



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/2021

ATUNERO CONGELADOR DE 2000 m3

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Gastón Manuel Mercado Roasso

TUTORAS/ES

Raúl Villa Caro

FECHA

SEPTIEMBRE 2021

1 RPA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.020-2021

PROYECTO NÚMERO 2021-GENO-11

TIPO DE BUQUE: Atunero congelador de 2000 m³

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, Marpol, Torremolinos

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Atún que se procesará y se congelará en tanques

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 14 knots con autonomía para 37 días

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Plumas en babor y estribor para la carga y descarga de la pesca

PROPULSIÓN: Motor diésel

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: constará de una panga para la realización del arte del cerco.

Ferrol, 15 septiembre 2021

ALUMNO/A: **D^a Gastón Manuel Mercado Roasso**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/2021**

ATUNERO CONGELADOR DE 2000 m³

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 9

FRANCOBORDO Y ARQUEO

INDICE

1 RPA	2
2 Título y resumen	6
3 Introducción	7
4 Francobordo.....	8
4.1 Definiciones de los términos	8
4.2 Cálculo de francobordo tabular	10
4.3 Correcciones al francobordo tabular	12
4.3.1 Regla 31. Corrección por puntal	12
4.3.2 Regla 33. Altura de las superestructuras	12
4.3.3 Regla 34. Longitud de las superestructuras	12
4.3.4 Regla 35. Longitud efectiva de las superestructuras.....	12
4.3.5 Regla 37. Reducción por superestructura y troncos.....	12
4.3.6 Regla 38. Arrufo.....	12
4.3.7 Francobordo con las correcciones	15
4.3.8 Francobordo de verano.....	15
4.3.9 Regla 39. Altura mínima de proa	15
4.4 Francobordos mínimos	18
4.4.1 Francobordo de verano mínimo	18
4.4.2 Francobordo tropical.....	18
4.4.3 Francobordo de invierno	18
4.4.4 Francobordo para el Atlántico Norte, invierno	19
4.4.5 Francobordo de agua dulce	19
4.4.6 Tabla resumen de los resultados	19
5 Arqueo	20
5.1 Definición de los términos	20
5.2 Arqueo bruto	20
5.3 Arqueo neto	21
Tabla 1 "Características del buque"	7
Tabla 2 "Hidrostáticas trim=0, obtención desplazamiento"	9
Tabla 3 "Obtención de arrufo normal y real"	14
Tabla 4 "Calados de las condiciones de carga"	15
Tabla 5 "Francobordos"	19
Tabla 6 "Espacios cerrados"	21

Ilustración 1 "Comprobación esloras"	8
Ilustración 2 "Tabla francobordo tabular"	11
Ilustración 3 "Altura normal de superestructura"	12
Ilustración 4 "Cálculo arrufo normal"	13
Ilustración 5 "Altura mínima de proa"	16
Ilustración 6 "Área mínima"	17

2 TÍTULO Y RESUMEN

Título: Atunero congelador de 2000 m³

El proyecto consistirá en el diseño general de un atunero congelador de 2000 m³, con una velocidad de diseño de 14 nudos, de propulsión diésel y para navegar 37 días.

Los temas fundamentales a tratar serán: elección de la cifra de mérito y definición de alternativas, seleccionando la más favorable; el cálculo de pesos y centro de gravedad del buque; el diseño de las formas; los cálculos relacionados con la arquitectura naval; las situaciones de carga; predicción de potencia propulsora y diseño del propulsor y del timón; la disposición general; la cuaderna maestra; el francobordo y arqueo; definir la planta propulsora y sus equipos auxiliares; la planta eléctrica; los equipos y servicios auxiliares del buque; y finalmente, se calculará el presupuesto de la construcción del buque.

Título: atuneiro conxelador de 2000 m³

O proxecto consistirá no deseño xeral dun atuneiro conxelador de 2000 m³, cunha velocidade de 14 nudos, de propulsión diésel y para navegar 37 días.

Os temas fundamentais a tratar serán: elección da cifra de mérita e definición de alternativas, escollendo a máis favorable; o cálculo de peso e centro de gravidade do buque; o deseño das formas; os cálculos relacionados coa arquitectura naval; as situación de carga; predicción da potencia propulsora e deseño do propulsor e timón; a disposición xeral; a caderna maestra; o francobordo e arqueo; definir a planta propulsora e os seus equipos auxiliares; a planta eléctrica; os equipos e servizos auxiliares ao buque; e finalmente, calcularase o orzamento da construción do buque.

