



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado/Máster
CURSO 2019/20

REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Miguel Burgos Torres

TUTORAS/ES

Luis Manuel Carral Couce

FECHA

DICIEMBRE 2020



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2019-2020

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE: BUQUE REMOLCADOR ROMPEHIELOS 90 TPF, PARA OPERACIONES DE PUERTO Y OPERACIONES ROMPEHIELOS

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: BUREAU VERITAS, MARPOL, SOLAS Y REGLAMENTOS STANDARD PARA ESTE TIPO DE BUQUE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 90 TPF

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 12 NUDOS EN CONDICIONES DE SERVICIO, 85% MCR + 15% MM

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: LO HABITUAL EN ESTE TIPO DE BUQUES

PROPULSIÓN: DIÉSEL ELÉCTRICA MDO CON DOS HÉLICES AZIPODS

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 6 TRIPULANTES

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: LOS HABITUALES EN ESTE TIPO DE BUQUES.

Ferrol, 10 Setiembre 2019

ALUMNO/A: **D. MIGUEL BURGOS TORRES**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO/MÁSTER
CURSO 2019/20**

REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 5

SITUACIONES DE CARGA

Índice:

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. DESGLOSE DE PESOS.....	6
Desglose del peso en rosca.....	6
Consumos.....	8
Otros pesos.....	8
3. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD.....	10
3.1 Criterios de estabilidad.....	10
3.2 Criterio meteorológico aplicable a todos los buques en al menos la peor condición de carga.....	11
3.3 Criterio aplicable a remolcadores.....	14
4. CORRECCIÓN POR SUPERFICIES LIBRES.....	18
5. CONDICIONES DE CARGA.....	22
5.1 Condición: “Situación de salida de puerto”.....	22
5.2 Condición: “Situación de llegada a puerto”.....	29
6. RESUMEN CONDICIONES DE CARGA.....	37
<i>ANEXO I: Circular N° 2/79.....</i>	<i>38</i>
<i>ANEXO II: Disposición general “RT Emotion”.....</i>	<i>54</i>
<i>ANEXO III: Plano de tanques.....</i>	<i>56</i>

1. INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno, se procederá a analizar la estabilidad del buque en las diversas condiciones de carga, así como si se cumplen los criterios de estabilidad.

Para cada condición de carga, se tratará de verificar la estabilidad del buque y los criterios que la rigen. También se tendrán en cuenta cómo afectarán las superficies libres en cada caso, verificando que se cumplen los criterios.

Las condiciones de carga a estudiar en el buque proyecto son:

- Condición de “Salida de puerto”.
- Condición de “Llegada de puerto”.

Para la realización de este cuaderno, se parte de lo obtenido en cuadernos anteriores, con las siguientes dimensiones.

Características principales	
Lpp	38 m
B	12,5 m
D	6,65 m
T	5,27 m
BHP	6000 kW
Desplazamiento	1308,6
Cb	0,52
Cm	0,98
Cp	0,53
Velocidad (m/s)	6,17
Velocidad (kn)	12
L	40,36 m

2. DESGLOSE DE PESOS.

Para el cálculo de la estabilidad es necesario conocer el desglose de pesos del buque a proyectar, obtenidos anteriormente en el Cuaderno 2.

- Desglose del peso en rosca del buque.
- Consumos.
- Otros pesos varios.

Desglose del peso en rosca.

En este apartado, se mostrará el cuadro de los pesos que se incluyen en el peso en rosca del buque. Como se ha comentado en cuadernos anteriores, el desplazamiento se puede definir como la suma del peso muerto y el peso en rosca.

$$\Delta = PR + PM$$

El peso en rosca integra todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo la carga, el pasaje, los pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías.

Por lo tanto, el peso en rosca está formado por:

- Peso de la estructura de acero.
- Peso de la maquinaria.
- Peso de equipo y habilitación.

$$PR = PS + PM + PE$$

El peso muerto es el resto de los pesos que no están incluidos en el peso en rosca, pero que forman parte del desplazamiento.

Al peso en rosca se le aplica un margen de error de un 5%, debido al carácter aproximativo de los cálculos realizados.

A continuación, se muestra un cuadro del peso en rosca del buque desglosado, realizado en el Cuaderno 2.

	PESO t	XG	KG	MOM long	MOM vert
PESO ACERO	521,55	17,60	4,79	9179,32	2498,72
Motores principales	120	21,04	3,86	2524,80	463,20
Propulsores	104	3,5	5	364,00	520,00
Contraincendios en C.M	3,99	21,04	3,86	83,85	15,38
Piezas de respeto	98,93	21,04	3,86	2081,54	381,88
Tecles	5,90	21,04	3,86	124,14	22,77
PESOS MAQUINARIA	332,82	15,56	4,22	5178,32	1403,24
P. Cubierta A	22,71	20,3	7,9	461,04	179,42
P Cubierta B	10,48	31,25	5	327,56	52,41
P. Puente	4,93	18,85	11,8	92,89	58,15
PESO HABILITACIÓN	38,12	23,12	7,61	881,50	289,98
Equipo amarre y fondeo PR	4,8	36,5	6,9	175,20	33,12
Equipo amarre y fondeo PP	1,2	2,5	6,1	3,00	7,32
Equipo navegación	1,5	19	11,8	28,50	17,70
Equipo salvamento	9,5	18	6,65	171,00	63,18
Equipo contraincendios	3,13	12,35	6,65	38,66	20,81
Puertas acero	1,68	28,5	10,4	47,88	17,47
Portillos y ventanas	0,72	28,5	10,4	20,52	7,49
Escaleras	2,2	28,5	10,4	62,70	22,88
Instalación eléctrica	15,20	29	9,78	440,66	148,54
Tuberías y bombas C.	13,76	19	3,99	261,48	54,91
Tuberías y bombas M.	59,02	21,04	3,86	1241,71	227,80
Pintura y P.Catódica	9,02	17,60	4,79	158,83	43,23
PESO EQUIPOS	121,73	21,77	5,46	2650,14	664,45

PESO EN ROSCA	1014,22	18,67	4,79	18935,65	4856,39
----------------------	---------	-------	------	----------	---------

PESO EN ROSCA	1014,22
XG	18,67
KG	4,79
MOM long	18935,65
MOM vert	4856,39

PESO EN ROSCA INICIAL	1014,22
MARGEN	5%
PESO EN ROSCA FINAL	1064,93

A la posición longitudinal de centro de gravedad del peso en rosca se le añade 0,5 metros de margen, por posibles errores en los cálculos.

PESO EN ROSCA FINAL	1064,93
XG	19,17
KG	4,79

Consumos.

Los consumos que se llevarán a bordo del buque, han sido calculados en el Cuaderno 4 y se muestran a continuación. El plano de distribución de tanques se muestra en el ANEXO.

Consumos de combustible		
	<i>ton</i>	<i>m³</i>
Combustible	152,15	172,90
Uso diario	27,82	31,62
Reboses	0,58	0,66
Derrames	5,80	2,00
Consumos de aceites		
	<i>ton</i>	<i>m³</i>
Aceite lubricación	1,73	1,88
Aceite hidráulico	-	0,50
Consumos de agua		
	<i>L</i>	<i>m³</i>
Agua dulce	9240	9,24
Aguas oleosas	-	3,46
Aguas grises y negras	9660	9,66
Lodos		
	<i>ton</i>	<i>m³</i>
Lodos	-	4,75

Otros pesos

En este apartado se detallan los pesos no mostrados anteriormente.

En cuanto a la tripulación, el buque cuenta con 6 tripulantes, estimándose su peso medio en 125 kg/persona. Su XG e YG se coloca en el centro de la habitación y su KG se coloca a un metro sobre el suelo.

$$\text{Tripulacion} = 0,75 \text{ t. (XG} = 20,3 \text{ m; YG} = 0 \text{ m; KG} = 6,5 \text{ m)}$$

Para estimar los pesos de los víveres del buque, se aproxima a 5 kg por persona y día. La posición del centro de gravedad de los víveres se coloca en las gambuzas a un metro sobre el suelo.

$$\text{Viveres} = 0,31 \text{ t. (XG} = 20,3 \text{ m; YG} = -3 \text{ m; KG} = 6,5 \text{ m)}$$

En cuanto a los pertrechos, se consideran todos aquellos elementos que el armador añade como repuestos, necesidades adicionales del buque, etc. El peso es muy variable y se estima en 20 t.

El centro de gravedad de los pertrechos será el de la habitación.

$$Pertrechos = 20 t. (XG = 20,3 m; YG = 0 m; KG = 6,5 m)$$

3. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD.

En este apartado se describen los criterios empleados en la estabilidad del buque proyecto.

3.1 Criterios de estabilidad.

El código IS 2008, capítulo 3, especifica los criterios relativos a las propiedades de la curva de brazos adrizantes:

- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de valores GZ) no será inferior a 0,055 m·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, θ_c , si éste es menor de 40°. Asimismo, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de 30° y 40°, o entre los ángulos de 30° y θ_c , no será inferior a 0,03 m·rad.
- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m, 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).

CAPITULO 3 – CRITERIOS DE PROYECTO APLICABLES A TODOS LOS BUQUES

3.1 Criterios generales de estabilidad sin avería para todos los buques

3.1.1 Ambito de aplicación

Se recomiendan los siguientes criterios para buques de pasaje y buques de carga.

3.1.2 Criterios generales recomendados

3.1.2.1 El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0,055 m·rad hasta un ángulo de escora $\theta = 30^\circ$ ni inferior a 0,09 m·rad hasta un ángulo de escora $\theta = 40^\circ$, o hasta el ángulo de inundación θ_i^* si es inferior a 40°. Además, el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de 30° y 40° o de 30° y θ_i , si este ángulo es inferior a 40°, no será inferior a 0,03 m·rad.

