



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**CURSO 2016/17**

---

*REMOLCADOR DE PUERTO DE 60 TPF*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 5**

**SITUACIONES DE CARGA**

**Alumno: Mario Martínez Caamaño**

**Tutor: Marcos Míguez González**

## **PROYECTO NÚMERO 17-08**

**TIPO DE BUQUE:** Remolcador de puerto de 60 TPF

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** Bureau Veritas, SOLAS, MARPOL, FIFI 1 OIL REC

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Gancho de remolque

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 12 nudos en condiciones de servicio. 85%MCR+15% de margen de mar. Autonomía: 3000 millas a la velocidad de servicio

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Los habituales en este tipo de buques

**PROPULSIÓN:** propulsor azimutal. DIESEL ELECTRICO

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 4 personas + 10 SURVIVORS

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Contraincendios, lucha contra la contaminación en el mar

Ferrol, 10 Setiembre 2016

ALUMNO/A: **Dº Mario Martínez Caamaño**

## Contenido

1	PRESENTACIÓN.....	4
2	CRITERIOS DE ESTABILIDAD Y CONDICIONES DE CARGA APLICABLES .....	4
2.1	CÓDIGO INTERNACIONAL DE ESTABILIDAD SIN AVERÍA (CÓDIGO IS 2008).....	5
2.2	CRITERIO METEOROLÓGICO APLICABLE A TODOS LOS BUQUES EN AL MENOS LA PEOR CONDICIÓN DE CARGA .....	5
2.3	NORMATIVA OBLIGATORIA ESPECÍFICA DEL BUQUE PROYECTO.....	9
3	PESO EN ROSCA.....	17
4	PESO MUERTO.....	18
4.1	PLANO DE TANQUES.....	18
4.2	CONSUMOS AL 100%.....	20
4.3	CONSUMOS AL 10%.....	20
4.4	TRIPULACIÓN Y POSIBLE PERSONAL AUXILIAR O PASAJE .....	20
4.5	PERTRECHOS.....	21
4.6	VÍVERES .....	21
4.7	CARGA .....	21
4.8	EQUIPOS ESPECÍFICOS.....	21
5	CORRECCIÓN POR SUPERFICIES LIBRES.....	21
6	CONDICIONES DE CARGA .....	27
7	ANEXO. CIRCULAR 2/79 DE LA DGMM.....	42

## 1 PRESENTACIÓN

La estabilidad es la capacidad que tiene el buque de recobrar su posición de equilibrio al haber sido apartado de ella por la acción de diversas fuerzas: viento, estado de la mar, pesos, superficies libres, etc.

Debido a las particularidades que presenta la actividad de nuestro buque, el estudio de la estabilidad en distintas situaciones de carga, requiere, además de los criterios generales, el cumplimiento de una serie de criterios específicos.

Se prestará especial atención al momento escorante de arrastre, así como al de tiro provocados ambos por la propia actividad de remolque.

Estas son las características principales del buque:

<b>Loa</b>	<b>30,20 m</b>
<b>Lpp</b>	<b>26,80 m</b>
<b>B</b>	<b>11 m</b>
<b>D</b>	<b>5,45 m</b>
<b>T</b>	<b>4,45 m</b>
<b>Cb</b>	<b>0,53</b>
<b>Cm</b>	<b>0,86</b>
<b>Cp</b>	<b>0,61</b>
<b>Cf</b>	<b>0,62</b>
<b><math>\Delta</math></b>	<b>712,67 t</b>

## 2 CRITERIOS DE ESTABILIDAD Y CONDICIONES DE CARGA APLICABLES

Una serie de exigencias comunes a todos los buques, y otras particulares según el tipo del mismo, están recogidas en unos criterios con el fin de asegurar su operatividad en distintas situaciones de carga.

## 2.1 CÓDIGO INTERNACIONAL DE ESTABILIDAD SIN AVERÍA (CÓDIGO IS 2008)

El Código IS 2008, en el capítulo 2, especifica los criterios relativos a las propiedades de la curva de brazos adrizantes :

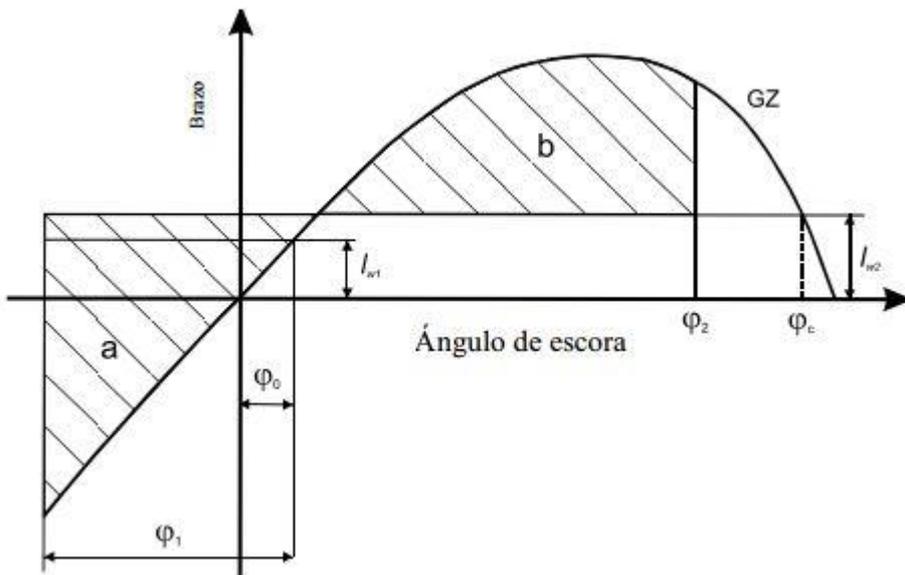
- El área bajo la curva de brazos adrizante (curva de valores GZ) no será inferior a 0,055m·rad hasta el ángulo de inclinación de 30°, ni inferior a 0,090 m·rad hasta el ángulo de inclinación de 40° o hasta el ángulo de comienzo de la inundación a través de las aberturas,  $\theta_c$ , si éste es menor de 40°. Asimismo, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de 30° y de 40°, o entre los ángulos de 30° y  $\theta_c$ , no será inferior a 0,03m rad.
- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20m, para un ángulo de inclinación igual o superior a 30°.
- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora que no será inferior a 25°.
- La altura metacéntrica inicial no será inferior a 0,350 m (0,15 m buques en general).

## 2.2 CRITERIO METEOROLÓGICO APLICABLE A TODOS LOS BUQUES EN AL MENOS LA PEOR CONDICIÓN DE CARGA

Habrá que demostrar la aptitud del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance, con referencia a la figura que mostramos, del modo siguiente:

- Se someterá el buque a la presión de un viento constante que actúe perpendicularmente al plano de crujía, lo que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $lw_1$ )
- Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante ( $\varphi_0$ ), el buque se balancea por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance ( $\varphi_1$ ) a barlovento. El ángulo de escora provocado por un viento constante ( $\varphi_0$ ) no deberá ser superior a 16° o al 80 % del ángulo de inmersión del borde de la cubierta, si este ángulo es menor
- A continuación se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $lw_2$ );

En estas circunstancias, el área b debe ser igual o superior al área a, como se indica en la siguiente figura :



donde los ángulos de la figura se definen del modo siguiente:

$\varphi_0$  = ángulo de escora provocado por un viento constante

$\varphi_1$  = ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas

$\varphi_2$  = ángulo de inundación descendente ( $\varphi_f$ ), ó  $50^\circ$ , ó ( $\varphi_c$ ), tomando de estos valores el menor,

siendo:

$\varphi_f$  = ángulo de escora al que se sumergen las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no puedan cerrarse de modo estanco a la intemperie. Al aplicar este criterio no hará falta considerar abiertas las pequeñas aberturas por las que no pueda producirse inundación progresiva

$\varphi_c$  = ángulo de la segunda intersección entre la curva de brazos escorantes  $lw_2$  y la de brazos GZ.

Los brazos escorantes  $lw_1$  y  $lw_2$  provocados por el viento, a que se hace referencia, son valores constantes a todos los ángulos de inclinación y se calcularán del modo siguiente:

$$lw_1 = \frac{P \times A \times Z}{1000 \times g \times \Delta} \text{ (m)}$$

$$lw_2 = 1,5 \times lw_1 \text{ (m)}$$

Donde:

P= presión del viento de 504 Pa. El valor de P utilizado para los buques en servicio restringido podrá reducirse a reserva de que lo apruebe la Administración.

A= área lateral proyectada de la parte del buque y de la cubertada que quede por encima de la flotación  $m^2$

Z= distancia vertical desde el centro del área A hasta el centro del área lateral de la obra viva, o aproximadamente hasta el punto medio del calado medio (m)

$\Delta$ = desplazamiento t

g= aceleración debida a la gravedad de  $9,81 m/s^2$

Si la Administración los considera satisfactorios, podrán aceptarse otros medios para determinar el brazo escorante ( $lw_1$ ) como alternativa equivalente al cálculo anterior. Cuando se realicen dichas pruebas alternativas, se hará referencia a las Directrices elaboradas por la Organización. La velocidad del viento utilizada en las pruebas será igual a 26 m/s en tamaño natural con un perfil de la velocidad uniforme. El valor de la velocidad del viento utilizado para los buques en servicios restringidos podrá reducirse a un valor que la Administración considere satisfactorio.

El ángulo de balance ( $\varphi_1$ ) a que se hace referencia, se calculará del modo siguiente:

$$\varphi_1 = 109 \times k \times X_1 \times X_2 \times \sqrt{r \times s} \text{ (grados)}$$

Donde:

$X_1$ = factor indicado en el cuadro 2.3.4-1

$X_2$ = factor indicado en el cuadro 2.3.4-2

k = factor que corresponde a lo siguiente:

k = 1,0 respecto de un buque de pantoque redondo que no tenga quillas de balance ni quilla de barra

k = 0,7 respecto de un buque de pantoque quebrado

k = el valor que se indica en el cuadro 2.3.4-2 respecto de un buque con quillas de balance, quilla de barra o ambas

$$r = 0,73 + 0,6 \times OG/d$$

Donde:

$$OG = KG - d$$

d= calado medio de trazado del buque (m)

s= factor indicado en el cuadro 2.3.4-4, donde T es el período natural de balance del buque. Si no se dispone de información suficiente, puede utilizarse la siguiente aproximación:

$$\text{período de balance } T = 2 \times C \times \frac{B}{\sqrt{GM}} \text{ (s)}$$

donde:

$$C = 0,373 + 0,023(B/d) - 0,043(L_{wl}/100)$$

Los símbolos que aparecen en los cuadros 2.3.4-1, 2.3.4-2, 2.3.4-3 y 2.3.4-4 y en la fórmula del periodo de balance tienen los siguientes significados:

$L_w$  = eslora en la flotación del buque m

$B$  = manga de trazado del buque m

$d$  = calado medio de trazado del buque m

$C_B$  = coeficiente de bloque

$A_k$  = área total de las quillas de balance o área de la proyección lateral de la quilla de barra, o suma de estas áreas  $m^2$

$GM$  = altura metacéntrica corregida por el efecto de superficie libre en m

**Cuadro 2.3.4-1: Valores del factor  $X_1$**

$B/d$	$X_1$
$\leq 2,4$	1,0
2,5	0,98
2,6	0,96
2,7	0,95
2,8	0,93
2,9	0,91
3,0	0,90
3,1	0,88
3,2	0,86
3,4	0,82
$\geq 3,5$	0,80

**Cuadro 2.3.4-2: Valores del factor  $X_2$**

$C_B$	$X_2$
$\leq 0,45$	0,75
0,50	0,82
0,55	0,89
0,60	0,95
0,65	0,97
$\geq 0,70$	1,00

**Cuadro 2.3.4-3: Valores del factor  $k$**

$\frac{A_k \times 100}{L_{wl} \times B}$	$k$
0	1,0
1,0	0,98
1,5	0,95
2,0	0,88
2,5	0,79
3,0	0,74
3,5	0,72
$\geq 4,0$	0,70

**Cuadro 2.3.4-4: Valores del factor  $s$**

$T$	$s$
$\leq 6$	0,100
7	0,098
8	0,093
12	0,065
14	0,053
16	0,044
18	0,038
$\geq 20$	0,035

(Los valores intermedios en los cuadros 1-4 se obtendrán por interpolación lineal)

Los cuadros y fórmulas descritos en 2.3.4 se basan en datos de buques que presentan las siguientes características:

- B/d inferior a 3,5;
- (KG/d-1) entre -0,3 y 0,5;
- T inferior a 20 s.

En el caso de los buques cuyos parámetros rebasen los límites indicados supra, el ángulo de balance ( $\varphi_1$ ) podrá determinarse también mediante experimentos con un modelo de buque de ese tipo utilizando el procedimiento descrito en la circular MSC.1/Circ.1200. Asimismo, la Administración podrá aceptar las estimaciones alternativas mencionadas para cualquier buque si lo estima oportuno.

### 2.3 NORMATIVA OBLIGATORIA ESPECÍFICA DEL BUQUE PROYECTO

La Inspección General de Buques y Construcción Naval establece la Reglamentación de Estabilidad a cumplir por los remolcadores en la Circular 2/79 :

El ángulo de escora que tomará el remolcador al estar sometido, por separado, a cada uno de los momentos escorantes que se indican a continuación, y para cuya escora se produzca el equilibrio estático entre el momento escorante aplicado y el

momento adrizante del remolcador (desplazamiento x brazo GZ correspondiente al ángulo de escora) será inferior al necesario para que se produzca la zozobra del

remolcador o su inundación a través de las aberturas. Los momentos escorantes a considerar son los siguientes:

$$M1 = (1/19,6) C1 \cdot C2 \cdot \gamma \cdot V^2 \cdot Ap (h \cdot \cos q + C3 \cdot Cm)$$

M1= Momento escorante en tonelámetros.

C1= Coeficiente de tracción lateral (figura 1).

C2= Corrección de C1 por el ángulo de escora (figura 2)

$\gamma$ = peso específico del agua

V=Velocidad lateral del buque remolcador=2,57 metros/segundo (5 nudos).

Ap= área de la proyección sobre el plano diametral de la parte sumergida del remolcador, en metros cuadrados.

H= altura del gancho de remolque sobre la flotación, en metros.

q= ángulo de escora.

C3= distancia del centro de presión del área Ap a la flotación, expresada como fracción del calado medio real (figura 3).

Cm= calado medio real, en metros.

FIGURA 1.- COEFICIENTE DE TRACCIÓN LATERAL PARA ESTIMACIONES DE LAS FUERZA EXTERNAS SOBRE EL REMOLCADOR.