Title: 2000 m³ freezer tuna vessel

The project will consist of the general design of a 2000 m³ freezer tuna vessel, with a design speed of 14 knots, diesel propulsion and to sail 37 days.

The fundamental issues to be discussed will be: choice of the figure of merit and definition of alternatives, selecting the most favorable; weight calculation and center of gravity of the ship; forms design; calculations related to naval architecture; loading situations; thruster power prediction and thruster and rudder design; general arrangement; master frame; freeboard and tonnage; propulsion plant definition and its auxiliary equipment; power plant; ship's auxiliary equipment and services; and finally, the budget for the construction of the ship will be calculated.

3 INTRODUCCIÓN

El buque proyecto con número 21-11 consiste en un atunero congelador con una capacidad total de cubas de 2000 m³ con el objetivo de operar en la zona del mar del norte para la pesca del atún mediante redes de cerco. Las cubas irán dispuestas en la parte central del buque distribuidas 9 a babor y 9 a estribor y, mediante un sistema de refrigeración por tuberías, se congelará el atún en seco mediante salmuera. La habilitación será de 35 personas y la propulsión será tipo diésel, con una velocidad de diseño de 14 nudos, para dar una autonomía de 37 días. Dispondrá de embarcaciones auxiliares para la ayuda en la operación de pesca, como son la panga y tres botes rápidos.

Las características principales del buque son:

Lo.a(m)	85,75
Lpp(m)	71
B(m)	14,9
T(m)	7
Dcp(m)	7,16
Fn	0,273
CB	0,63
CM	0,989
CP	0,638
$\Delta(t)$	5032
v(kn)	14

Tabla 1 "Características del buque"

En el presente cuaderno se desarrollará el cálculo de francobordo siguiendo el Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966, a partir de los siguientes parámetros: eslora de francobordo, manga, puntal de francobordo y coeficiente de bloque, entre otros. Con esto, se obtendrá también los diferentes calados a los que se someterá, en un posible caso, el buque proyecto. Por otro lado, se calculará el arqueo bruto y el arqueo neto.

4 FRANCOBORDO

El francobordo se calculará mediante el Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966, el cual indica los parámetros necesarios para la obtención del francobordo tabular, que será el del buque proyecto, así como las correcciones que se le aplicarán en función de las características del buque. A continuación, se presentan las definiciones de los parámetros.

4.1 Definiciones de los términos

La regla 3" Definiciones de los términos" de Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966 indica:

- 1) Eslora. Se tomará como eslora L el 96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del puntal mínimo de trazado, medida desde el canto alto de dicha quilla, o la eslora desde la cara de proa de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación, si esta fuera mayor. En los barcos proyectados con asiento de quilla, la flotación en la que se mide esta eslora deberá ser paralela a la flotación de proyecto en carga.

$$0.96 * L_{fl} = 0.96 * 74.6 = 71.616 \text{ m} > L_{pp_{fl}} = 71 \text{ m}$$

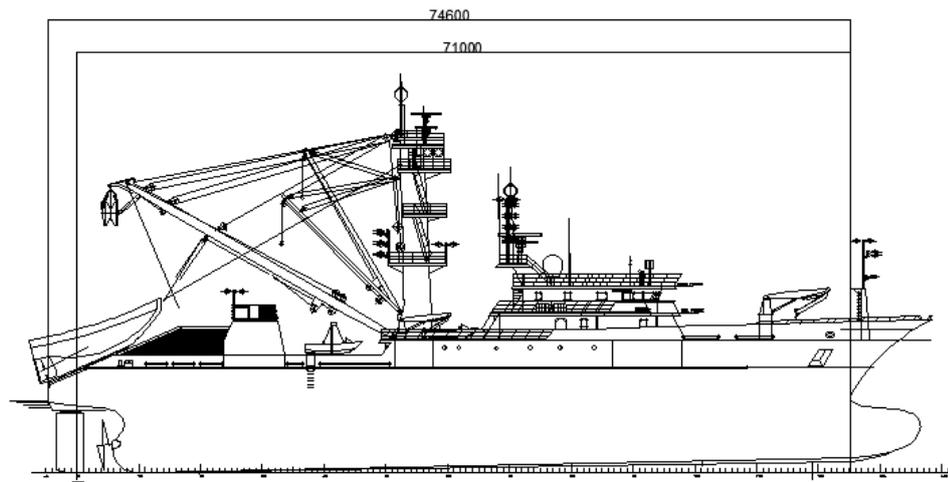


Ilustración 1 "Comprobación esloras"

