



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2020/21

*BUQUE PORTACONTENEDORES DE 20000 TEU'S
ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

Miguel Ángel Rodríguez González

TUTOR

Luis Manuel Carral Couce

FECHA

Septiembre 2021



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2020/21

*BUQUE PORTACONTENEDORES DE 20000 TEU'S
ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 9

“FRANCOBORDO Y ARQUEO”

ÍNDICE

1 RPA.....	4
2 Resumen	5
2.1 Castellano.....	5
2.2 Gallego	5
2.3 Inglés	5
3 Introducción.....	6
4 Francobordo	7
4.1 Características reglamentarias.....	7
4.1.1 Tipo de buque	7
4.1.2 Eslora de francobordo	7
4.1.3 Puntal de trazado.....	8
4.1.4 Puntal de francobordo.....	8
4.1.5 Francobordo tabular	8
4.1.6 Cubierta de francobordo	8
4.1.7 Volumen de carena.....	8
4.1.8 Manga del buque	9
4.1.9 Coeficiente de bloque.....	9
4.2 Correcciones al Francobordo	10
4.2.1 Corrección por eslora menor de 100 m	10
4.2.2 Corrección por coeficiente de bloque	10
4.2.3 Corrección por puntal	10
4.2.4 Corrección por superestructuras	11
4.2.5 Corrección por arrufo	11
4.3 Determinación de las líneas de carga	13
4.4 Altura mínima en proa	16
4.5 Altura en proa	17
5 Arqueo	18
5.1 Características reglamentarias.....	18
5.1.1 Cubierta de arqueo	18
5.1.2 Eslora de arqueo	18
5.1.3 Manga de arqueo	18
5.1.4 Puntal de trazado.....	18
5.1.5 Calado de trazado	19
5.1.6 Número de pasajeros.....	19
5.2 Arqueo bruto.....	19
5.3 Arqueo neto	21
6 Anexo I: Tabla de francobordo tabular (buques tipo B)	23

1 RPA



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA **TRABAJO FIN DE GRADO**

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores con ruta Asia-Norte de Europa.

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 20000 TEUS

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 20 nudos en condiciones de servicio y 20000 millas de autonomía.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Sin medios propios de carga/descarga.

PROPULSIÓN: Motor Diésel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 40 tripulantes en camarotes dobles e individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 4 Octubre 2020

ALUMNO/A: **D Miguel Ángel Rodríguez González**

2 RESUMEN

2.1 Castellano

La finalidad del presente Trabajo Fin de Grado es el dimensionamiento y definición de un buque portacontenedores, cumpliendo con la RPA establecida. Una de las principales características es que es un buque de carga normalizada que ha de transportar 20000 TEUS, lo cual afecta a las dimensiones del mismo. Este portacontenedores será diseñado para dar servicio a la ruta Asia – Norte de Europa, por lo que ha de tener una autonomía que le permita realizar un trayecto de unas 20000 millas.

2.2 Gallego

A finalidade do presente Traballo de Fin de Grao é o dimensionamento e definición dun buque portacontenedores, cumprindo co establecido na RPA. Unha das principais características é que é un buque de carga normalizada que transporta 20000 TEU, o cal afecta as dimensións do mesmo. Este portacontenedores deseñarase para dar servizo a ruta Asia – Norte de Europa, polo que terá unha autonomía que permita realizar o traxecto dunhas 20000 millas.

2.3 Inglés

The purpose of this Final Degree Project is the dimensioning and definition of a container ship, complying with the established RPA. One of the main characteristics is that it is a standardized cargo ship and that it has to transport 20000 TEUS, which affects its dimensions. This container ship will be designed to serve the Asia - North Europe route, so it must have an autonomy that allows it to cover a journey of about 20000 miles.

3 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se desarrolla el cálculo del francobordo siguiendo el *Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966* y *Protocolo de 1988*, así como el arqueo a través del *Convenio Internacional de Arqueo de Buques de 1969*, correspondientes al buque proyecto.

Las dimensiones y coeficientes principales son los que se muestran a continuación, las cuales, se han obtenido del cuaderno 3 "Coeficientes y Planos de Formas".

