



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2017/18**

PETROLERO DE 300.000 TPM

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno IX

FRANCOBORDO Y ARQUEO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERIA NAVAL Y OCEÁNICA
CURSO 2016 - 2017

PROYECTO 17-33

TIPO DE BUQUE: Petrolero de crudo de 300.000 TPM.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS, MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Crudo y calefacción de tanques.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos a la velocidad de servicio, 85% MCR y 15% MM.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Bombas en cámara de bombas.

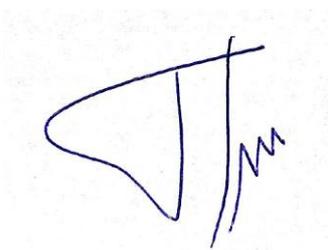
PROPULSIÓN: Motor diésel lento.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: las habituales en este tipo de buque.

Ferrol, Febrero de 2017

ALUMNO: D. Pedro Carro Allegue



Fernando Junco Ocampo

CUADERNO IX:
FRANCOBORDO Y ARQUEO

ÍNDICE:

1	Introducción.....	4
2	Cálculo del Francobordo.....	5
2.1	Definición de parámetros.....	5
2.2	Francobordo tabular.....	7
2.3	Correcciones.	7
2.4	Francobordo mínimo reglamentario.	12
2.5	Francobordo de verano.	12
2.6	Francobordo Tropical.	13
2.7	Francobordo de invierno.....	13
2.8	Francobordo para el Atlantico Norte invierno.....	13
2.9	Francobordo para agua dulce.....	13
2.10	Francobordo agua dulce tropical.	14
2.11	Altura minima en proa.	14
3	Arqueo.	16
3.1	Arqueo Bruto.	16
3.2	Arqueo Neto.....	17
4	Bibliografía.....	18

1 INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno, realizaremos un cálculo detallado del francobordo del buque, así como el cálculo del arqueo.

El cálculo del francobordo se realizará por medio de:

"Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966 y Protocolo de 1988"

De igual manera, el cálculo del arqueo se realizará por medio de:

"Convenio Internacional sobre el Arqueo de Buques de 1969"

2 CÁLCULO DEL FRANCOBORDO.

El francobordo lo podemos definir como la distancia vertical, medida en la sección media del buque, entre el borde superior de la línea de cubierta y el borde superior de la línea de francobordo.

Las características principales de nuestro buque, recordamos que son las siguientes:

Dimensiones de nuestro buque :	
Lpp (m)	305.5
B (m)	63
D (m)	30
T (m)	20.8

A efecto de francobordo los buques se clasifican en 2 tipos fundamentales:

1.- Tipo A: es el buque proyectado para transportar cargas líquidas a granel, tiene una alta integridad de la cubierta expuesta a la intemperie, y una gran resistencia a la inundación debido a su alto grado de subdivisión.

2.- Tipo B: todo el que no cumple las condiciones del tipo A.

Nuestro buque, por tanto, será un buque de francobordo Tipo A.

2.1 Definición de parámetros.

Comenzaremos con definir una serie de parámetros definidos en el reglamento:

- Eslora de francobordo:

Se tomará la mayor de los siguientes valores:

- El 96% de la eslora total desde el extremo de la roda hasta el extremo del codaste en una flotación al 85% del puntal mínimo de trazado:

$$L_{85\%D} = 313,63 \text{ m}$$

$$L_1 = 301.09 \text{ m}$$

- La eslora desde el extremo de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación

$$L_2 = 306 \text{ m}$$

Por tanto:

$$\underline{L = 306 \text{ metros}}$$

- Manga:

A menos que se indique expresamente otra cosa, la manga (B) será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna, en los buques de forro metálico, o hasta la superficie exterior del casco, en los buques con forro de otros materiales.

$$\underline{B = 63 \text{ m}}$$

- Puntal de francobordo :

$$D_{fr} = \text{Puntal de trazado} + \text{espesor de chapa de trancanil}$$

$$D_{FR} = 30 + 0.013$$

$$\underline{D = 30.013 \text{ m}}$$

- Coeficiente de bloque:

Será el correspondiente a una flotación al 85% del puntal de trazado.

$$\underline{CB_{85\%D} = 0.846}$$

La cubierta de francobordo será aquella a la que llegan los mamparos estancos, en este caso es nuestra cubierta principal.

2.2 Francobordo tabular.

Es el francobordo básico, es función sólo del tipo de buque (A o B) y de su eslora. Su valor lo obtenemos directamente de una tabla que nos proporciona el reglamento, interpolando linealmente en los casos que fuese necesario.