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

$$B = 14.9 \text{ m}$$

- 3) Puntal de trazado. El puntal de trazado será 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.

$$D_{trazado} = 7.16 \text{ m}$$

- 4) Puntal de francobordo. Será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la plancha de trancañil de la cubierta de francobordo. Este espesor toma un valor de 9 mm, por lo que:

$$D_{francobordo} = 7.16 + 0.009 = 7.169 \text{ m}$$

- 5) Coeficiente de bloque: viene dado por la siguiente fórmula:

$$C_b = \frac{\Delta}{L * B * d_1}$$

Siendo:

- Δ : volumen de desplazamiento de trazado del buque excluidos los apéndices, en un buque con forro metálico, y el volumen de desplazamiento de la superficie exterior del casco en los buques con forro de cualquier otro material, ambos tomados a un calado de trazado de d_1 . El desplazamiento para el 85% del puntal es de 4296 m³ calculado en la tabla de hidrostáticas para un trimado 0 del cuaderno 4 "Cálculos de la arquitectura naval", por lo que:

Draft Amidships (m)	Displacement(t)
2	1050
2,5	1409
3	1781
3,5	2163
4	2555
4,5	2954
5	3365
5,5	3787
6	4220
6,5	4661
7	5111
7,5	5568

Tabla 2 "Hidrostáticas trim=0, obtención desplazamiento"

El volumen de desplazamiento será

$$\nabla = \frac{\Delta}{1.025}$$

$$\nabla_{T=6m} = \frac{4220}{1.025} = 4117 \text{ m}^3$$

$$\nabla_{T=6,5m} = \frac{4661}{1.025} = 4547 \text{ m}^3$$

Interpolando, el volumen del desplazamiento para el d_1 :

$$\nabla_{T=6.086m} = \frac{(4574 - 4117) * (6.086 - 6)}{6.5 - 6} + 4117 = 4196 \text{ m}^3$$

- d_1 : el 85% del puntal mínimo de trazado

$$d_1 = 0.85 * 7.16 = 6.086 \text{ m}$$

Por lo que:

$$CB = \frac{4196}{71.616 * 14.9 * 6.086} = 0.646$$

- 6) Francobordo. El francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.

$$D_{sup} = 9.82 \text{ m}$$

- 7) Cubierta de francobordo. Será normalmente la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas en la parte expuesta de esta, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco.

$$D_{ppal} = 7.16 \text{ m}$$

- 8) Superestructura. Una superestructura será una construcción cubierta dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extienda 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.

4.2 Cálculo de francobordo tabular

Una vez conocidos los parámetros de francobordo, se procede al cálculo del francobordo, siguiendo las reglas del Convenio. Para obtener el francobordo tabular es necesario saber el tipo de buque, A o B, para ello, siguiendo la regla 27" Tipos de buques" se conoce que el buque proyecto es **tipo B**, dado que:

- un buque tipo A es aquel proyectado para transportar solamente cargas líquidas a granel, y en el cual los tanques de carga tienen solo pequeñas aberturas de acceso cerradas por tapas de acero u otro material equivalente, estancas y dotadas de frisas;

Cuaderno 9. Francobordo y Arqueo
Gastón Manuel Mercado Roasso

- mientras que un buque tipo B es aquel diseñado para transportar cargas no líquidas.

Observando la ilustración 2" Francobordo tabular" (Regla 28) y con la eslora de francobordo, se obtiene el francobordo tabular:

TABLA B

Tabla de francobordo para buques de tipo "B"

Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	58	544	92	1116
25	208	59	559	93	1135
26	217	60	573	94	1154
27	225	61	587	95	1172
28	233	62	601	96	1190
29	242	63	615	97	1209
30	250	64	629	98	1219
31	258	65	644	99	1250
32	267	66	659	100	1271
33	275	67	674	101	1293
34	283	68	689	102	1315
35	292	69	705	103	1337
36	300	70	721	104	1359
37	308	71	738	105	1380
38	316	72	754	106	1401
39	325	73	769	107	1421
40	334	74	784	108	1440
41	344	75	800	109	1459
42	354	76	816	110	1479
43	364	77	833	111	1500
44	374	78	850	112	1521
45	385	79	868	113	1543
46	396	80	887	114	1565
47	408	81	905	115	1587
48	420	82	923	116	1609
49	432	83	942	117	1630
50	443	84	960	118	1651
51	455	85	978	119	1671
52	467	86	996	120	1690
53	478	87	1015	121	1709
54	490	88	1034	122	1729
55	503	89	1054	123	1750
56	516	90	1075	124	1771
57	530	91	1096	125	1793

Ilustración 2 "Tabla francobordo tabular"

Por lo que:

$$FBT(L = 71.616) = 748 \text{ mm}$$

A este resultado, habrá que aplicarle las diferentes correcciones y, así, posteriormente, conocer el calado de verano y los distintos francobordos.