3.1.2.2 El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m a un ángulo de escora igual o superior a 30°.

3.1.2.3 El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30° pero no inferior a 25°.

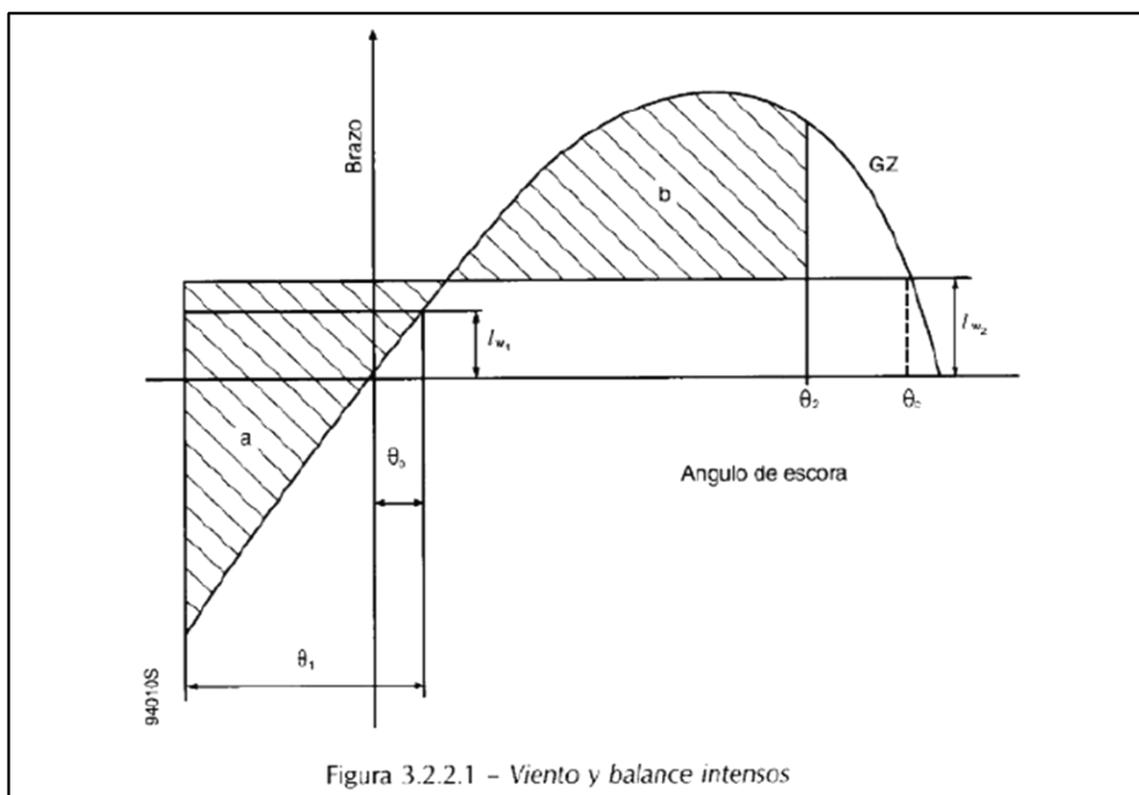
3.1.2.4 La altura metacéntrica inicial GM_0 no será inferior a 0,15 m.

3.2 Criterio meteorológico aplicable a todos los buques en al menos la peor condición de carga.

En este criterio 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 se muestra, 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 (φ_0), el buque se balancea por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance (φ_1) a barlovento. El ángulo de escora provocado por un viento constante (φ_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 siguiente modo:

- φ_0 : Ángulo de escora provocado por un viento constante.
- φ_1 : Ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas.

- φ_2 : Ángulo de inundación descendente (φ_f), o 50° , o (φ_c), tomando de estos valores el menor.
- φ_f : Ángulo de escora al que se sumergen las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no pueden 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.
- φ_c : Ángulo de la segunda intersección entre la curva de brazos escorantes Iw_2 y la de brazos GZ.

Los brazos escorantes, Iw_1 y Iw_2 provocados por el viento, al que se hace referencia, son valores constantes a todos los ángulos de inclinación y se calcularán del modo siguiente:

$$Iw_1 = \frac{P \cdot A \cdot Z}{1000 \cdot g \cdot \Delta} \text{ (m)}$$

$$Iw_2 = 1,5 \cdot Iw_1 \text{ (m)}$$

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 cubierta 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).
- Δ : Desplazamiento.
- g: Aceleración debida a la gravedad de $9,81 \text{ m/s}^2$.

Si la administración los considera satisfactorios, podrán aceptarse otros medios para determinar el brazo escorante (Iw_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 (ϕ_1) a que se hace referencia, se calculará del siguiente modo:

$$\phi_1 = 109 \cdot k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{r \cdot s}$$

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:
 - o K=1 respecto de un buque de pantoque redondo que no tenga quillas de balance ni quilla de barra.
 - o 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.

$$r = 0,73 + 0,6 \cdot \frac{OG}{d}$$

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 periodo natural de balance del buque. Si no se dispone de información suficiente, puede utilizarse la siguiente aproximación:

$$T = 2 \cdot C \cdot \frac{B}{\sqrt{GM}} \text{ (s)}$$

Donde:

$$C = 0,373 + 0,023 \cdot \frac{B}{d} - 0,043 \cdot \frac{L_{wl}}{100}$$

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_{wl} : 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 en m².
- GM: Altura metacéntrica corregida por el efecto de superficies libres 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 2.3.4-3: Valores del factor k

$\frac{A_k \times 100}{L_{tot} \times B}$	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 2.3.4-2: 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 2.3.4-4: Valores del factor s

T	s
≤ 6	0,100
7	0,098
8	0,093
12	0,065
14	0,053
16	0,044
18	0,038
≥ 20	0,035

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

$$\frac{B}{d} < 3,5$$

$$-0,3 < \frac{KG}{d-1} < 0,5$$

$$T < 20s$$

En el caso de los buques cuyos parámetros rebasen los límites indicados supra, el ángulo de balance (φ_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.

3.3 Criterio aplicable a remolcadores.

La inspección general de buques y construcción naval establece la reglamentación de estabilidad a cumplir por los remolcadores en la circular 2/79:

Se aplicará este criterio a las condiciones de carga tanto de salida de puerto como la peor condición de carga posible, concluyendo que el resultado es favorable, el buque también cumplirá dicho criterio satisfactoriamente en las demás condiciones de carga.

El criterio indica lo siguiente:

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

$$M_1 = \frac{1}{19,6} \cdot C1 \cdot C2 \cdot \gamma \cdot Ap \cdot (h \cdot \cos q + C3 \cdot Cm)$$

Donde:

- M_1 : Momento escorante en tonelada por metro.
- $C1$: Coeficiente de tracción lateral (figura 1).
- $C2$: Corrección de $C1$ por el ángulo de escora (figura 2).
- γ : Peso específico del agua.
- V : Velocidad lateral del buque remolcador, equivalente a 2,57 m/s.
- Ap : Área de la proyección sobre el plano diametral de la parte sumergida del remolcador (m^2).
- h : Altura del gancho de remolque sobre la flotación (m).
- q : Ángulo de escora.
- $C3$: Distancia del centro de presión del área Ap a la flotación, expresada como fracción de calado medio real (figura 3).
- Cm : Calado medio real (m).
-

FIGURA 1:

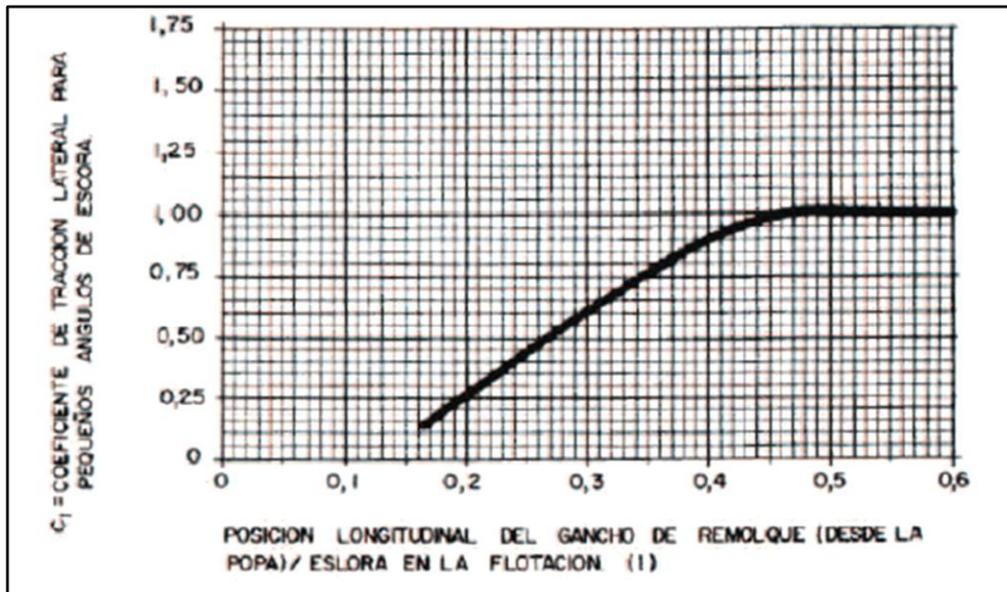


FIGURA 2:

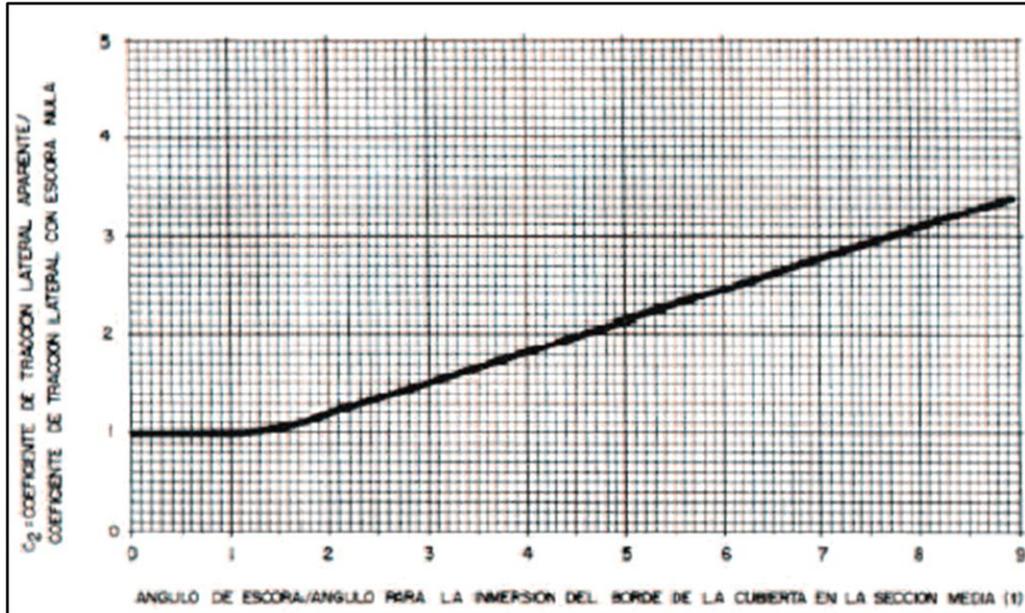
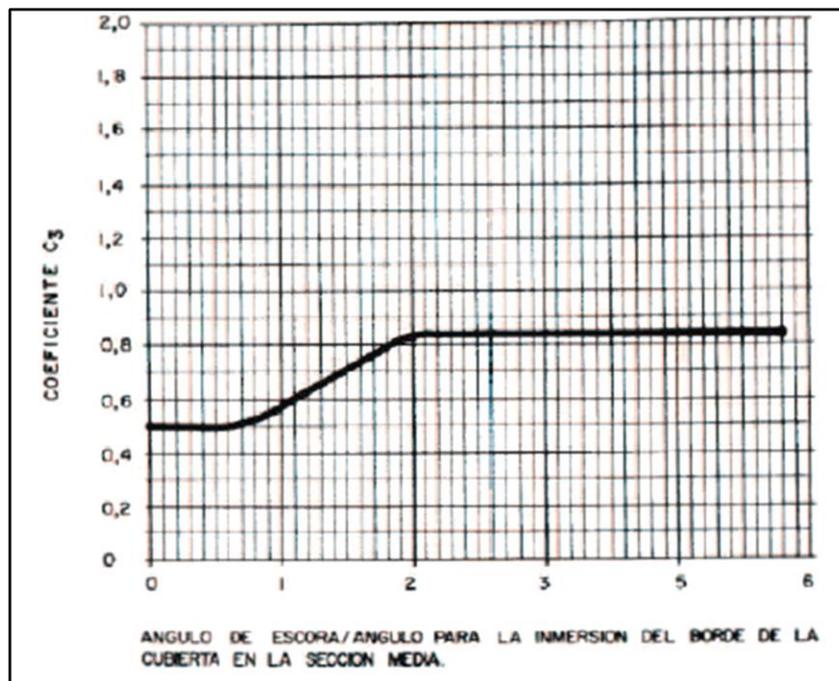


FIGURA 3:



$$M_2 = C4 \cdot C5 \cdot T \cdot (h \cdot \cos q + C6 \cdot Cm)$$

Donde:

- M₂: Momento escorante en toneladas por metro.
- C₄: Fracción del tiro máximo a punto fijo del remolcador que se puede suponer que actúa transversalmente = 0,7.
- 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.

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 M_1 y M_2 un término sustractivo de la forma:

$$r \cdot \sin q$$

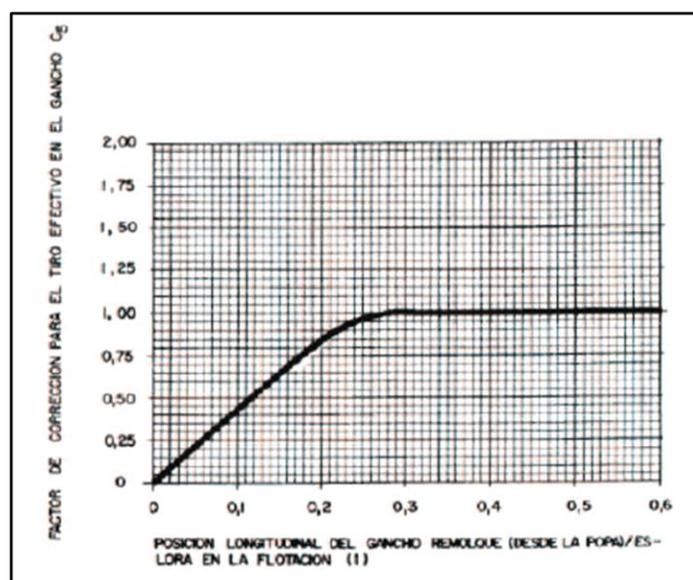
Siendo r el radio de giro en metros.

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 M_2 se deberá medir mediante una prueba de tracción a punto fijo del remolcador, realizada en presencia de la inspección de buques local o, en 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 que prestar o de sus condiciones particulares de proyecto, la inspección general de buques podrá eximir a algún remolcador de cumplir las normas establecidas, siempre que se acompañe para ello de 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.

FIGURA 4:



4. CORRECCIÓN POR SUPERFICIES LIBRES.

A continuación, se realizará un breve estudio para saber que tanques deben corregir por superficies libres en las diferentes condiciones de carga. Para ello haremos referencia a la IMO.

Siguiendo los pasos que indica, se calcula primero el momento debido a superficies libres a 30° de cada tanque, y se compara con el desplazamiento mínimo. Si cumple con el criterio indicado, corrige por superficies libres, sino no.

Para el proceso de corrección de superficies libres se tendrá en cuenta:

- Los tanques que corrigen para GM, corrigen para GZ.
- Para la corrección de GM se usará el momento de inercia máximo de cada tanque, y para el cálculo del GZ se usará la fórmula dada por la IMO para cada ángulo de escora.

En el caso de contar con tanques que corrijan por superficies libres se usará el programa “*Maxsurf Stability*”, marcando “*IMO A.749 (18)*”.

Para los tanques que no corrijan, se seleccionará la opción “*User specified*” fijando como 0 el momento que producen las superficies libres en dichos tanques.

A continuación, se describe lo dicho en el apartado 3.3 de la IMO correspondiente a las superficies libres:

En todas las condiciones de carga, la altura metacéntrica inicial y las curvas de estabilidad se deberán corregir a fin de considerar el efecto de las superficies libres de los líquidos existentes en los tanques, partiendo de los supuestos siguientes:

- Los tanques que se tengan en cuenta al determinar los efectos de los líquidos sobre la estabilidad para todos los ángulos de inclinación incluirán los tanques aislados o los grupos de tanques para cada clase de líquidos (incluidos los de agua de lastre) que según las condiciones de servicio pueden tener superficies libres al mismo tiempo.
- Para determinar esta corrección por superficie libre, los tanques que se supongan parcialmente llenos serán aquellos que causen el máximo momento por superficie libre, M_{RS} , a una inclinación de 30° cuando estén llenos al 50% de su capacidad.
- El valor de M_{RS} , para cada tanque se puede deducir de la fórmula:

$$M_{RS} = v \cdot b \cdot \gamma \cdot \sqrt{\delta}$$

Donde:

- M_{RS} : Es el momento por superficie libre a una inclinación de 30°.
- V : Es la capacidad total del tanque (m^3).
- b : Es la anchura máxima del tanque (m).
- γ : Es el peso específico del líquido contenido en el tanque (m^3/t).
- δ : Es igual a v/blh (coeficiente de bloque del tanque).
- h : Es la altura máxima del tanque (m).

- l: Es la longitud máxima del tanque (m).
- k: Es un coeficiente adimensional que se obtiene de la tabla siguiente, según la relación b/h. Los valores intermedios se determinan mediante interpolación.
- No es necesario incluir en los cálculos los tanques pequeños que cumplan la condición dada por la fórmula siguiente, empleando el valor de k que corresponde a una inclinación de 30°:

$$\frac{v \cdot b \cdot \gamma \cdot k \cdot \sqrt{\delta}}{\Delta_{min}} < 0,01 \text{ m}$$

- No se tendrán en cuenta en los cálculos los residuos de líquidos que quedan normalmente en los tanques vacíos.

Tabla 3.3-3 - Valores del coeficiente k para calcular las correcciones por superficie libre

$k = \frac{\sin \theta}{12} \left(1 + \frac{\tan^2 \theta}{2} \right) \times b/h$														$k = \frac{\cos \theta}{8} \left(1 + \frac{\tan \theta}{b/h} \right) - \frac{\cos \theta}{12(b/h)^2} \left(1 + \frac{\cot^2 \theta}{2} \right)$													
siendo $\cot \theta \geq b/h$														siendo $\cot \theta \leq b/h$													
θ b/h	5°	10°	15°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	75°	80°	90°	θ 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													

A continuación, se pueden observar los tanques que corrigen por superficies libres según la IMO.

CUADERNO 5

TANQUE	Peso	V (m ³)	Anchura	Longitud	Altura	Densidad	C. bloque	b/h	k	Msl	0,01* P rosca	SIMETR.	Corrige	lt (m4)	Mso (t*m)
T.Comb UD S	13,941	16,596	7,000	5,000	1,000	0,840	0,47	7,00	0,113	7,627	10,65	2	SI	51,44	43,21
T.Comb UD P	13,941	16,596	7,000	5,000	1,000	0,840	0,47	7,00	0,113	7,627	10,65	2	SI	483,06	405,77
T.Comb S	19,172	22,824	7,000	9,000	1,000	0,840	0,36	7,00	0,113	9,168	10,65	2	SI	866,65	727,99
T.Comb P	19,172	22,824	7,000	9,000	1,000	0,840	0,36	7,00	0,113	9,168	10,65	2	SI	928,56	779,99
T.Comb proa S	43,275	51,518	7,000	3,000	4,000	0,840	0,61	1,75	0,085	20,178	10,65	2	SI	495,23	415,99
T.Comb proa P	43,275	51,518	7,000	3,000	4,000	0,840	0,61	1,75	0,085	20,178	10,65	2	SI	1.052,36	883,98
T. Reboses	0,580	0,690	1,000	1,000	0,750	0,840	0,92	1,33	0,065	0,036	10,65	1	NO	1.114,27	935,99
T.Derrames	1,719	2,047	1,500	1,500	1,000	0,840	0,91	1,50	0,073	0,179	10,65	1	NO	1.172,35	984,77
T.Agua potable	9,753	9,753	3,500	2,500	1,250	1,000	0,89	2,80	0,108	3,467	10,65	1	NO	8.022,18	8.022,18
T. Ag y ag	9,753	9,753	3,500	2,500	1,250	1,000	0,89	2,80	0,108	3,467	10,65	1	NO	8.577,65	8.577,65
T.Aceite H	0,507	0,551	0,750	1,000	0,750	0,920	0,98	1,00	0,049	0,018	10,65	1	NO	11.920,55	10.966,91
T.Lodos	4,544	4,977	2,750	1,000	0,750	0,913	2,41	3,67	0,112	2,172	10,65	1	NO	283,66	258,98
T.A Lubricante	1,690	1,837	0,750	1,500	0,750	0,920	2,18	1,00	0,049	0,091	10,65	1	NO	212,74	195,72
T.A oleosas	3,958	3,958	1,000	1,500	1,000	1,000	2,64	1,00	0,049	0,313	10,65	1	NO	330,93	330,93

CUADERNO 5

Los tanques que corregirán son:

Tanque de combustible proa estribor

Tanque de combustible proa babor

Tanque de combustible estribor

Tanque de combustible babor

Tanque de combustible UD babor

Tanque de combustible UD estribor

Los tanques en alguna condición de carga pueden ir al 100% ya que el buque lleva tanque de reboses, por lo tanto, en dichas condiciones los tanques que se han verificado que corrigen por superficies libres no deberán corregir.