TEUS TOTALES	20000 TEUS
TEUS BODEGA	8518 TEUS
TEUS CUBIERTA	11481 TEUS
ESLORA TOTAL (Loa)	399,8 m.
ESLORA PERPENDICULARES (Lpp)	382,4 m.
MANGA (B)	58 m.
PUNTAL (D)	32 m.
CALADO (T)	16,5 m.
DESPLAZAMIENTO (Δ)	299292 ton
VELOCIDAD (V)	20 kn

Nº DE FROUD	0,1698
COEFICIENTE DE BLOQUE	0,797
COEFICIENTE DE LA MAESTRA	0,994
COEFICIENTE PRISMÁTICO	0,887

4 FRANCOBORDO

El francobordo se define como 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.

Para el cálculo de éste, como ya se dijo anteriormente, se requiere el “*Convenio de Líneas de Carga de 1966 y Protocolo del 1988*”.

4.1 Características reglamentarias

En este apartado se han de calcular una serie de características que serán necesarias para el cálculo del francobordo del buque proyecto.

4.1.1 Tipo de buque

El buque proyecto se considera de tipo B, al tratarse de un portacontenedores, el cual transporta carga sólida y normalizada, al contrario que los de tipo A que transportan carga líquida y poseen una alta integridad de la cubierta.

Al ser un buque con una eslora superior a 100 metros, se calcularán las dimensiones por la regla 3 del “*Convenio de Líneas de Carga*”.

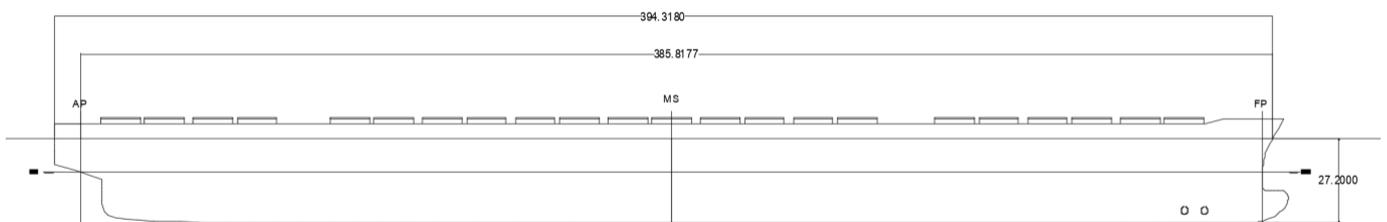
4.1.2 Eslora de francobordo

Como eslora de francobordo se tomará el máximo valor escogido entre el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia a la cara superior de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón.

En este caso siendo el puntal mínimo de trazado de 32 metros, el 86% de este valor se corresponde con 27,2 metros.

$$L_F = \max \{0,96 \cdot 394,32 \text{ m}; 385,82 \text{ m}\} = \max\{378,55 \text{ m}; 385,82 \text{ m}\}$$

$$L_F = 385,82 \text{ m}$$



4.1.3 Puntal de trazado

Se establece en la regla 3.5 a del convenio y se define en él como 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. En este caso la consideramos 32 metros.

4.1.4 Puntal de francobordo

El puntal de francobordo será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado, el cual se obtuvo en el cuaderno 8, de manera que resulta:

$$D_F = D + e_{cubierta}$$

$$D_F = 32 + 0,012$$

$$\mathbf{D_F = 32,012 m}$$

4.1.5 Francobordo tabular

El siguiente paso es definir el francobordo tabular, función del tipo de buque (A o B) y de su eslora. Este valor será obtenido de las tablas (25.2) facilitadas en el "Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966 y Protocolo de 1988".

Para un valor de la eslora de 385,82 metros, tal y como se indica en el pie de la tabla, el francobordo vendrá determinado por la Administración, sin embargo, al tratarse de un trabajo académico, se establece un francobordo extrapolando de la tabla, para poder continuar con los cálculos.

Se muestra la tabla de francobordos para buques de tipo B en el Anexo I.

Por lo tanto, como ya se ha comentado, extrapolando se obtiene un francobordo tabular de:

$$\mathbf{FB_{tab} = 8846,91 mm}$$

4.1.6 Cubierta de francobordo

La cubierta de francobordo será la cubierta más alta expuesta a la intemperie y a la mar. En el buque proyecto, la cubierta de francobordo será la cubierta al puntal de francobordo, el cual se corresponde con 32,012 metros.