4.3 Correcciones al francobordo tabular

En función de las características del buque proyecto se aplicarán las diversas correcciones, siguiendo las reglas del Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966.

4.3.1 Regla 31. Corrección por puntal

Cuando D excede de $\frac{L}{15}$, el francobordo deberá aumentarse en $(D - \frac{L}{15}) * R$ milímetros, siendo $R = \frac{L}{0.48}$ para esloras inferiores a 120 metros. Por lo que:

$$\left(7.169 - \frac{L}{15}\right) * \left(\frac{L}{0.48}\right) = +358 \text{ mm}$$

4.3.2 Regla 33. Altura de las superestructuras

La altura normal de una superestructura será la que se indica en la ilustración 3 "Altura de superestructura".

Altura normal (en metros)

L (metros)	Saltillo	Todas las demás superestructuras
30 ó menos	0,90	1,80
75	1,20	1,80
125 ó más	1,80	2,30

Ilustración 3 "Altura normal de superestructura"

4.3.3 Regla 34. Longitud de las superestructuras

La longitud de una superestructura (S) será la longitud media de aquella parte de la superestructura que quede dentro de la eslora (L).

$$L = S = 71.616 \text{ m}$$

4.3.4 Regla 35. Longitud efectiva de las superestructuras

La longitud efectiva (E) de una superestructura cerrada de altura normal, será su longitud real.

4.3.5 Regla 37. Reducción por superestructura y troncos

Cuando la longitud efectiva de las superestructuras y troncos sea igual a L, la reducción del francobordo será de 350 mm, para 24 metros de eslora de buque, 860 mm, para 75 metros de eslora y 1070 para 122 metros de eslora y superiores.

4.3.6 Regla 38. Arrufo

El arrufo se medirá desde la cubierta en el costado hasta una línea de referencia trazada paralelamente a la quilla y que pase por el punto de la línea de arrufo

correspondiente al centro del buque. En buques con una superestructura de altura normal que se extienda sobre toda la longitud de la cubierta de francobordo, el arrufo se medirá en la cubierta de superestructura. Cuando la altura exceda a la altura normal, la diferencia del mínimo (Z) entre las altura real y normal, se añadirá a cada una de las ordenadas extremas. Análogamente, las ordenadas intermedias, a distancias de 1/6·L y 1/3·L de cada una de las perpendiculares, se incrementarán en 0.444·Z y 0.111·Z, respectivamente.

Curva de arrufo normal

(L en metros)

	Situación	Ordenada (en milímetros)	Factor
Mitad de popa	Perpendicular de popa	25 $(\frac{L}{3} + 10)$	1
	$\frac{1}{3}$ L desde la p. de Pp.	11,1 $(\frac{L}{3} + 10)$	3
	$\frac{2}{3}$ L desde la p. de Pp.	2,8 $(\frac{L}{3} + 10)$	3
	Centro del barco	0	1
Mitad de proa	Centro del barco	0	1
	$\frac{1}{3}$ L desde la p. de Pr.	5,6 $(\frac{L}{3} + 10)$	3
	$\frac{2}{3}$ L desde la p. de Pr.	22,2 $(\frac{L}{3} + 10)$	3
	Perpendicular de proa	50 $(\frac{L}{3} + 10)$	1

Ilustración 4 "Cálculo arrufo normal"

La altura real es mayor que la altura normal, por lo que:

$$H = hr - hn = 2600 - 1800 = 800 \text{ mm}$$

En el caso de una cubierta de saltillo, solamente se concederá un exceso si la altura de dicha cubierta de saltillo es superior a la altura normal de otras superestructuras, siendo de la siguiente manera:

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

Siendo:

S: suplemente de arrufo

y: hr-hn

L': longitud media de la parte cerrada del castillo, máximo 0.5*L.

