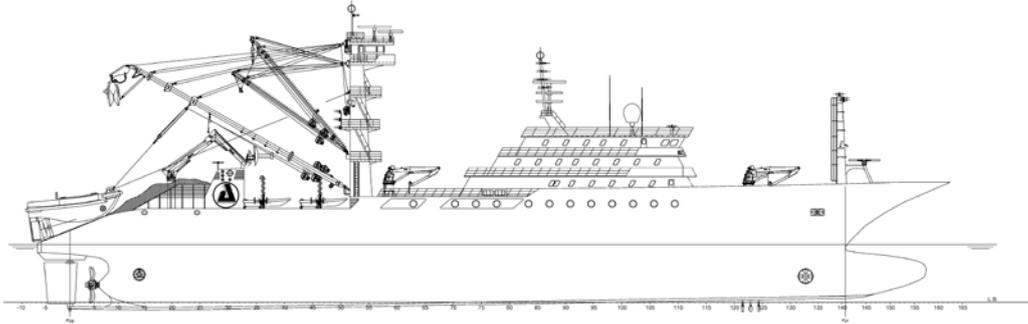


PROYECTO FIN DE CARRERA

CURSO 2.015-2016

PROYECTO NÚMERO 16-15



Atunero 3300m³

Cuaderno 9

Francobordo y arqueo

Fernando García-Ganges Icaza

Email: f.ggicaza@gmail.com



ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE	1
1-INTRODUCCIÓN	4
2-FRANCOBORDO	4
-Valores iniciales	5
-Eslora (L)	5
-Manga (B)	6
-Puntal de trazado (DTrazado)	6
-Puntal de francobordo (D)	6
-Puntal de la cubierta resistente (DR)	7
-Coeficiente de bloque (Cb)	7
-Cubierta de francobordo	7
-Superestructura	7
-Resumen de dimensiones principales	8
-Regla 27 Tipo de buque	8
-Regla 28 Francobordo tabular	8
-Regla 30 Corrección por coeficiente de bloque:	8
-Regla 31 Corrección por puntal:	9
-Regla 37 reducción por superestructuras	9
-Regla 33 altura normal de superestructura	9
-Regla 34 y 35 longitud efectiva de superestructura	9
Regla 38 Arrufo	10
-Arrufo normal:	10
-Arrufo real:	11
-Defecto de arrufo:	11
-Corrección por arrufo:	12
-Corrección por estabilidad	12
-Francobordo de verano	13
-Altura mínima de proa	14
-Tabla de francobordos	15
3-ARQUEO	16
-Cálculo del Arqueo Bruto (GT)	16

Cuaderno 9: Francobordo y arqueo

Proyecto n° 16-15.

Fernando García-Ganges Icaza



-Cálculo del Arqueo Neto (NT)	17
--	-----------



Escola Politécnica Superior

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.015-2016

PROYECTO NÚMERO 16-15

TIPO DE BUQUE : Atunero de 3300 M3

**CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN : DNV.
TORREMOLINOS MARPOL COLREG ILO 2006**

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Atún congelado a -55°C

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 16,5 nudos en condiciones de servicio al 85% MCR
y 15% de MM. 6000 millas de autonomía en estas condiciones

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

PROPULSIÓN : Diesel eléctrica

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 30 personas en camarotes individuales y dobles

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Hélice transversal en proa y popa. Los
habituales en este tipo de buque

Ferrol, Junio 2.016



1-INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se va a calcular y desarrollar los siguientes puntos:

- Cálculo del francobordo siguiendo el Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966, modificado en su protocolo del 88
- Cálculo de los diferentes calados según dicho convenio
- Arqueo Bruto y Neto siguiendo la Conferencia Internacional sobre Arqueo de buques de 1969

Las características finales del buque, fijadas en cuadernos anteriores son:

DIMENSIONES

Lt(m)	113,60
Lpp(m)	96,50
B(m)	16,70
Dcp(m)	8,00
Dsup(m)	10,70
Tm(m)	7,20
Fn	0,276
Cb	0,570
Cp	0,588
Cm	0,969
Cf	0,753
Δ (Tn)	6781
Pot (kW)	4750

2-FRANCOBORDO

El francobordo debe tener un valor mínimo, y este se determina en función del tipo de buque y sus características. El proceso para obtener dicho valor mínimo se encuentra en el Convenio Internacional de Líneas de Máxima Carga de 1966, actualmente en vigor.