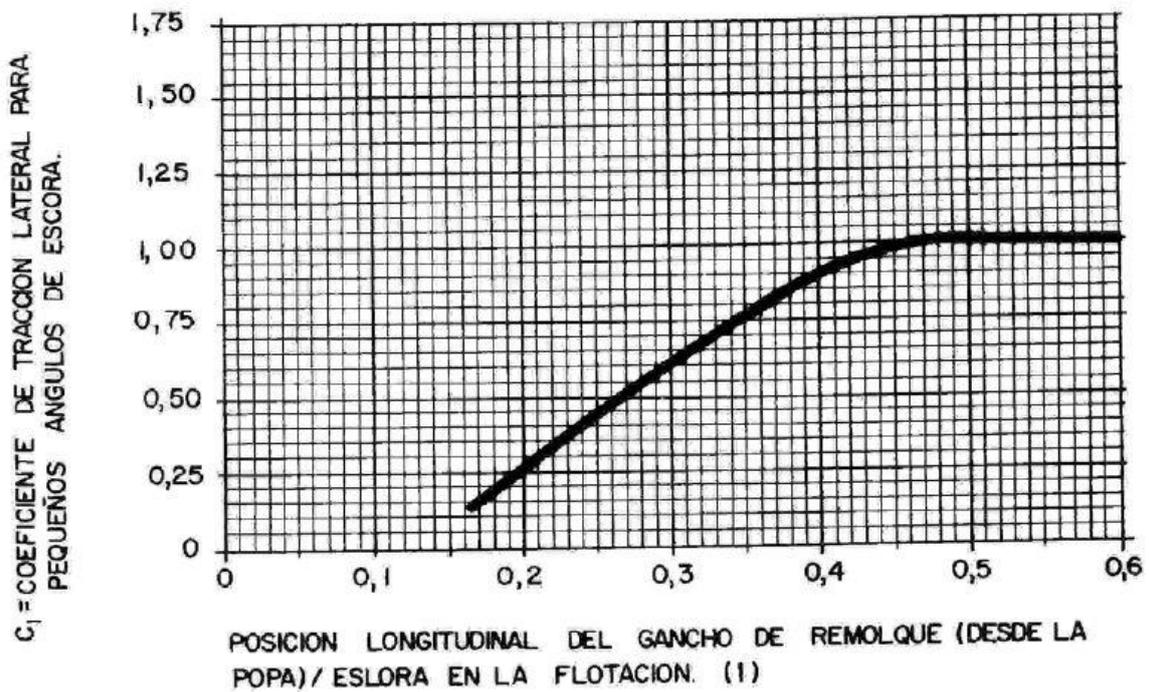


FIGURA 2.- RELACIÓN DEL COEFICIENTE DE TRACCIÓN LATERAL—ÁNGULO ESCORA NORMALIZADO

(I) Si el buque tiene una superestructura en la sección media se consideraría el borde de la cubierta como si tal superestructura no existiera.

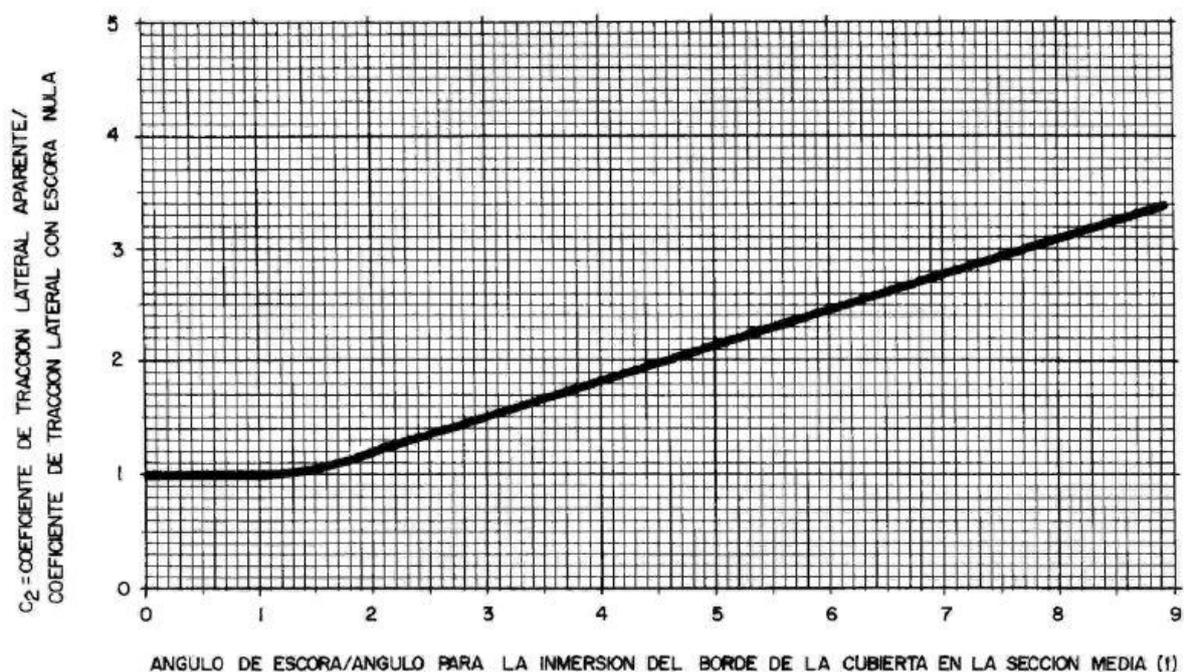
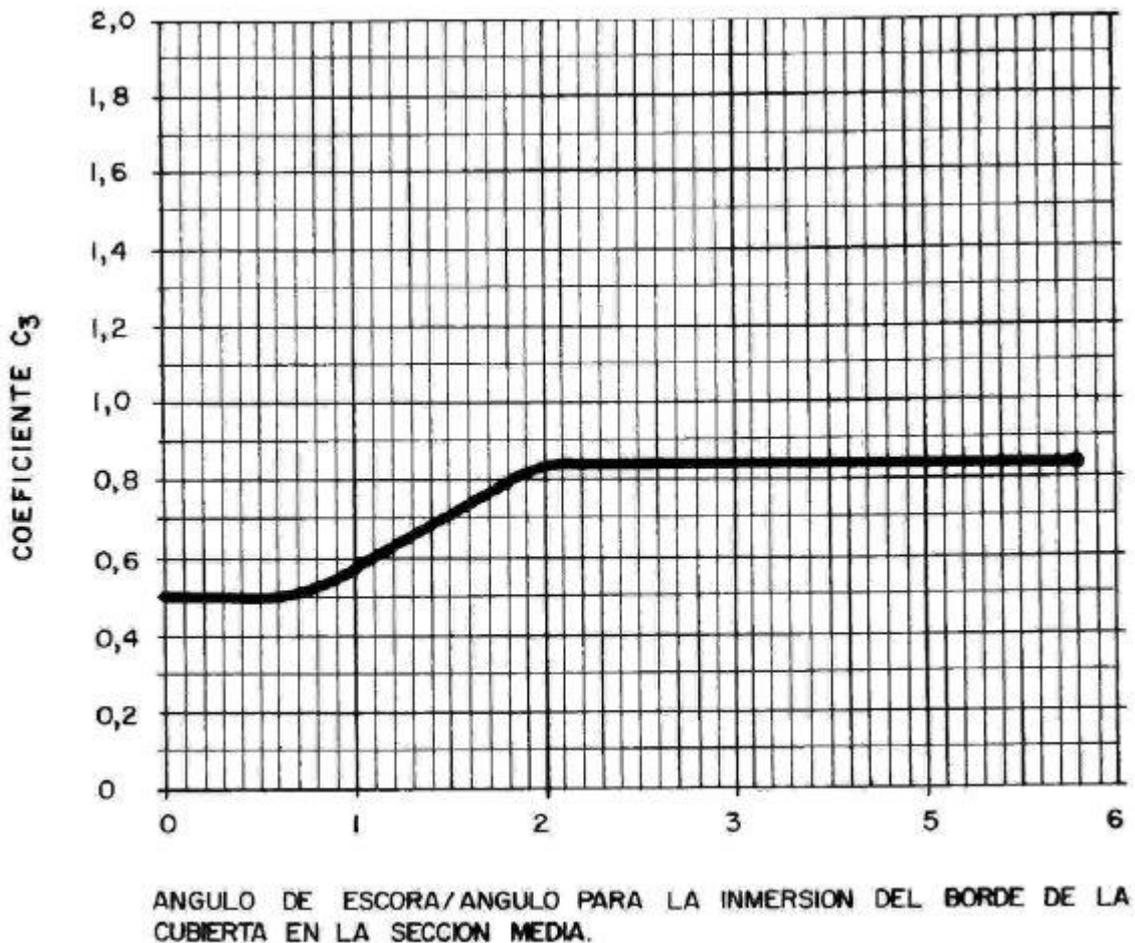


FIGURA 3.- DISTANCIA A LA FLOTACIÓN DEL CENTRO DEL AREA Ap1 TOMADA COMO FRACCIÓN DEL CALADO/ÁNGULO DE ESCORA NORMALIZADO.



$$M2 = C4 \cdot C5 \cdot T(h \cdot \cos q + C6 \cdot Cm)$$

siendo:

M2= momento escorante, en tonelámetros.

C4= fracción del tiro máximo a punto fijo del remolcador que se puede suponer que actúa transversalmente = 0,70.

C5= Corrección de C4 por la posición longitudinal del gancho de remolque (figura 4).

T= Tiro máximo a punto fijo del remolcador en toneladas.

C6= Distancia a la flotación del centro de resistencia efectivo, como fracción del calado = 0,52.

H, Cm y q tienen los mismos significados que en la fórmula del momento escorante M1.

Cuando el buque este provisto de un dispositivo de gancho giratorio, previa conformidad de la Inspección General, se podría añadir en los paréntesis de las fórmulas de los momentos escorantes M1 y M2 un término sustractivo de la forma:

$$r \times \sin q$$

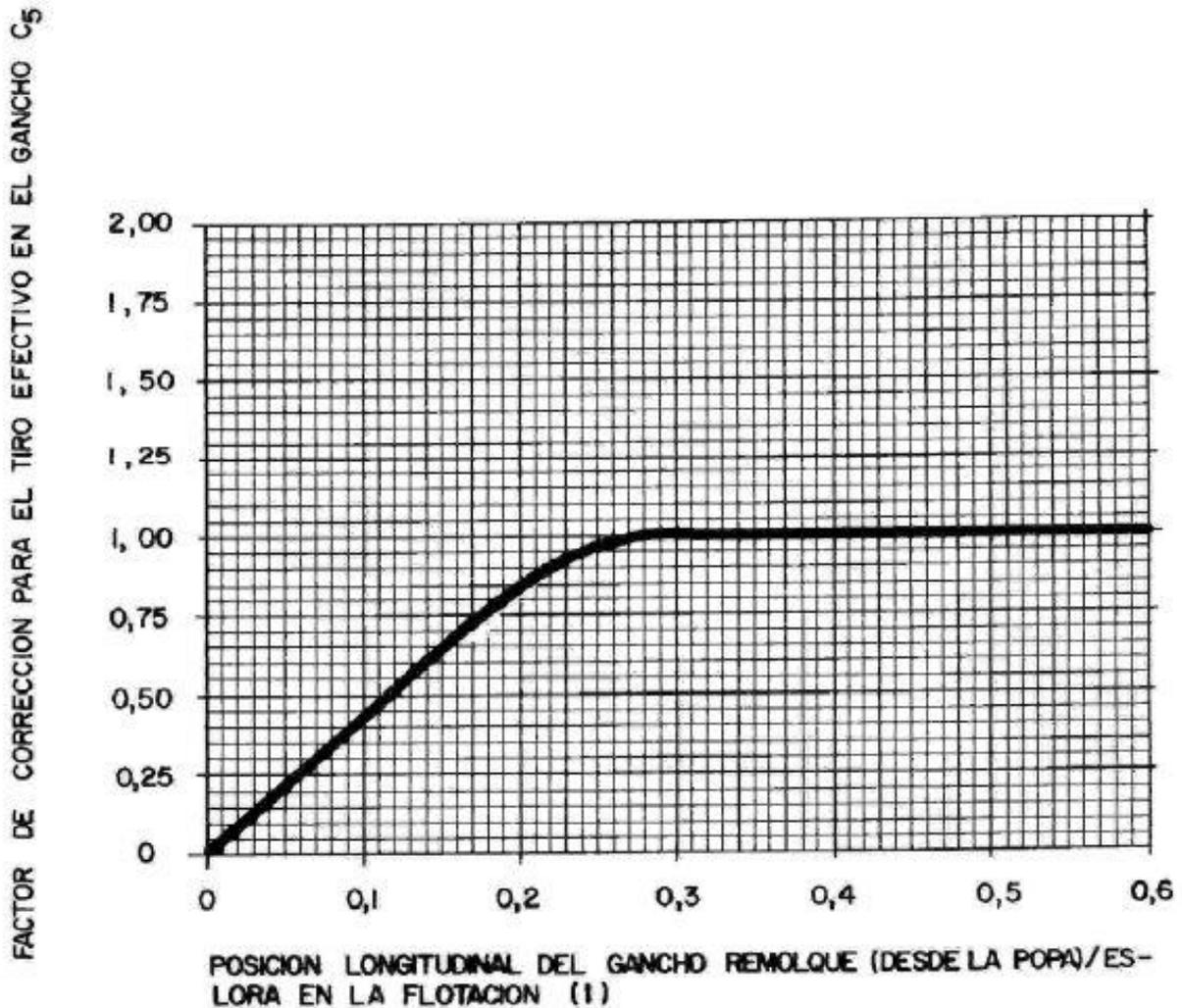
siendo r el radio de giro, en metros.

Para ello será preciso que se incluyan los planos del gancho de remolque en el libro de estabilidad.

El valor de T que figura en la fórmula del momento escorante M2 se deberá medir mediante una prueba de tracción a punto fijo del remolcador, realizada en presencia de la Inspección de Buques Local o, caso de no ser esto posible, mediante un Certificado expedido por una Sociedad de Clasificación, a satisfacción de la Inspección General de Buques.

En circunstancias especiales, cuando en algún buque sea imposible satisfacer todos los requisitos de estabilidad mencionados anteriormente, a causa del tipo de servicio que haya de prestar o de sus condiciones particulares de proyecto, la Inspección General de buques podía eximir a algún remolcador de cumplir las normas establecidas, siempre que se acompañe para ello un estudio detallado en el que se demuestre que las condiciones de estabilidad del buque son totalmente satisfactorias para sus condiciones de trabajo, en todos los estados de carga previsibles.