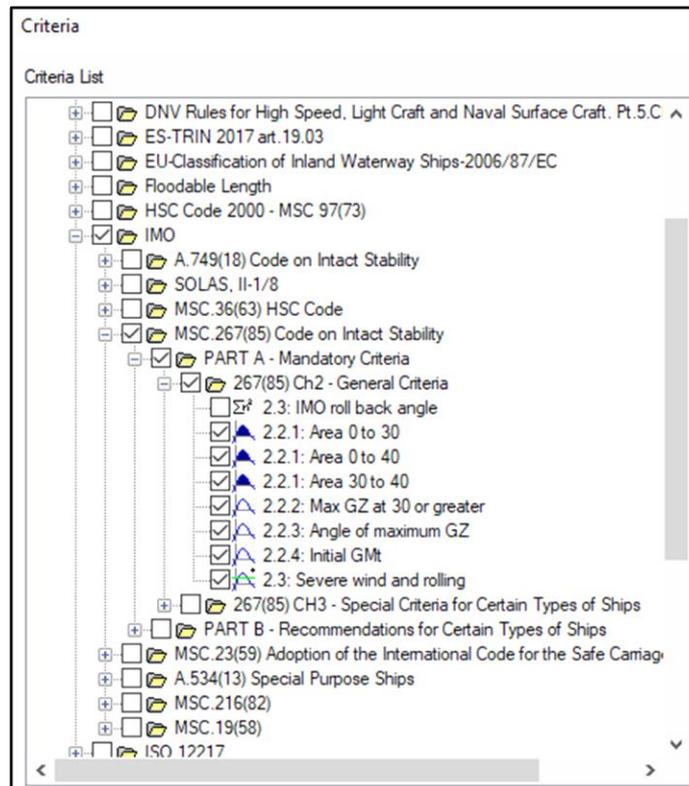
5. CONDICIONES DE CARGA.

Según la circular 2/79, 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.
- “Buque inmediatamente antes de lastrar”, cuando entre las dos situaciones mencionadas se proceda a llenar por razones de estabilidad algún tanque de lastre. Esta condición no se aplica al buque proyecto.

Dado 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.

Los criterios establecidos, introducidos en el programa “*Maxsurf Stability*” son:



5.1 Condición: “Situación de salida de puerto”.

En la “Situación de salida de puerto”, se considerará los consumos al 100%, debido a que el buque dispone de tanque de reboses, el peso de los pertrechos y los víveres y el peso de la tripulación. Los tanques de aguas grises y negras y el tanque de lodos irán vacíos.

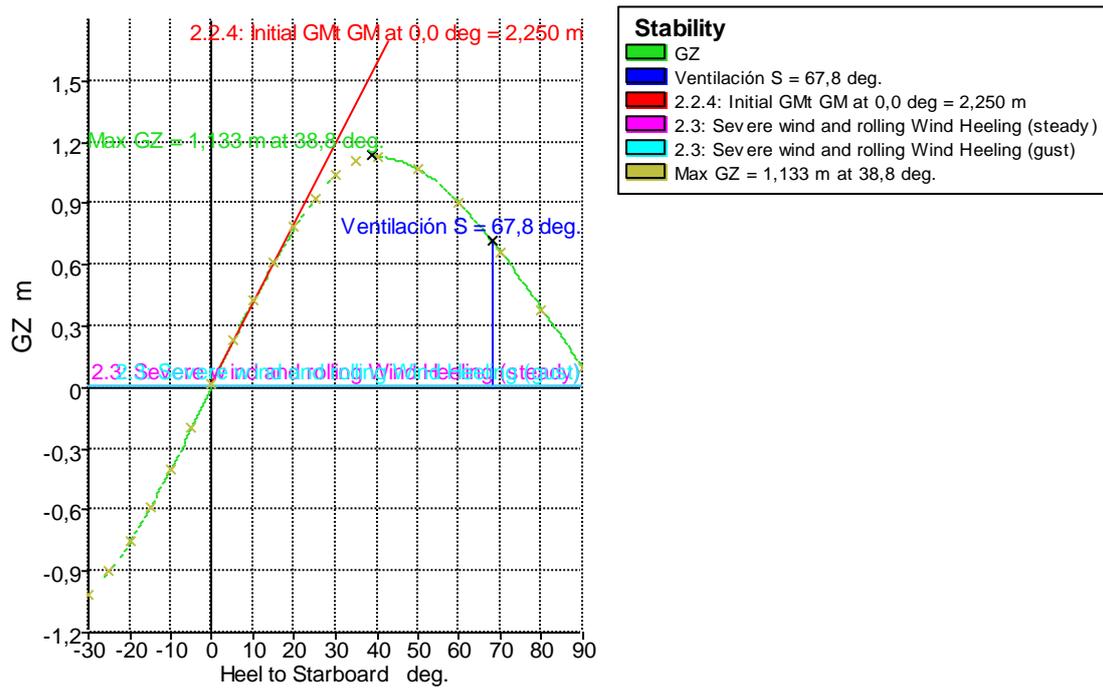
A continuación, se muestra la distribución de pesos y las características principales del buque en dicha condición:

CUADERNO 5

Item Name	Specific gravity	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
Lightship		1	1064,930	1064,930			19,170	0,000	4,790	0,000	User Specified
Tripulación		6	0,125	0,750			20,300	0,000	6,500	0,000	User Specified
Viveres		1	0,310	0,310			20,300	-3,000	6,500	0,000	User Specified
Pertrechos		1	20,000	20,000			20,300	0,000	6,500	0,000	User Specified
Pique proa	Tank default (1,0250)	0%	34,994	0,000	34,140	0,000	36,026	0,000	3,128	0,000	User Specified
Pique de popa	Tank default (1,0250)	0%	41,165	0,000	40,161	0,000	20,678	0,000	3,948	0,000	User Specified
T.Comb uSO Diario S	Tank default (0,8400)	100%	13,941	13,941	16,596	16,596	18,676	2,013	0,614	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb Uso Diario P	Tank default (0,8400)	100%	13,941	13,941	16,596	16,596	18,676	-2,013	0,614	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb doble fondo S	Tank default (0,8400)	100%	19,172	19,172	22,824	22,824	24,636	1,973	0,674	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb doble fondo P	Tank default (0,8400)	100%	19,172	19,172	22,824	22,824	24,636	-1,973	0,674	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb Proa S	Tank default (0,8400)	100%	43,275	43,275	51,518	51,518	30,415	2,260	3,144	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb Proa P	Tank default (0,8400)	100%	43,275	43,275	51,518	51,518	30,415	-2,260	3,144	0,000	IMO A.749(18)
Tanque reboses	Tank default (0,8400)	10%	0,580	0,058	0,690	0,069	32,429	2,418	2,046	0,000	User Specified
Tanque de derrames	Tank default (0,8400)	0%	1,719	0,000	2,047	0,000	15,968	0,000	0,000	0,000	User Specified
Tanque aguas grises y negras	Tank default (1,0000)	0%	9,753	0,000	9,753	0,000	33,117	1,488	2,750	0,000	User Specified
Tanque agua potable	Tank default (1,0000)	100%	9,753	9,753	9,753	9,753	33,176	-1,616	3,391	0,000	User Specified
Tanque aceite Hidráulico	Tank default (0,9200)	100%	0,507	0,507	0,551	0,551	32,500	1,625	2,375	0,000	User Specified
T. Aceite lubricacion	Tank default (0,9200)	100%	1,690	1,690	1,837	1,837	32,500	-1,250	2,375	0,000	User Specified
T. Aguas Oleosas	Tank default (1,0000)	0%	3,958	0,000	3,958	0,000	33,588	0,000	2,000	0,000	User Specified
T. Lodos	Tank default (0,9130)	0%	4,544	0,000	4,977	0,000	34,995	0,000	3,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				1250,773	289,742	194,085	20,257	-0,014	4,470	0,000	
FS correction									0,000		
VCG fluid									4,470		

CUADERNO 5

A continuación, se muestra la estabilidad a grandes ángulos.



Draft Amidships m	4,952
Displacement t	1251
Heel deg	-0,3
Draft at FP m	4,875
Draft at AP m	5,030
Draft at LCF m	4,960
Trim (+ve by stern) m	0,155
WL Length m	37,701
Beam max extents on WL m	12,500
Wetted Area m ²	589,783
Waterpl. Area m ²	411,801
Prismatic coeff. (Cp)	0,578
Block coeff. (Cb)	0,517
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,912
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,874
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	20,251
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	17,135
KB m	3,080
KG fluid m	4,470
BMt m	3,608
BML m	32,762
GMt corrected m	2,217
GML m	31,371
KMt m	6,687
KML m	35,841
Immersion (TPc) tonne/cm	4,221
MTc tonne.m	10,326
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	48,395
Max deck inclination deg	0,4197
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2331