Para nuestro buque el francobordo tabular tendrá el valor de:

$$\underline{FB \text{ tab} = 3285 \text{ mm}}$$

2.3 Correcciones.

Calculemos ahora las correcciones a aplicar al francobordo de nuestro buque para poder determinar así el francobordo de verano del mismo.

- Corrección por eslora menor a 100 m:

Se aplica solo a los buques Tipo B de eslora menor a 100 m. Por tanto para nuestro buque (Tipo A, y $L > 100$ m) no es aplicable esta corrección.

- Corrección por coeficiente de bloque:

Si el coeficiente de bloque es mayor de 0.68, el francobordo tabular se multiplica por:

$$C_2 = (CB_{85\%D} + 0.68) / 1.36$$
$$\underline{C_2 = 1,1221}$$

- Corrección por puntal:

Si el puntal del buque excede $L/15$, el francobordo se aumentará una cierta cantidad.

Comprobamos $L/15$:

$$L/15 = 20.4 \leq T$$

Por tanto, se aplicará la siguiente corrección:

$$C_3 = (T - L/15)R$$

Para $L \geq 120$ m \longrightarrow $R = 250$

$$\underline{C_3 = 2400 \text{ mm}}$$

- Corrección por superestructuras:

En nuestro caso no disponemos de superestructuras a efectos de cálculo del francobordo salvo nuestro castillo de proa.

Si la longitud total de las superestructuras es igual a la eslora del buque, se aplica al francobordo una corrección sustractiva, que dependerá del valor de la eslora:

- 350 mm para 24 m de eslora del buque.
- 860 mm para 85 m de eslora del buque.
- 1070 mm para 122 m de eslora del buque y superiores.

Si la longitud de las superestructuras es menor de la eslora del buque, a la deducción anterior se le aplica un porcentaje, según la siguiente tabla:

Porcentaje de reducción para buques de los tipos 'A' y 'B'

	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos										
	0	0,1 L	0,2 L	0,3 L	0,4 L	0,5 L	0,6 L	0,7 L	0,8 L	0,9 L	1 L
Porcentaje de reducción para todos los tipos de superestructuras	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100

Siendo nuestro buque mayor de 122 m y la longitud de nuestro castillo de proa es de 24.61 metros (0.08L), la reducción será de:

$$C_4 = 1070 \cdot 0.056$$

$$\underline{C_4 = 59.92}$$

- Corrección por arrufo:

La corrección por arrufo se calcula hallando primero la diferencia entre el arrufo real del buque y el arrufo normal.

Las ordenadas de la curva de arrufo normal se dan en el cuadro siguiente (L en metros):

	Situación	Ordenada(mm)	Factor
Mitad de popa	Perpendicular de popa	$25(L/3 + 10)$	1
	1/6L desde p.de popa	$11,1 (L/3 + 10)$	3
	1/3 L desde p. de popa	$2,8 (L/3 + 10)$	3
	Centro del barco	0	1
Mitad de proa	Centro del barco	0	1
	1/3 L desde p. de popa	$5,6(L/3 + 10)$	3
	1/6 L desde p. de popa	$22,2(L/3 + 10)$	3
	Perpendicular de proa	$50(L/3 + 10)$	1

Para nuestro buque, los valores son los siguientes:

	Situación	Ordenada(mm)	Factor	Producto
Mitad de popa	Perpendicular de popa	2795.83	1	2800
	1/6L desde p.de popa	1241.35	3	3729.6
	1/3 L desde p. de popa	313.13	3	940.8
	Centro del barco	0	1	0
Mitad de proa	Centro del barco	0	1	0
	1/3 L desde p. de popa	626.26	3	1881.6
	1/6 L desde p. de popa	2482.7	3	7459.2
	Perpendicular de proa	5591.66	1	5600

Nuestro buque no tiene arrufo, por tanto el arrufo real será 0.

	Arrufo normal (mm)	Arrufo real (mm)
Y popa	7470,4	0
Y proa	14940,8	0

Cuando la curva de arrufo sea diferente de la normal, las cuatro ordenadas de cada una de las curvas en mitades de proa o de popa se multiplicarán por los factores correspondientes que se dan en la última columna de la tabla. La diferencia entre las sumas de los productos así obtenidos y la de los productos correspondientes al arrufo normal, dividida por 8, indica la deficiencia o exceso de arrufo en las mitades de proa o de popa.

Defecto de Arrufo (mm)	
$(Y_{\text{popa r}} - Y_{\text{popa n}})/8$	933,8
$(Y_{\text{proa r}} - Y_{\text{proa n}})/8$	1867,6

La corrección por arrufo deberá ser el defecto de arrufo, calculado anteriormente, multiplicado por el factor:

$$(0,75 - S/2L)$$

En donde S es la longitud total de superestructuras cerradas. En nuestro caso como hemos visto solo disponemos del castillo de proa a efectos del cálculo.