**FIGURA 4.- REDUCCIÓN EN EL MOMENTO ESCORANTE EFECTIVO-POSICIÓN LONGITUDINAL DEL GANCHO DE REMOLQUE.**



Mostramos una tabla con los resultados obtenidos, una vez aplicado todo lo anterior a nuestro buque. Dichos cálculos fueron realizados para la situación de “salida de puerto”, la cual además presenta un GZ menor, como se indica a continuación:

#### SALIDA DE PUERTO

shall not be less than ( $\geq$ ) 0,200 m    **0,621** Pass +210,50

#### NAVEGACIÓN

shall not be less than ( $\geq$ ) 0,200 m    **0,635** Pass +217,50

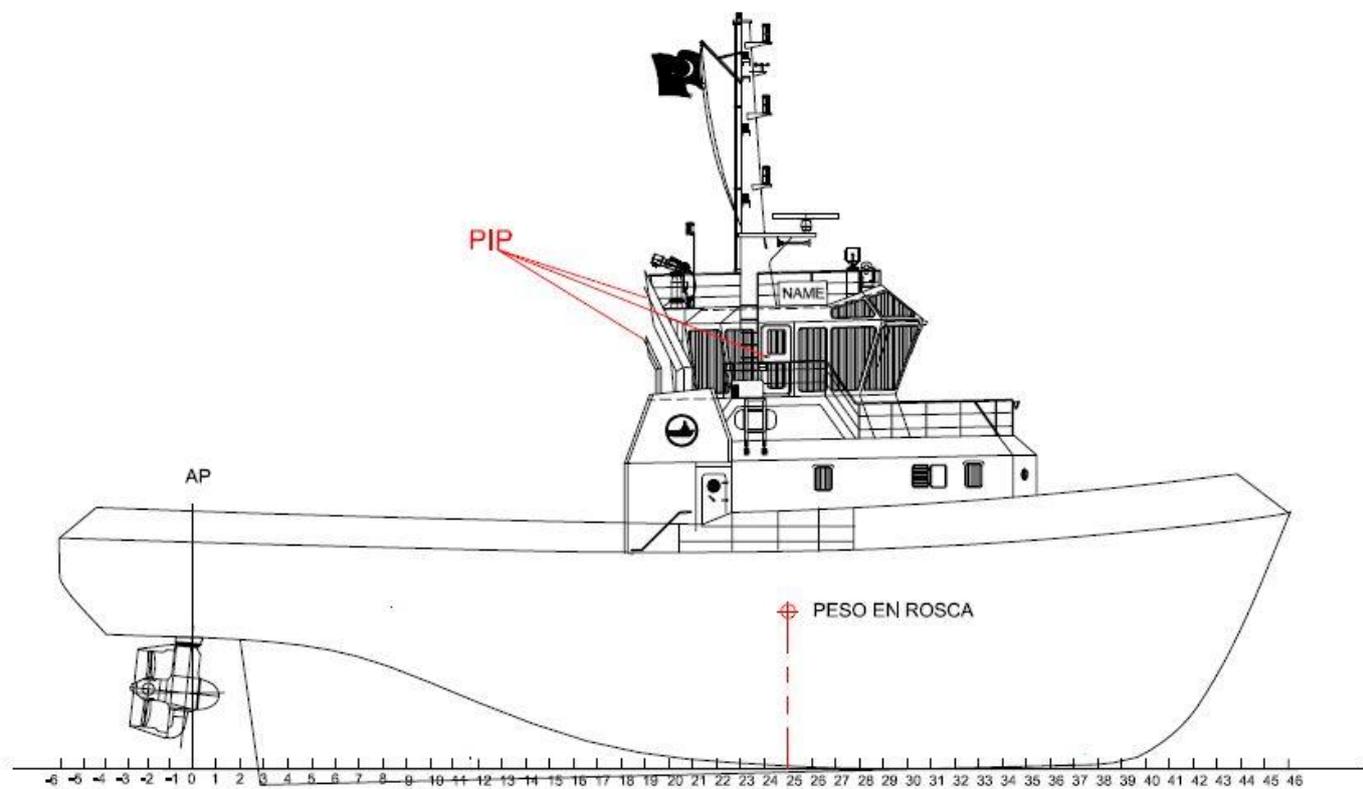
#### LLEGADA A PUERTO

shall not be less than ( $\geq$ ) 0,200 m    **0,661** Pass +230,50

q	0	10	20	30	40	50	60	70
q/angulo de inundacion de la cubierta	0	1,18906064	2,37812128	3,56718193	4,75624257	5,94530321	7,13436385	8,32342449
v(velocidad)	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
C1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
C2	1	1	1,3	1,6	2	2,5	2,8	3,2
Ap	114	114	114	114	114	114	114	114
C3	0,5	0,6	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Cm	4,165	4,165	4,165	4,165	4,165	4,165	4,165	4,165
q Rad	0	0,17453293	0,34906585	0,52359878	0,6981317	0,87266463	1,04719755	1,22173048
H	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
n (densidad)	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
M1	134,0479998	147,893065	230,942136	277,135392	334,372276	399,400927	423,242251	453,248788
C4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
C5	1	1	1	1	1	1	1	1
T	60	60	60	60	60	60	60	60
C6	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
M2	162,3636	161,278874	158,057653	152,797814	145,659173	136,858635	126,6636	115,383838
GZ	0,00	0,31	0,57	0,62	0,55	0,42	0,24	0,04
$\Delta$	709,515	709,515	709,515	709,515	709,515	709,515	709,515	709,515
GZ· $\Delta$	0	217,11159	401,58549	440,608815	393,07131	297,9963	171,70263	26,252055

### 3 PESO EN ROSCA

Indicamos a continuación la situación del peso en rosca de nuestro buque, calculado en el cuaderno 2, así como los puntos de inundación progresiva.



Peso rosca= 568,66 t

$X_g = 15,00$  m

$K_g = 4,00$  m

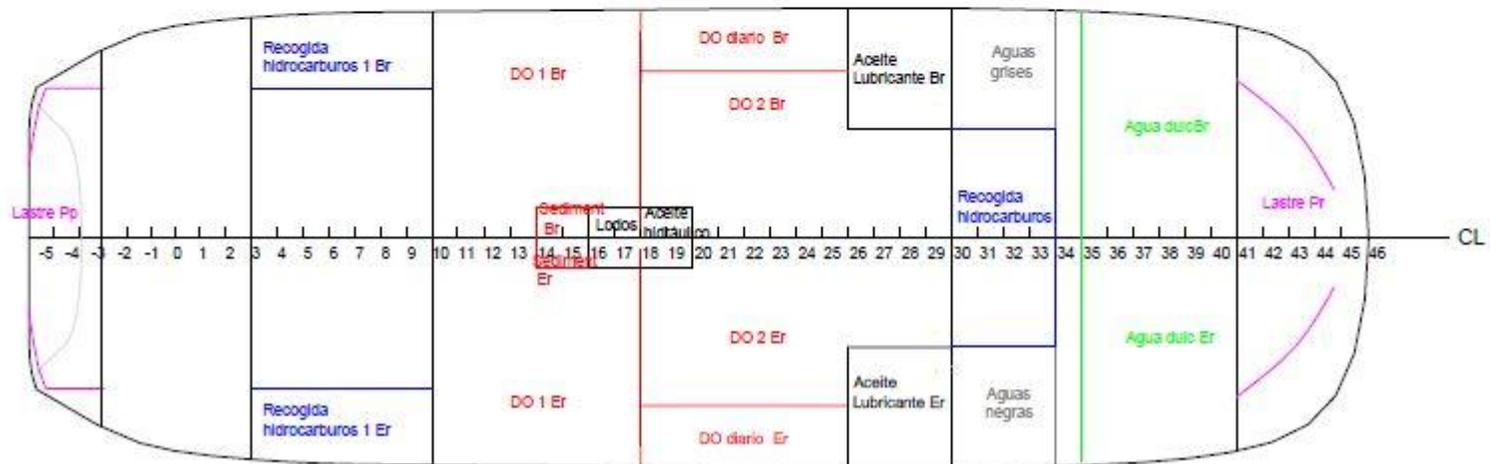
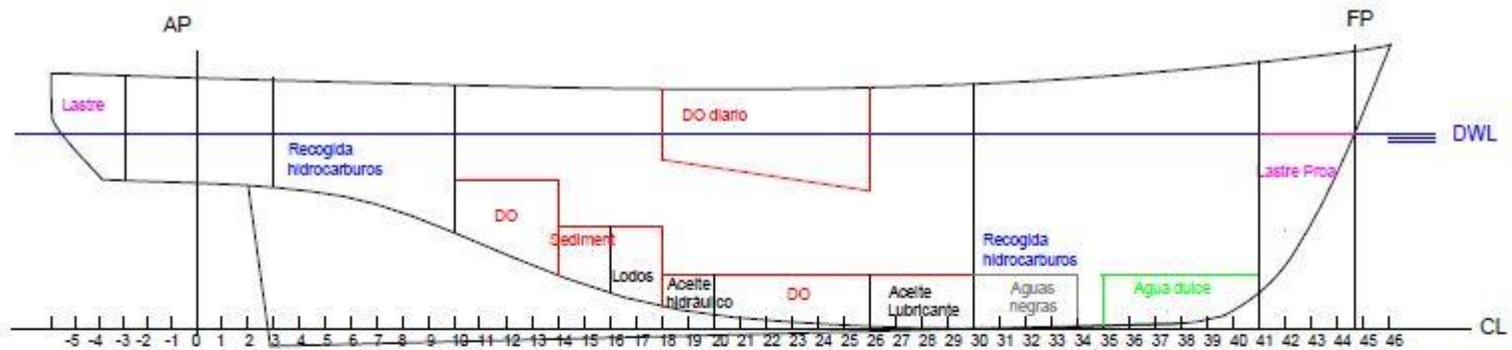
Las coordenadas de los puntos de inundación progresiva son las siguientes:

	X m	Y m	Z m
Ventilación Br	12,10	-3,10	7,50
Ventilación Er	12,10	3,10	7,50
Exhaustación Br	11,50	-2,75	9,10
Exhaustación Er	11,50	2,75	9,10
Puerta puente Br	14,50	-1,85	7,40
Puerta puente Er	14,50	1,85	7,40

## **4 PESO MUERTO**

### **4.1 PLANO DE TANQUES**

Mostramos en este plano la distribución de los tanques en el buque:



## 4.2 CONSUMOS AL 100%

En esta partida de consumos incluiremos el combustible, aceite, así como el agua dulce.

Indicamos los pesos que la componen, que corresponderán a la situación de salida de puerto, los cuales fueron calculados en el cuaderno anterior:

Combustible	100,31 t
Aceite(lubricación)	5,52 t
Aceite(hidráulico)	1,20 t
Agua dulce	15,00 t
TOTAL	122,03 t

## 4.3 CONSUMOS AL 10%

Mostramos en esta tabla los consumos al 10% que corresponderán a la condición de llegada a puerto:

Combustible	10 t
Aceite(lubricación)	0,55 t
Aceite(hidráulico)	0,12 t
Agua dulce	1,5 t
TOTAL	12,17 t

## 4.4 TRIPULACIÓN Y POSIBLE PERSONAL AUXILIAR O PASAJE

Consideramos 125Kg por persona (“Proyecto básico del buque mercante”)

Según nuestra RPA, el número de tripulantes es de 4, por lo tanto:

P tripulación= 0,5 t

Ante la posibilidad de recogida de naufragos, como contempla la RPA:

P(tripulación+náufragos)=1,75 t

Xg= 19,25 m

Kg= 6,20 m

#### 4.5 PERTRECHOS

El peso de los pertrechos es muy variable. Un rango normal puede estar entre 10 y 100 toneladas según tamaño del buque y es un dato que suele facilitar el armador.

Dado el tipo de actividad de nuestro buque, servicio de puerto, consideraremos un valor muy bajo para esta partida, al poder disponer de almacenamiento en muelle.

Pertrechos= 1 t

Situaremos su posición haciéndolo coincidir con el centro de gravedad del peso en rosca del buque por disponer de distintos paños para este fin.

Xg= 15,00 m      Kg= 4,00 m

#### 4.6 VÍVERES

Según el libro “El proyecto básico del buque mercante” debemos considerar 5Kg por persona y día en buques mercantes, por lo que:

$Víveres = 5 \times N^{\circ}tripulantes \times N^{\circ}días$

Víveres = 0,21 t

Xg= 19,25 m      Kg= 6,20 m

#### 4.7 CARGA

Contemplamos la posibilidad de tener que transportar alguna carga como cadenas, anclas etc, la cual estibaremos en cubierta, elevando su centro de gravedad por encima de la misma.

P<sub>carga</sub>= 5 t

Xg= 4,00 m      Kg= 6,60 m

#### 4.8 EQUIPOS ESPECÍFICOS

Al estar nuestro buque dotado para la lucha contra la contaminación, estimamos un peso de 10 t para barreras, skimmers etc, que situaremos en el mismo punto que la carga contemplada en el apartado anterior

Xg= 4,00 m      Kg= 6,60 m

### 5 CORRECCIÓN POR SUPERFICIES LIBRES

Según indica el IS 20008 en el capítulo 3:

3.1.1 En todas las condiciones de carga, la altura metacéntrica inicial y la curva de los brazos adrizantes deberán corregirse con el efecto de superficie libre de los líquidos en los tanques.

3.1.2 El efecto de superficie libre deberá tenerse en cuenta siempre que el nivel de llenado de un tanque sea inferior al 98 % del nivel de llenado total. No será necesario considerar el efecto de superficie libre cuando un tanque esté nominalmente lleno, es decir, cuando su nivel de llenado sea igual o superior al 98 %. Los efectos de superficie libre en los tanques pequeños podrán no considerarse cuando se dé la condición indicada en 3.1.12.14. Sin embargo, los tanques de carga nominalmente llenos deberían ser objeto de una corrección para tener en cuenta los efectos de las superficies libres con un nivel de llenado del 98 %. Al hacerlo, la corrección de la altura metacéntrica inicial debería basarse en el momento de inercia de la superficie del líquido con un ángulo de escora de 5° dividido por el desplazamiento, y se sugiere que la corrección del brazo adrizante se haga teniendo en cuenta el momento de desplazamiento real de las cargas líquidas.

3.1.3 Los tanques que se tienen en cuenta al determinar la corrección por superficie libre quedan comprendidos en una de las dos categorías siguientes.

- Tanques con niveles de llenado fijos (por ejemplo: cargas líquidas, lastre de agua). La corrección por superficie libre se determina con arreglo al nivel de llenado real de cada tanque.
- Tanques con niveles de llenado variables (por ejemplo, líquidos consumibles, tales como fueloil, gasoil, agua dulce, y también cargas líquidas y lastre de agua durante las operaciones de trasvase de líquidos).

Salvo por lo autorizado en 3.1.5 y 3.1.6, la corrección por superficie libre es el valor máximo alcanzable entre los límites de llenado previstos para cada tanque que sea compatible con cualquier instrucción de funcionamiento.

3.1.4 Al calcular los efectos de superficie libre de los tanques que contengan líquidos consumibles se dará por supuesto que, para cada tipo de líquido, al menos un par de tanques transversales o un solo tanque central tienen una superficie libre, y el tanque o la combinación de tanques considerados serán aquellos en los que el efecto de superficie libre sea mayor.

3.1.5 Cuando los tanques de lastre de agua, incluidos los tanques antibalance y los tanques adrizantes, tengan que ser llenados o descargados durante la travesía, el efecto de superficie libre se calculará de modo que se tenga en cuenta la fase más crítica relacionada con tales operaciones.

3.1.6 En los buques que estén realizando operaciones de trasvase de líquidos, las correcciones por superficie libre para cada fase de la operación de trasvase de líquidos podrán determinarse con arreglo al nivel de llenado de cada tanque correspondiente a tal fase de la operación de trasvase.

3.1.7 Las correcciones de la altura metacéntrica inicial y de la curva de brazos adrizantes han de considerarse por separado, como sigue.

3.1.8 Al determinar la corrección de la altura metacéntrica inicial, los momentos de inercia transversales de los tanques se calculan con un ángulo de escora de 0°, en función de las categorías indicadas en 3.1.3.

3.1.9 La curva de brazos adrizantes podrá corregirse siguiendo uno de los métodos indicados a continuación, a reserva del consentimiento de la Administración:

- corrección basada en el momento real del trasvase de líquidos para cada ángulo de escora calculado.
- corrección basada en el momento de inercia, calculado con un ángulo de escora de 0°, modificada para cada ángulo de escora calculado

3.1.10 Las correcciones podrán calcularse con arreglo a las categorías indicadas en

3.1.11 Cualquiera que sea el método seleccionado para corregir la curva de brazos adrizantes, en el cuadernillo de estabilidad del buque sólo debe presentarse el método elegido. No obstante, cuando se describa otro método opcional para el cálculo manual de las condiciones de carga, procederá añadir una explicación de las diferencias que puedan surgir en los resultados, así como un ejemplo de corrección para cada variante.

3.1.12 No será necesario incluir en la corrección los tanques pequeños que cumplan la condición dada por la fórmula siguiente, que corresponde a una inclinación de 30°

$$M_{sl} / \Delta_{min} < 0,01 \text{ m}$$

donde:

$M_{sl}$  = es el momento de superficie libre, en m·t

$\Delta_{min}$  = Peso en rosca en toneladas. (indicación del profesor Fernando Junco)

$d_{min}$  = es el calado medio de servicio mínimo de un buque sin carga, con el 10 % de provisiones y el mínimo de agua de lastre, si es necesario, en m.

3.1.13 No es necesario tener en cuenta, en los cálculos de correcciones, los residuos de líquidos que quedan normalmente en los tanques vacíos, siempre y cuando el total de los residuos de líquidos no produzca un efecto de superficie libre considerable.

