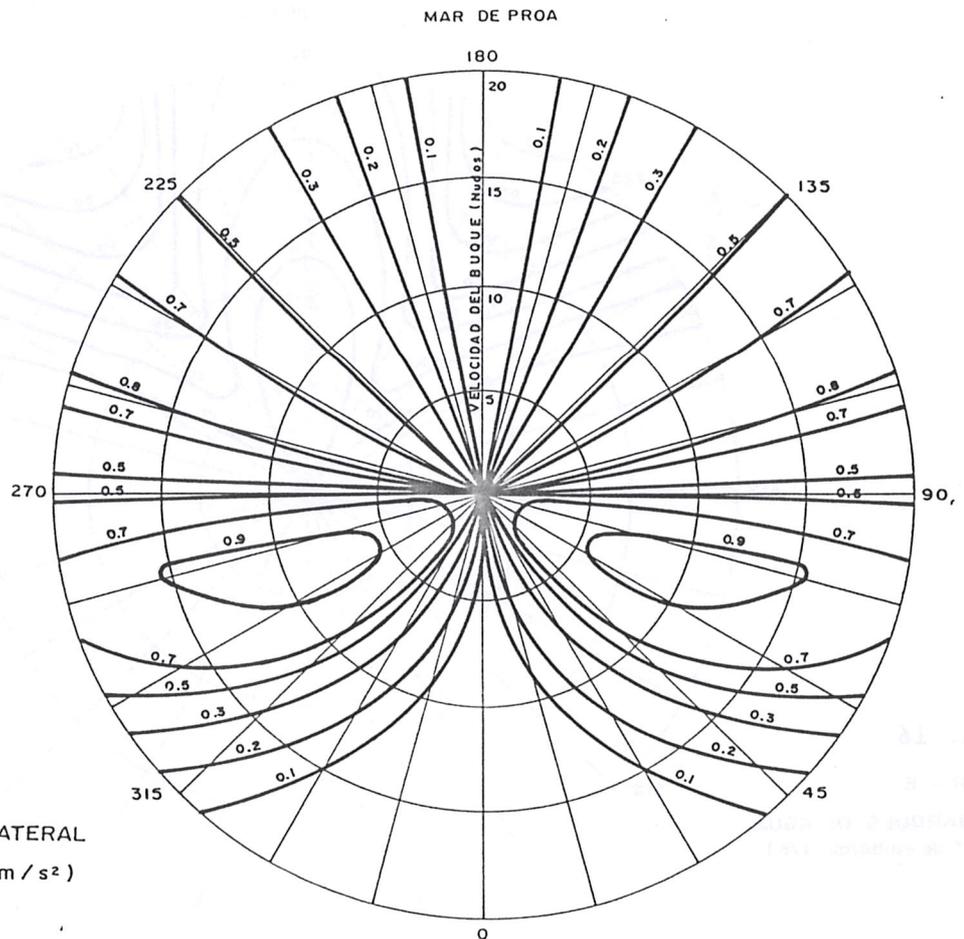


Fig. 14
MAR - 5
ACELERACION LATERAL
EN EL PUENTE (m/s²)