En el Anexo I del Convenio, “Reglas para determinar las líneas de carga”, se encuentran las directrices que se deben seguir para calcular el francobordo del buque de proyecto o



“buque real”.

Para el cálculo del francobordo se tendrán que realizar una serie de correcciones al francobordo calculado por el convenio para un buque que denomina “buque base”, buque que define el propio convenio. Estas correcciones se realizarán en función de las diferencias que existan entre el buque base y el buque real.

El francobordo del buque base se denomina francobordo tabular, y será el punto de partida para iniciar las correcciones que llevarán al resultado final.

-Valores iniciales

Estos serán necesarios para el cálculo del francobordo:

-Eslora (L)

Se toma como eslora (L) la mayor de entre, el 96% de la eslora de flotación situada a una distancia igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la distancia entre la cara de proa de la roda y el eje de la mecha del timón en esta flotación:

$$L = \text{mayor}(L_1, L_2)$$

Como el puntal de trazado es de 8,00 m, la flotación corresponde a un calado de:

$$T = 0,85 \cdot D = 0,85 \cdot 8,00 = 6,8 \text{ m}$$

En la flotación de 6,8 m se obtiene:

$$L_F \text{ al } 85\% \text{ de } D_{cp} = 100,56 \text{ m}$$

$$L_1 = 0,96 \times 100,56 = 96,54 \text{ m}$$

$$L_2 = 96,50 \text{ m}$$

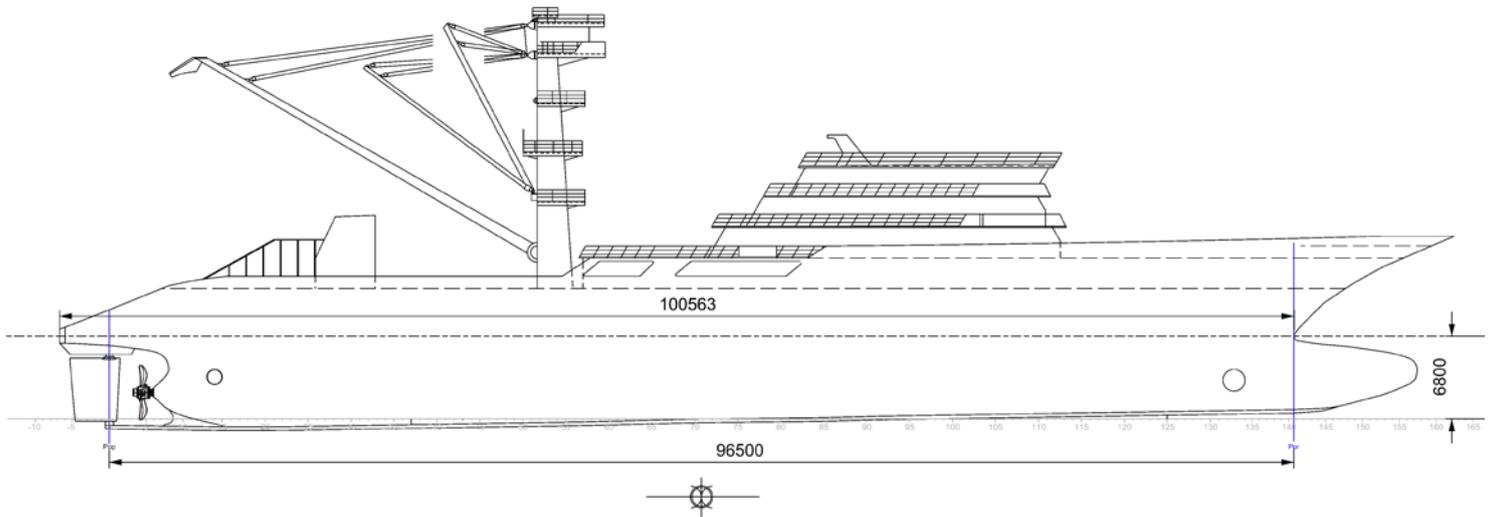
Entonces, la eslora L utilizada será:

$$L = L_{FB} = L_1 = 96,54 \text{ m}$$

Cuaderno 9: Francobordo y arqueo

Proyecto n° 16-15.