4.1.7 Volumen de carena

Se toma un volumen de carena para un calado al 85% del puntal, es decir 27,2 metros.

$$\mathbf{\nabla = 521081,76 m^3}$$

Tal como se puede comprobar en las hidrostáticas que se muestran a continuación

PARTIDA	VALOR
Displacement t	534109
Volume (displaced) m ³	521081,755
Draft at LCF m	27,2
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	394,291
Beam max extents on WL m	58,23
Wetted Area m ²	38710,816
Waterpl. Area m ²	21737,079
Block coeff. (Cb)	0,835
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	184,46
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	180,752
KB m	14,344
BMt m	11,203
BML m	494,93
KMt m	25,547
KML m	509,274
Immersion (TPc) tonne/cm	222,805
MTc tonne.m	6882,716

4.1.8 Manga del buque

La manga del buque será la manga máxima medida en el centro del mismo.

$$B = 58 \text{ m}$$

4.1.9 Coeficiente de bloque

Se tomará el coeficiente de bloque como el resultado de la ecuación que se muestra a continuación con todos los datos al 85% del puntal:

$$C_B = \frac{\nabla}{L_F \cdot B_F \cdot D_F}$$

$$C_B = \frac{521081,76}{385,82 \cdot 58 \cdot 27,2}$$

$$C_B = 0,8561$$

4.2 Correcciones al Francobordo

Una vez obtenidas todas las características reglamentarias, se han de aplicar una serie de correcciones al francobordo obtenido de las tablas, las cuales vienen especificadas en las diferentes reglas del "Convenio de Líneas de Carga".

4.2.1 Corrección por eslora menor de 100 m

La corrección para buques de entre 24 y 100 metros de eslora, se encuentra en la regla 29 del convenio. Se aplica sólo a buques tipo B que se encuentran en ese rango de esloras, por lo que en el caso del buque proyecto, cuya eslora es de 385,82 metros, no será necesaria su aplicación.

4.2.2 Corrección por coeficiente de bloque

Esta corrección se encuentra en la regla 30 del convenio. Esta corrección se aplicará para buques cuyo coeficiente de bloque al 85% del puntal sea mayor de 0,68.

Anteriormente se obtuvo el coeficiente de bloque que se muestra a continuación:

$$C_B = 0,8561$$

Al ser este mayor que 0,68, se multiplica el francobordo tabular por el factor calculado mediante la siguiente expresión:

$$C_2 = \frac{C_B \text{ al } 85\% + 0,68}{1,36}$$

$$C_2 = \frac{0,8561 + 0,68}{1,36}$$

$$C_2 = 1,1295$$

4.2.3 Corrección por puntal

La corrección por puntal se puede encontrar en la regla 31 del Convenio. La cual dice que si el puntal del buque excede $L/15$, el francobordo tabular aumenta según lo siguiente:

$$C_3 = \left(D - \frac{L}{15} \right) \cdot R$$

Siendo:

- $R = 250 \text{ mm}$ para $L \geq 120 \text{ m}$

Para el caso del buque proyecto:

$$32,012 > 25,72 \rightarrow D > L/15$$

Por lo anteriormente expuesto, será necesario aplicar la siguiente corrección:

$$C_3 = \left(D - \frac{L}{15} \right) \cdot R$$
$$C_3 = \left(27,2 - \frac{385,82}{15} \right) \cdot 250$$
$$C_3 = 369,67$$

4.2.4 Corrección por superestructuras

La reducción por superestructuras se puede encontrar en la Regla 37 del Convenio. En el caso que se trata en este trabajo, la única superestructura que se ha de tener en cuenta es el castillo de proa cuya eslora es de:

$$L_{CASTILLO}(E) = 24,5547 \text{ m}$$

Según el Convenio de Líneas de Carga de 1966, en los buques de tipo B, no se permite reducción alguna si la longitud efectiva del castillo de proa es inferior al 7% de la eslora.

Siendo la longitud efectiva de una superestructura cerrada (E) su longitud real se tiene que:

$$0,07 \cdot L = 0,07 \cdot 385,82 = 27,0074 \text{ m}$$
$$27,0074 \text{ m} > 24,5547 \text{ m}$$

Por lo tanto no existe corrección por superestructuras en el buque proyecto.

