



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado/Máster
CURSO 2021/22

***BUQUE TANKER LNG 140000 m³ Y DISEÑO DE UNA
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO***

Número 2122-TFG-73

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e
ingeniería mecánica**

ALUMNA/O

Marina de la Peña Herrero

TUTORAS/ES

Pablo Fariñas Alvariño

Alberto Arce Ceinos

FECHA

2022

Ferrol, 15 de Septiembre de 2022

BUQUE TANKER LNG 140000 M3 Y DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO. RESUMEN

En primer lugar, se desarrollará el proyecto de un buque tanker LNG. La particularidad de este buque es su carga, ya que requieren unas características muy concretas, debido a su temperatura, presión y flash point.

Una vez completado el proyecto de diseño del tanker de LNG, se desarrollará el diseño de una planta de potencia para la propulsión del buque, que se estima en un mínimo de 25 MW, basada en turbina de gas regenerativa empleando el propio LNG transportado como combustible. Esta turbina de gas regenerativa operará con dos compresores con una etapa de enfriamiento entre ambas compresiones y los gases de escape calientes se emplearán para precalentar el aire comprimido antes de entrar en la cámara de combustión.

En el diseño de esta planta de potencia se dimensionarán tanto en enfriador con agua de mar como del intercambiador gases-aire. Se compararán los resultados obtenidos en función de cómo los parámetros de diseño (relación de compresión, temperatura máxima, caudal de aire...) afecten a la eficiencia térmica de la planta. La comparación con turbina de gas simple y motor diésel se llevará a cabo en términos de eficiencia, coste y emisiones, estableciéndose las posibles ventajas e inconvenientes.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2021/22**

***BUQUE TANKER LNG 140000 m³ Y DISEÑO DE UNA
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO***

Número 2122-TFG-73

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e
ingeniería mecánica**

Documento

CUADERNO 9: FRANCOBORDO Y ARQUEO

CONTENIDO

Buque tanker LNG 140000 m ³ y diseño de una planta generadora de potencia con turbina de gas y ciclo regenerativo. Resumen	2
REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA.....	6
Introducción	7
1 Francobordo.....	9
1.1 Parámetros de cálculo	9
1.1.1 Eslora de francobordo.....	9
1.1.2 Manga de francobordo.....	10
1.1.3 Puntal de francobordo.....	10
1.1.4 Coeficiente de bloque	10
1.1.5 Cubierta de francobordo	11
1.1.6 Superestructura	11
1.2 Francobordo tabular.....	11
1.3 Correcciones.....	11
1.3.1 Regla 29: Corrección para barcos con eslora menos a 100 m.....	11
1.3.2 Regla 30: Corrección por coeficiente de bloque.....	11
1.3.3 Regla 31: Corrección por puntal	11
1.3.4 Regla 32: Corrección por posición de la línea de cubierta	12
1.3.5 Regla 33: Corrección por altura normal de superestructura	12
1.3.6 Regla 34: Longitud de superestructuras	12
1.3.7 Regla 35: Longitud efectiva de las superestructuras.....	12
1.3.8 Regla 37: Corrección por superestructura.....	12
1.3.9 Regla 38: Corrección por arrufo.....	12
1.4 Francobordo mínimo.....	14
1.5 Francobordo de verano.....	14
1.6 Francobordo tropical	14
1.7 Francobordo de invierno	14
1.8 Francobordo para el atlántico norte en invierno	14
1.9 Francobordo para agua dulce	15
1.10 Francobordo en agua dulce tropical.....	15
1.11 Altura mínima de proa.....	16
2 Arqueo	17
2.1 Arqueo bruto.....	17
2.2 Arqueo neto	17
ANEXO I: Hoja excel cálculo francobordo	19

REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA

A continuación, se presentarán los requisitos previos iniciales en los que se basará el diseño del buque:

Tipo de buque

Buque Transporte de LNG - 140000 m³

Clasificación y cotas

SOLAS, CIG, Bureau Veritas, MARPOL

Características de la carga

Tanques membrana

Velocidad y autonomía

Velocidad servicio de 17,2 nudos, 85% MCR 10 MM. Autonomía 10.000 millas

Propulsión

Diesel eléctrico

Tripulación y pasaje

28 tripulantes

INTRODUCCIÓN

En el siguiente documento se realizarán los cálculos referentes al francobordo mínimo que limita el calado máximo del buque y la altura mínima de proa con el objetivo de aportar seguridad.