Fernando García-Ganges Icaza



-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.

$$B = 16,70 \text{ m}$$

-Puntal de trazado (D_{Trazado})

El puntal de trazado es la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D_{\text{Trazado}} = 8.000 \text{ mm}$$

-Puntal de francobordo (D)

Según el reglamento se tomará como puntal de francobordo (D) el puntal de trazado en el centro del buque (8,00 m) más el espesor de la plancha de trancañil de la cubierta de francobordo. En este caso, se toma como espesor de chapa 10 mm con lo que el puntal de francobordo es de:

$$D_{\text{FB}} = 8.010 \text{ mm}$$

En este caso la cubierta de francobordo no está forrada ni expuesta a la intemperie por lo que no le son aplicables las modificaciones dispuestas al efecto.



-Puntal de la cubierta resistente (D_R)

Es la distancia vertical, medida en el centro del buque, desde la parte superior de la quilla hasta la cara alta del bao de la cubierta en el costado.

$$D_R = 10,70 \text{ m}$$

-Coeficiente de bloque (C_b)

El coeficiente de bloque se calcula para un desplazamiento al 85% del puntal, obtenido con las hidrostáticas y correspondiente a un desplazamiento de 6.299 Tn.:

$$C_b = 0,56$$

-Cubierta de francobordo

Es la cubierta más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas en la parte expuesta a la misma y bajo la cual todas las aberturas en los costados están dotadas de medios permanentes de cierre estancos.

De acuerdo con esta definición, la cubierta de francobordo del buque de proyecto coincide, por tanto, con la cubierta principal, situada a un puntal de 8,00 m.

-Superestructura

Construcción cubierta dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extiende de banda a banda del buque o cuyo forro lateral no esté separado del forro del costado más de un 4% de la manga (B). Un saltillo se considerará como superestructura.

Los espacios hasta la cubierta superior, desde la cubierta de francobordo, cumplen con los requerimientos de superestructura por lo que se considerará que existe una superestructura de 2,70 m. de altura y que abarca toda la eslora.



-Resumen de dimensiones principales

VALORES INICIALES	
Eslora (m)	96,54
Manga (m)	16,70
Puntal de trazado (m)	8,00
Puntal de francobordo (m)	8,01
Puntal de la cub. Resistente (m)	10,70
Coefficiente de bloque	0,56
Cubierta de francobordo (m)	8,00
Altura de superestructura (m)	2,70
Longitud de superestructura (m)	96,54
Volumen (m ³)	6.457

-Regla 27 Tipo de buque

- Buques de tipo "A": buques de carga líquida a granel
- Buques de tipo "B": buques de carga no líquida.

Nuestro buque es tipo B, ya que no cumple lo especificado para pertenecer al tipo A.

-Regla 28 Francobordo tabular

Para la obtención del francobordo tabular de una eslora de francobordo de 96,54 interpolamos entre los francobordos tabulares de una eslora de 96 y 97 metros. El resultado de esta interpolación es: 1200 mm.

-Regla 30 Corrección por coeficiente de bloque:

Esta regla no es aplicable ya que nuestro coeficiente de bloque es menor a 0,68.



-Regla 31 Corrección por puntal:

Cuando D excede de $L/15$ el francobordo se aumenta para buques de eslora menor que 120 m:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) \cdot R$$

Siendo $R=L/0,48$

En este caso $L/15 = 96,54/15 = 6,436$, que es menor que D por lo que la corrección por puntal será de:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) \cdot R = 315 \text{ mm}$$

-Regla 37 reducción por superestructuras

-Regla 33 altura normal de superestructura

La altura normal de superestructura para la eslora del buque es de 1.800 mm., que es menor que la altura real, de 2.700 mm.

-Regla 34 y 35 longitud efectiva de superestructura

En la Regla 34 se define la longitud de la superestructura, que corresponde con la eslora de francobordo, 96,54 m., ya que es corrida de Pp. a Pr.

En la regla 35 se obtiene que la longitud efectiva es la misma que la longitud real ya que no se ve modificada por manga (abarca toda la manga), ni por altura (cumple con la altura normal).

Como la longitud efectiva de la superestructura abarca toda la eslora, la reducción por francobordo es de 925 mm. Este dato es obtenido por interpolación lineal entre los valores de reducción de francobordo por superestructuras y troncos de 860 mm y 1070 mm de buques con eslora de 85 m y 122 m. respectivamente, dados por el convenio.