4.2.5 Corrección por arrufo

La corrección por arrufo se encuentra en la regla 38 del Convenio. El buque proyecto posee cubiertas rectas, pero, al poseer cubierta castillo, se tiene una altura real de la superestructura mayor que la altura normal, por lo que se tendrá que aplicar la corrección por arrufo.

En las siguientes tablas se realiza la curva de arrufo normal:

	SITUACIÓN	ORDENADA	FACTOR	
MITAD DE POPA	Perpendicular de popa	3465,16667	1	3465,16667
	1/6 L de la P. de popa	1538,534	3	4615,602
	1/3 L de la P. de popa	388,098667	3	1164,296
	Centro del buque	0	1	0
TOTAL				9245,06467

	SITUACIÓN	ORDENADA	FACTOR	
MITAD DE PROA	Centro del buque	0	1	0
	1/3 L de la P. de proa	776,197333	3	2328,592
	1/6 L de la P. de proa	3077,068	3	9231,204
	Perpendicular de proa	6930,33333	1	6930,33333
TOTAL				18490,1293

En cuanto a la curva de arrufo real, el buque proyecto no tiene arrufo, por lo que habrá que penalizar el francobordo. La curva de arrufo será cero, sin embargo, como ya se comentó anteriormente, se ha de tener en cuenta el castillo como un arrufo virtual:

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

$$s = \frac{0,4 \cdot 24,5547}{3 \cdot 385,82}$$

$$s = 8,5 \text{ mm}$$

Siendo:

- y : $y = \text{altura real castillo} - \text{altura normal reglamentaria} = 1,7 - 1,3$
- L' : longitud media del castillo
- s : suplemento por arrufo

La corrección por arrufo será el producto de la diferencia de los arrufos normal y real por el coeficiente que resulta de la siguiente expresión:

$$\left(0,75 - \frac{s}{2 \cdot L}\right)$$

- Arrufo real proa < Arrufo normal proa → Defecto de arrufo en proa.
- Arrufo real popa < Arrufo normal popa → Defecto de arrufo en popa.

$$\frac{(A_{nPr} - A_{rPr}) + (A_{nPp} - A_{rPp})}{16}$$

$$\frac{(18490,13 - 9245,06)}{16} - 8,5 = 569,32 \text{ mm}$$

$$C_5(\text{defecto}) = 0,57 \cdot \left(0,75 - \frac{8,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 385,82} \right)$$

$$C_5(\text{defecto}) = 0,4275 \text{ m} = 427,5 \text{ mm}$$

4.3 Determinación de las líneas de carga

Una vez realizadas todas las correcciones que se deben aplicar según el Convenio al francobordo tabular que corresponde con el buque proyecto, se obtiene el valor del Francobordo de acuerdo a la siguiente tabla resumen:

Francobordo tabular	8846,91	mm
	CORRECCIÓN	
Corrección por CB	1,129	x
Corrección por Puntal	369,667	+
Longitud efectiva de superestructuras	0,000	-
Corrección por arrufo	427,500	+
Francobordo con correcciones	10789,618	mm

A partir de aquí, se obtienen los valores de los distintos francobordos mínimos:

- **Francobordo de verano:** Será el francobordo tabular modificado por las correcciones:

$$FB_{VERANO} = (8846,91 \cdot 1,129) + 369,667 - 0 + 427,5$$

$$FB_{VERANO} = 10789,618 \text{ mm}$$

Una vez obtenido el francobordo de verano se obtiene el calado máximo de verano, d:

$$d = D_F - FB_{VERANO} = 32012 - 10789,618$$

$$d = 21222,38 \text{ mm}$$

- **Francobordo de invierno:** Será el francobordo de verano modificado mediante la siguiente expresión:

$$FB_{INVIERNO} = FB_V + \frac{d}{48}$$
$$FB_{INVIERNO} = 10789,618 + \frac{21222,38}{48}$$
$$FB_{INVIERNO} = \mathbf{11231,75 \text{ mm}}$$

Una vez obtenido el francobordo de invierno se obtiene el calado máximo de invierno, T_i :

$$T_i = D_F - FB_{INVIERNO} = 32012 - 11231,75$$
$$T_i = \mathbf{20780,25 \text{ mm}}$$