Se llevará a cabo utilizando el “Convenio Internacional sobre líneas de carga de 1996 y protocolo de 1988”.

El siguiente subapartado a tratar en este documento es el arqueo del buque, el cual indica el tamaño de este. Este dato se utiliza para determinar otras características del buque, como, por ejemplo, las tarifas en puertos, canales, etc.

Se utilizará en este caso el “Convenio Internacional sobre arque de buques de 1969”.

Se muestran a continuación los datos calculados en cuadernos anteriores y que serán necesarios a lo largo de este cuaderno:

Parámetro	Valor	Unidad
Displacement	109400	t
Volume (displaced)	106732,163	m ³
Draft Amidships	12,200	m
Immersed depth	12,200	m
WL Length	258,951	m
Beam max extents on WL	41,968	m
Wetted Area	14618,239	m ²
Max sect. area	499,723	m ²
Waterpl. Area	9449,625	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,825	
Block coeff. (Cb)	0,805	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,976	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,870	
LCB length	134,761	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	130,283	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	52,041	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	50,312	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	6,365	m
KG fluid	0,000	m
BMt	11,454	m
BML	395,501	m
GMt corrected	17,820	m
GML	401,866	m
KMt	17,820	m
KML	401,866	m
Immersion (TPc)	96,859	tonne/cm

MTc	1723,417	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	34022,836	tonne.m
Length:Beam ratio	6,170	
Beam:Draft ratio	3,440	
Length:Vol ^{0.333} ratio	5,459	
Precision	Medium	64 stations

1 FRANCOBORDO

El francobordo se define como la distancia vertical, en la sección media del buque, desde el canto alto de la línea de la cubierta de francobordo hasta el canto alto de la línea de carga. La cubierta de francobordo es la cubierta mas alta cerrada, cuyas aberturas son estancas.

El convenio internacional de líneas de carga mencionado anteriormente limita el calado hasta el cual puede ser cargado el buque, siendo segura la navegación. El francobordo y las reglas relacionadas con la estanqueidad serán dichos límites.

Las líneas de carga se señalarán a cada costado y en el centro del buque.

Siguiendo la regla 27 del reglamento nombrado, los buques se clasifican en dos tipos:

- Tipo A: Transportes de carga liquida a granel con alta integridad de la cubierta a la intemperie y solo pequeñas aberturas. Gran resistencia a la inundación por su alto grado de subdivisión.
- Tipo B: El resto

El buque proyectado transporta carga liquida, por tanto, pertenece al grupo de tipo A.

1.1 Parámetros de cálculo

1.1.1 Eslora de francobordo

El mayor de los siguientes valores:

1. El 96% de la eslora total desde el extremo de la roda hasta el extremo del codaste a 85% del puntal mínimo de trazado:

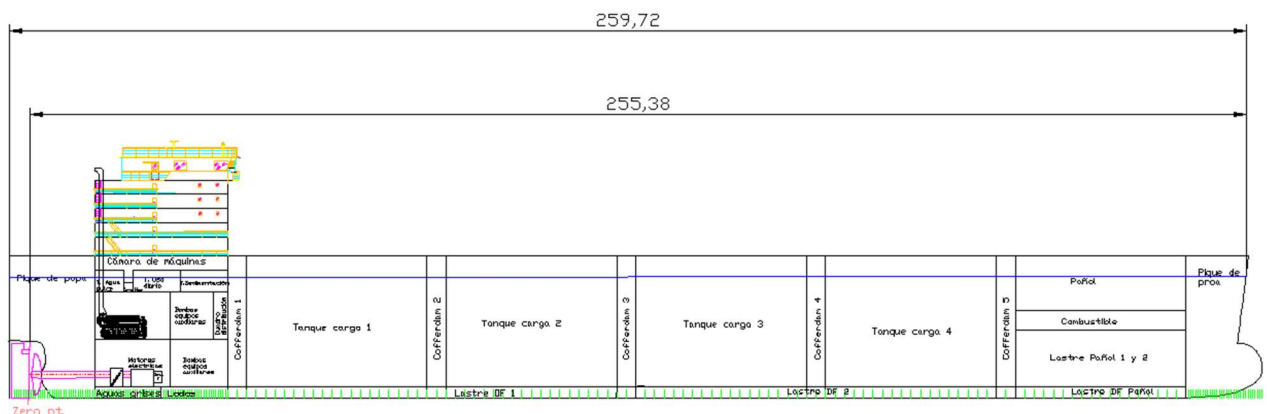
$$T_{85\%D} = 0,85 * 30 = 25,5 \text{ m}$$

$$L = 0,96 * 259,71 = 249,3 \text{ m}$$

2. La eslora media en la flotación definida desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón:

$$L = 255,4 \text{ m}$$

En la siguiente imagen se pueden observar estas medidas:



Resultando finalmente:

$$L = 255,4 \text{ m}$$

1.1.2 Manga de francobordo

La manga de francobordo es la manga máxima medida en el centro del buque:

$$B = 41,9 \text{ m}$$

1.1.3 Puntal de francobordo

Se define el puntal de francobordo como el puntal de trazado más el espesor de la chapa de trancañil de la cubierta de francobordo en el costado, el cual se calculó en el cuaderno 8.

$$D = 30 + 0,015 = 30,015 \cong 30 \text{ m}$$

1.1.4 Coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque se calcula para el 85% del puntal, por tanto, se deberá calcular las hidrostáticas para el 85% del puntal como calado, obteniendo:

Parametro	Valor	unidad
Displacement	228665	t
Volume (displaced)	223087,7	m ³
Draft Amidships	12,2	m
Immersed depth	25,5	m
WL Length	258,951	m
Beam max extents on WL	41,968	m
Wetted Area	21296,86	m ²
Max sect. area	1044,503	m ²
Waterpl. Area	9449,62	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,825	
Block coeff. (Cb)	0,805	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,976	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,87	
LCB length	134,761	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	130,283	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	52,041	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	50,312	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	0,005	m
KG fluid	0	m
BMt	5,48	m
BML	189,22	m
GMt corrected	5,485	m
GML	189,224	m
KMt	5,485	m
KML	189,224	m
Immersion (TPc)	96,859	tonne/cm
MTc	1696,158	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	21888,85	tonne.m
Length:Beam ratio	6,17	
Beam:Draft ratio	1,646	
Length:Vol ^{0.333} ratio	4,27	
Precision	Medium	64 stations

$$Cb = \frac{Vol\ desplazado}{L * B * 85\%D} = \frac{223087,7}{255,1 * 41,9 * 0,85 * 30} = 0,81$$

1.1.5 Cubierta de francobordo

Se define como cubierta de francobordo a la cubierta completa expuesta a la intemperie y agua, que tiene medios de cierre estancos permanentes.

En el caso del buque de proyecto se corresponde con la cubierta principal, la cual se encuentra a 30 metros sobre la línea base.

1.1.6 Superestructura

Se define como superestructura a la construcción que se dispone por encima de la cubierta de francobordo y que se extiende de costado a costado o no está separada más de un 4% de la manga del costado del buque.

La superestructura del buque proyectado esta separada del costado 3,9 metros, superando el $4\%B=1,7$ metros, por tanto, la construcción del buque es una caseta y no una superestructura.

1.2 Francobordo tabular

Siguiendo la regla 28 del reglamento nombrado, para buques de tipo A y en función de su eslora, se obtendrá un francobordo tabular al que posteriormente se le aplicaran correcciones.

Table	
L	freeboard
255	3042
256	3048

L	freeboard
255,4	3045

1.3 Correcciones

1.3.1 Regla 29: Corrección para barcos con eslora menos a 100 m

El buque proyectado no aplica esta corrección ya que su eslora es mayor a 100 metros.

1.3.2 Regla 30: Corrección por coeficiente de bloque

La regla 30 se aplica cuando el buque tiene un coeficiente de bloque mayor a 0,68. Tal y como se calculó en apartados anteriores, en el caso del buque proyectado será de aplicación.

Se multiplica el francobordo tabular por el siguiente factor:

$$\frac{Cb + 0,68}{1,36} = 1,1011 = \text{Corrección 1}$$

1.3.3 Regla 31: Corrección por puntal

Será de aplicación cuando el puntal sea mayor que $L/15$.

$$D = 30,015 > \frac{L}{15} = \frac{255,4}{15} = 17,02 \text{ m}$$

La corrección por aplicar es un aumento de:

$$C_{R31} = \left(D - \frac{L}{15} \right) * R$$

Siendo para buque de eslora mayor a 120 metros:

- $R = 250$

Por tanto,

$$\text{Corrección 2} = \left(D - \frac{L}{15} \right) * R = 3247,1$$

1.3.4 Regla 32: Corrección por posición de la línea de cubierta

Esta regla será de aplicación cuando la línea de la cubierta esté situada a una altura mayor o menor que el puntal. En el caso proyectado no es de aplicación.