El valor de  $M_{fs}$  para cada tanque se puede deducir de la fórmula:

$$M_{sl} = v \times b \times \gamma \times K \times \sqrt{\delta}$$

Donde:

$M_{sl}$  es el momento por superficie libre a una inclinación de 30° en tonelámetros

$v$  es la capacidad total del tanque en m<sup>3</sup>

$b$  es la anchura máxima del tanque en m

$\gamma$  es el peso específico del líquido contenido en el tanque en m<sup>3</sup>/t

$\delta$  es igual a  $v/b/h$

$h$  es la altura máxima del tanque en m

$l$  es la longitud máxima del tanque en m

$k$  es un coeficiente adimensional que se obtiene de la tabla siguiente, según  $b/h$ .  
 Los valores intermedios se determinan por interpolación.

$\theta$ $b/h$	5°	10°	15°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	75°	80°	90°	$\theta$ $b/h$
20	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	20
10	0,07	0,11	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	10
5	0,04	0,07	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,03	5
3	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	3
2	0,01	0,03	0,04	0,06	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,06	2
1,5	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,08	1,5
1	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	1
0,75	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,12	0,15	0,16	0,16	0,17	0,75
0,5	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,09	0,16	0,18	0,21	0,25	0,5
0,3	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,11	0,19	0,27	0,42	0,3
0,2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,07	0,13	0,27	0,63	0,2
0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,06	0,14	1,25	0,1

Aplicado todo lo anterior a nuestro buque obtenemos la siguiente tabla:

Tanque	Peso(t)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Cb	b/h	K	$\sqrt{\delta}$	Msl (t·m)	0,01 Peso rosca	Simetría	Corrige
<b>DO 1 Br</b>	21,77	25,92	4,80	5,47	2,17	0,84	0,45	2,52	0,10	3,2	38,1	5.69	2	SI
<b>DO 1 Er</b>	21,77	25,92	4,80	5,47	2,17	0,84	0,45	2,52	0,10	3,2	38,1	5.69	2	SI
<b>DO 2 Br</b>	19,28	22,94	7,20	3,81	1,25	0,84	0,67	3,04	0,11	2,7	21,8	5.69	2	SI
<b>DO 2 Er</b>	19,28	22,94	7,20	3,81	1,25	0,84	0,67	3,04	0,11	2,7	21,8	5.69	2	SI
<b>DO Diario Br</b>	9,37	11,16	4,80	1,66	2,40	0,84	0,58	0,69	0,03	4,0	1,86	5.69	1	NO
<b>DO Diario Er</b>	9,37	11,16	4,80	1,66	2,40	0,84	0,58	0,69	0,03	4,0	1,86	5.69	1	NO
<b>Hidroc 1 Br</b>	3,19	3,49	4,20	1,75	2,26	0,913	0,21	0,77	0,04	2,1	0,46	5.69	1	NO
<b>Hidroc 1 Er</b>	3,19	3,49	4,20	1,75	2,26	0,913	0,21	0,77	0,04	2,1	0,46	5.69	1	NO
<b>Hidroc proa</b>	9,07	9,93	2,40	5	1,25	0,913	0,66	4,00	0,11	1,5	7,47	5.69	1	SI
<b>Sediment Br</b>	0,93	1,10	1,20	0,70	1,53	0,84	0,85	0,45	0,018	1,5	0,017	5.69	1	NO
<b>Sediment Er</b>	0,93	1,10	1,20	0,70	1,53	0,84	0,85	0,45	0,018	1,5	0,017	5.69	1	NO
<b>Ac lubric Br</b>	3,00	3,25	2,40	2,80	1,25	0,92	0,38	2,24	0,095	1,2	0,95	5.69	1	NO
<b>Ac lubric Er</b>	3,00	3,25	2,40	2,80	1,25	0,92	0,38	2,24	0,095	1,2	0,95	5.69	1	NO

<b>Ac hidráulic</b>	1,28	1,39	1,20	1,40	0,92	0,92	0,90	1,52	0,071	0,9	0,11	5.69	1	NO
<b>Lodos</b>	8,40	2,79	1,20	1,40	1,80	3,00	0,92	0,77	0,04	1,9	0,89	5.69	1	NO
<b>Aguas grises</b>	4,74	4,74	2,40	2,80	1,25	1,00	0,56	2,24	0,095	1,4	1,76	5.69	1	NO
<b>Aguas negras</b>	4,74	4,74	2,40	2,80	1,25	1,00	0,56	2,24	0,095	1,4	1,76	5.69	1	NO
<b>Agua dulce Br</b>	8,34	8,34	3,60	5,30	1,25	1,00	0,35	4,24	0,11	1,4	6,80	5.69	2	SI
<b>Agua dulce Er</b>	8,34	8,34	3,60	5,30	1,25	1,00	0,35	4,24	0,11	1,4	6,80	5.69	2	SI
<b>Lastre Proa</b>	21,44	20,92	1,84	3,70	3,60	1,025	0,85	1,02	0,05	4,5	17,85	5.69	1	SI
<b>Lastre Popa</b>	3,58	3,50	1,68	3,50	1,03	1,025	0,58	3,39	0,11	1,0	1,38	5.69	1	NO

Aunque vemos una vez realizados los cálculos, que el tanque denominado como "Lastre proa" debiera corregir, no corregirá por no ser necesaria su utilización, en ninguna de las condiciones de carga estudiadas.

## 6 CONDICIONES DE CARGA

Según la Circular 2/79, en principio se deben estudiar las principales condiciones de carga previstas por el armador para la explotación del buque, en todo caso, como mínimo, se estudiarán las siguientes:

- "Situación de salida de puerto", al 100% de consumos y provisiones.
- "Situación de llegada a puerto", al 10% de consumos y provisiones.
- Cuando entre las dos situaciones mencionadas se proceda a llenar por razones de estabilidad algún tanque de lastre, la condición "Buque inmediatamente antes de lastrar".
- Cuando se prevé la necesidad de navegar en zonas de formación de hielos, se estudiará la situación de carga más desfavorable en el supuesto de acumulación de hielos. Se consideraría como condición de carga más desfavorable, de las indicadas en este apartado, la que presente un valor menor de la estabilidad dinámica a 30°.

Dada la zona donde nuestro buque llevará a cabo su actividad, no estudiaremos esta última situación, pero sí contemplaremos una intermedia entre salida y llegada a puerto:

- "Situación de navegación", al 50% de consumos y provisiones.

Dados los trimados que se nos presentan en las condiciones de carga que se estudian, no resulta necesario el llenado de los tanques de lastre, por lo cual éstos permanecerán vacíos en cualquiera de las situaciones que se presentan.

### CONDICIÓN "SALIDA DE PUERTO"

En la situación de "salida de puerto", se considerará los consumos al 98%, el peso de una posible carga de 5 t, y el de los equipos específicos como barreras anticontaminación, skimmers, etc 10 t situando tanto el centro de gravedad de éstos como el de la carga, un metro por encima de la cubierta. Los tanques de aguas negras y grises irán vacíos así como los de recogida de hidrocarburos.

Tabla resumen de esta condición:

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	568,660	568,660			15,000	0,000	4,000	0,000	User Specified
Tripulación	4	0,125	0,500			19,250	0,000	6,200	0,000	User Specified
Pertrechos	1	1,000	1,000			15,000	0,000	4,000	0,000	User Specified
Viveres	1	0,210	0,210			19,250	0,000	6,200	0,000	User Specified
Carga	1	5,000	5,000			4,000	0,000	6,600	0,000	User Specified
Equipos especi	1	10,000	10,000			4,000	0,000	6,600	0,000	User Specified
DO1 Br	98%	21,777	21,341	25,925	25,406	8,363	-2,147	2,219	21,962	Maximum
DO1 Er	98%	21,777	21,341	25,925	25,406	8,363	2,147	2,219	21,962	Maximum
DO 2 Br	98%	19,277	18,891	22,948	22,489	14,521	-1,692	0,743	31,895	Maximum
DO 2 Er	98%	19,277	18,891	22,948	22,489	14,521	1,692	0,743	31,895	Maximum
Sediment Br	98%	0,930	0,911	1,107	1,085	9,031	-0,349	1,659	0,000	User Specified
Sediment Er	98%	0,930	0,911	1,107	1,085	9,031	0,349	1,659	0,000	User Specified
DO diario Br	98%	9,378	9,190	11,164	10,941	13,209	-4,594	4,506	0,000	User Specified
DO diario Er	98%	9,378	9,190	11,164	10,941	13,209	4,594	4,506	0,000	User Specified
Ac lubric Br	98%	2,997	2,937	3,257	3,192	16,783	-3,226	0,811	0,000	User Specified
Ac lubric Er	98%	2,997	2,937	3,257	3,192	16,783	3,226	0,811	0,000	User Specified
Ac Hidrául	98%	1,280	1,254	1,391	1,363	11,423	0,000	0,817	0,000	User Specified
Aguadulc Br	98%	8,342	8,175	8,342	8,175	22,368	-1,324	0,766	8,840	Maximum
Aguadulc Er	98%	8,342	8,175	8,342	8,175	22,368	1,324	0,766	8,840	Maximum
Lodos	0%	8,397	0,000	2,799	0,000	10,793	0,000	0,504	0,000	User Specified
Aguas grise	0%	4,747	0,000	4,747	0,000	18,896	-1,720	0,057	0,000	User Specified
Aguas negra	0%	4,747	0,000	4,747	0,000	18,896	1,720	0,057	0,000	User Specified
Hidroc 1 Br	0%	3,188	0,000	3,492	0,000	5,908	-3,450	2,715	0,000	User Specified
Hidroc 1 Er	0%	3,188	0,000	3,492	0,000	5,908	3,450	2,715	0,000	User Specified
Hidroc proa	0%	9,074	0,000	9,939	0,000	18,154	0,000	0,000	0,000	User Specified
Lastre Proa	0%	21,445	0,000	20,922	0,000	24,610	0,000	0,822	0,000	User Specified
Lastre popa	0%	3,588	0,000	3,501	0,000	-1,680	0,000	3,396	0,000	User Specified
<b>Total Loadca</b>			<b>709,515</b>	<b>200,516</b>	<b>143,940</b>	<b>14,463</b>	<b>0,000</b>	<b>3,677</b>	<b>125,393</b>	
<b>FS correction</b>								<b>0,177</b>		
<b>VCG fluid</b>								<b>3,854</b>		

PM (salida puerto)= 709,515-568,66= 140,855 t

Una vez realizado el análisis en el “Maxsurf”, presentamos los resultados para esta condición:

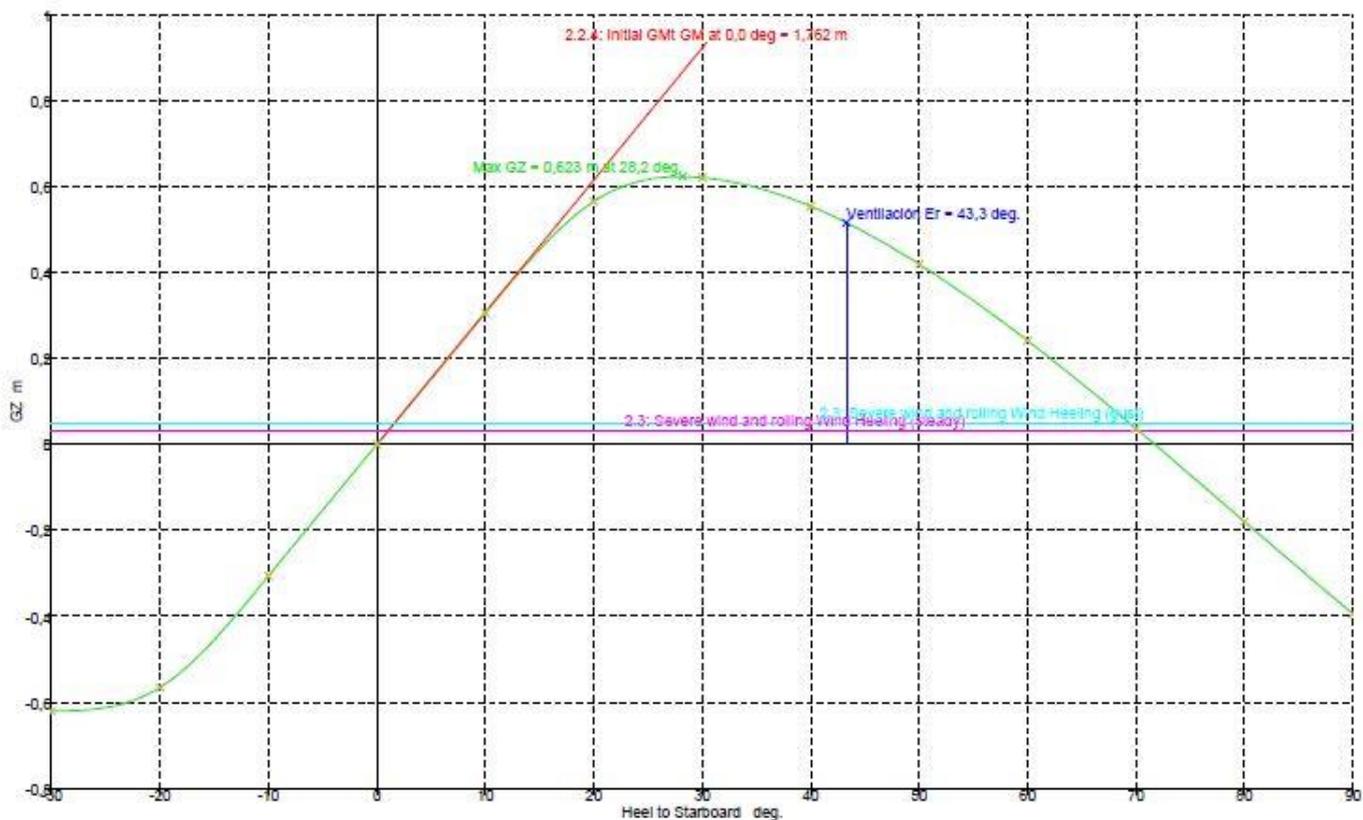
EQUILIBRIO. SALIDA PUERTO

Draft Amidships m	4,311
Displacement t	709,5
Heel deg	0
Draft at FP m	4,254
Draft at AP m	4,368
Draft at LCF m	4,316
Trim (+ve by stern) m	0,115
WL Length m	29,882
Beam max extents on WL m	10,367
Wetted Area m <sup>2</sup>	374,987
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	269,636
Prismatic coeff. (Cp)	0,602
Block coeff. (Cb)	0,521
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,874
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,87
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,458
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	12,129
KB m	2,66
KG fluid m	3,854
BMt m	2,956
BML m	24,14
GMt corrected m	1,762
GML m	22,946
KMt m	5,616
KML m	26,799
Immersion (TPc) tonne/cm	2,764
MTc tonne.m	6,075
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	21,817
Max deck inclination deg	0,2452
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2452

CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS. SALIDA PUERTO

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	16,4	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	0,0550	m.rad	0,2110	Pass	+283,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.rad	0,3147	Pass	+249,69
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.rad	0,1037	Pass	+245,66
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,621	Pass	+210,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	28,2	Pass	+12,73
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT	0,350	m	1,762	Pass	+403,43
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	1,1	Pass	+93,14
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	8,41	Pass	+89,49
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	400,95	Pass	+300,95