- **Francobordo tropical:** será el francobordo de verano modificado siguiendo la expresión:

$$FB_{TROPICAL} = FB_{VERANO} - \frac{d}{48}$$
$$FB_{TROPICAL} = 10789,618 - \frac{21222,38}{48}$$
$$FB_{TROPICAL} = \mathbf{10347,5 \text{ mm}}$$

Una vez obtenido el francobordo tropical se obtiene el calado máximo tropical, T_t :

$$T_t = D_F - FB_{TROPICAL} = 32012 - 10347,5$$
$$T_t = \mathbf{21664,5 \text{ mm}}$$

- **Francobordo de invierno en el Atlántico Norte:** Para buques con esloras superiores a los 100 metros, este francobordo será igual al francobordo de invierno.
- **Francobordo en agua dulce:** El francobordo en agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada el resultado de la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta}{40 \cdot T}$$

Siendo Δ el desplazamiento en agua salada al calado de verano y T las toneladas por cm de inmersión al calado de verano. Estos resultados se obtienen a partir de la opción "Upright Hydrostatics" del Maxsurf Stability que se muestra en la tabla a continuación.

PARTIDA	VALOR
Displacement t	402667
Volume (displaced) m ³	392845,716
Heel deg	0
Draft at FP m	21,22
Draft at AP m	21,22
Draft at LCF m	21,22
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	391,72
Beam max extents on WL m	58,23
Wetted Area m ²	33731,398
Waterpl. Area m ²	21195,231
Prismatic coeff. (Cp)	0,813
Block coeff. (Cb)	0,812
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	186,26
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	176,875
KB m	11,121
BMt m	14,13
BML m	615,884
KMt m	25,251
KML m	627,005
Immersion (TPc) tonne/cm	217,251
MTc tonne.m	6428,617
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	61500,516
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

$$FB_{AGUA\ DULCE} = FB_{VERANO} - \frac{\Delta}{40 \cdot T}$$

$$FB_{AGUA\ DULCE} = 10789,618 - \frac{402667}{40 \cdot 217,251}$$

$$FB_{AGUA\ DULCE} = \mathbf{10743,28\ mm}$$

Una vez obtenido el francobordo de agua dulce se obtiene el calado máximo de agua dulce, T_{ad} :

$$T_{ad} = D_F - FB_{AGUA\ DULCE} = 32012 - \mathbf{10743,28}$$

$$T_{ad} = \mathbf{21268,72\ mm}$$

Tras la realización de todos los cálculos para los diferentes francobordos y calados del buque proyecto, se muestra a continuación una tabla resumen con los resultados de cada línea de carga:

FRANCOBORDOS	VALOR [mm]
Francobordo de verano	10789,618
Francobordo de invierno	11231,75
Francobordo tropical	10347,5
Francobordo de invierno en el Atlántico Norte	11231,75
Francobordo de agua dulce	10743,28

CALADOS	VALOR [m]
Calado de verano	21,22
Calado de invierno	20,78
Calado tropical	21,67
Calado de invierno en el Atlántico Norte	20,78
Calado de agua dulce	21,27

4.4 Altura mínima en proa

La altura mínima en proa se calcula a partir de la ecuación de la regla 39 del Convenio:

$$F_b = \left(6075 \cdot \left(\frac{L}{100} \right) - 1875 \cdot \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right) \cdot \left(2,08 + 0,609 \cdot C_B - 1,063 \cdot C_{wf} - 0,0129 \cdot \left(\frac{L}{d1} \right) \right)$$

Donde cada término será:

- L : eslora de francobordo
- B : manga del buque
- $d1$: calado al 85% del puntal
- C_B : coeficiente de bloque
- C_{wf} : coeficiente del área de flotación a proa de $L/2$

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{B \cdot L/2}$$

Con A_{wf} , área de flotación a proa de $L/2$ para el calado $d1$, que se obtiene del plano de formas del buque.