CUADERNO 5

Heel to Starboard deg	-30,0	-25,0	-20,0	-15,0	-10,0	-5,0	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	
GZ m	-1,019	-0,900	-0,756	-0,584	-0,398	-0,199	0,014	0,228	0,426	0,612	0,783	0,926	1,044	1,110	1,132	1,068	0,900	0,661	0,383	0,096	
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0,2922	0,2084	0,1359	0,0773	0,0343	0,0082	0,0002	0,0106	0,0393	0,0846	0,1456	0,2203	0,3066	0,4008	0,4992	0,6925	0,8658	1,0027	1,0941	1,1359	
Displacement t	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251
Draft at FP m	5,119	5,079	5,025	4,958	4,908	4,882	4,875	4,882	4,908	4,957	5,024	5,078	5,117	5,165	5,224	5,374	5,592	5,969	7,031	n/a	
Draft at AP m	4,535	4,622	4,733	4,866	4,966	5,017	5,029	5,017	4,966	4,867	4,734	4,624	4,538	4,481	4,446	4,432	4,496	4,713	5,458	n/a	
WL Length m	55,005	47,885	47,835	37,774	37,730	37,707	37,701	37,707	37,729	37,773	47,834	47,884	55,005	55,006	55,007	55,007	55,006	55,004	55,001	55,000	
Beam max extents on WL m	12,898	13,635	13,279	12,941	12,693	12,548	12,500	12,548	12,693	12,941	13,279	13,635	12,898	12,005	11,200	9,850	8,884	8,271	7,944	7,876	
Wetted Area m ²	658,900	619,369	588,165	575,032	580,783	587,194	581,437	586,587	579,440	572,635	590,174	615,427	656,170	707,685	747,001	804,920	845,935	876,394	900,544	771,087	
Waterpl. Area m ²	344,998	366,311	380,818	396,087	401,004	407,910	411,815	407,884	400,921	395,863	380,661	366,172	344,869	322,542	303,092	271,572	250,790	237,516	233,102	238,306	
Prismatic coeff. (Cp)	0,406	0,463	0,462	0,581	0,579	0,578	0,578	0,578	0,579	0,581	0,462	0,463	0,406	0,410	0,415	0,424	0,432	0,440	0,446	0,451	
Block coeff. (Cb)	0,284	0,320	0,342	0,464	0,494	0,513	0,517	0,513	0,494	0,464	0,342	0,320	0,284	0,295	0,308	0,335	0,363	0,389	0,412	0,384	
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	20,280	20,275	20,268	20,260	20,255	20,252	20,251	20,252	20,255	20,260	20,268	20,275	20,280	20,284	20,287	20,290	20,290	20,284	20,275	20,258	
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	19,944	19,406	18,691	18,033	17,649	17,301	17,135	17,302	17,653	18,044	18,698	19,413	19,950	20,344	20,656	21,086	21,424	21,620	21,720	21,258	
Max deck inclination deg	30,0088	25,0073	20,0041	15,0006	10,0004	5,0041	0,2324	5,0041	10,0004	15,0006	20,0041	25,0072	30,0086	35,0089	40,0084	50,0061	60,0034	70,0013	80,0003	90,0000	
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,8807	-0,6893	-0,4409	-0,1389	0,0871	0,2029	0,2324	0,2033	0,0882	-0,1364	-0,4374	-0,6845	-0,8735	-1,0319	-1,1726	-1,4197	-1,6518	-1,8929	-2,3704	n/a	

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 14,859 m)		15	n/a
Deck Edge (immersion pos = 14,859 m)		15,7	n/a
Ventilación P	Downflooding point	Not immersed in positive range	0
Ventilación S	Downflooding point	67,8	0

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	18,6	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	0,0550	m.rad	0,3066	Pass	+457,44
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.rad	0,4992	Pass	+454,65
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.rad	0,1926	Pass	+541,96
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	1,133	Pass	+466,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	38,8	Pass	+55,08
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	2,250	Pass	+1400,00
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	-0,2	Pass	+101,10
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	80,00	%	-1,12	Pass	+101,40
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	100,00	%	555,33	Pass	+455,33

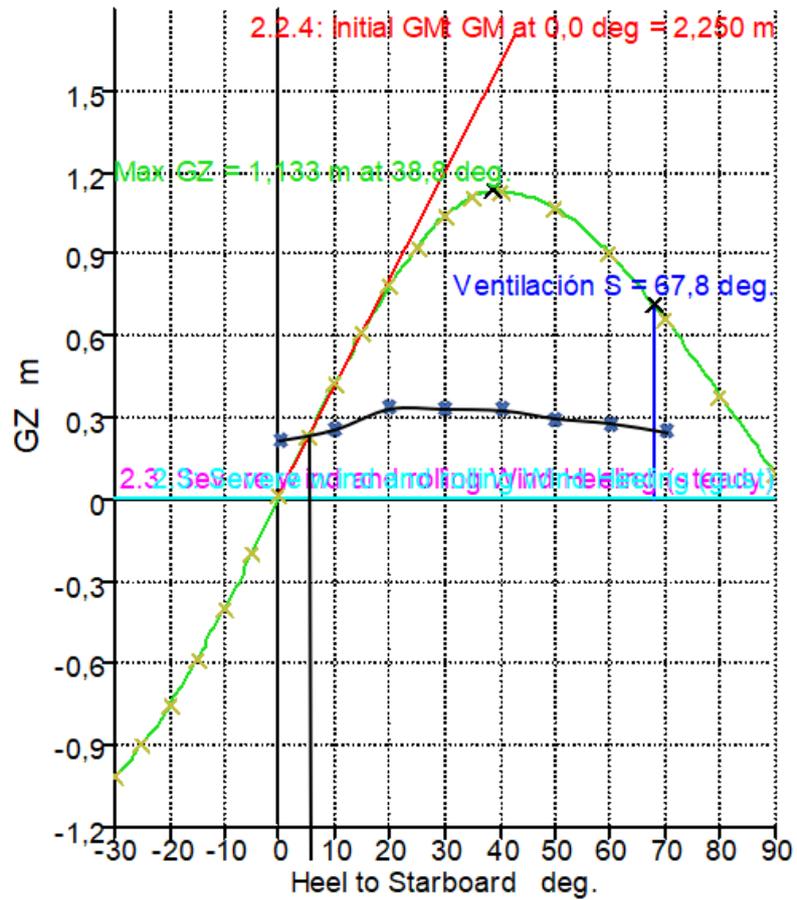
CUADERNO 5

Criterio aplicable a remolcadores:

q	0	10	20	30	40	50	60	70
q/ángulo de inundación de la cubierta	0,00	8,93	17,86	26,79	35,71	44,64	53,57	62,50
v(velocidad)	1	1	1	1	1	1	1	1
C1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
C2	1	1	1	1	1	1	1	1
Ap	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8
C3	0,5	0,6	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Cm	5,03	5,03	5,03	5,03	5,03	5,03	5,03	5,03
q Rad	0,00	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22
H	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
n (densidad)	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
M1	328,25	360,16	428,53	416,98	401,30	381,97	359,58	334,81
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	90	90	90	90	90	90	90	90
C6	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
M2	309,68	307,48	300,94	290,27	275,78	257,92	237,23	214,34
GZ	0	0,426	0,783	1,044	1,132	1,068	0,9	0,661
Despl.	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251
GZ*Despl.	0	532,926	979,533	1306,044	1416,132	1336,068	1125,9	826,911
Brazo adrizante	0,262	0,288	0,343	0,333	0,321	0,305	0,287	0,268
Brazo escorante	0,248	0,246	0,241	0,232	0,220	0,206	0,190	0,171

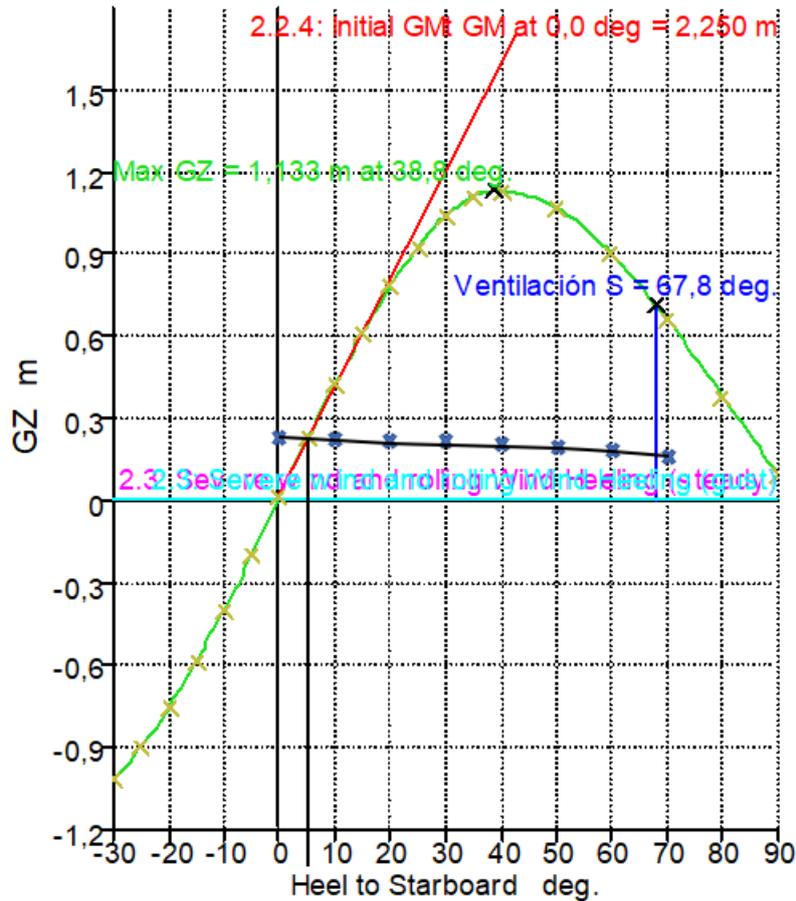
$$\text{Ángulo de inundación de la cubierta} = 1,12^\circ$$

Representación curva momentos adrizantes para la condición de salida de puerto:



El corte se produce a una escora de 7°, que es claramente inferior al ángulo de inundación progresiva que para el desplazamiento de esta condición es de 67,8°.

Representación curva momentos escorantes para la condición de salida de puerto:



El corte se produce a una escora de $5,5^\circ$, que es claramente inferior al ángulo de inundación progresiva que para el desplazamiento de esta condición es de $67,8^\circ$.

5.2 Condición: “Situación de llegada a puerto”.

En la “Situación de llegada a puerto”, los consumos se estiman al 10% de su total. En cuanto al combustible se dispone en los tanques según su consumo, por tanto, en el buque proyecto los tanques que van a llevar combustible son los tanques de uso diario debido a que el 10% únicamente cubre un porcentaje de estos tanques. En cuanto al agua potable, aceite y víveres, irán al 10%. Los tanques de aguas oleosas y aguas grises y negras irán al 100%.