Regla 38 Arrufo

Siguiendo el punto 5 de esta regla (por extenderse la superestructura sobre toda la longitud de la cubierta de francobordo) el arrufo se mide en la cubierta de la superestructura, y al superar la altura normal, la diferencia Z entre la altura real de esta superestructura (2700 mm) y la normal (1800 mm), tiene un valor mínimo de $Z = 900$ mm. Esta diferencia se añade a las ordenadas de los extremos y debe añadirse también $0,444Z$ y $0,111Z$ en las ordenadas $1/6L$ y $1/3$ de cada una de las perpendiculares respectivamente.

Si encima de la superestructura hay un castillo cerrado como en este caso, se permite un exceso de arrufo con respecto al castillo según el punto 12 de esta regla. Atendiendo a este punto, se calcula:

$$s = \frac{y \cdot L'}{3 \cdot L} = 150 \text{ mm}$$

siendo,

- s = es el suplemento de arrufo, a deducir del defecto, o añadir al exceso de arrufo
- y = diferencia entre las alturas real y normal de la superestructura en la perpendicular de popa y proa = 900 mm
- L' = longitud media de la parte cerrada del castillo, hasta un máximo de $0,5L = 48,27$ m
- L = eslora del buque según el convenio

-Arrufo normal:

ARRUFO NORMAL (POPA)

Situación	Ordenada	Factor	Producto
Pp de popa	$25 \cdot (L/3 + 10)$	1	1055
$1/6 L$ desde Ppopa	$11.1 \cdot (L/3 + 10)$	3	1404
$1/3 L$ desde Ppopa	$2.8 \cdot (L/3 + 10)$	3	354
Centro del buque	0	1	0
			2813
			SUMA

Cuaderno 9: Francobordo y arqueo

Proyecto n° 16-15.

Fernando García-Ganges Icaza



ARRUFO NORMAL (PROA)

Situación	Ordenada	Factor	Producto
Centro del buque	0	1	0
1/3 L desde Pproa	$5.6 * (L/3 + 10)$	3	708
1/6 L desde Pproa	$22.2 * (L/3 + 10)$	3	2808
Pp de proa	$50 * (L/3 + 10)$	1	2109
			5625
			SUMA

-Arrufo real:

ARRUFO REAL (POPA)

Situación	Arrufo buque	Adición por superest.	Ordenada	Factor	Producto
Pp de popa	0	900	900	1	900
1/6 L desde Ppopa	0	399,6	399,6	3	1198,8
1/3 L desde Ppopa	0	99,9	99,9	3	299,7
Centro del buque	0	0	0	1	0
					2398,5
					SUMA

ARRUFO REAL (PROA)

Situación	Arrufo buque	Adición por superest.+Adición castillo	Ordenada	Factor	Producto
Centro del buque	0	150	150	1	150
1/3 L desde Pproa	0	266,55	266,55	3	799,65
1/6 L desde Pproa	0	616,2	616,2	3	1848,6
Pp de proa	0	1050	1050	1	1050
					3848,25
					SUMA

-Defecto de arrufo:

- Popa:

$$\text{Arrufo real} - \text{Arrufo normal} = 2.398,15 - 2.813 = -416,85 \text{ mm}$$

Como es negativo, hay defecto de arrufo en popa.



- Proa:

$$\text{Arrufo real} - \text{Arrufo normal} = 3.848,25 - 5.625 = -1.776,75$$

Como es negativo, hay defecto de arrufo en popa.

- Defecto de arrufo total:

$$s = \frac{-416,85 - 1.776,75}{2} \times \frac{1}{8} = -137 \text{ mm}$$

-Corrección por arrufo:

Será el defecto o exceso de arrufo multiplicado por $0,75 - S/2L$ siendo S la longitud total de superestructuras cerradas. Al ser defecto de arrufo se le sumará al francobordo. Como la longitud de superestructuras S es el de la eslora, la corrección por arrufo se calcula del siguiente modo:

$$\text{Corrección Arrufo} = -137 \times (0,75 - 0,5) = -34,25 \text{ mm}$$

Como el arrufo real es menor al normal, el defecto de arrufo se añadirá al francobordo.

-Corrección por estabilidad

El calado máximo que se ha obtenido en la estabilidad es de 6,95 m. con un desplazamiento de 6.481 Tn., en la condición de salida de caladero, por lo que el calado máximo de verano atendiendo a este criterio sería de 6,95 m.

Esta corrección se aplicará una vez determinado el francobordo de verano mínimo.



