

# Cuaderno 5

## Condiciones de carga y estudio de estabilidad

---

Autor: Diego Pérez Martí

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



# Índice.

1. Criterios de estabilidad. ....	3
2. Condiciones a estudio. ....	4
3. Cumplimiento de los criterios. ....	6
4. Compensación por Efecto del Viento. ....	10
5. Anexo I. Condiciones de carga. ....	16

## 1. Criterios de estabilidad.

Cito textualmente los criterios de estabilidad exigidos por el convenio de Torremolinos:

Convenio de Torremolinos, Parte 2. Capítulo III

Regla 2

*Criterios de estabilidad*

1) Se aplicarán los siguientes criterios de estabilidad mínima, a menos que a juicio de la Administración la experiencia de orden operacional justifique que se prescinda de ellos:

- a) el área situada bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) no será inferior a 0,055 m-rad hasta un ángulo de escora de 30° ni inferior a 0,090 m-rad hasta 40° o hasta el ángulo de inundación,  $\theta_f$  si éste es de menos de 40°. Además, el área situada bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) entre los ángulos de escora de 30° y 40°, o entre los ángulos de 30° y  $\theta_f$ , si éste es de menos de 40°, no será inferior a 0,030 m-rad.  $\theta_f$  es el ángulo de escora en el que las aberturas del casco, la superestructura o las casetas, que no se puedan cerrar rápidamente de modo estanco a la intemperie, comienzan a quedar inmersas. En la aplicación de este criterio no es necesario considerar abiertas las pequeñas aberturas a través de las cuales no puede producirse una inundación progresiva;
- b) el brazo adrizante GZ será de 200 mm como mínimo para un ángulo de escora igual o superior a 30°;
- c) el brazo adrizante máximo  $GZ_{\max}$  corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30° pero nunca inferior a 25°;
- d) en los buques de una cubierta, la altura metacéntrica inicial GM no será inferior a 350 mm.

## 2. Condiciones a estudio.

Me remito nuevamente al Convenio de Torremolinos, dónde especifica las condiciones operacionales a estudiar:

Convenio de Torremolinos, Parte 2. Capítulo III

Regla 7

*Condiciones operacionales*

1) Las condiciones operacionales que haya que tomar en consideración serán, por lo que respecta a su número y a su clase, las que la Administración juzgue satisfactorias, y entre ellas figurarán las siguientes, según proceda:

a) salida hacia el caladero con abastecimiento completo de combustible, provisiones, hielo, artes de pesca, etc. Que he llamado SALIDA DE PUERTO 100% CONSUMOS 0% PESCA.

b) salida del caladero con captura completa. Que he nombrado SALIDA DE CALADERO 35% CONSUMOS 100% PESCA

c) llegada al puerto de origen con captura completa y un 10% de provisiones, combustible, etc. Que he nombrado LLEGADA A PUERTO 10% CONSUMOS 100% PESCA; y

d) llegada al puerto de origen con un 10% de provisiones, combustible, etc., y una captura mínima, que normalmente será el 20% de la captura completa. Y que he nombrado LLEGADA A PUERTO 10% CONSUMOS 20% PESCA.

2) Además de juzgar satisfactorias las condiciones operacionales señaladas en el párrafo 1), la Administración deberá cerciorarse de que los criterios de estabilidad mínima indicados en la regla 2 quedan satisfechos en todas las demás condiciones operacionales que puedan darse, incluidas las que den los más bajos valores de los parámetros de estabilidad comprendidos en dichos criterios. La Administración se cerciorará asimismo de que se tiene en cuenta toda condición especial que corresponda a un cambio dado en el modo de operar o en las zonas de operaciones del buque y que influya en las consideraciones hechas en el presente capítulo respecto de la estabilidad.

3) En cuanto a las condiciones a que se hace referencia en el párrafo 1) de la presente regla se harán cálculos correspondientes a:

- a) el margen de compensación respecto del peso de las redes mojadas, aparejos, etc., colocados en cubierta;
- b) el margen de compensación respecto de la acumulación de hielo, si se prevé ésta, de conformidad con lo dispuesto en la regla 8;
- c) la distribución homogénea de la captura, a menos que esto sea imposible en la práctica;
- d) la captura situada en cubierta, si es previsible, en las condiciones operacionales señaladas en los apartados b) y c) del párrafo 1) y en el párrafo 2);
- e) el agua de lastre que se transporte en tanques especialmente destinados a ello o en otros tanques equipados también para llevar agua de lastre; y
- f) el margen de compensación respecto del efecto de las superficies libres de los líquidos y, si corresponde, de la captura que se transporte.