$$C_{wf} = \frac{10868,55}{58 \cdot 385,82/2}$$
$$C_{wf} = 0,9714$$

Por lo tanto volviendo a la ecuación de la altura de proa:

$$F_b = \left(6075 \cdot \left(\frac{385,82}{100} \right) - 1875 \cdot \left(\frac{385,82}{100} \right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{385,82}{100} \right)^3 \right) \cdot \left(2,08 + 0,609 \cdot 0,8561 - 1,063 \cdot 0,9714 - 0,0129 \cdot \left(\frac{385,82}{27,2} \right) \right)$$
$$F_b = 9720,28 \text{ mm}$$

4.5 Altura en proa

La altura en proa del buque será la correspondiente al francobordo de verano, de manera que:

$$FB_{VERANO} > F_b$$
$$10789,618 > 9720,28$$

Tal como se comprueba, la altura mínima requerida es menor que la altura de francobordo de verano.

5 ARQUEO

A lo largo de este apartado se realizará el cálculo del arqueo, tanto bruto como neto, del buque mediante el “Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 1969. Para su cálculo se deben obtener en primer lugar una serie de características reglamentarias.

5.1 Características reglamentarias

5.1.1 Cubierta de arqueo

La cubierta de arqueo para los cálculos será aquella cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y al mar.

5.1.2 Eslora de arqueo

Se toma como eslora de arqueo el 96% de la eslora en una flotación situada a una altura sobre el canto superior de la quilla igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la distancia desde la cara de proa de la roda al eje de la mecha del timón en esa flotación, si este último valor es mayor.

Tal y como se puede observar, la definición coincide con la de “Eslora de francobordo”, por lo que la eslora de arqueo coincidirá con la de francobordo.

$$L_{ARQUEO} = 385,82 \text{ m}$$

5.1.3 Manga de arqueo

La manga de arqueo del buque será la máxima manga medida en la sección central del mismo.

$$B_{ARQUEO} = 58 \text{ m}$$

5.1.4 Puntal de trazado

El puntal de trazado será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado.

$$D_{ARQUEO} = 32 \text{ m}$$

5.1.5 Calado de trazado

El calado de trazado, d , será para buques sujetos al “Convenio Internacional sobre Líneas de Carga” el correspondiente al calado de la línea de carga de verano

$$d = 16,41 \text{ m}$$

5.1.6 Número de pasajeros

Se considerará pasajero a toda aquella persona que no sea el capitán y la tripulación u otras personas contratadas para realizar labores en el buque o los niños menores de un año. En el caso del buque proyecto, al ser de carga, no tendrá pasajeros.

5.2 Arqueo bruto

Se define el arqueo bruto, GT, como la expresión del tamaño total de un buque determinada de acuerdo con las disposiciones del Convenio. Este se calcula aplicando la siguiente ecuación, la cual se puede encontrar en la Regla 3:

$$GT = K_1 \cdot V$$

En la cual, los términos son:

- V : es el volumen total de todos los espacios cerrados del buque en metros cúbicos. Los considerados en el buque proyecto son:

	VOLUMEN [m ³]
Carena	626667,320
Brazolas	33583,609
Castillo	1012,200
Habilitación	7759,039
Puente	718,430
Guardacalor	2035,500
TOTAL	671776,097

Siendo el volumen bajo la cubierta de arqueo, la carena y sobre la cubierta de arqueo el resto de volúmenes.

El volumen de la carena se obtiene mediante el programa Maxsurf Stability y la opción “Upright Hydrostatics”, utilizando un calado de 32 metros que sería lo equivalente al puntal del buque.

PARTIDA	VALOR
Displacement t	642334
Volume (displaced) m ³	626667,633
Heel deg	0
Draft at FP m	32,012
Draft at AP m	32,012
Draft at LCF m	32,012
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	396,892
Beam max extents on WL m	58,23
Wetted Area m ²	42634,402
Waterpl. Area m ²	22105,983
Prismatic coeff. (Cp)	0,848
Block coeff. (Cb)	0,847
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	184,157
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	185,017
KB m	16,915
BMt m	9,608
BML m	428,9
KMt m	26,523
KML m	445,815
Immersion (TPc) tonne/cm	226,586
MTc tonne.m	7211,393
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	112359,762
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

$$\nabla = \frac{\Delta}{\rho} = \frac{642334}{1,025} = 626667,32 \text{ m}^3$$

- K_1 : se obtendrá mediante la siguiente ecuación

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$$

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} 671776,1$$

$$K_1 = 0,3165445$$

Tras los cálculos anteriores, regresando a la ecuación original el arqueo bruto se obtiene:

$$GT = K_1 \cdot V$$

$$GT = 0,3165445 \cdot 671776,1$$

$$GT = 212647,1$$

5.3 Arqueo neto

Se define el arqueo neto, NT, como la expresión de la capacidad utilizable de un buque, para el transporte de carga, determinada de acuerdo con las disposiciones del convenio. Este se calcula aplicando la siguiente expresión, la cual se puede encontrar en la Regla 14:

$$NT = K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 + K_1 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