T. igual

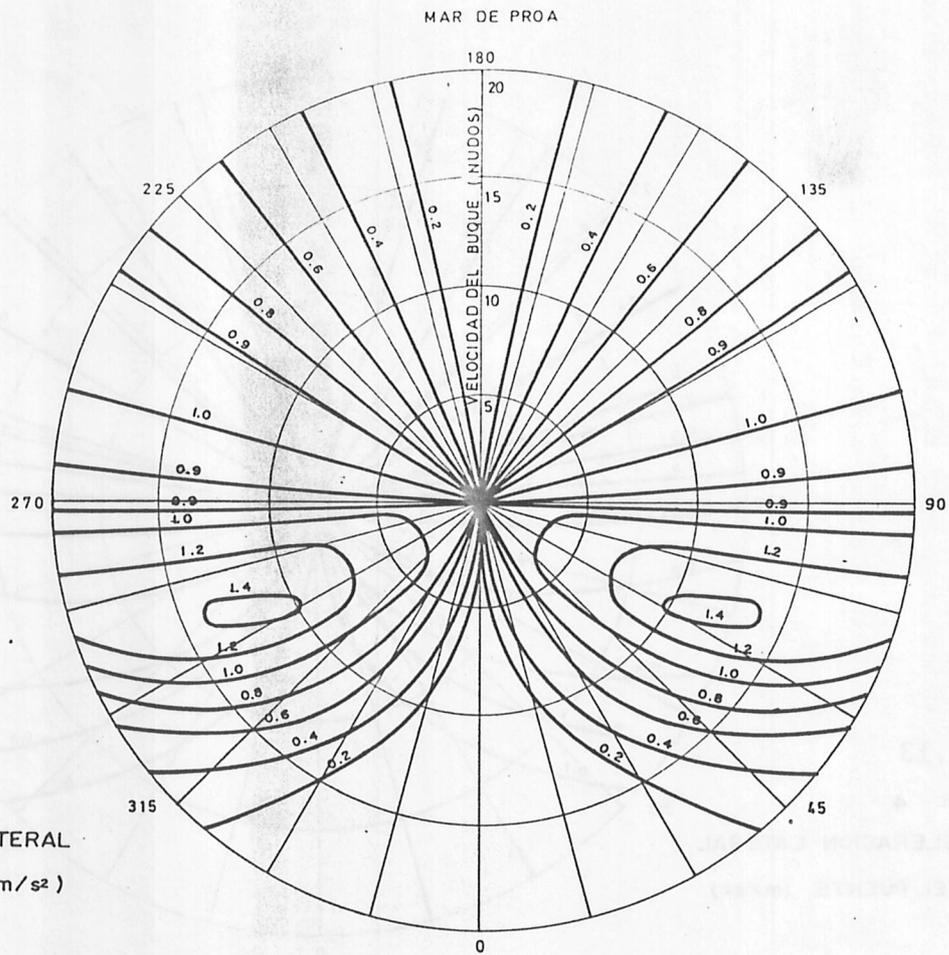


Fig. 15
MAR - 6
ACELERACION LATERAL
EN EL PUENTE (m/s^2)