-Francobordo de verano

Añadiendo al francobordo tabular todas las correcciones calculadas se obtiene:

TABLA RESÚMEN CORRECCIONES

Correcciones	Modificación	Valor (mm)
Puntal	Aumento	317
Superestructuras	Reducción	925
Arrufo	Aumento	34,25
TOTAL	Reducción	-573,75

Añadiendo al francobordo tabular (1200 mm) todas las correcciones calculadas se obtiene el francobordo de verano:

$$Fb \text{ verano} = 1200 - 573,75 = 626,25 \text{ mm}$$

Por lo que tenemos que el calado de verano será el puntal de francobordo, que es el puntal de trazado en el centro del buque (8,00 m.) más el espesor de la plancha de trancañil de 10 mm, menos el francobordo de verano:

$$T \text{ verano} = 8,01 - 0,626 = 7,384 \text{ m}$$

- Corrección por estabilidad:

El calado de verano sería 7,384 m. según el cálculo del francobordo, pero teniendo en cuenta la corrección por estabilidad, el calado de verano será de 6,950 m, correspondiendo con un francobordo de verano de 1,06 m, ya que teóricamente nunca se cargará el buque más de las 6.481 Tn De desplazamiento, con lo que se puede aumentar el francobordo hasta ese calado máximo.

$$T \text{ verano} = 6,95 \text{ m}$$

$$Fb \text{ verano} = 1,06 \text{ m}$$



-Altura mínima de proa

La altura de proa, definida como distancia vertical, en la perpendicular de proa, entre la flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento proyectado, y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, no será inferior según la

Regla 39:

$$F_b = \left(6075 \cdot \frac{L}{100}\right) - \left(1875 \cdot \left(\frac{L}{100}\right)^2\right) + 200 \cdot \left(\frac{L}{100}\right)^3 \cdot \left(2,08 + 0,609C_b - 1,063C_{wf} - 0,0129 \cdot \left(\frac{L}{d_1}\right)\right)$$

Siendo:

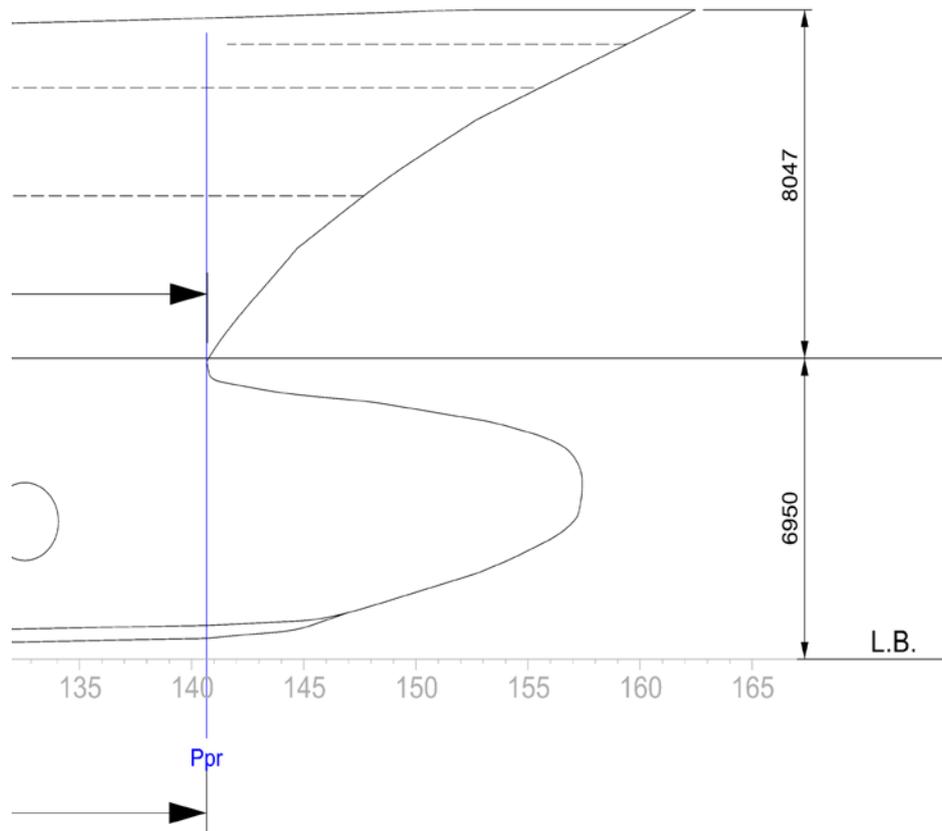
- F_b = altura mínima de proa calculada, en mm
- L = eslora de francobordo. $L = 96,54$ m
- B = manga de. $B = 16,70$ m
- d_1 = calado en el 85% del puntal D , en m. $d_1 = 6,80$ m
- C_b = coeficiente de bloque. $C_b = 0,56$
- C_{wf} = coeficiente del área de la flotación a proa de $L/2$:

$$C_{wf} = A_{wf} / ((L/2) \times B) = 0,745$$

- A_{wf} = área de la flotación a proa de $L/2$ para el calado d_1 . $A_{wf} = 635$ m²

Se calcula la altura mínima de proa según la expresión dada:

$$F_b = 6.227 \text{ mm}$$



Por lo tanto, como la altura real es mayor que la requerida, se cumple esta condición.

- Altura real = 8,047 m
- Altura requerida = $F_b = 6,227$ m

-Tabla de francobordos

Se van a calcular el resto de francobordos, según las zonas de navegación:

FRANCOBORDOS

Fb	Valor (mm)
Verano	1060
Invierno	1205
Tropical	915
Atlántico Norte	1255



3-ARQUEO

Para el cálculo del arqueo del buque proyecto se seguirá el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques (Convenio 1969).

Se distinguen dos arqueos, el arqueo bruto (GT) y el arqueo neto (NT).

El arqueo bruto, es función del volumen total de todos los espacios cerrados, mientras que el arqueo neto se calcula en función del volumen total de todos los espacios de carga del buque. Por tanto con el arqueo bruto y con el arqueo neto se intenta definir el tamaño total del buque y su tamaño utilizable respectivamente.

-Cálculo del Arqueo Bruto (GT)

Para obtener el arqueo bruto del buque (GT) se aplica la siguiente expresión:

$$GT = K_1 \times V$$

donde:

- V es el volumen total de todos los espacios cerrados del buque expresado en m³
- $K_1 = 0,2 + 0,02 \times \log_{10}V$

Los volúmenes a considerar son los siguientes:

Espacio	Volumen (m ³)
Vol. bajo cub. Arqueo	11.212,00
Castillo sobre cub. Sup	2.103,00
Habilit. Sobre cub. Castillo	2.190,00
Guardacalor	86,40
Palo autosoportado	89,00
Volumen total	15.680,40

- Se considera como cubierta de arqueo la cubierta superior
- Los volúmenes obtenidos, se calcularon en los planos de disposición general en el cuaderno 7.

Con el volumen total se calcula K₁:



$$K_1 = 0,284$$

Con lo que el arqueo bruto que se obtiene es de:

$$\text{Arqueo Bruto} = 4.453 \text{ GT}$$

-Cálculo del Arqueo Neto (NT)

El arqueo neto se calcula como:

$$NT = K_2 \cdot Vc \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

donde:

- Vc es el volumen de los espacios de carga en m³, que corresponde con el volumen de cubas, 3.887 m³, obtenidos finalmente en el Cuaderno 4
- $K_2 = 0,2 + 0,02 \times \log_{10} Vc = 0,272$
- d es el calado de trazado que en este caso es de 7,2 m
- D es la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado, que corresponde con 10,70 m
- $K_3 = 1,25 \cdot \frac{GT+10.00}{10.000} = 1,81$
- N₁ es el número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas. En este caso es 0 porque la tripulación no cuenta como pasaje
- N₂ es el resto de pasajeros que también es cero
- N₁+ N₂<13, por lo que se consideran ambos 0, como se han determinado antes
- Comprobaciones:

- El factor $\left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ no se puede tomar mayor que 1:

$$\left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 0,897$$

Cuaderno 9: Francobordo y arqueo

Proyecto n° 16-15.

Fernando García-Ganges Icaza



- El término $K_2 \cdot Vc \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ no se tomará inferior a 0,25GT:

$$K_2 \cdot Vc \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 948,37$$
$$0,25GT = 1.113,25$$

Se tomará finalmente este último valor.

- NT no se tomará inferior al 30% del GT: $0,30 \times GT = 1336$ Realizando los cálculos:

$$NT = K_2 \cdot Vc \cdot \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right) = 1.113,25$$

Por lo tanto, y teniendo en cuenta las comprobaciones, se obtiene un arqueo neto de:

$$\text{Arqueo Neto} = 1336 \text{ NT}$$