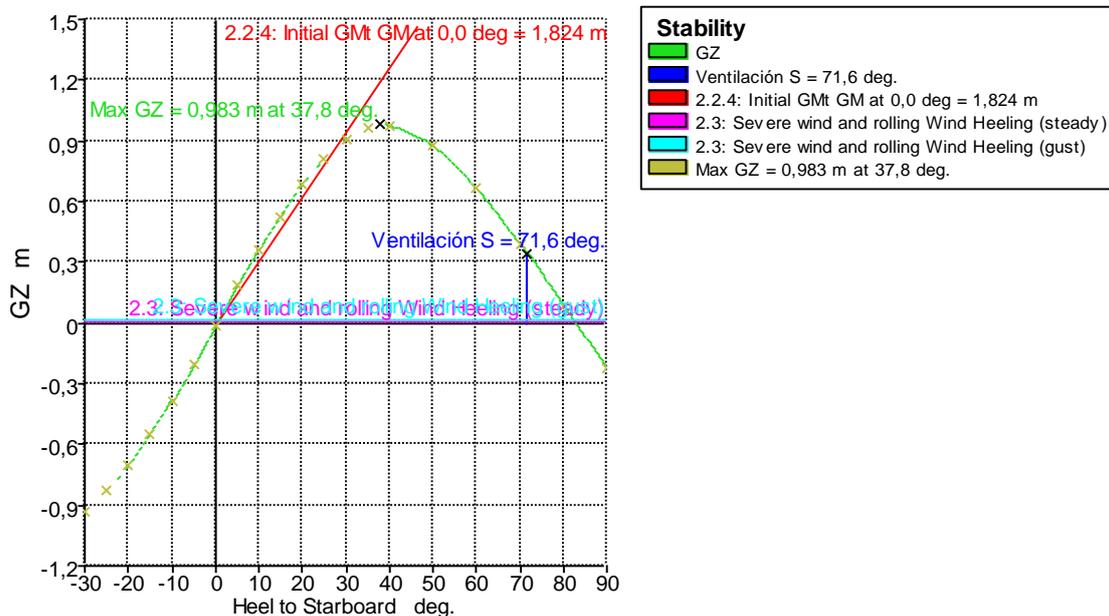
A continuación, se muestra la distribución de pesos y las características principales en dicha condición de carga:

CUADERNO 5

Item Name	Specific gravity	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
Lightship		1	1064,930	1064,930			19,170	0,000	4,790	0,000	User Specified
Tripulación		6	0,125	0,750			20,300	0,000	6,500	0,000	User Specified
Viveres		1	0,310	0,310			20,300	-3,000	6,500	0,000	User Specified
Pertrechos		1	20,000	20,000			20,300	0,000	6,500	0,000	User Specified
Pique proa	Tank default (1,0250)	100%	34,994	34,994	34,140	34,140	37,138	0,000	6,829	0,000	User Specified
Pique de popa	Tank default (1,0250)	0%	41,165	0,000	40,161	0,000	20,678	0,000	3,948	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb uSO Diario S	Tank default (0,8400)	55%	13,941	7,667	16,596	9,128	18,720	1,695	0,426	26,521	IMO A.749(18)
T.Comb Uso Diario P	Tank default (0,8400)	55%	13,941	7,667	16,596	9,128	18,720	-1,695	0,426	26,521	IMO A.749(18)
T.Comb doble fondo S	Tank default (0,8400)	0%	19,172	0,000	22,824	0,000	21,051	0,001	0,067	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb doble fondo P	Tank default (0,8400)	0%	19,172	0,000	22,824	0,000	21,051	-0,001	0,067	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb Proa S	Tank default (0,8400)	0%	43,275	0,000	51,518	0,000	30,240	1,275	1,000	0,000	IMO A.749(18)
T.Comb Proa P	Tank default (0,8400)	0%	43,275	0,000	51,518	0,000	30,240	-1,275	1,000	0,000	IMO A.749(18)
Tanque reboses	Tank default (0,8400)	0%	0,580	0,000	0,690	0,000	32,417	2,401	2,000	0,000	User Specified
Tanque de derrames	Tank default (0,8400)	100%	1,719	1,719	2,047	2,047	15,252	0,000	0,534	0,000	User Specified
Tanque aguas grises y negras	Tank default (1,0000)	100%	9,753	9,753	9,753	9,753	33,176	1,616	3,391	0,000	User Specified
Tanque agua potable	Tank default (1,0000)	10%	9,753	0,975	9,753	0,975	33,125	-1,509	2,818	0,000	User Specified
Tanque aceite Hidráulico	Tank default (0,9200)	10%	0,507	0,051	0,551	0,055	32,500	1,625	2,038	0,000	User Specified
T. Aceite lubricacion	Tank default (0,9200)	10%	1,690	0,169	1,837	0,184	32,498	-1,246	2,038	0,000	User Specified
T. Aguas Oleosas	Tank default (1,0000)	100%	3,958	3,958	3,958	3,958	33,696	0,000	2,394	0,000	User Specified
T. Lodos	Tank default (0,9130)	100%	4,544	4,544	4,977	4,977	35,119	0,000	3,554	0,000	User Specified
Total Loadcase				1157,488	289,742	74,345	19,967	0,011	4,792	53,042	
FS correction									0,046		
VCG fluid									4,837		

CUADERNO 5

A continuación, se muestra la estabilidad a grandes ángulos:



Draft Amidships m	4,699
Displacement t	1157
Heel deg	0,3
Draft at FP m	4,309
Draft at AP m	5,089
Draft at LCF m	4,739
Trim (+ve by stern) m	0,780
WL Length m	37,204
Beam max extents on WL m	12,500
Wetted Area m ²	570,421
Waterpl. Area m ²	409,390
Prismatic coeff. (Cp)	0,577
Block coeff. (Cb)	0,496
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,897
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,880
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	19,931
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	17,036
KB m	2,950
KG fluid m	4,837
BMt m	3,718
BML m	34,671
GMt corrected m	1,830
GML m	32,783
KMt m	6,667
KML m	37,613
Immersion (TPc) tonne/cm	4,196
MTc tonne.m	9,986
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	36,967
Max deck inclination deg	1,2157
Trim angle (+ve by stern) deg	1,1754

CUADERNO 5

Heel to Starboard deg	-30,0	-25,0	-20,0	-15,0	-10,0	-5,0	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
GZ m	-0,930	-0,829	-0,705	-0,550	-0,385	-0,207	-0,011	0,184	0,362	0,528	0,684	0,808	0,910	0,968	0,976	0,876	0,667	0,392	0,084	-0,222
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0,2752	0,1984	0,1313	0,0764	0,0355	0,0096	-0,0002	0,0076	0,0316	0,0704	0,1234	0,1887	0,2639	0,3460	0,4314	0,5944	0,7306	0,8236	0,8653	0,8532
Displacement t	1157	1157	1157	1158	1158	1158	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157
Draft at FP m	4,541	4,514	4,460	4,394	4,342	4,315	4,307	4,314	4,341	4,391	4,458	4,512	4,538	4,547	4,551	4,537	4,482	4,332	3,748	n/a
Draft at AP m	4,532	4,645	4,774	4,918	5,023	5,077	5,091	5,077	5,023	4,921	4,777	4,648	4,538	4,452	4,388	4,302	4,261	4,277	4,612	n/a
WL Length m	47,395	47,372	47,327	37,272	37,230	37,208	37,202	37,208	37,229	37,269	47,326	47,371	47,392	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,003
Beam max extents on WL m	13,377	13,532	13,241	12,940	12,693	12,548	12,500	12,548	12,693	12,940	13,241	13,532	13,377	12,324	11,413	9,941	8,927	8,298	7,967	7,904
Wetted Area m ²	619,353	599,383	574,694	555,086	561,252	567,783	562,139	567,011	559,790	552,387	574,965	601,228	619,748	661,583	701,083	760,259	801,110	833,455	854,313	733,567
Waterpl. Area m ²	346,596	362,063	378,854	391,777	398,017	405,268	409,408	405,230	397,919	391,533	378,689	361,923	346,428	324,502	304,596	272,227	250,588	238,054	239,546	239,923
Prismatic coeff. (Cp)	0,466	0,464	0,461	0,581	0,579	0,577	0,577	0,577	0,578	0,581	0,461	0,464	0,466	0,405	0,409	0,418	0,426	0,433	0,439	0,443
Block coeff. (Cb)	0,308	0,316	0,337	0,458	0,488	0,491	0,497	0,491	0,488	0,458	0,337	0,316	0,308	0,279	0,293	0,323	0,353	0,379	0,395	0,382
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	19,969	19,960	19,951	19,944	19,934	19,929	19,928	19,929	19,933	19,940	19,950	19,960	19,967	19,971	19,974	19,976	19,974	19,968	19,957	19,938
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	19,763	19,176	18,481	17,905	17,556	17,204	17,035	17,206	17,560	17,915	18,487	19,182	19,769	20,200	20,519	20,946	21,249	21,444	21,313	21,325
Max deck inclination deg	30,0000	25,0006	20,0048	15,0189	10,0505	5,1290	1,1805	5,1291	10,0507	15,0194	20,0049	25,0006	30,0000	35,0002	40,0004	50,0004	60,0001	70,0000	80,0001	90,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,0130	0,1989	0,4737	0,7888	1,0268	1,1491	1,1805	1,1493	1,0286	0,8002	0,4804	0,2047	0,0000	-0,1424	-0,2458	-0,3543	-0,3338	-0,0823	1,3032	n/a

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = -10 m)		14,8	n/a
Deck Edge (immersion pos = -0,055 m)		15,5	n/a
Ventilación P	Downflooding point	Not immersed in positive range	0
Ventilación S	Downflooding point	71,6	0