Siguiendo las exigencias del Convenio, las condiciones a Estudio son las antes nombradas, siendo necesario matizar lo siguiente:

- No se prevé que el barco faene en zonas en las que se pueda producir acumulación de hielo sobre la obra muerta.
- La estiba de la carga se hará de forma homogénea y en los espacios destinados a tal fin, nunca sobre las cubiertas.
- Para incluir en el estudio la compensación por Aparejo Mojado, se aumenta el peso del aparejo en un 10% , con lo que queda un peso de Red de 2.2 Tn situado en el Tambor de Red y 2.2 Tn como respeto en el Spardeck (Posiciones más desfavorables desde la perspectiva de este estudio).

### **3. Cumplimiento de los criterios.**

Los resultados que obtengo del módulo 'Maxsurf Stability Advanced' del Programa de Arquitectura naval MAXSURF ENTERPRISE en su versión V8i.

Como punto de inundación progresiva se ha considerado la Puerta del Puente de Gobierno, que no tiene requerimientos de estanquidad y comunica con espacios bajo cubierta.

PUERTA PUENTE (x, y, z)= (22.25,2.7,8.2)      *Downflooding point*

### **Corrección por Superficies Libres.**

El programa calcula el efecto de superficies libres en tanques de acuerdo a los criterios del Código de estabilidad intacta de IMO (CÓDIGO IS 2008) que son los mismos de la Resolución de IMO A.749(18), que se detalla a continuación:

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

1. tanques con niveles de llenado fijos. La corrección por superficie libre se determina con arreglo al nivel de llenado real de cada tanque; o
2. tanques con niveles de llenado variables.

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.

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.

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

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°

La curva de brazos adrizantes el programa lo corrige basada en el momento real del trasvase de líquidos para cada ángulo de escora calculado.

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.

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°:

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

donde:

$M_{fs}$  = es el momento de superficie libre, en mt

$\Delta_{min}$  = es el desplazamiento mínimo del buque calculado en  $d_{min}$ , en toneladas

$d_{min}$  = 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.



## **Resultados del Estudio**

En el Anexo I se presentan las salidas directas del programa para cada una de las condiciones de carga reglamentarias estudiadas.

## 4. Compensación por Efecto del Viento.

Para la condición de carga con un valor menor de estabilidad dinámica a 30°, que es la n°4 (LLEGADA A PUERTO 10% CONSUMOS 20% PESCA), se comprobará la compensación por viento lateral.

El convenio de Torremolinos nos remite en este punto al Código de Estabilidad sin Avería para todos los Tipos de Buques regidos por la O.M.I.

Cito textualmente el criterio a aplicar:

### **Criterio de viento y balance intensos (criterio meteorológico)**

#### **Ámbito de aplicación**

Este criterio complementa el criterio de estabilidad que figura en la sección 3.1. Los criterios más rigurosos de la sección 3.1 y el criterio meteorológico regirán las prescripciones mínimas aplicables a los buques de pasaje o de carga de eslora igual o superior a 24 m.

#### **Criterio meteorológico recomendado**

Habrà que demostrar la aptitud del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance respecto de cada condición normal de carga, con referencia a la figura, del modo siguiente:

1º se someterà 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 ( $lw_1$ );

2º se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante ( $\theta_0$ ) el buque se balancea por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance ( $\theta_1$ ) a barlovento. Se prestará atención al efecto de un viento constante de forma que se eviten ángulos de escora excesivos:

3º a continuación se someterà al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $lw_2$ );

4º en estas circunstancias, el área "b" debe ser igual o superior al área "a"

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

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

donde:

P = 504 N/m<sup>2</sup>. 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<sup>2</sup>);

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 (m);

$\Delta$  = desplazamiento (t);

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$\theta_1 = 109k.X_1.X_2\sqrt{r.s} \text{ (grados)}$$

donde:

X<sub>1</sub> = factor indicado en el cuadro 1

X<sub>2</sub> = factor indicado en el cuadro 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 3 respecto de un buque con quillas de balance, quilla de barra o ambas

$$r = 0,73 \pm 0,6 \text{ OG/d}$$

donde: OG = distancia entre el centro de gravedad y la flotación (m) (positiva si el centro de gravedad queda por encima de la flotación, negativa si queda por debajo)

$d =$  calado medio de trazado del buque (m)

$s =$  factor indicado en el cuadro 4.

Cuadro 1 Valores del factor $X_1$		Cuadro 2 Valores del factor $X_2$		Cuadro 3 Valores del factor $k$		Cuadro 4 Valores del factor $s$	
B/d	$X_1$	$C_B$	$X_2$	$\frac{A_k \cdot 100}{L \cdot B}$	$k$	T	s
$\leq 2,4$	1,0	$\leq 0,45$	0,75	0	1,0	$\leq 6$	0,100
2,5	0,98	0,50	0,82	1,0	0,98	7	0,098
2,6	0,96	0,55	0,89	1,5	0,95	8	0,093
2,7	0,95	0,60	0,95	2,0	0,88	12	0,065
2,8	0,93	0,65	0,97	2,5	0,79	14	0,053
2,9	0,91	$\geq 0,70$	1,0	3,0	0,74	16	0,044
3,0	0,90			3,5	0,72	18	0,038
3,1	0,88			$\geq 4,0$	0,70	$\geq 20$	0,035
3,2	0,86						
3,3	0,84						
3,4	0,82						
$\geq 3,5$	0,80						