Donde:

- K_2 : se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V_C$$

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} 344387,77$$

$$K_2 = 0,310741$$

- d: es el calado de trazado, que según el Convenio será el calado correspondiente a la línea de carga de verano, como se ha definido anteriormente, 21,22 metros.
- D: es el puntal de trazado en el centro del buque como se ha definido anteriormente, 32 metros.
- V_C : es el volumen total de los espacios de carga en metros cúbicos. Este se obtiene mediante el programa *Maxsurf Stability* en la opción "Tank Calibración"

BODEGA	ZONA	VOLUMEN
Bodega 1	A	7654,5
	B	10500,1
Bodega 2	A	1441,8
	B	15040,35
Bodega 3	A	6309,9
	B	8197,2
Bodega 4	A	21242,25
	B	21242,25
Bodega 5	A	21242,25
	B	21242,25

BODEGA	ZONA	VOLUMEN
Bodega 6	A	21242,25
	B	21242,25
Bodega 7	A	21242,25
	B	21242,25
Bodega 8	A	19642,5
	B	19642,5
Bodega 9	A	18025,2
	B	17841,6
Bodega 10	A	16539,12
	B	14941,8
Bodega 11	A	11993,4
	B	6679,8
TOTAL		344387,77

El segundo término de la expresión de arqueo neto será nulo debido que el buque es de carga y no de pasaje por lo tanto no habrá pasajeros de acuerdo a la definición dada anteriormente.

$$NT = K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2$$

$$NT = 0,310741 \cdot 344387,77 \cdot \left(\frac{4 \cdot 21,22}{3 \cdot 32}\right)^2$$

$$NT = 83659,36$$

Según el reglamento se deben cumplir las siguientes condiciones:

- El factor $\left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2$, no será superior a 1.
- El término $K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2$, no se tomará inferior a $0,25 \cdot GT$
- NT no se tomará inferior a $0,25 \cdot GT$

La siguiente tabla es un resumen de las comprobaciones exigidas comprobadas para el caso del buque proyecto:

CONDICIONES	OBTENIDO	REQUERIDO	CUMPLE
$\left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2$	0,7818	< 1	SI
$K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2$	83659,36	> 53162	SI
NT	83659,36	> 63794	SI

6 ANEXO I: TABLA DE FRANCOBORDO TABULAR (BUQUES TIPO B)

Tabla 28.2

Tabla de francobordo para buques de tipo 'B' (Continuación)

Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)	Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)	Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)
282	4420	310	4736	338	5035
283	4432	311	4748	339	5045
284	4443	312	4757	340	5055
285	4455	313	4768	341	5065
286	4467	314	4779	342	5075
287	4478	315	4790	343	5086
288	4490	316	4801	344	5097
289	4502	317	4812	345	5108
290	4513	318	4823	346	5119
291	4525	319	4834	347	5130
292	4537	320	4844	348	5140
293	4548	321	4855	349	5150
294	4560	322	4866	350	5160
295	4572	323	4878	351	5170
296	4583	324	4890	352	5180
297	4595	325	4899	353	5190
298	4607	326	4909	354	5200
299	4618	327	4920	355	5210
300	4630	328	4931	356	5220
301	4642	329	4943	357	5230
302	4654	330	4955	358	5240
303	4665	331	4965	359	5250
304	4676	332	4975	360	5260
305	4686	333	4985	361	5268
306	4695	334	4995	362	5276
307	4704	335	5005	363	5285
308	4714	336	5015	364	5294
309	4725	337	5025	365	5303

Los francobordos correspondientes a esloras intermedias se obtendrán por interpolación lineal.
Los francobordos de los buques de más de 365 m de eslora serán determinados por la Administración.