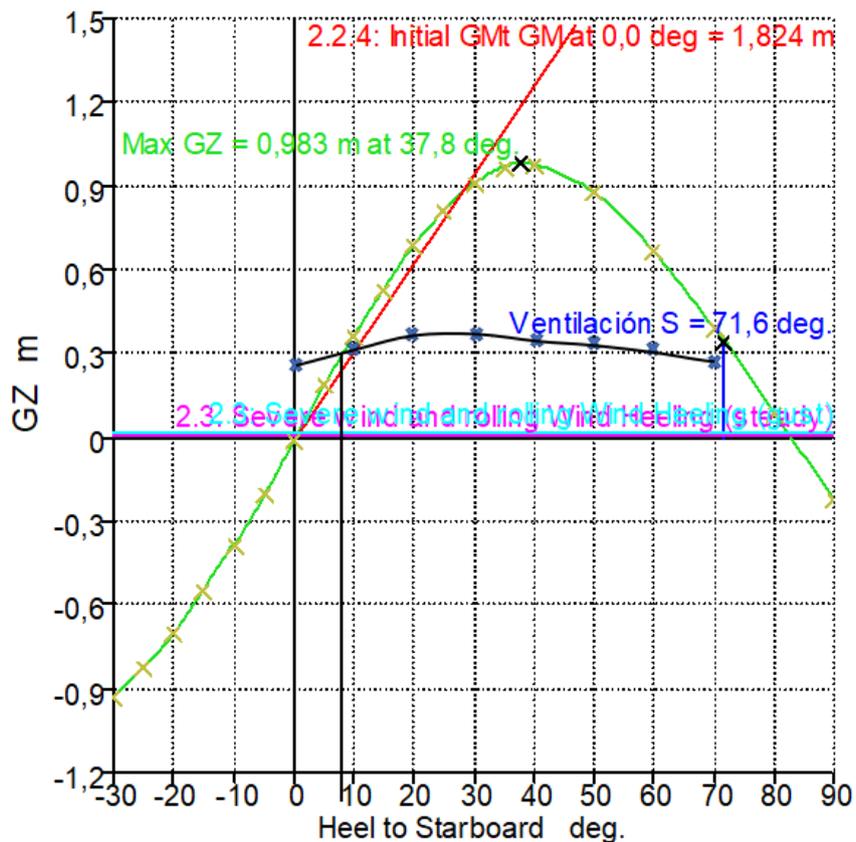
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	17,8	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	0,0550	m.rad	0,2639	Pass	+379,79
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.rad	0,4314	Pass	+379,38
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.rad	0,1676	Pass	+458,52
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,983	Pass	+391,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	37,8	Pass	+51,03
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,824	Pass	+1116,00
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	0,5	Pass	+96,91
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	80,00	%	3,19	Pass	+96,01
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	100,00	%	565,22	Pass	+465,22

CUADERNO 5

Criterio aplicable a remolcadores:

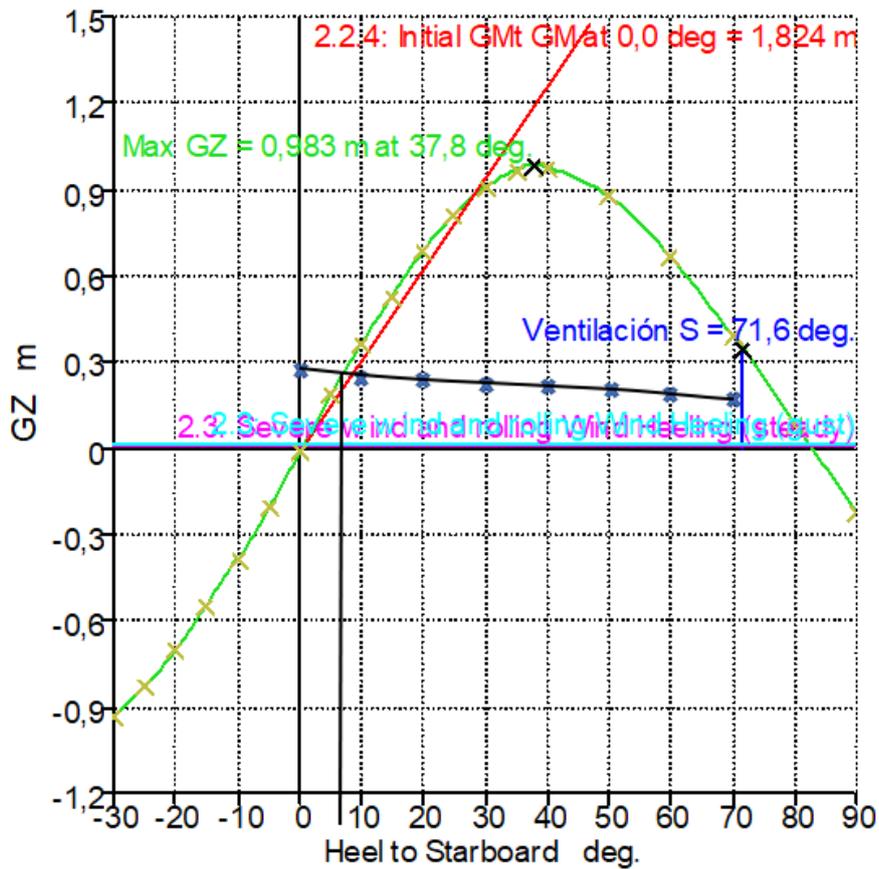
q	0	10	20	30	40	50	60	70
q/ángulo de inundación de la cubierta	0,00	3,13	6,27	9,40	12,54	15,67	18,81	21,94
v(velocidad)	1	1	1	1	1	1	1	1
C1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
C2	1	1	1	1	1	1	1	1
Ap	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8	147,8
C3	0,5	0,6	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Cm	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09
q Rad	0,00	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22
H	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
n (densidad)	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
M1	330,30	362,61	431,88	420,33	404,65	385,33	362,94	338,17
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	90	90	90	90	90	90	90	90
C6	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
M2	311,65	309,45	302,91	292,24	277,75	259,89	239,20	216,31
GZ	0	0,362	0,684	0,91	0,976	0,876	0,667	0,392
Despl.	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157	1157
GZ*Despl.	0	418,834	791,388	1052,87	1129,232	1013,532	771,719	453,544
Brazo adrizante	0,285	0,313	0,373	0,363	0,350	0,333	0,314	0,292
Brazo escorante	0,269	0,267	0,262	0,253	0,240	0,225	0,207	0,187

Representación curva momentos adrizantes para la condición de llegada a puerto:



El corte se produce a una escora de 9°, que es claramente inferior al ángulo de inundación progresiva que para el desplazamiento de esta condición es de 71,6°.

Representación curva momentos escorantes para la condición de llegada a puerto:



El corte se produce a una escora de 8°, que es claramente inferior al ángulo de inundación progresiva que para el desplazamiento de esta condición es de 71,6°.

6. RESUMEN CONDICIONES DE CARGA.

	CRITERIO	CONDICIÓN SALIDA DE PUERTO	CONDICIÓN LLEGADA A PUERTO	
Desplazamiento		1251 t	1157 t	CUMPLE
T popa	$\geq 1,33$ m	4,88 m	4,31 m	CUMPLE
T proa	$\geq 0,95$ m	5,03 m	5,09 m	CUMPLE
Trimado	$\leq 0,80$ m	0,16 m	0,78 m	CUMPLE
Brazo dinámico d(30°)	$\geq 0,055$ m.rad	0,3066 m.rad	0,2639 m.rad	CUMPLE
Brazo dinámico d(40°)	$\geq 0,09$ m.rad	0,4992 m.rad	0,4314 m.rad	CUMPLE
Diferencia d(40° -30°)	$\geq 0,03$ m.rad	0,193 m.rad	0,1676 m.rad	CUMPLE
GZ a 30° o superior	$\geq 0,2$ m	1,133 m	0,983 m	CUMPLE
Ángulo GZ máximo	25°	38,80°	37,8°	CUMPLE
Gmt	$\geq 0,15$	2,25	1,824	CUMPLE
Ángulo de escora	16° \geq	0,2°	0,5°	CUMPLE

Como se puede observar, el buque proyecto cumple los requerimientos necesarios de estabilidad, incluido el criterio aplicable a remolcadores, mostrado en apartados anteriores.

En ambas condiciones de carga, el buque navegará con trimados aceptables, no superando nunca el 2% de Lpp.

Además, sumergirá la hélice en todo momento, donde su diámetro fue estimado en 2,9 metros.

Se concluye que el buque proyecto, según lo mostrado anteriormente, no tendrá ningún problema de estabilidad.

ANEXO I: Circular Nº 2/79

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, podría 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/m³ 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 10º, 20º, 30º, 40º y 50º. 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:

$$D = D_1^0 X_f x t q x (T_m x cm).$$

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.

$T_m \times cm$ = 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.

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

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.

$$X_G = X_c^{\circ} (R-a)t q$$

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 prevén 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 situación de carga desfavorable, de las indicadas en este apartado, la que presente un valor menor de la estabilidad dinámica a 30°.

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 30º ni inferior a 0,090 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de 40º, o hasta el ángulo de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si este es menor de 40º. Asimismo, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de 30º y de 40º, o entre los ángulos de 30º y el de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si éste es menor de 40º, 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 30º.

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

$$M1 = 1/19,6 C1 \cdot C2 \cdot n \cdot V2 \cdot Ap (h \cdot \cos q + C3 - C_m)$$

M1= Momento escorante en tonelada-metros.

C1= Coeficiente de tracción lateral (figura 1).

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

n= 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.

$$M2 = C4 \cdot C5 \cdot T(h \cdot \cos q + C6 - C_m) \text{ siendo:}$$

M2= momento escorante, en tonelada-metros.

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 ls 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 previsibles.