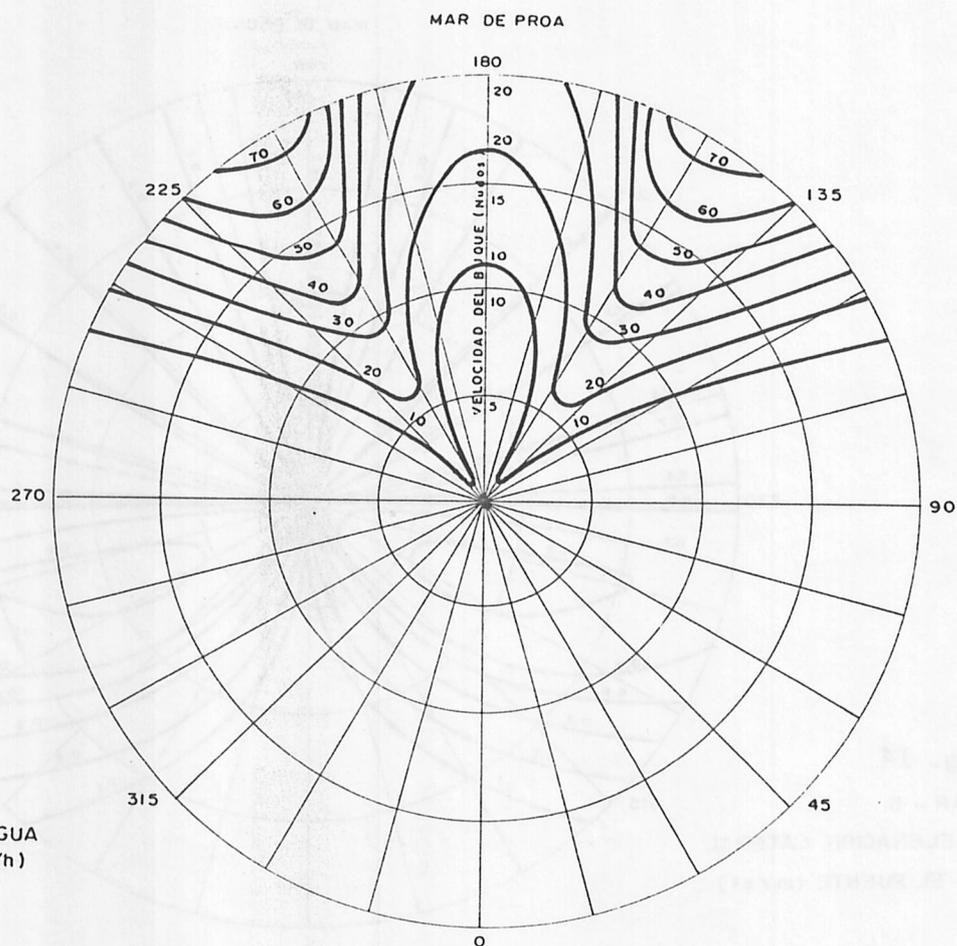


Fig. 16
MAR - 6
EMBARQUES DE AGUA
(N° de embarques/h)

T. usual

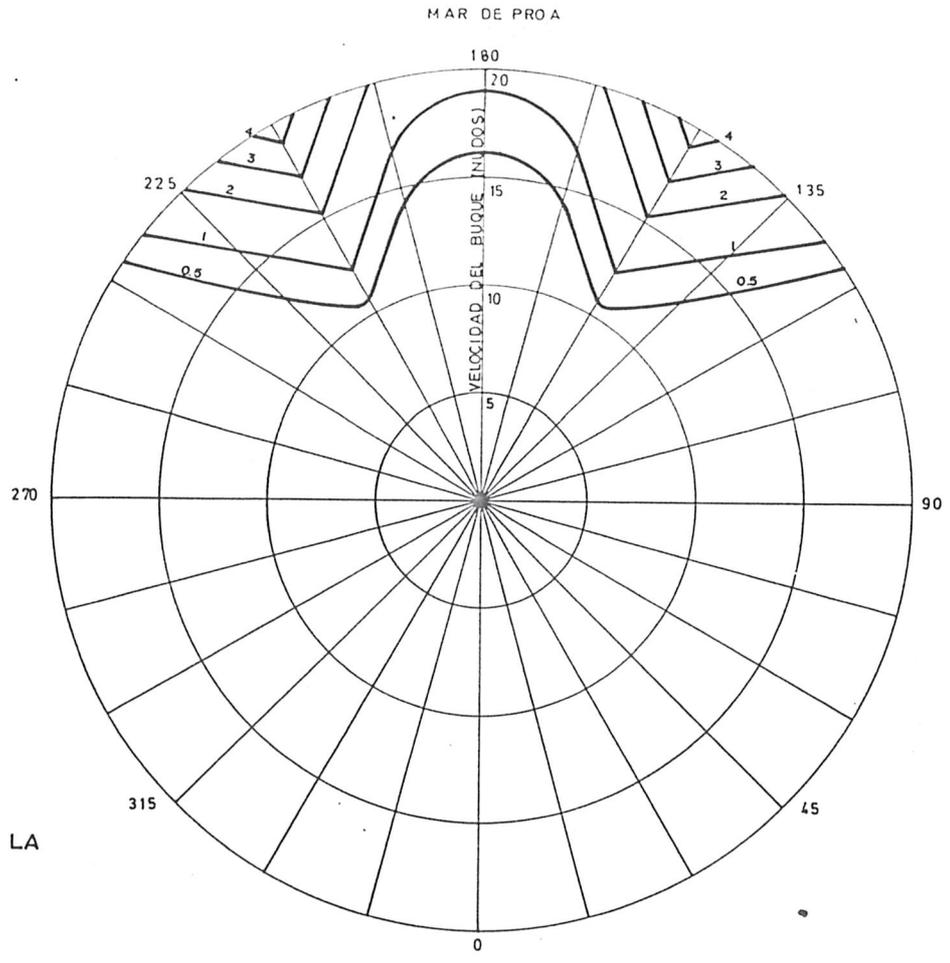


Fig. 17
MAR - 6
PANTOCAZOS EN LA
SECCION 3
(Pantocazos / h)