GRÁFICA (GZ). SALIDA PUERTO



ESTABILIDAD. SALIDA PUERTO

Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0,621	-0,566	-0,306	0	0,306	0,566	0,621	0,554	0,42	0,242	0,037	-0,179	-0,394
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0,2106	0,1049	0,0267	0	0,0267	0,1048	0,211	0,3147	0,4005	0,4587	0,4832	0,4709	0,4207
Displacement t	709,5	709,5	709,6	709,5	709,5	709,5	709,5	709,5	709,5	709,5	709,5	709,5	709,5
Draft at FP m	4,378	4,253	4,249	4,254	4,249	4,254	4,377	4,673	5,203	6,126	7,966	13,376	n/a
Draft at AP m	4,237	4,228	4,325	4,368	4,325	4,227	4,238	4,331	4,486	4,727	5,169	6,432	n/a
WL Length m	30,378	30,095	30,045	29,882	30,045	30,096	30,378	30,801	30,954	31,012	31,005	30,963	30,887
Beam max extents on WL m	7,758	9,139	10,495	10,367	10,495	9,139	7,758	7,106	6,568	6,162	5,906	5,75	5,728
Wetted Area m <sup>2</sup>	422,55	396,077	372,402	374,985	372,387	396,073	422,542	435,039	443,002	448,022	450,749	453,093	455,222
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	193,873	237,118	268,968	269,636	268,962	237,118	193,882	167,404	150,025	138,035	130,084	125,708	124,652
Prismatic coeff. (Cp)	0,62	0,61	0,601	0,602	0,601	0,61	0,62	0,626	0,635	0,645	0,654	0,661	0,669
Block coeff. (Cb)	0,572	0,526	0,489	0,521	0,489	0,526	0,572	0,577	0,589	0,605	0,621	0,626	0,578
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,471	14,464	14,46	14,458	14,46	14,465	14,47	14,478	14,49	14,506	14,523	14,538	14,55
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	13,226	12,752	12,304	12,129	12,304	12,752	13,227	13,501	13,699	13,834	13,906	13,934	13,928
Max deck inclination deg	30,001	20,0001	10,0013	0,245	10,0013	20,0001	30,001	40,0032	50,0071	60,0113	70,0133	80,0102	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,3008	-0,0546	0,163	0,245	0,1626	-0,0559	-0,297	-0,7297	-1,5334	-2,9904	-5,9583	-14,5277	-90

## CONDICIÓN “NAVEGACIÓN”

A medida que transcurre la navegación, se consumirá tanto el combustible como el aceite y el agua de manera simétrica, dada la disposición de los tanques. Se irán llenando los de aguas negras/grises y los de lodos. Aunque supone una partida muy pequeña, dado el tipo de buque, los víveres se estudian como consumidos a la mitad. En la situación de “navegación”, consideraremos todos los consumos al 50%, así como el resto de tanques con el mismo porcentaje de llenado, y suponemos que el buque realiza el resto de travesía con todos los tanques de recogida de hidrocarburos al 98% después de dedicarse a labores de lucha contra la contaminación como indica la RPA. Para llevar el combustible al 50%, los tanques denominados DO 1 Er, DO 1 Br estarán vacíos al ser de los primeros que consumiremos; los de sedimentación y los de uso diario permanecerán al 98%, y los DO 2 Er, DO 2 Br irán al 77%, por ser los siguientes en orden de consumo, alcanzando de esta manera los 59 m<sup>3</sup> que suponen la mitad del combustible disponible.

Presentamos una tabla resumen donde se indican los porcentajes de llenado de todos los tanques, así como el resto de pesos que componen esta condición:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	568,660	568,660			15,050	0,000	4,030	0,000	User Specified
2	Tripulación	4	0,125	0,500			19,270	0,000	6,220	0,000	User Specified
3	Pertrechos	1	1,000	1,000			15,050	0,000	4,030	0,000	User Specified
4	Viveres	0,5	0,210	0,105			19,270	0,000	6,220	0,000	User Specified
5	Carga	1	5,000	5,000			4,000	0,000	6,600	0,000	User Specified
6	Equipos especi	1	10,000	10,000			4,000	0,000	6,600	0,000	User Specified
7	DO1 Br	0%	21,777	0,000	25,925	0,000	10,786	-0,701	0,519	0,000	User Specified
8	DO1 Er	0%	21,777	0,000	25,925	0,000	10,786	0,701	0,519	0,000	User Specified
9	DO 2 Br	77%	19,277	14,843	22,948	17,670	14,626	-1,612	0,635	31,895	Maximum
10	DO 2 Er	77%	19,277	14,843	22,948	17,670	14,626	1,612	0,635	31,895	Maximum
11	Sediment Br	98%	0,930	0,911	1,107	1,085	9,031	-0,349	1,659	0,000	User Specified
12	Sediment Er	98%	0,930	0,911	1,107	1,085	9,031	0,349	1,659	0,000	User Specified
13	DO diario Br	98%	9,378	9,190	11,164	10,941	13,209	-4,594	4,506	0,000	User Specified
14	DO diario Er	98%	9,378	9,190	11,164	10,941	13,209	4,594	4,506	0,000	User Specified
15	Ac lubric Br	98%	2,997	2,937	3,257	3,192	16,783	-3,226	0,811	0,000	User Specified
16	Ac lubric Er	98%	2,997	2,937	3,257	3,192	16,783	3,226	0,811	0,000	User Specified
17	Ac Hidrául	50%	1,280	0,640	1,391	0,695	11,446	0,000	0,613	0,000	User Specified
18	Aguadulc Br	50%	8,342	4,171	8,342	4,171	22,197	-1,220	0,514	8,840	Maximum
19	Aguadulc Er	50%	8,342	4,171	8,342	4,171	22,197	1,220	0,514	8,840	Maximum
20	Lodos	50%	8,397	4,198	2,799	1,399	10,235	0,000	1,071	0,000	User Specified
21	Aguas grise	50%	4,747	2,374	4,747	2,374	19,160	-2,510	0,490	0,000	User Specified
22	Aguas negra	50%	4,747	2,374	4,747	2,374	19,160	2,510	0,490	0,000	User Specified
23	Hidro 1 Br	98%	3,188	3,124	3,492	3,422	4,477	-3,960	4,001	0,000	User Specified
24	Hidro 1 Er	98%	3,188	3,124	3,492	3,422	4,477	3,960	4,001	0,000	User Specified
25	Hidro 1 proa	98%	9,074	8,892	9,939	9,740	19,197	0,000	0,623	0,000	User Specified
26	Lastre Proa	0%	21,445	0,000	20,922	0,000	24,610	0,000	0,822	0,000	User Specified
27	Lastre popa	0%	3,588	0,000	3,501	0,000	-1,680	0,000	3,396	0,000	User Specified
28	<b>Total Loadca</b>			<b>674,096</b>	<b>200,516</b>	<b>97,544</b>	<b>14,779</b>	<b>0,000</b>	<b>3,783</b>	<b>81,469</b>	
29	FS correction								<b>0,121</b>		
30	VCG fluid								<b>3,904</b>		

PM (navegación)= 674,096-568,66= 105,436 t

Resultados obtenidos con el programa "Maxsurf":

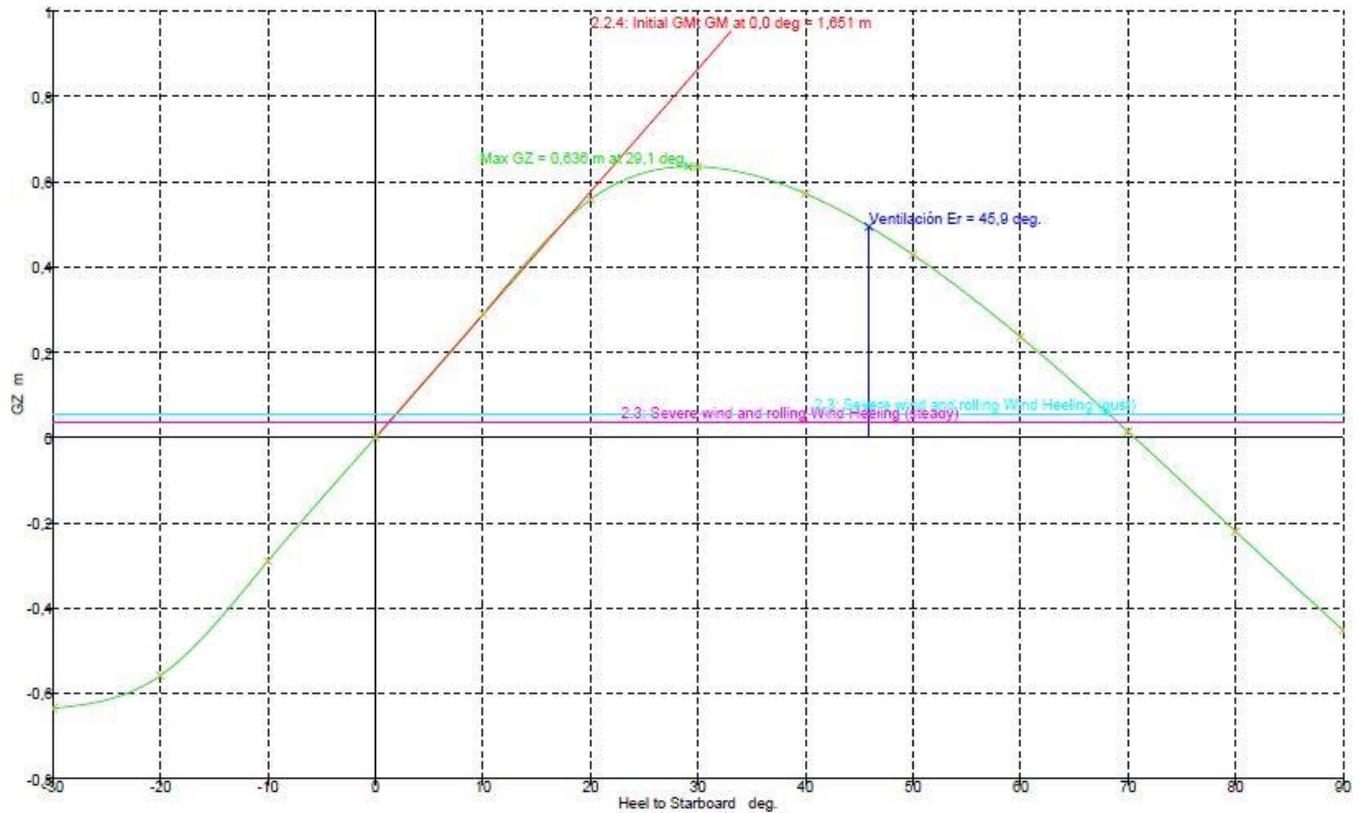
EQUILIBRIO. NAVEGACIÓN

Draft Amidships m	4,191
Displacement t	674
Heel deg	0
Draft at FP m	4,247
Draft at AP m	4,136
Draft at LCF m	4,187
Trim (+ve by stern) m	-0,111
WL Length m	29,711
Beam max extents on WL m	10,344
Wetted Area m <sup>2</sup>	361,99
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	263,267
Prismatic coeff. (Cp)	0,591
Block coeff. (Cb)	0,508
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,872
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,857
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,784
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	12,382
KB m	2,576
KG fluid m	3,904
BMt m	2,979
BML m	24,019
GMt corrected m	1,651
GML m	22,691
KMt m	5,555
KML m	26,594
Immersion (TPc) tonne/cm	2,698
MTc tonne.m	5,708
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	19,423
Max deck inclination deg	0,2368
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2368

CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS. NAVEGACIÓN

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	16,1	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	0,0550	m.rad	0,2077	Pass	+277,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.rad	0,3146	Pass	+249,52
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.rad	0,1068	Pass	+256,15
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,635	Pass	+217,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	29,1	Pass	+16,36
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,350	m	1,651	Pass	+371,71
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	1,3	Pass	+91,98
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	8,83	Pass	+88,96
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	463,77	Pass	+363,77

GRÁFICA (GZ). NAVEGACIÓN



ESTABILIDAD. NAVEGACIÓN

Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0,635	-0,558	-0,29	0	0,29	0,558	0,635	0,572	0,429	0,236	0,014	-0,22	-0,452
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0,2072	0,1009	0,025	0	0,025	0,1007	0,2077	0,3146	0,4028	0,4614	0,4835	0,4655	0,4068
Displacement t	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1	674,1
Draft at FP m	4,404	4,254	4,246	4,246	4,246	4,254	4,402	4,74	5,326	6,332	8,321	14,137	n/a
Draft at AP m	3,811	3,936	4,083	4,136	4,083	3,936	3,813	3,726	3,63	3,477	3,175	2,308	n/a
WL Length m	30,395	30,084	29,97	29,711	29,97	30,084	30,393	30,831	30,986	31,05	31,043	31,005	30,927
Beam max extents on WL m	8,066	9,295	10,469	10,344	10,469	9,295	8,066	7,294	6,667	6,209	5,923	5,757	5,731
Wetted Area m <sup>2</sup>	401,359	374,737	360,096	362,009	360,077	374,723	401,385	415,367	422,468	427,339	429,886	432,212	434,394
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	198,718	243,214	264,499	263,277	264,492	243,217	198,725	170,718	151,925	139,016	130,523	125,778	124,427
Prismatic coeff. (Cp)	0,605	0,595	0,588	0,591	0,588	0,595	0,605	0,61	0,619	0,626	0,633	0,638	0,644
Block coeff. (Cb)	0,536	0,502	0,475	0,508	0,475	0,502	0,536	0,549	0,569	0,59	0,61	0,6	0,55
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,81	14,794	14,786	14,783	14,787	14,794	14,807	14,826	14,848	14,874	14,898	14,917	14,927
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	13,177	12,763	12,451	12,381	12,452	12,763	13,178	13,461	13,666	13,798	13,867	13,893	13,886
Max deck inclination deg	30,0182	20,0098	10,0058	0,2352	10,0058	20,0098	30,018	40,0286	50,0397	60,0468	70,0448	80,0296	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,2675	-0,6805	-0,3485	-0,2352	-0,3491	-0,6805	-1,2593	-2,1661	-3,62	-6,0825	-10,8709	-23,8187	-90

## CONDICIÓN “LLEGADA A PUERTO”

En la situación de “llegada a puerto”, todos los consumos estarán al 10%. Los tanques de combustible DO 1, DO 2 y sedimentación, tanto de babor como de estribor estarán vacíos, permaneciendo los de uso diario al 54% de su capacidad, obteniendo de esta forma 12 m<sup>3</sup> que supone ese 10% del combustible que nos requiere esta condición.

A los de aguas grises/negras, así como al de lodos, los consideraremos al 98% de su capacidad.