El defecto de arrufo en popa por tanto será, dado que el factor S es cero en este caso:

$$D_{\text{app}} = 0,75 \cdot (933,8)$$

$$D_{\text{app}} = 700,35$$

Para el defecto de arrufo en proa procederemos de la siguiente manera:

El factor “S” lo podemos definir como:

$$S = \frac{y * L'}{3L}$$

En donde:

$$y = \text{altura real} - \text{altura normal}$$

$$y = 3500 - 2300 = 1200 \text{ mm}$$

$$L' = 24,61$$

Por tanto:

$$S = 32.17$$

Con este valor, ya podemos calcular la corrección por arrufo, que será como hemos visto anteriormente:

$$D_{apr} = \left(0.75 - \left(\frac{S}{2L} \right) \right) \cdot (1867.6)$$

$$D_{apr} = 1302.53$$

La corrección final por arrufo será la media de las dos anteriormente calculadas:

$$\underline{C_5 = 1351.62 \text{ mm}}$$

2.4 Francobordo mínimo reglamentario.

Lo podemos calcular como el francobordo tabular con las correcciones pertinentes aplicadas.

$$FB = (FB_{tab} \cdot C_2) + C_3 - C_4 + C_5$$

$$\underline{FB = 7378 \text{ mm}}$$

2.5 Francobordo de verano.

El francobordo de verano, coincide con el francobordo mínimo reglamentario.

$$\underline{FB_{verano} = 7378 \text{ mm}}$$

Podemos calcular también el calado de verano:

$$T_{verano} = T - FB_{verano}$$

$$\underline{T_{verano} = 22622 \text{ mm}}$$

Debido a que en nuestra condición de carga más limitante, salida de Puerto a plena carga, y su calado es 20.00 m, se tomará esta, ya que nunca operaremos por encima de este calado.

De forma que nuestro francobordo y calado de verano final serán:

$$\underline{FB_{verano} = 9998 \text{ mm}}$$

$$\underline{T_{verano} = 20002 \text{ mm}}$$

2.6 Francobordo Tropical.

El francobordo mínimo en la zona tropical lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$FB_{\text{tropical}} = FB_{\text{verano}} - (T_{\text{verano}}/48)$$

$$\underline{\underline{FB_{\text{tropical}} = 9581 \text{ mm}}}$$

Y el calado en la zona tropical será:

$$T_{\text{tropical}} = T - FB_{\text{tropical}}$$

$$\underline{\underline{T_{\text{tropical}} = 20419 \text{ mm}}}$$

2.7 Francobordo de invierno.

El francobordo mínimo de invierno será

$$FB_{\text{invierno}} = FB_{\text{verano}} + (T_{\text{verano}}/48)$$

$$\underline{\underline{FB_{\text{invierno}} = 10415 \text{ mm}}}$$

Y el calado de invierno será:

$$T_{\text{invierno}} = T - FB_{\text{invierno}}$$

$$\underline{\underline{T_{\text{invierno}} = 19585 \text{ mm}}}$$

2.8 Francobordo para el Atlántico Norte invierno.

Para buques con eslora superior a 100 m el francobordo para el Atlántico Norte, invierno, será el francobordo de invierno.

$$\underline{\underline{FB_{\text{Atlántico Norte, invierno}} = 10415 \text{ mm}}}$$

$$\underline{\underline{T_{\text{Atlántico Norte, invierno}} = 19585 \text{ mm}}}$$

2.9 Francobordo para agua dulce.

El francobordo mínimo en agua dulce se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada el siguiente valor:

$$\Delta/(40 \cdot TCI) \text{ cm}$$

En donde:

- Δ = desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano (calculado en MAXURF)= 336059 ton

- TCI = toneladas por centímetro de inmersión en agua salada, en la flotación en carga de verano (tomadas del MAXURF) = 181,377 tn/cm

$$FB_{\text{agua dulce}} = FB_{\text{verano}} - \Delta / (40TCI)$$

$$\underline{\underline{FB_{\text{agua dulce}} = 9952 \text{ mm}}}$$

Y su calado será:

$$T_{\text{agua dulce}} = T - FB_{\text{agua dulce}}$$

$$\underline{\underline{T_{\text{agua dulce}} = 20048 \text{ mm}}}$$

2.10 Francobordo agua dulce tropical.

El francobordo mínimo de agua dulce tropical lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$FB_{\text{ad tropical}} = FB_{\text{agua dulce}} - (T_{\text{agua dulce}}/48)$$