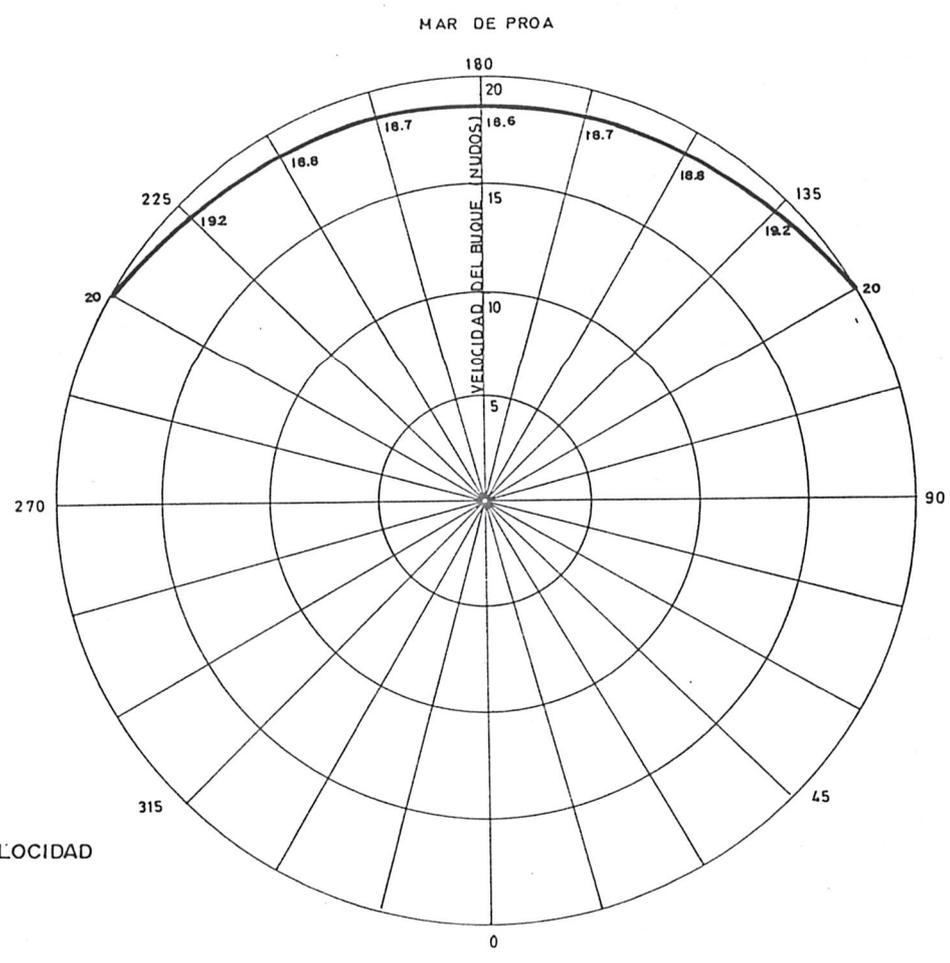


Fig. 18
MAR - 6
PERDIDA DE VELOCIDAD

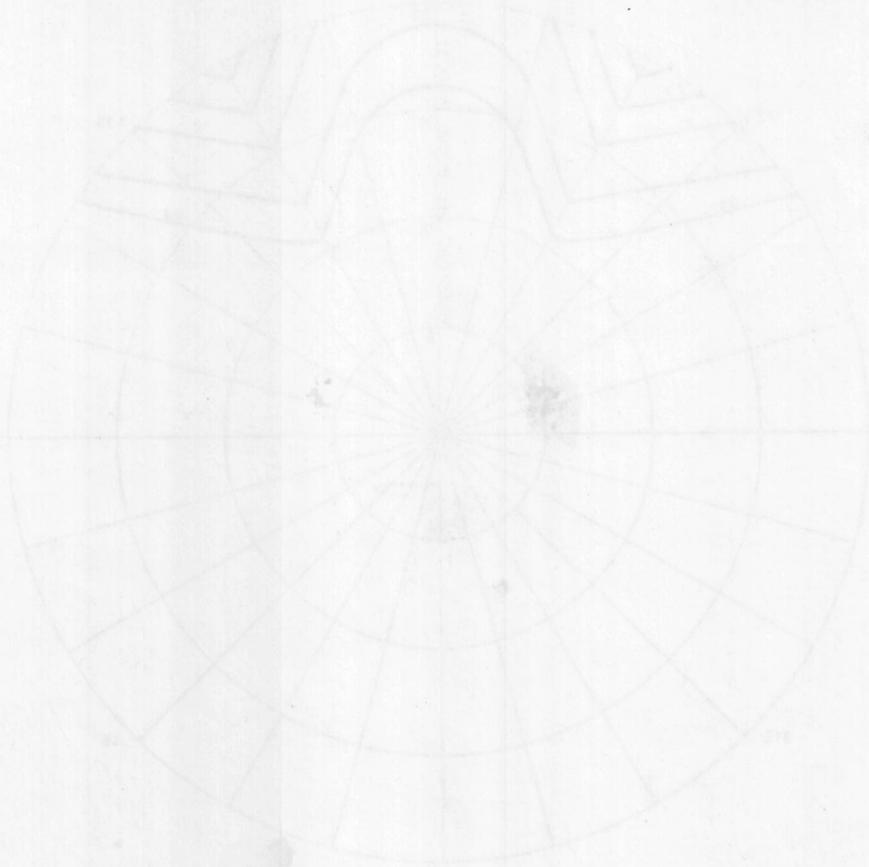