L: eslora del buque

$$S = \frac{800 * 0.5 * 71.616}{3 * 71.616} = 133.333 \text{ mm}$$

Cuaderno 9. Francobordo y Arqueo
Gastón Manuel Mercado Roasso

Se calculará el arrufo normal y arrufo real, y luego se comprobará la situación de arrufo viendo la diferencia entre ambos. Los resultados obtenidos son:

Arrufo Normal				
	Situación	Ordenada(mm)	Factor	AN
Mitad Popa	Perpendicular de popa	846,8	1	2259,2624
	1/6 L desde P de Pp	375,9792	3	
	1/3 L desde P de Pp	94,8416	3	
	Centro del buque	0	1	
Mitad Proa	Centro del buque	0	1	0
	1/3 L desde P de Pr	189,6832	3	4518,5248
	1/6 L desde P de Pr	751,9584	3	
	Perpendicular de proa	1693,6	1	
AN_TOTAL			6777,7872	

Arrufo Real				
	Situación	Ordenada(mm)	Factor	AR
Mitad Popa	Perpendicular de popa	800	1	2132
	1/6 L desde P de Pp	355,2	3	
	1/3 L desde P de Pp	88,8	3	
	Centro del buque	0	1	
Mitad Proa	Centro del buque	0	1	0
	1/3 L desde P de Pr	88,8	3	4265,33333
	1/6 L desde P de Pr	355,2	3	
	Perpendicular de proa	800	1	
S	133	16		
AR_TOTAL			6397,33333	

Tabla 3 "Obtención de arrufo normal y real"

Se comprueba la situación de arrufo:

$$Arrufo_{realPOPA} - Arrufo_{normaPOPA} = 2132 - 2260 = -128$$

$$Arrufo_{realPROA} - Arrufo_{normaPROA} = 4265 - 4518 = -253$$

Se observa que como resultado es una situación DEFECTO-DEFECTO, por lo que la corrección se realiza de la siguiente manera:

$$\left(0.75 - \left(\frac{S}{2 * L}\right)\right) * \left(\frac{Arrufo_{normalTOTAL} - Arrufo_{realTOTAL}}{16}\right)$$

$$\left(0.75 - \left(\frac{71.616}{2 * 71.616}\right)\right) * \left(\frac{6778 - 6397}{16}\right) = +6 \text{ mm}$$

4.3.7 Francobordo con las correcciones

$$FBv_{\min} = 748 + 358 + 6 = \mathbf{1112 \text{ mm}}$$

$$Tv_{\max} = 7169 - 1112 = \mathbf{6057 \text{ mm}}$$

4.3.8 Francobordo de verano

Teniendo en cuenta el calado de diseño de 7.000 m, el calado máximo resultante en las condiciones de carga, 5.608 m, y el calado de verano máximo, 6057mm, se obtiene el francobordo de verano y el calado de verano, que será el mínimo calado entre el máximo calado de verano, el máximo calado resultante de las condiciones de carga y el calado de diseño. De esta manera **se puede cumplir la condición de carga máxima**, por lo que:

Condición de carga	Salida de puerto 100% consumos, 0% capturas	Salida de puerto 35% consumos, 100% capturas	Salida de puerto 10% consumos, 100% capturas	Salida de puerto 10% consumos, 20% capturas
T(m)	5,608	5,4	5,26	5,079

Tabla 4 "Calados de las condiciones de carga"

$$T_{\text{verano}} = 5608 \text{ mm}$$

$$FB_{\text{verano}} = FB_{\min} + Tv_{\max} - T_{\text{verano}} = 1112 + 6057 - 5608 = \mathbf{1561 \text{ mm}}$$

4.3.9 Regla 39. 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 de proyecto, y el canto alto, en el costado, de la cubierta expuesta, no será inferior a:

$$F_B = \left(6075 * \left(\frac{L}{100}\right) - 1875 * \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 200 * \left(\frac{L}{100}\right)^3\right) * \left(2.08 + 0.609 * C_B - 1.603 * C_{wf} - 0.0129 * \left(\frac{L}{d_1}\right)\right)$$

Siendo:

- Fb: altura mínima de proa(mm)

Cuaderno 9. Francobordo y Arqueo
Gastón Manuel Mercado Roasso

- L: eslora de francobordo, 71.616 m
- Cb: coeficiente de bloque, 0.64
- Cwf: coeficiente del área de la flotación a proa de L/2

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\left(\frac{L}{2}\right) * B}$$

- B: manga de trazado, 14.9 m
- d1: 85% del puntal, $0.85 * 7.16 = 6.086 \text{ m}$
- -Awf: área de la flotación medida desde la mitad de la eslora para un calado de d1. Se toma esta área de la disposición general de buque, siendo de **265.4 m²**

Por lo que:

$$C_{wf} = \frac{265.4}{\left(\frac{71.616}{2}\right) * 14.9} = 0.5$$

$$F_B = \left(6075 * \left(\frac{71.616}{100}\right) - 1875 * \left(\frac{71.616}{100}\right)^2 + 200 * \left(\frac{71.616}{100}\right)^3 \right) * \left(2.08 + 0.609 * 0.64 - 1.603 * 0.5 - 0.0129 * \left(\frac{71.616}{6.086}\right) \right)$$

$$F_{B_min} = 5084 \text{ mm}$$

En la ilustración 5 "Altura mínima de proa" se comprueba que se cumple la altura mínima de proa.