$$\underline{\underline{FB_{\text{ad tropical}} = 9534 \text{ mm}}}$$

Y el calado en la zona tropical será:

$$T_{\text{ad tropical}} = D - FB_{\text{ad tropical}}$$

$$\underline{\underline{T_{\text{ad tropical}} = 20466 \text{ mm}}}$$

2.11 Altura mínima en proa.

La altura mínima de proa (Fb), según la norma 39 del Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966, definida como la distancia vertical medida en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al calado de verano asignado y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, no será inferior a:

$$Fb = \left(6075 \left(\frac{L}{100} \right) - 1875 \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right) \times \left(2.08 + 0.69 C_b - 1.603 C_{wf} - 0.0129 \left(\frac{L}{d} \right) \right)$$

Siendo:

CUADERNO IX: FRANCOBORDO Y ARQUEO

PEDRO CARRO ALLEGUE

- Fb: altura mínima de proa en mm.
- d1: Calado al 85% del puntal en m. $d1 = 25.5$ m
- Cwf: Coeficiente de flotación del cuerpo de proa.
- Awf: área en la flotación del cuerpo de proa. (9054 m²)

$$Cwf = \frac{Awf}{\frac{L}{2} \cdot B}$$

Esta altura minima, tomará el valor de:

$$\mathbf{Fb = 6785,1 \text{ mm}}$$

Si medimos en el plano la altura de la proa con respect al calado de verano, podemos comprobar que tenemos una altura en proa de 8 metros, un valor superior al mínimo exigido por el convenio.

3 ARQUEO.

El concepto de arqueo indica el tamaño de un buque y se emplea para determinar reglamentariamente muchas de sus características técnicas y para aplicar las tarifas de uso de puertos, canales, remolcadores, etc.

Existen dos valores de arqueo, el arqueo bruto y el arqueo neto. El primero pretende medir el volumen total de los espacios internos del buque, y el segundo el volumen utilizable o del que se sacan rentabilidad los armadores en el transporte de mercancías.

Al ser un petrolero el que pretendemos proyectar, el arqueo habrá que calcularlo mediante el reglamento del Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 1969, firmado en Londres el 23 de Junio de 1969 por los países representados en la IMO.

Este Convenio define con precisión los términos aplicables al Cálculo del Arqueo, y excluye de su ámbito a los buques menores de 24 m de eslora y a los que navegan por aguas protegidas como los Grandes Lagos de América del Norte, Mar Caspio y Río de La Plata.

3.1 Arqueo Bruto.

Según el Convenio, este arqueo lo podemos definir a través de la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 \cdot V$$

En donde:

$$- K = 0.2 + 0.02 \cdot \log V = 0.3137$$

- V = es el volumen total de todos los espacios cerrados del buque en m³

El volumen (V) lo desglosaremos en:

- Volumen del casco por debajo de la cubierta de arqueo, hasta el nivel del puntal = 508819,604 m³
- Volumen de espacios cerrados encima de la cubierta de arqueo = 13519 m³

$$V = 522338,6 \text{ m}^3$$

Por tanto, nuestro Arqueo bruto (GT) será:

$$\underline{\underline{GT = 164202}}$$

3.2 Arqueo Neto.

El Arqueo Neto lo podemos calcular, según el convenio, aplicando la siguiente fórmula:

$$NT = K1 \cdot Vc \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K2 \cdot \left(N1 + \frac{N2}{10}\right)$$

En donde:

- $K1 = 0.2 + 0.02 \log_{10} Vc = 0,3101$

- $K2 = 1.25 (GT + 10000)/10000 = 21,775$

- $N1 = \text{número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas} = 0$

- $N2 = \text{número de los demás pasajeros} = 0$

- $Vc = \text{volumen de carga (Maxurf)} = 319580,3 \text{ m}^3$

- El factor $(4d/3D)^2$ no se tomará superior a 1.

$$d = 20.8 \text{ m}$$

$$D = 30 \text{ m}$$

$$(4d/3D)^2 = 0,924$$

- El término $K_1 \cdot Vc \cdot (4d/3D)^2$ no se tomará inferior a 0,25 GT.

$$K_1 Vc (4d/3D)^2 = 84689,9$$

$$0,25 \text{ GT} = 41050,47$$

- NT no se tomará inferior a 0,30 GT.

$$0,3 \text{ GT} = 49261$$

Por tanto:

$$\underline{\underline{NT = 84690}}$$

4 BIBLIOGRAFÍA.

- Convenio internacional sobre líneas de carga de 1966 y Protocolo de 1988.
- Convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969.