La siguiente tabla resume los pesos y el nivel de llenado de cada tanque que compone esta condición:

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	568,660	568,660			15,050	0,000	4,030	0,000	User Specified
Tripulación	4	0,125	0,500			19,270	0,000	6,220	0,000	User Specified
Pertrechos	1	1,000	1,000			15,050	0,000	4,030	0,000	User Specified
Viveres	0,1	0,210	0,021			19,270	0,000	6,220	0,000	User Specified
Carga	1	5,000	5,000			4,000	0,000	6,600	0,000	User Specified
Equipos especi	1	10,000	10,000			4,000	0,000	6,600	0,000	User Specified
DO1 Br	0%	21,777	0,000	25,925	0,000	10,786	-0,701	0,519	0,000	User Specified
DO1 Er	0%	21,777	0,000	25,925	0,000	10,786	0,701	0,519	0,000	User Specified
DO 2 Br	0%	19,277	0,000	22,948	0,000	17,976	-0,057	0,000	0,000	User Specified
DO 2 Er	0%	19,277	0,000	22,948	0,000	17,976	0,057	0,000	0,000	User Specified
Sediment Br	0%	0,930	0,000	1,107	0,000	9,593	-0,003	0,803	0,000	User Specified
Sediment Er	0%	0,930	0,000	1,107	0,000	9,593	0,003	0,803	0,000	User Specified
DO diario Br	54%	9,378	5,064	11,164	6,029	13,208	-4,574	4,068	0,000	User Specified
DO diario Er	54%	9,378	5,064	11,164	6,029	13,208	4,574	4,068	0,000	User Specified
Ac lubric Br	10%	2,997	0,300	3,257	0,326	16,833	-2,843	0,330	0,000	User Specified
Ac lubric Er	10%	2,997	0,300	3,257	0,326	16,833	2,843	0,330	0,000	User Specified
Ac Hidrául	10%	1,280	0,128	1,391	0,139	11,623	0,000	0,428	0,000	User Specified
Aguadulc Br	10%	8,342	0,834	8,342	0,834	21,830	-1,006	0,223	8,840	Maximum
Aguadulc Er	10%	8,342	0,834	8,342	0,834	21,830	1,006	0,223	8,840	Maximum
Lodos	98%	8,397	8,229	2,799	2,743	10,218	0,000	1,481	0,000	User Specified
Aguas grise	98%	4,747	4,652	4,747	4,652	19,161	-2,651	0,746	0,000	User Specified
Aguas negra	98%	4,747	4,652	4,747	4,652	19,161	2,651	0,746	0,000	User Specified
Hidroc 1 Br	98%	3,188	3,124	3,492	3,422	4,477	-3,960	4,001	0,000	User Specified
Hidroc 1 Er	98%	3,188	3,124	3,492	3,422	4,477	3,960	4,001	0,000	User Specified
Hidroc proa	98%	9,074	8,892	9,939	9,740	19,197	0,000	0,623	0,000	User Specified
Lastre Proa	0%	21,445	0,000	20,922	0,000	24,610	0,000	0,822	0,000	User Specified
Lastre popa	0%	3,588	0,000	3,501	0,000	-1,680	0,000	3,396	0,000	User Specified
<b>Total Loadca</b>			<b>630,379</b>	<b>200,516</b>	<b>43,147</b>	<b>14,731</b>	<b>0,000</b>	<b>3,949</b>	<b>17,679</b>	
<b>FS correction</b>								<b>0,028</b>		
<b>VCG fluid</b>								<b>3,977</b>		

PM (Llegada a puerto)=  $630,379 - 568,66 = 61,719$  t

Resultados del estudio con el programa "Maxsurf":

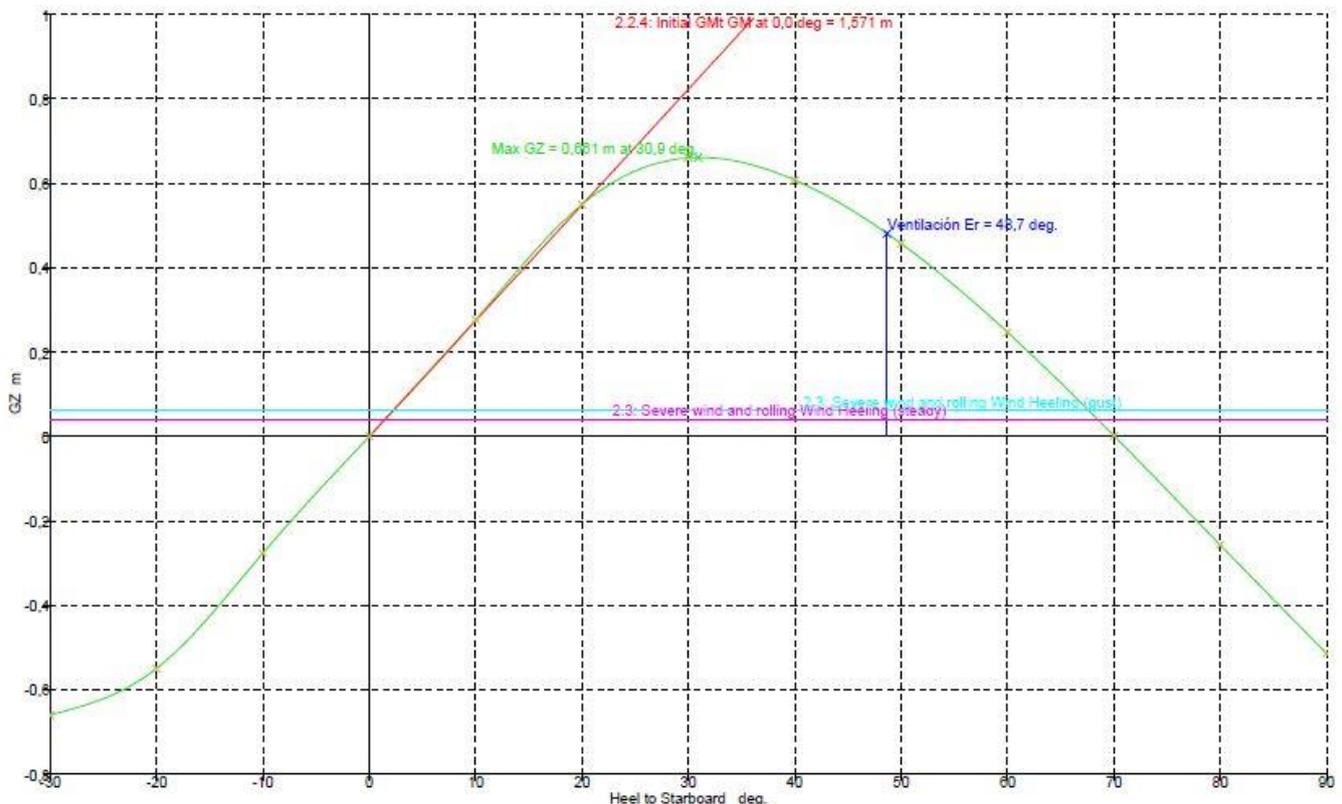
EQUILIBRIO. LLEGADA A PUERTO

Draft Amidships m	4,019
Displacement t	630,4
Heel deg	0
Draft at FP m	3,954
Draft at AP m	4,085
Draft at LCF m	4,024
Trim (+ve by stern) m	0,131
WL Length m	29,556
Beam max extents on WL m	10,308
Wetted Area m <sup>2</sup>	351,088
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	259,158
Prismatic coeff. (Cp)	0,587
Block coeff. (Cb)	0,505
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,87
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,851
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,723
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	12,34
KB m	2,47
KG fluid m	3,977
BMt m	3,079
BML m	24,897
GMt corrected m	1,571
GML m	23,39
KMt m	5,549
KML m	27,367
Immersion (TPc) tonne/cm	2,656
MTc tonne.m	5,503
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	17,289
Max deck inclination deg	0,2797
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2797

CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS. LLEGADA A PUERTO

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	16,0	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	0,0550	m.rad	0,2054	Pass	+273,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.rad	0,3179	Pass	+253,20
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.rad	0,1125	Pass	+274,85
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,661	Pass	+230,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	30,9	Pass	+23,64
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,350	m	1,571	Pass	+348,86
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	16,0	deg	1,5	Pass	+90,51
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	80,00	%	9,20	Pass	+88,50
	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	100,00	%	519,00	Pass	+419,00

GRÁFICA (GZ). LLEGADA A PUERTO



ESTABILIDAD. LLEGADA A PUERTO

Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0,66	-0,55	-0,276	0	0,276	0,55	0,66	0,607	0,457	0,247	0,002	-0,257	-0,514
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0,2047	0,0973	0,0237	0	0,0238	0,0971	0,2054	0,3179	0,4119	0,474	0,496	0,4738	0,4065
Displacement t	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4
Draft at FP m	4,03	3,951	3,954	3,954	3,955	3,951	4,03	4,268	4,709	5,483	7,01	11,477	n/a
Draft at AP m	3,696	3,86	4,027	4,085	4,027	3,86	3,695	3,56	3,394	3,131	2,624	1,163	n/a
WL Length m	30,181	29,946	29,831	29,556	29,831	29,946	30,181	30,696	30,923	31,016	31,049	31,03	30,979
Beam max extents on WL m	8,454	9,911	10,427	10,308	10,427	9,912	8,455	7,565	6,856	6,364	6,011	5,809	5,759
Wetted Area m <sup>2</sup>	381,402	355,657	348,953	351,079	348,95	355,65	381,392	395,714	402,784	407,394	410,064	412,273	414,345
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	205,815	249,348	260,359	259,154	260,358	249,351	205,817	176,214	155,858	141,789	132,551	127,34	125,692
Prismatic coeff. (Cp)	0,603	0,59	0,584	0,587	0,584	0,59	0,603	0,609	0,618	0,627	0,634	0,64	0,646
Block coeff. (Cb)	0,506	0,463	0,471	0,505	0,471	0,463	0,506	0,524	0,547	0,57	0,596	0,595	0,545
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,749	14,736	14,727	14,723	14,727	14,736	14,75	14,768	14,791	14,818	14,843	14,864	14,877
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	13,289	12,779	12,404	12,34	12,404	12,779	13,289	13,606	13,817	13,942	14,003	14,025	14,018
Max deck inclination deg	30,0058	20,0008	10,0012	0,2796	10,0012	20,0008	30,0058	40,014	50,0239	60,0318	70,0326	80,0225	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,715	-0,194	0,1558	0,2796	0,1551	-0,1933	-0,7158	-1,5135	-2,809	-5,0162	-9,295	-21,05	-90

## **7 ANEXO. CIRCULAR 2/79 DE LA DGMM.**

CIRCULAR Nº 2/79

ASUNTO: ESTABILIDAD DE REMOLCADORES

FECHA 22.05.79

La experiencia acumulada desde la comunicación de la Circular 1/77 sobre criterios de estabilidad para remolcadores y la tendencia a aumentar en los remolcadores existentes la potencia propulsora y de remolque, así como la conveniencia de unificar en lo posible la forma de presentación de cálculos e información, aconsejan una reconsideración de la mencionada Circular, del modo siguiente:

#### 1.- CONSIDERACIONES GENERALES.-

La presente Circular se aplicará a los remolcadores de nueva construcción así como a los que efectúen obras de reforma a fin de mejorar sus características de propulsión y de remolque, y entrará en vigor a partir del día 1 de Septiembre de 1.979.

Una vez realizada la experiencia de estabilidad, se remitirán a la Inspección General de Buques y Construcción Naval el Acta de la Experiencia de Estabilidad (original y tres copias) y el libro de estabilidad (por duplicado).

##### 1.1.- Acta de Pruebas de Estabilidad.

En el Acta se recogerán, además de los datos que explícitamente se indican en el impreso oficial, los siguientes:

- Peso y situación del centro de gravedad del lastre fijo que, en su caso, pueda haberse colocado en el buque. Se hará constar la prohibición expresa de modificar este lastre fijo sin la autorización previa del Inspector de Buques.

- Enumeración detallada de los pesos existentes a bordo del buque en el momento de efectuar la experiencia de estabilidad y que posteriormente se han de disminuir por no pertenecer al desplazamiento del buque en rosca. Análogamente se indicarán los pesos que falten en dicho momento para completar el desplazamiento en rosca.

- Nota indicativa, en su caso, de la exención de la experiencia de estabilidad, mencionando explícitamente la fecha del escrito correspondiente de la Inspección General.

Se hacen notar que al considerarse a todos los efectos que las curvas de estabilidad quedan interrumpidas en el valor correspondiente al ángulo de inundación, entre los datos relativos a las diferentes situaciones de carga no aparecerá ninguno que corresponda a un ángulo superior a dicho ángulo de inundación.

##### 1.2.- Libro de Estabilidad

Constará de las cuatro partes siguientes:

Información general sobre el buque.

Experiencia de estabilidad.

Situación de carga. Criterios de estabilidad.

Instrucciones al Capitán.

Se confeccionará conforme a las instrucciones indicadas en los apartados 2, 3, 4 y 5 de la presente Circular.

##### 1.3.- Generalidades.

- Todos los planos y esquemas, así como todas las hojas del Libro de Estabilidad vendrán firmadas por el Ingeniero Naval responsable de los cálculos.

- La Línea de base a utilizar en los cálculos será la horizontal que pasa por el punto de intersección del canto bajo de la quilla y la perpendicular media ( o sea la perpendicular en el punto medio de la eslora entre perpendicularidades). Excepcionalmente cuando se trate de reforma, podía admitirse como línea de base la que figure en el estudio de estabilidad anterior a la reforma debiéndose hacer constar en este caso tal circunstancia.

- En el trazado de las Curvas Hidrostáticas, Curvas de valores KN, Curvas GZ, Valores de estabilidad dinámica, Curvas de Capacidades de Tanques, se utilizará papel milimetrado.

- Las escalas a utilizar en el trazado de planos, esquemas y curvas, será alguna de las siguientes 1/10, 1/20, 1/25, 1/40, 1/50, 1/100, o sus múltiplos.

#### 1.4.- Nota.-

Dado el elevado número de cálculos a comprobar por esta Inspección General y a fin de agilizar la tramitación de los expedientes correctamente remitidos, se devolverán todos aquellos que no se atengan a estas instrucciones con indicación expresa del motivo de su devolución, lo cual no deberá interpretarse como indicación de que el resto de la información remitida es correcta.

### 2.- INFORMACION GENERAL SOBRE EL BUQUE.

#### 2.1.- Características Generales.-

Se incluirá una hoja con las características generales del buque, que como mínimo, recogerá las siguientes:

- Nombre del buque.
- Constructor.
- Eslora entre perpendicularidades.
- Manga de trazado.
- Puntal de construcción.
- Espesor del forro (sólo en buques de madera).
- Asiento de proyecto.
- Espesor de la quilla.

#### 2.2.- Planos y esquemas generales.-

Se incluirán los siguientes planos y esquemas que deberán estar colocados, para facilidad de manejo, al final del libro de estabilidad.

- Plano de formas.
- Plano de curvas Hidrostáticas trazadas para el asiento de proyecto, y que en buques de madera, se referirán al buque fuera de forros, comprendiendo, al menos, las curvas siguientes, en función del calado medio (referido a la línea de base):

Desplazamiento en agua dulce y en agua salada de 1,026 Tm/m<sup>3</sup> de peso específico.  
Toneladas por centímetro de inmersión.

Ordenada del centro de carena sobre la línea base

Abscisa del centro de carena respecto a la perpendicular de popa.

Abscisa del centro de gravedad de la flotación respecto a la perpendicular de popa.

Ordenada del metacentro transversal sobre la línea de base.

Ordenada del metacentro longitudinal sobre la línea de base.

- Plano de curvas de estabilidad de formas (brazos KN para distintos desplazamientos y ángulos de escora). Como mínimo deben figurar las correspondientes a 10°, 20°, 30°, 40° y 50°. Se trazarán en el supuesto de que el centro de gravedad se encuentra en la base y para el asiento de proyecto.

Se indicarán en el plano las superestructuras, casetas y troncos que se han considerado incluidas para el trazado de las curvas. A este respecto se tendrá en cuenta lo indicado en los apartados 3, 4 y 7 del Apéndice I de la O.M. de 29-07-70.

Asimismo, se dibujará en este plano la curva que indique el ángulo de inundación en función del desplazamiento del buque.

- Plano de disposición general (perfil y cubiertas).

- Plano de Curvas de Capacidades de Tanques. En función del nivel del líquido se indicará: volumen, ordenada del centro de gravedad sobre la base y abscisa del centro de gravedad desde la perpendicular de popa. Asimismo, se indicará para cada tanque: momentos de inercia máximo de la superficie libre del líquido, eslora máxima, manga máxima y puntal máximo. En aquellos buques en que algún otro espacio, además de los tanques, pueda presentar superficie libre teniendo en cuenta el uso a que pueda destinarse en el servicio normal del buque, deberá incluirse para dichos espacios la información citada en el párrafo anterior. Por último, se indicará para cada espacio de carga la ordenada sobre la base y la abscisa respecto a la perpendicular de popa de su centro de gravedad.