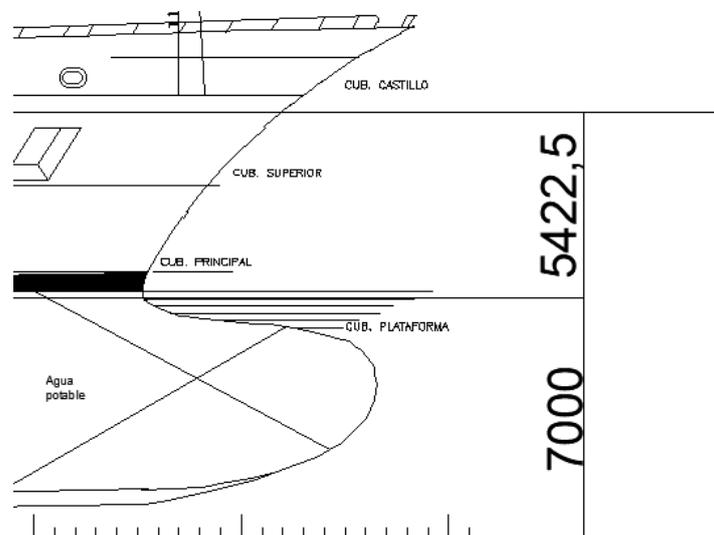


Ilustración 5 "Altura mínima de proa"

Cuaderno 9. Francobordo y Arqueo
Gastón Manuel Mercado Roasso

Para los buques de tipo B, a excepciones de algunos buques, tendrán una flotabilidad de reserva adicional en el extremo proel. En la sección delimitada por 0.15·L a popa de la perpendicular de proa, la suma del área proyectada entre la flotación en carga de verano y el borde de la cubierta y el área proyectada de la superestructura cerrada, no puede ser inferior a:

$$A_{min} = \left(0.15 * F_{min} + 4 * \left(\frac{L}{3} + 10 \right) * \frac{L}{1000} \right) \text{ en } m^2$$

Siendo:

- $F_{min} = (F_o * f_1) + f_2 = 358 \text{ mm}$
- Fo: francobordo tabular 748 mm
- f1: Corrección por coeficiente de bloque, 0
- f2: Corrección por puntal, 358 mm

$$A_{min} = \left(0.15 * 358 + 4 * \left(\frac{71.616}{3} + 10 \right) * \frac{71.616}{1000} \right) \text{ en } m^2$$

$$A_{min} = 13.55 \text{ m}^2$$

Se comprueba en la ilustración 6 "Área mínima" que se cumple con el área mínima.