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

$$\text{Periodo de balance } T = \frac{2C \cdot B}{\sqrt{GM}} \text{ (segundos)}$$

$$\text{donde: } C = 0,373 + 0,023 (B/d) - 0,043 (L/100).$$

Los símbolos que aparecen en los cuadros anteriores y en la fórmula del periodo de balance tienen los siguientes significados:

$L =$  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<sup>2</sup>)  
 $GM =$  altura metacéntrica corregida por el efecto de superficie libre (m)

$\theta_0$  = ángulo de escora provocado por un viento constante

$\theta_1$  = ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas

$\theta_2$  = ángulo al que se produce inundación descendente ( $\theta_p$ ), o 50°, o  $\theta_c$ , tomando de estos valores el menor,

donde:

$\theta_f$  = 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,

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

**Cálculo:**

$$T_m = 2.85 \text{ m.}$$

$$A = 175 \text{ m}^2.$$

$$Z = 3.8 \text{ m.}$$

$$P = 504 \text{ N/ m}^2.$$

$$\Delta = 388 \text{ Tn.}$$

$$I_{w1} = 0.088 \text{ m.}$$

$$I_{w2} = 1.5 \times I_{w1} = 0.132 \text{ m.}$$

$$\theta_1 = 18.5^\circ.$$

donde:

$A_k = 1.15 \text{ m}^2$ , es el área lateral de la quilla de barra.

$$L = 31,3 \text{ m.}$$

$$B = 8 \text{ m.}$$

$$\text{Coeficiente } A_k \times 100 / L \times B = 0.46, k = 0.7.$$

$$B/d = 2.87, X_1 = 0.93.$$

$$C_b = 0.58, X_2 = 0.93.$$

$$OG = 3.62 - 2.85 = 0.77 \text{ m.}$$

$$OG/d = 0.27.$$

$$r = 0.892.$$

$$C = 0.424.$$

$$GM = 0.601 \text{ m.}$$

$$T = 8.75 \text{ seg., } s = 0.088.$$

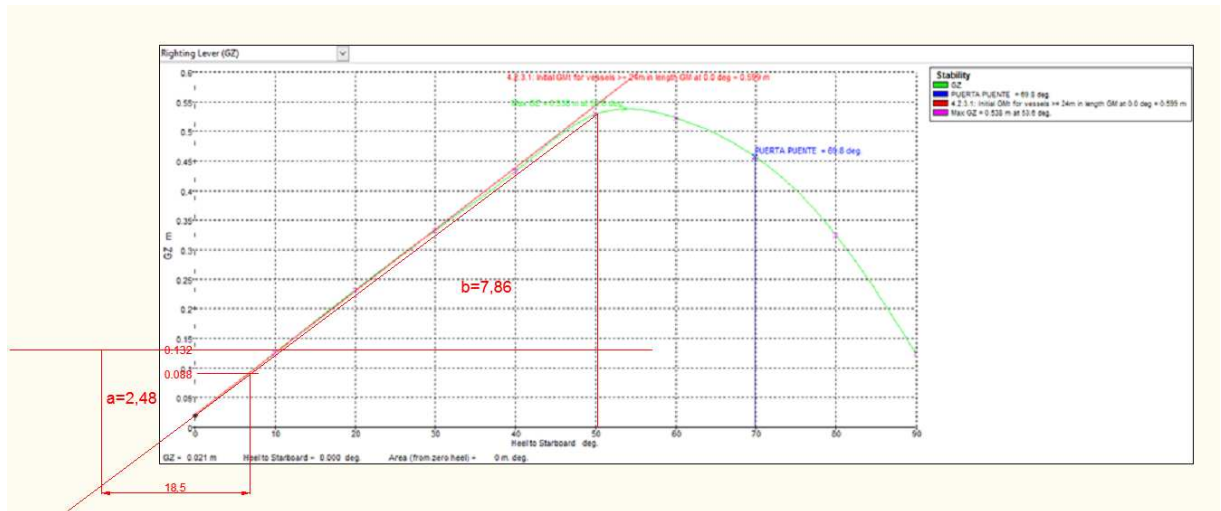
$$\theta_2 = 50^\circ, \text{ ya que } \theta_f = 69.8^\circ \text{ y } \theta_c \text{ no está definido.}$$

Arrastrero Congelador 200 m<sup>3</sup>

Se cumple satisfactoriamente el criterio con el siguiente resultado:

$b = 7.86 \text{ m} \times \text{grado}$ .

$a = 2.48 \text{ m} \times \text{grado}$ .



## **5. Anexo I. Condiciones de carga.**