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 Msl para cada tanque es el obtenido por la fórmula:

siendo:

Msl=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 Msl para 30° 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= $E_i.n / D$

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

Corrección de los valores GZ = $E \text{ Msl} / D$ 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 marinerio, 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 qué 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 qué 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 qué 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)

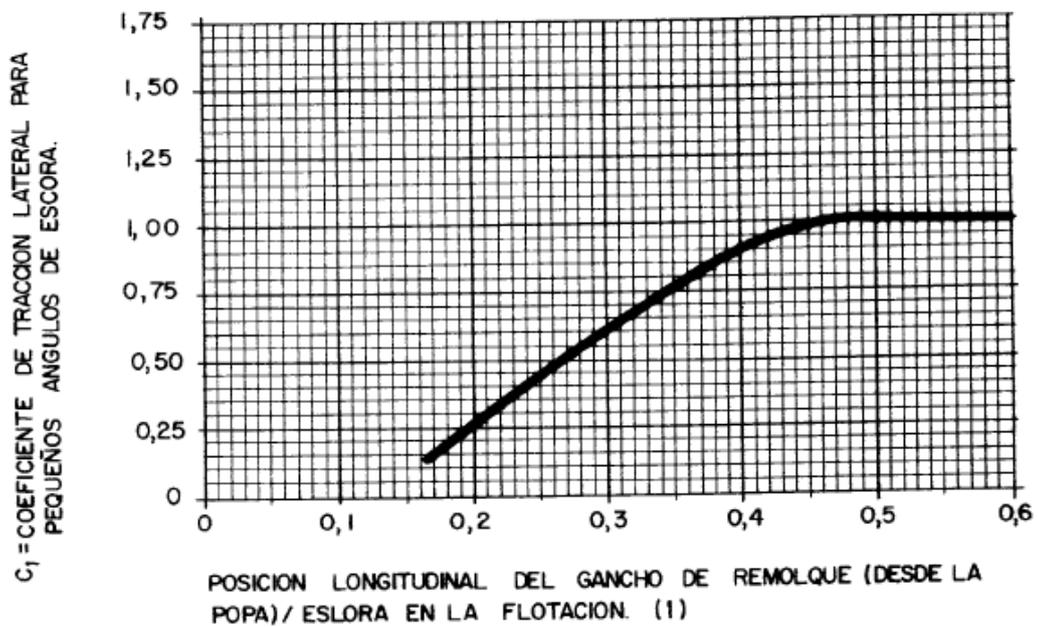
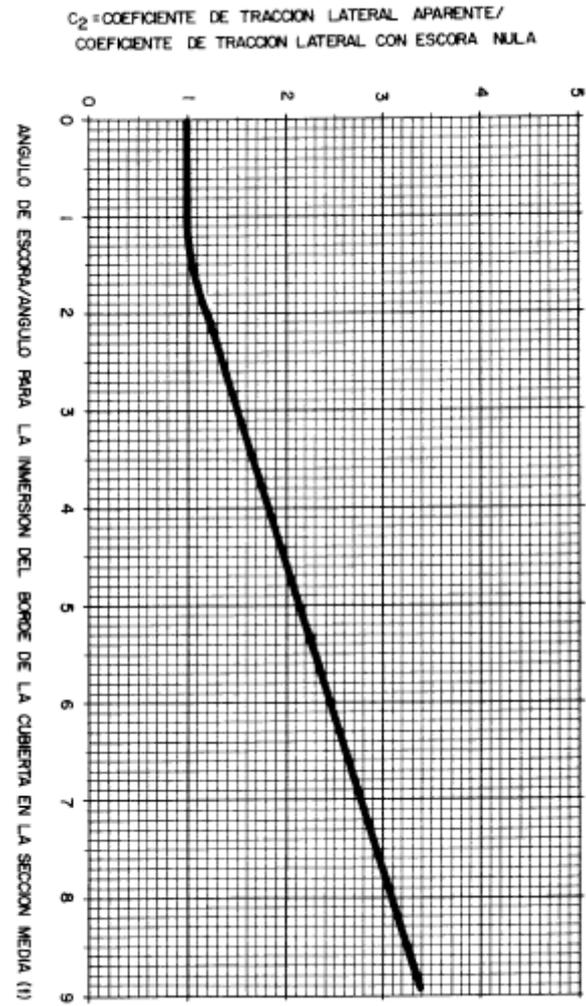


FIGURA 2.- RELACION DEL COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL—ANGULO ESCORA NORMALIZADO

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

Figura (Ver imagen):



Dirección Gral. de la Marina Mercante (c) Página - 10 -

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

Figura (Ver imagen):

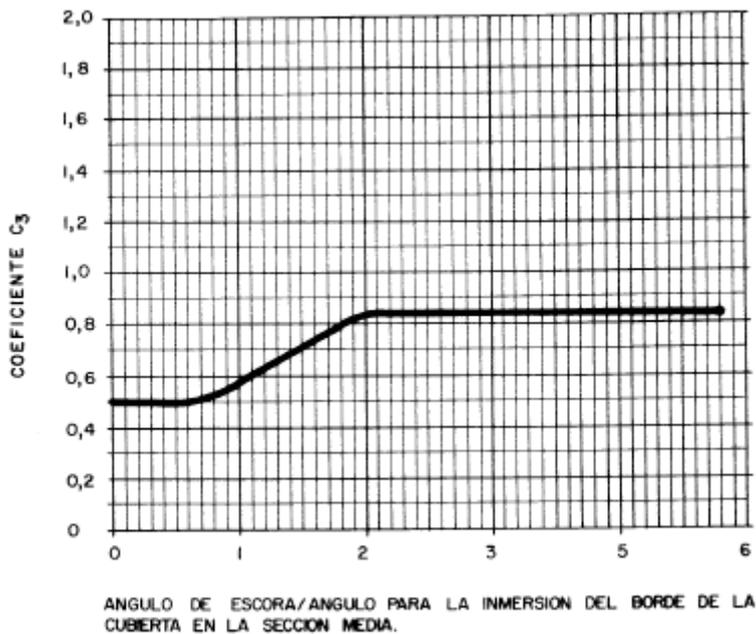
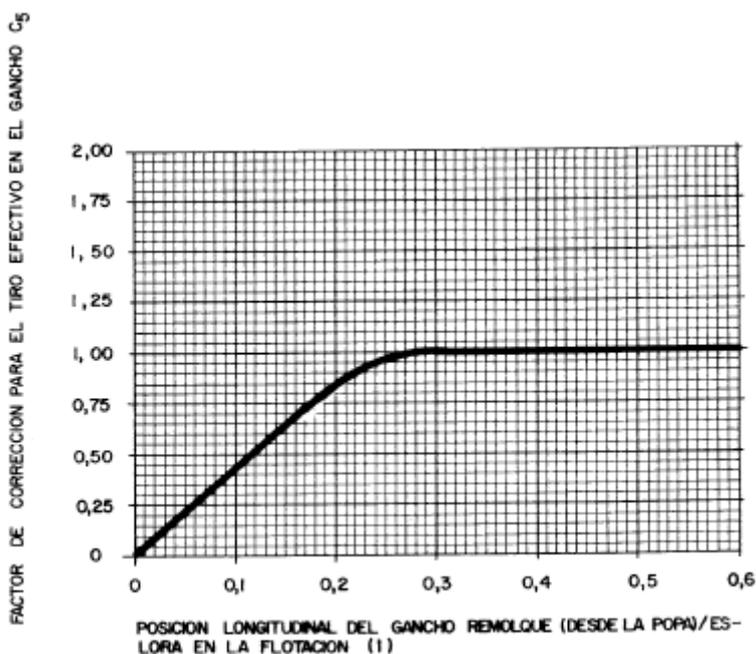
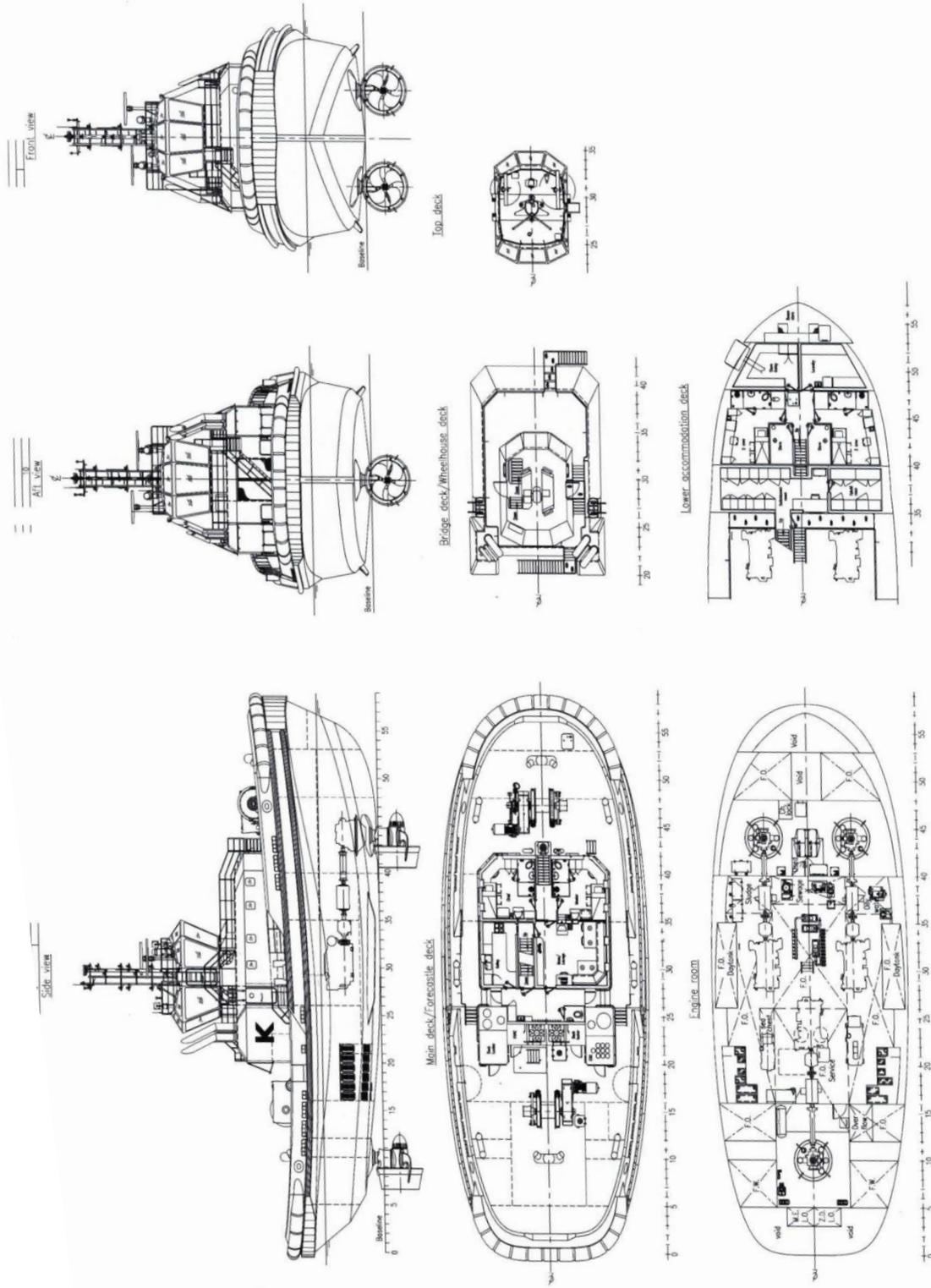


FIGURA 4.- REDUCCION EN EL MOMENTO ESCORANTE EFECTIVO-POSICION LONGITUDINAL DEL GANCHO DE REMOLQUE.

Figura (Ver imagen):



ANEXO II:
Disposición general
“RT Emotion”



ANEXO III: Plano de tanques