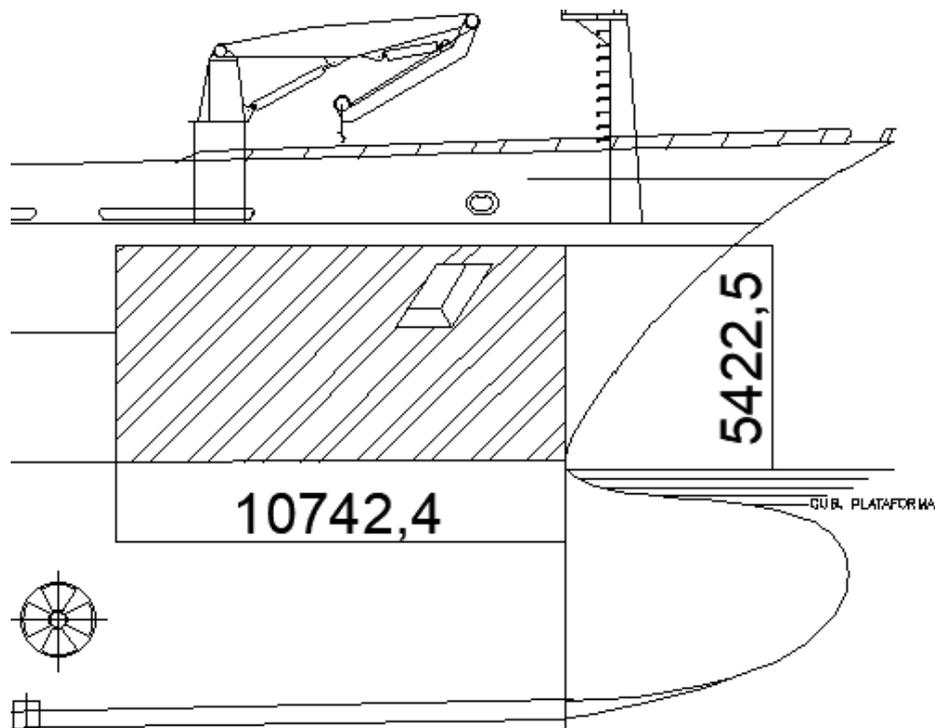


Ilustración 6 "Área mínima"

4.4 Francobordos mínimos

Los francobordos mínimos vienen dados por la regla 40 del Convenio Internacional de Líneas de Carga”, por lo que:

4.4.1 Francobordo de verano mínimo

El francobordo mínimo de verano será el francobordo obtenido de la Tabla de la regla 28, modificado por las correcciones de las 27, en la medida en que sea aplicable, 29,30,31,32,37,38 y, si hay lugar a ello, la regla 39.

El francobordo en agua salada no deberá ser inferior a 50 milímetros.

$$FBv_{\min} = 748 + 358 + 6 = \mathbf{1112 \text{ mm}}$$

$$Tv_{\max} = 7169 - 1112 = \mathbf{6057 \text{ mm}}$$

$$FB_{\text{verano}} = FB_{\min} + Tv_{\max} - T_{\text{verano}} = 1112 + 6057 - 5608 = \mathbf{1561 \text{ mm}}$$

4.4.2 Francobordo tropical

El francobordo mínimo en la zona tropical será el francobordo obtenido restando del de verano $\frac{1}{48}$ del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

$$FB_{\text{tropical}} = FB_{\text{verano}} - \frac{T_{\text{verano}}}{48}$$

$$FB_{\text{tropical}} = 1561 - \frac{5608}{48}$$

$$\mathbf{FB_{\text{tropical}} = 1444 \text{ mm}}$$

4.4.3 Francobordo de invierno

El francobordo mínimo de invierno será el francobordo obtenido añadiendo al francobordo de verano $\frac{1}{48}$ del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla hasta el centro del anillo de la marca de francobordo.

$$FB_{\text{invierno}} = FB_{\text{verano}} + \frac{T_{\text{verano}}}{48}$$

$$FB_{\text{invierno}} = 1561 + \left(\frac{5608}{48}\right)$$

$$FB_{invierno} = 1678 \text{ mm}$$

4.4.4 Francobordo para el Atlántico Norte, invierno

El francobordo mínimo para buques de eslora no superior a 100 metros que naveguen por cualquier parte del Atlántico Norte, durante el período estacional de invierno, será el francobordo de invierno más 50 milímetros.

$$FB_{AN} = FB_{invierno} + 50$$

$$FB_{AN} = 1678 + 50$$

$$FB_{AN} = 1728 \text{ mm}$$

4.4.5 Francobordo de agua dulce

El francobordo mínimo en agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínima en agua salada:

$$FB_{AD} = FB_{min} - \frac{\Delta}{40 * T} (cm)$$

Siendo:

- Δ : desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano, 4322 t
- T: toneladas por centímetros de inmersión en agua salada, en la flotación en carga de verano, 5.7 t/cm

$$FB_{AD} = 1112 - \frac{4322}{40 * 0.57}$$

$$FB_{AD} = 1094 \text{ mm}$$

4.4.6 Tabla resumen de los resultados

FRANCOBORDOS		
Francobordo de verano	1561	mm
Calado de verano	5608	mm
Francobordo tropical	1444	mm
Francobordo de invierno	1678	mm
Francobordo At. Norte Inv.	1728	mm
Francobordo agua dulce	1094	mm

Tabla 5 "Francobordos"

Como se ha mencionado anteriormente, con estos valores se observa que se cumple la condición de máxima carga más restrictiva del buque.

5 ARQUEO

Para la obtención del arqueo se seguirá el Convenio Internacional sobre Arqueos de buques, 1969. El arqueo de un buque comprende el arqueo bruto y neto. Por un lado, el arqueo bruto es función del volumen de todos los espacios cerrados del buque, y por el otro, el arqueo neto es en función de los espacios de carga.