Fig. 17
 SECTION OF WELDING
 (continued)

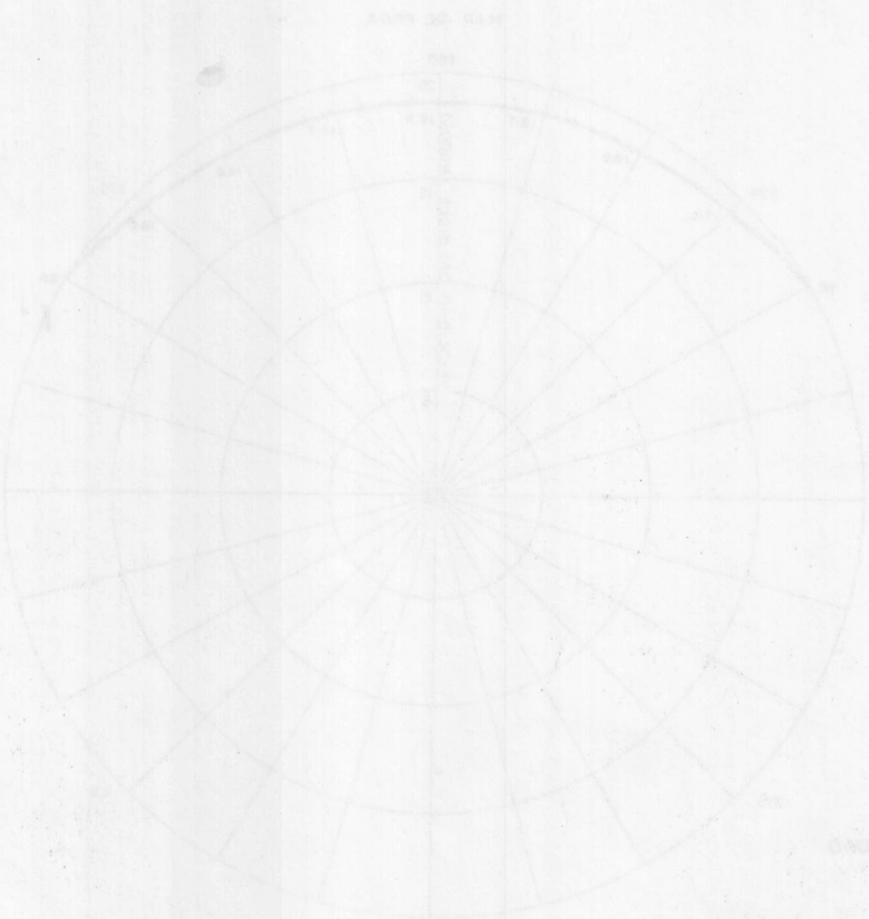


Fig. 18
 SECTION OF WELDING