- Esquema a escala que indique en su perfil longitudinal del buque: la línea de base, perpendiculares de proa y popa, y posición de las marcas de los calados de proa y popa.
- Esquema que indique en una sección transversal, el punto considerado como el comienzo de inundación.
- En el caso de que en trazado de las curvas KN se incluyan superestructuras o casetas o bien cuando el punto de inundación considerado esté a mayor altura que alguna abertura de casco, superestructuras o casetas, se deberá adjuntar un esquema indicativo de la posición de las aberturas, con indicación de las características de sus medios de cierre y de las dimensiones de los umbrales de las puertas.
- El ángulo de inundación es el de escora para el que se sumerge alguna de las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no pueden cerrarse de modo estanco. A este respecto se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 8 del Apéndice I de la O.M. de 29-07-70.

### 3.- EXPERIENCIA DE ESTABILIDAD

#### 3.1.- Datos de la experiencia

Se indicarán en el orden siguiente:

- Calados en las marcas de proa y popa al canto bajo de la quilla.
- Enumeración de los pesos (y sus centros de gravedad) que se encuentren a bordo en el momento de la experiencia y que sean ajenos al desplazamiento en rosca del buque.
- Enumeración de los pesos (y sus centros de gravedad) que no estén situados en el buque en el momento de la experiencia y que formen parte del desplazamiento en rosca del buque.
- Enumeración de los pesos (y sus centros de gravedad) que estén situados en un lugar distinto del que les corresponde en el desplazamiento en rosca del buque.
- Pesos utilizados para la experiencia y su posición en el buque.
- Distancia de traslado y los pesos.
- Posición de los péndulos y su longitud.
- Desviación de los péndulos indicándose expresamente que la mencionada desviación corresponde al momento total del peso situado en una banda (mitad del peso total) por la distancia total de traslado entre ambas bandas.

#### 3.2.- Cálculos a incluir

Se incluirán los siguientes cálculos, y en el orden que se indica:

- Momento escorante.
- Desviación media de los péndulos.
- Calados sobre la base en las perpendiculares de proa y popa.
- Asiento del buque en la experiencia.
- Desplazamiento, que se calculará conforme a lo indicado en 3.3.
- Altura metacéntrica transversal sin corregir por superficies libres.
- Corrección por superficies libres de tanques. Se efectuará conforme a lo indicado en el apartado 4.4 para la corrección del GM inicial.
- Altura metacéntrica transversal corregida por superficies libres.
- Radio metacéntrico longitudinal. Solo en el caso indicado en el apartado 3.3.2 en cuyo caso se determinará por cálculo directo.
- Posición del centro de carena (ordenada sobre la base y abscisa desde la perpendicular de popa). Se efectuará conforme a lo indicado en el apartado 3.3.
- Radio metacéntrico transversal. Se efectuará por cálculo directo.
- Ordenada del metacentro transversal sobre la base.
- Ordenada del centro de gravedad del buque en la experiencia sobre la base.
- Abscisa del centro de gravedad del buque en la experiencia desde la perpendicular de popa. Se determinará conforme a lo indicado en el apartado 3.3.
- Desplazamiento, ordenada sobre la base del c. de g. y abscisa desde la perpendicular de popa del c.d.g., del buque en rosca.

#### 3.3.- CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA.-

La realización de los cálculos se atenderá a una de las alternativas siguientes:

3.3.1.- Si el asiento de la experiencia difiere del asiento de proyecto en más de  $0,03 \times L_{pp}$  o en más de 1 metro.

Desplazamiento, Ordenada y Abscisa del centro de carena. Se obtendrán por cálculo directo.

Abscisa del centro de gravedad desde la perpendicular de popa. Lógicamente, al conocerse la posición del centro de carena real, bastará corregir esta por el asiento.

3.3.2.- En los restantes casos:

Desplazamiento:

$$D = D_1^0 X_f \times t q \times (Tm \times cm).$$

En donde  $D_1$  = Desplazamiento obtenido en las curvas hidrostáticas en función del calado medio.

$X_f$  = c.d.g. de la flotación obtenido en las curvas hidrostáticas en función del calado medio, con relación a  $O$ , en cm.

$T q$  = Diferencia entre el asiento real y el de proyecto.

$Tm \times cm$  = Toneladas por cm. De inmersión obtenido en las curvas hidrostáticas en función del calado medio.

Radio metacéntrico longitudinal (R). Se obtendrá por cálculo directo.

Ordenada del centro de carena.

$$KC = KC_1 + \frac{1}{2} R \times (tq)^0.$$

$KC_1$  = ordenada del centro de carena obtenida de las curvas hidrostáticas, en función de D.

Abscisa del centro de carena ( $X_c$ ). Se obtendrá directamente de las curvas hidrostáticas en función de D.

Abscisa del centro de gravedad desde la perpendicular de popa.

$$X_G = X_c^0 (R - a) t q$$

En los cálculos directos, cuando se trate de buques de madera, las semimangas se tomarán fuera de forros.

#### 4.- SITUACIONES DE CARGA. CRITERIOS DE ESTABILIDAD

4.1.- Situaciones de carga que se han de estudiar.

En principio, se deben estudiar las principales condiciones de carga previstas por el Armador para la explotación del buque, en todo caso, como mínimo se estudiarán las siguientes:

4.1.1.- Salida de puerto, totalmente cargado con carga homogénea distribuida por todos los espacios de carga y con el total de combustible y provisiones.

4.1.2.- Llegada a puerto en las mismas condiciones que en el apartado anterior, pero con un 10% de combustible y provisiones.

4.1.3.- Cuando entre las dos situaciones mencionadas se proceda a llenar, por razones de estabilidad algún tanque de lastre, la condición "Buque inmediatamente antes de lastrar".

4.1.4.- Cuando se preven la necesidad de navegar en zonas de formación de hielos, se estudiará la situación de carga más desfavorable en el supuesto de acumulación de hielos. Se considerará como situación de carga desfavorable, de las indicadas en este apartado, la que presente un valor menor de la estabilidad dinámica a  $30^\circ$ .

4.2.- Criterios de estabilidad

Las curvas de estabilidad de las situaciones de carga indicadas en el apartado 4.1 deberán cumplir los siguientes criterios:

4.2.1.- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de valores GZ) no será inferior a 0,055 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de  $30^\circ$  ni inferior a 0,090 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de  $40^\circ$ , o hasta el ángulo de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si este es menor de  $40^\circ$ . Asimismo, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de  $30^\circ$  y de  $40^\circ$ , o entre los ángulos de  $30^\circ$  y el de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si éste es menor de  $40^\circ$ , no será inferior a 0,03 metros-radianes.

El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 metros para un ángulo de inclinación igual o superior a 30°.

El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora que no será inferior a 25°.

La altura metacéntrica inicial no será inferior a 0,35 metros.

4.2.2.- El ángulo de escora que tomará el remolcador al estar sometido, por separado, a cada uno de los momentos escorantes que se indican a continuación, y para cuya escora se produzca el equilibrio estático entre el momento escorante aplicado y el momento adrizante del remolcador (desplazamiento x brazo GZ correspondiente al ángulo de escora) será inferior al necesario para que se produzca la zozobra del remolcador o su inundación a través de las aberturas.

Los momentos escorantes a considerar son los siguientes:

$$M1 = 1/19,6 C1 \cdot C2 \cdot n \cdot V^2 \cdot Ap (h \cdot \cos q + C3 \cdot Cm)$$

M1= Momento escorante en tonelámetros.

C1= Coeficiente de tracción lateral (figura 1).

C2= Corrección de C1 por el ángulo de escora (figura 2)

n= peso específico del agua

V=Velocidad lateral del buque remolcador=2,57 metros/segundo (5 nudos).

Ap= área de la proyección sobre el plano diametral de la parte sumergida del remolcador, en metros cuadrados.

H= altura del gancho de remolque sobre la flotación, en metros.

q= ángulo de escora.

C3= distancia del centro de presión del área Ap a la flotación, expresada como fracción del calado medio real (figura 3).

Cm= calado medio real, en metros.

M2=C4 . C5 . T(h.cosq+C6.Cm) siendo:

M2= momento escorante, en tonelámetros.

C4= fracción del tiro máximo a punto fijo del remolcador que se puede suponer que actúa transversalmente = 0,70.

C5= Corrección de C4 por la posición longitudinal del gancho de remolque (figura 4).

T= Tiro máximo a punto fijo del remolcador en toneladas.

C6= Distancia a la flotación del centro de resistencia efectivo, como fracción del calado = 0,52.

H, Cm y q tienen los mismos significados que en la fórmula del momento escorante M1.

Cuando el buque este provisto de un dispositivo de gancho giratorio, previa conformidad de la Inspección General, se podría añadir en los paréntesis de las fórmulas de los momentos escorantes M1 y M2 un término sustractivo de la forma:

$$r \cdot \sin q$$

siendo r el radio de giro, en metros. Para ello será preciso que se incluyan los planos del gancho de remolque en el libro de estabilidad.

El valor de T que figura en la fórmula del momento escorante M2 se deberá medir mediante una prueba de tracción a punto fijo del remolcador, realizada en presencia de la Inspección de Buques Local o, caso de no ser esto posible, mediante un Certificado expedido por una sociedad de clasificación, a satisfacción de la Inspección General de Buques.

En circunstancias especiales, cuando en algún buque sea imposible satisfacer todos los

requisitos de estabilidad mencionados anteriormente, a causa del tipo de servicio que haya de prestar o de sus condiciones particulares de proyecto, la Inspección General de buques podía eximir a algún remolcador de cumplir las normas establecidas, siempre que se acompañe para ello un estudio detallado en el que se demuestre que las condiciones de estabilidad del buque son totalmente satisfactorias para sus condiciones de trabajo, en todos los estados de carga previsible.

#### 4.3.- CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LOS CALCULOS

4.3.1.- En general, se hará uso de las curvas hidrostáticas y de los valores KN trazadas para el asiento de proyecto, pero en aquellas situaciones en que el asiento calculado de servicio difiera en más de 0,02 Lpp del asiento de proyecto, los valores GZ de las curvas de estabilidad estática también el cálculo directo de las curvas de estabilidad para el asiento real. Asimismo, cuando se considere necesario, se podrá exigir dicho cálculo directo.

4.3.2.- En circunstancias especiales se podrán tener en cuenta las superestructuras que se consideren cerradas, realizando los cálculos de estabilidad hasta el ángulo para el que comienza la entrada de agua, siempre que esto no de lugar a una inundación peligrosa del buque ( en este ángulo, la curva de estabilidad estática deberá tener uno o más escalones y en los cálculos siguientes no deberá considerarse el espacio inundado).

En los casos en que el buque pudiera llegar a zozobrar por inundación a través de alguna abertura, la curva de estabilidad se interrumpirá en el ángulo de inundación correspondiente a dicha abertura, y se considerará que el buque, en este instante, ha perdido su estabilidad.

4.3.3.- En todos los casos la carga se supondrá homogénea, a menos que esto resulte incompatible con la práctica, lo cual habrá de demostrarse explícitamente.

4.3.4.- La altura metacéntrica inicial y los brazos adrizantes habrán de corregirse por efecto de superficies libres conforme al procedimiento indicado en el apartado 4.4.

4.3.5.- Las curvas de estabilidad se dibujarán hasta el ángulo de inundación con trazo continuo y a partir de este punto, con trazo discontinuo.

4.3.6.- cuando un buque de transporte carga sobre cubierta se indicará su peso así como la altura de su centro de gravedad.

4.3.7.- En la situación de carga indicada en el apartado 4.1.1 se supondrá que el buque está cargado hasta su línea de carga de verano con los tanques de lastre vacíos.

#### EFFECTO DE LOS LIQUIDOS EN LOS TANQUES Y EN OTROS ESPACIOS DONDE PUEDEN APARECER SUPERFICIES LIBRES.-

4.4.1.- El valor de  $M_{sl}$  para cada tanque es el obtenido por la fórmula:

siendo:

$M_{sl}$ =Momento por superficie libre para una inclinación de  $q$  grados, en tonelámetros.

$V$ = Capacidad total del tanque en metros cúbicos.

$b$ = Dimensión máxima del tanque en la dirección de la manga, en metros.

$n$ = Peso específico del líquido contenido en el tanque, en toneladas por metro cúbico.

$z = v/b \cdot 1 \cdot h$ .

$l$ = Dimensión máxima del tanque en la dirección de la eslora, en metros.

$Kq$ = Coeficiente adimensional que se obtiene de la tabla, en función de  $b/h$  y  $q$ . Los valores intermedios se determinan por interpolación. La citada tabla es la incluida en el Apéndice I de la O.M de 29-07-70.

4.4.2.- Los tanques para los que el valor de  $M_{sl}$  para  $30^\circ$  sea menor que el producto  $0,01 \times$  Desplazamiento en rosca, no es preciso que sean considerados en los cálculos.

4.4.3.- Los residuos de líquidos que queden normalmente en los tanques vacíos no se tendrán en cuenta en los cálculos.

4.4.4.- Dentro del mismo servicio (agua, dulce, lastre, fuel-oil, etc.) y para una determinada situación de carga, se tendrán en cuenta en principio, solo aquellos tanques que en algún

momento dan lugar a superficie libre hasta que el buque se encuentre en la siguiente situación de carga estudiada. De entre éstos solo se considerarán los siguientes:

Los que presenten superficie libre en todo el intervalo,

Entre los que se consumen en un orden prefijado, los que den el mayor valor del momento por superficie libre. En el caso de que esté previsto consumir al mismo tiempo o de más de un tanque (por ejemplo, cuando haya de consumir simultáneamente de tanques simétricos respecto a crujía), se considerarán a la vez todos los tanques, que de acuerdo con el orden de consumos previsto, presenten superficie libre al mismo tiempo, eligiéndose de sus respectivos momentos por superficie libre.

4.4.5.- La corrección será la suma de las correcciones correspondientes a los tanques de cada servicio.

Corrección del  $GM = \frac{E_i \cdot n}{D}$

$i$  = momento de inercia máximo de las superficies libres que puedan aparecer en el tanque, en  $m^4$ .

Corrección de los valores  $GZ = \frac{E \cdot M_{sl}}{D}$

para cada ángulo  $q$

4.4.6.- De forma análoga se corregirán también por aquellos espacios en que pueda aparecer superficie libre por cualquier otro motivo.

-Resumen Final

Al final de esta parte del libro se incluirá un resumen que recoja, para todas las situaciones de carga estudiadas, los datos que han de figurar en el Acta de Pruebas de Estabilidad.

## 5.- INSTRUCCIONES AL CAPITAN.

Las instrucciones al capitán deberán incluir lo siguiente:

### 5.1.- Instrucciones de tipo General

Se incluirán literalmente las siguientes recomendaciones:

5.1.1.- El cumplimiento de los criterios de estabilidad no asegura la inmunidad del buque a la zozobra en cualquier circunstancia, ni exime al capitán de sus responsabilidades. Dos capitanes deben tener prudencia y buen sentido marinero, prestando atención al estado de la mar, estación del año, previsiones del tiempo y zona en la que navega el buque.

5.1.2.- Se cuidará que la estiba de la carga se realice de modo que puedan satisfacerse los criterios de estabilidad. En caso de necesidad puede admitirse para ello el empleo de lastre.

5.1.3.- Todas las puertas de acceso y otras aberturas a través de las cuales puede entrar agua en el casco casetas, castillo, etc. se cerrarán convenientemente en caso de mal tiempo y para ello todos los dispositivos necesarios se mantendrán a bordo en un buen estado y listos para su empleo.

5.1.4.- Antes de salir de puerto se cuidará de que la carga y las piezas de respeto se hallen debidamente estibadas y trincadas de forma que las posibilidades de su corrimiento debidas al cabeceo y al balance se reduzcan al mínimo posible.

5.1.5.- Todas las tapas ciegas portátiles se conservarán en buen estado y serán cerradas con seguridad en caso de mal tiempo.

5.1.6.- Se cuidará en todo momento que el número de tanques parcialmente llenos sea mínimo.