5.1 Definición de los términos

- 1) **Cubierta de arqueo.** Es la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierres estancos de todas las aberturas en la parte expuesta de esta, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco. En un buque con una cubierta superior escalonada, se tomará como cubierta superior la línea más baja de la cubierta expuesta a la intemperie y su prolongación paralelamente a la parte más elevada de dicha cubierta.
- 2) **Puntal de trazado.** Es la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta de arqueo en el costado.
- 3) **Manga.** Es la manga máxima del buque, medida en el centro de este, fuera de miembros en los buques de forro metálico, o fuera de forros en los buques de forro no metálico.
- 4) **Espacios cerrados.** Son todos los limitados por el casco del buque, por mamparos fijos o móviles y por cubiertas o techos que no sean toldos permanentes o móviles.
- 5) **Pasajero.** Toda persona que no sea el capitán y los miembros de la tripulación, u otras personas empleadas o contratadas para cualquier labor de a bordo necesaria para el buque. No se considerará tampoco un niño menor de un año.
- 6) **Espacios de carga.** Los espacios de carga que deben incluirse en el cálculo del arqueo neto son los espacios cerrados adecuados para el transporte de la carga que ha de descargarse del buque, a condición de que esos espacios hayan sido incluidos en el cálculo del arqueo bruto. Estos espacios de carga serán certificados mediante mareas permanentes.
- 7) **Estanco a la intemperie.** Estanco a la intemperie significa que el agua no penetrará en el buque cualquiera que sea el estado de la mar.

5.2 Arqueo bruto

El arqueo bruto de un buque (GT) viene dado por la siguiente fórmula:

$$GT = k_1 * V$$

Siendo:

- V: volumen total de todos los espacios cerrados del buque(m³)
- $k_1 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} V$

El volumen total de todos los espacios cerrados será el conjunto del volumen bajo la cubierta de arqueo, calculado a través del programa Maxsurf realizando las hidrostáticas con trimado 0, el volumen de la cubierta superior a la cubierta castillo, el volumen de la cubierta castillo a la cubierta puente y el volumen de la cubierta puente al techo puente. Estos volúmenes serán hallados en el plano de disposición general dado en el cuaderno 7" Disposición general", por lo que:

Espacio	Volumen(m3)
Volumen bajo cubierta de arqueo	6999,216
Cubierta castillo sobre cubierta de arqueo	2049
Habilitación sobre cubierta castillo	1447
Guardacalor	166,6
Volumen total espacios cerrados	10661,816

Tabla 6 "Espacios cerrados"

Por lo que:

$$GT = (0.2 + 0.02 * \log V) * V$$

$$GT = (0.2 + 0.02 * \log 10661.816) * 10661.816$$

$$\mathbf{ARQUEO BRUTO = 2991.243 GT}$$

5.3 Arqueo neto

El arqueo neto (NT) de un buque viene dado por la siguiente expresión:

$$NT = k_2 * V_c * \left(\frac{4 * d}{3 * D}\right)^2 + k_3 * \left(N_1 + \left(\frac{N_2}{10}\right)\right)$$

Donde:

- $\left(\frac{4 * d}{3 * D}\right)^2$ no se tomará superior a 1, $0.903 > 1$.
- $k_2 * V_c * \left(\frac{4 * d}{3 * D}\right)^2$ no se tomará inferior a 0.25GT, como 0.25·GT es mayor se tomará este valor.
- NT no se tomará inferior a 0.3GT

Siendo:

- V_c : volumen total de los espacios de carga, 2128,21m3
- $k_2 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} V_c$, 0.2805
- $k_3 = 1.25 * \left(\frac{GT+10000}{10000}\right)$, 1.624
- D : puntal de trazado en el centro del buque(m), 7

Cuaderno 9. Francobordo y Arqueo
Gastón Manuel Mercado Roasso

- d: calado de trazado en el centro del buque(m), 9.82
- N1: número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas,0
- N2: número de los demás pasajeros,0
- Cuando N1+N2 sea inferior a 13 las magnitudes N1 y N2 se considerarán iguales a cero,0
- GT: arqueo bruto, 2991.243 gt

Por lo que:

$$NT = 0.25 * GT$$

$$NT = 0.25 * 2991.243$$

$$Arqueo Neto = 747.81 NT$$

Como el arqueo neto no puede ser inferior a 0.3·GT, queda:

$$NT = 0.3 * GT$$

$$\mathbf{ARQUEO NETO = 897.37 NT}$$