5.1.7.- Deberán seguirse las instrucciones que existan relativas al llenado de los tanques de lastre de agua salada, recordando siempre que los tanques parcialmente llenos afectan desfavorablemente a la estabilidad y pueden ser peligrosos.

5.1.8.- En caso de mal tiempo, deberán cerrarse y asegurarse los dispositivos de cierre previstos en los tubos de aireación de los tanques de combustible.

5.1.9.- Se prestará especial atención a la formación de hielo en cubiertas, superestructuras y arboladura, y se procurará eliminar el hielo acumulado por todos los medios posibles.

### 5.2.- Procedimiento para verificar la estabilidad del buque.

Se incluirá en este apartado una explicación detallada del procedimiento para efectuar un cálculo completo de estabilidad y de los criterios de estabilidad a cumplir por el buque. Es

decir: estado de pesos y centros de gravedad, cálculo del GM, cálculo de la curva GZ, corrección por superficies libres, la forma de calcular el asiento y los calados, forma de pasar de calados en las perpendiculares a calados en las marcas, etc.

#### 5.3.- Procedimiento aproximado para comprobar la estabilidad

Se indicará expresamente que lo que se indica en este apartado solo tiene un valor orientativo y que es más exacto efectuar el cálculo indicado en 5.2.

Se incluirá una tabla que indique, en función de los calados, el valor máximo que puede tener la ordenada del centro de gravedad del buque, que asegure que la estabilidad cumple con los criterios definidos en los apartados a), b), c) y d) de 4.2. Por separado del libro de estabilidad se remitirá a esta Inspección General una explicación del procedimiento utilizado para confeccionar esta tabla.

También se indicará en este apartado, la forma de calcular la ordenada del centro de gravedad del buque.

Para los buques de eslora menor a 70 metros, se incluirá también, como procedimiento alternativo, una descripción clara del método de determinación aproximada de la estabilidad del buque por medio de la medición del período de balance, según el Apéndice III de la O.M. de 29.07.70. Para ello, se indicará claramente cuales han de ser los valores de  $f$  para cada situación de carga, teniendo en cuenta que no es correcto emplear el valor de  $f$  deducido durante la experiencia de estabilidad en todas las situaciones de carga del buque, ya que el valor de  $f$  y, por lo tanto, el período de balance, dependen del estado de carga.

Se explicará también detalladamente un procedimiento sencillo para provocar el balance del buque y poder medir su período de balance en las diversas situaciones de carga. Por ejemplo, mediante el traslado alternativo y a intervalos de tiempo iguales, de un peso (p.e.; varios hombres) a las bandas del buque.

#### 5.4.- Instrucciones especiales.-

Lastre fijo. En el caso de que exista en el buque, se dará su peso y situación, se indicará la prohibición absoluta de modificarla sin autorización previa de la Inspección General de Buques.

Lastres Líquidos. Se indicará en que situaciones de carga o en que momento de la navegación, a partir de una situación de carga determinada, es necesario lastrar. Se indicará los tanques que se han de llenar y en que orden, así como el estado aproximado de los diversos consumos en el momento de lastrar

Consumos. Se indicará el orden en que se deben realizar los diversos consumos de los tanques a partir de cada situación de carga. Asimismo, se indicará, si ello es necesario, los trasiegos que se han de hacer, y cuando y en que orden.

Esta Circular anula y sustituye a la Circular 1/77.

Sírvase acusar recibo de la misma.

Dios guarde a Vd. muchos años. Madrid, 22 de Mayo de 1.979 EL INSPECTOR GENERAL:

-Antonio Prego García-

SR. INGENIERO JEFE DE LA INSPECCION DE BUQUES

Comandancia Militar de Marina de

FIGURA 1.- COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL PARA ESTIMACIONES DE LAS FUERZA EXTERNAS SOBRE EL REMOLCADOR.

Figura (Ver imagen)

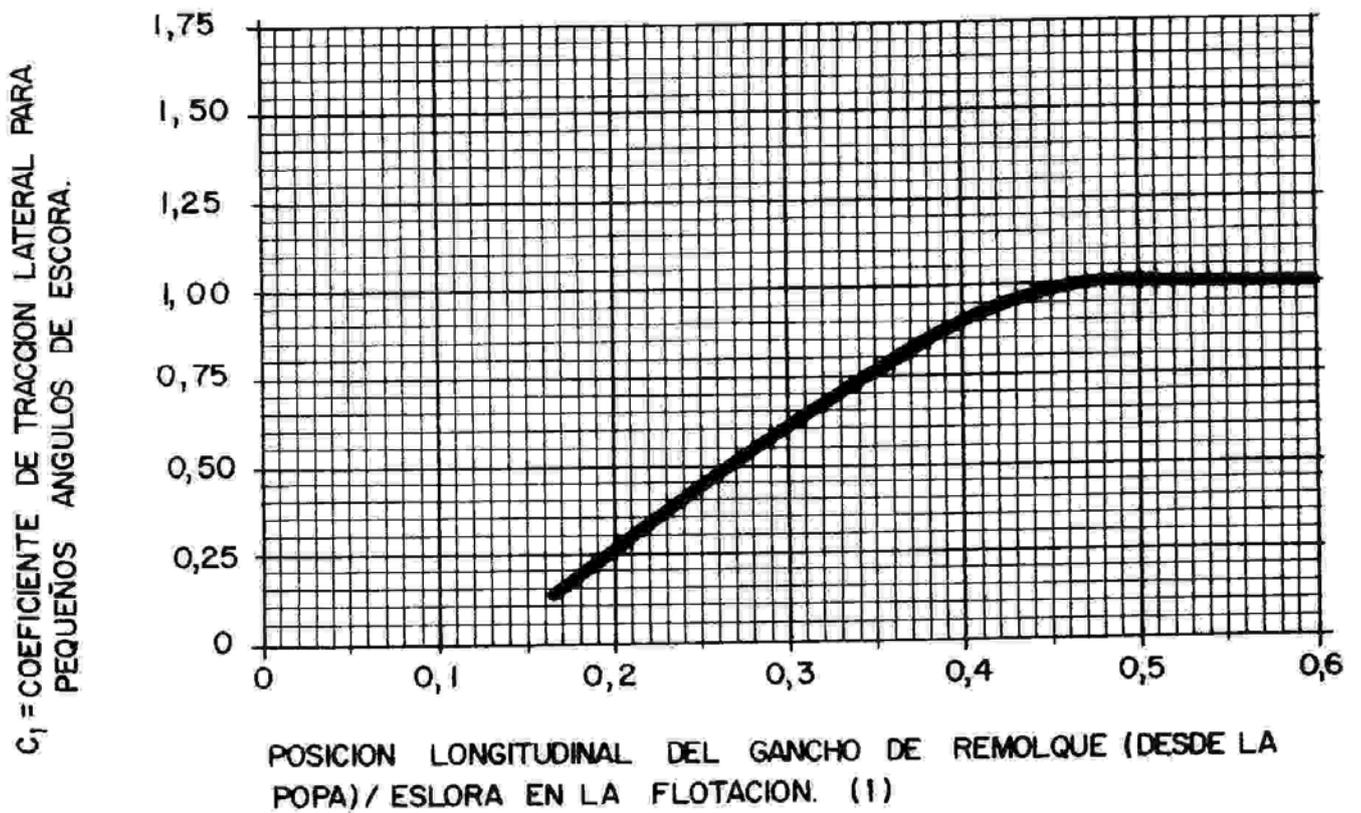


FIGURA 2.- RELACION DEL COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL—ANGULO ESCORA NORMALIZADO

(1) Si el buque tiene una superestructura en la sección *médía* se consideraría el borde de la cubierta como si tal superestructura no existiera.

Figura (Ver imagen)

$C_2$  = COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL APARENTE/  
COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL CON ESCORA NULA

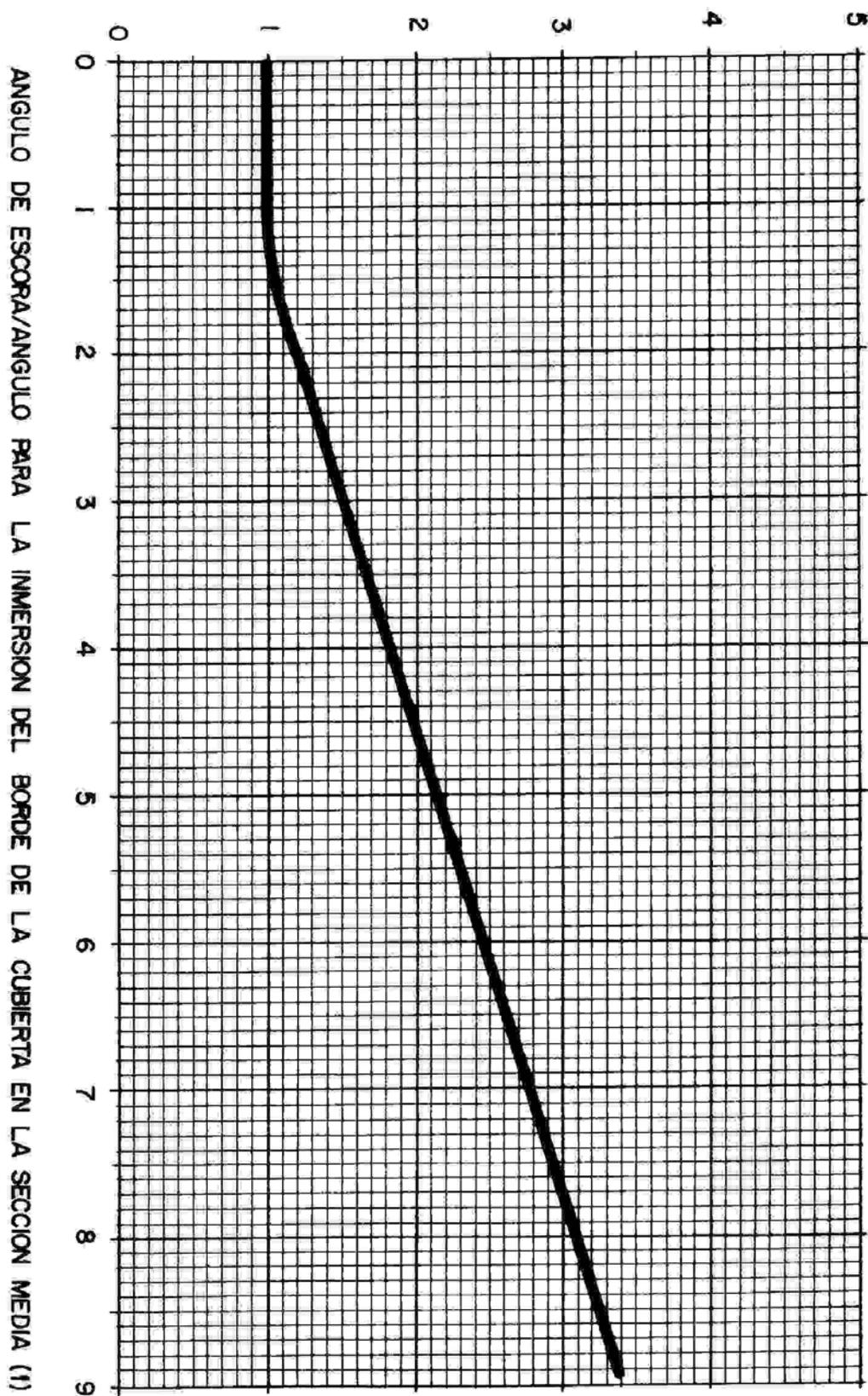


FIGURA 3.- DISTANCIA A LA FLOTACION DEL CENTRO DEL AREA  $A_{p1}$  TOMADA COMO FRACCION DEL CALADO/ANGULO DE ESCORA NORMALIZADO.

Figura (Ver imagen)

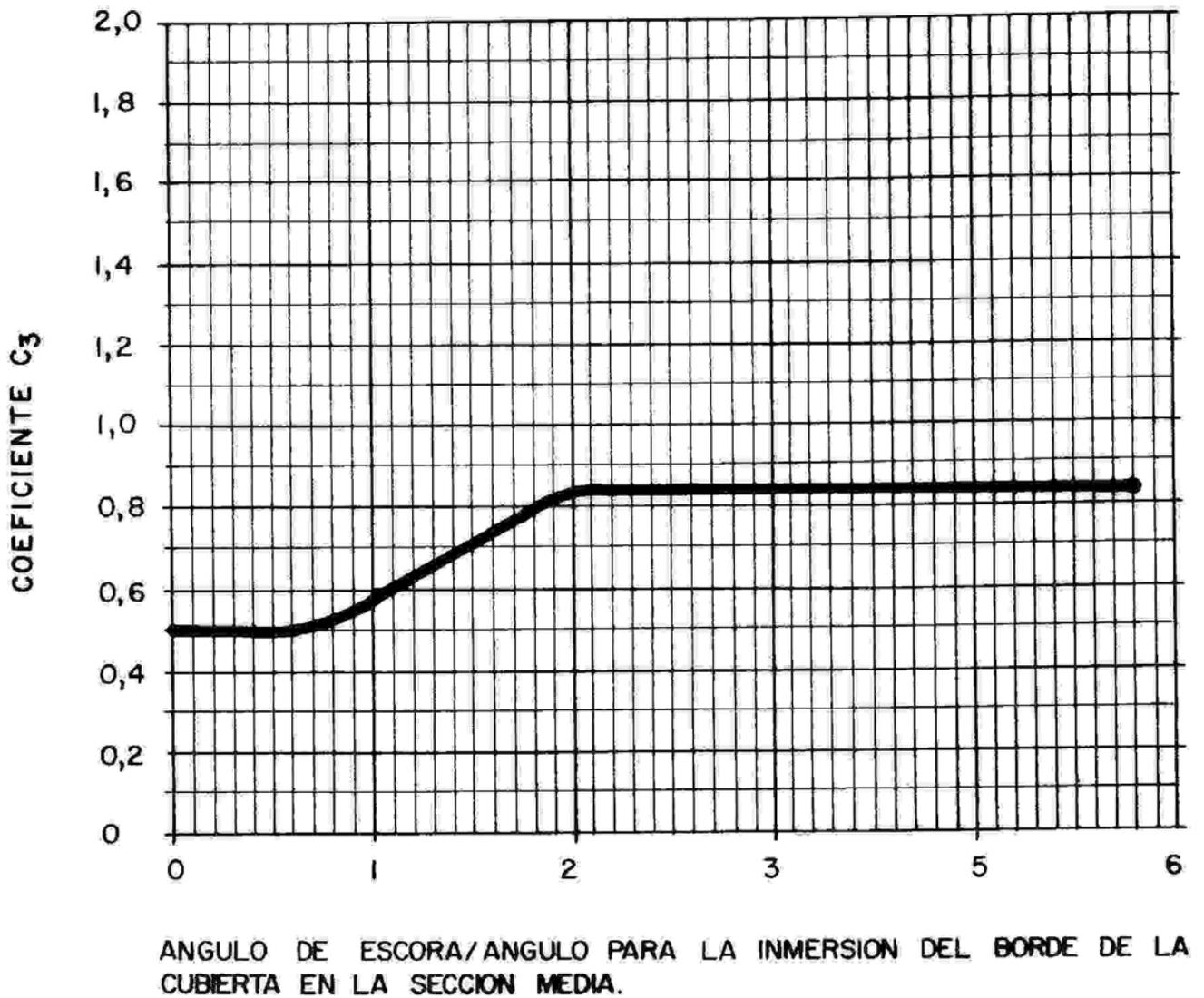


FIGURA 4.- REDUCCION EN EL MOMENTO ESCORANTE EFECTIVO-POSICION LONGITUDINAL DEL GANCHO DE REMOLQUE.

Figura (Ver imagen)

FACTOR DE CORRECCION PARA EL TIRO EFECTIVO EN EL GANCHO C<sub>5</sub>