1.3.5 Regla 33: Corrección por altura normal de superestructura

La altura normal de superestructuras se obtiene a partir de una tabla en función de la eslora. Teniendo en cuenta una longitud mayor de 125 metros, la altura normal tomada es de 2,3 metros.

1.3.6 Regla 34: Longitud de superestructuras

La longitud de una superestructura será la longitud media de la parte de la superestructura que queda dentro de la eslora.

1.3.7 Regla 35: Longitud efectiva de las superestructuras

La longitud efectiva de la superestructura cerrada de altura normal es su longitud real.

1.3.8 Regla 37: Corrección por superestructura

Debido a que la eslora del buque es mayor de 122 metros, el factor $De = 1070$ mm. Un porcentaje de este valor será la reducción a considerar en el francobordo.

La longitud de la superestructura que se trata es la que se muestra:

$$L = 28 \text{ m}$$

$$E = \frac{28}{255,4} = 0,109$$

Con el valor de E se entra en la tabla 37.1 del reglamento indicado, y se obtiene el porcentaje mencionado anteriormente, resultando:

E	%
0,1	7
0,109	7,6
0	0

$$\text{Corrección 3} = 1070 * 0,076 = 81,32 \text{ mm}$$

1.3.9 Regla 38: Corrección por arrufo

Según indica la regla, cuando la curva de arrufo es diferente a la estándar, las cuatro ordenadas en cada mitad de popa se multiplican por los factores.

La diferencia entre la suma de lo obtenido y los correspondientes al arrufo normal se divide entre 8, este valor indica el defecto o exceso de arrufo en las mitades de proa y popa. La media aritmética de los valores indica el defecto o exceso en cubierta.

En la siguiente tabla se indican las ordenadas de arrufo normal del buque:

Standard Sheer Profile				
Station	Ordinate	Factor	Product	
After perpendicular	2378	1	2378	
1/6 L from A.P.	1056	3	3168	
1/3 L from A.P.	266	3	798	
Amidships	0	1	0	After Sheer 6344
Amidships	0	1	0	
1/3 L from A.P.	533	3	1599	
1/6 L from A.P.	2112	3	6336	
Forward perpendicular	4757	1	4757	Forward Sheer 12692

En esta segunda tabla, se muestra que el buque proyectado no tiene arrufo:

Sheer Profile						
Station	Ordinate	Sum for Le=L	Total	Factor	Product	
After perpendicular	0	0	0	1	0	
1/6 L from A.P.	0	0	0	3	0	
1/3 L from A.P.	0	0	0	3	0	
Amidships	0	0	0	1	0	After Sheer 0
Amidships	0	0	0	1	0	
1/3 L from F.P.	0	0	0	3	0	
1/6 L from F.P.	0	0	0	3	0	
Forward perpendicular	0	0	0	1	0	Forward Sheer 0

Por lo tanto, en el buque proyectado se tiene un defecto de arrufo en comparación al arrufo normal calculado:

Forward and After corrections for Sheer be allowed		
Corrected After Product Difference	-6344	
Corrected Forward Product Difference	-12692	

La corrección por arrufo es el defecto de arrufo calculado multiplicado por el siguiente factor:

$$0,75 * \frac{S}{2L}$$

Siendo, en popa:

$$S = \frac{y * L'}{3 * L} = \frac{-2300 * 0}{3 * 255,4} = 0$$

- $y = \text{altura real} - \text{altura normal} = 0 - 2300 = -2300$
- $L' = 0 \text{ m}$

Finalmente,

$$D = \left(-\frac{6344}{8} * 0,75 \right) = -594,8$$

En proa:

$$S = \frac{y * L'}{3 * L} = \frac{140 * 28}{3 * 255,4} = 5,11$$

- $y = \text{altura real} - \text{altura normal} = 2440 - 2300 = 140$
- $L' = 28 \text{ m}$

La corrección se calcula con la siguiente expresión:

$$D = \left(0,75 - \frac{5,11}{2 * 255,4}\right) * \left(-\frac{12692}{8} + 5,11\right) = -1170,2$$

Finalmente, la corrección por arrufo resulta de una media entre ambas:

$$\text{Corrección 4} = \left(0,75 - \frac{28}{2 * 255,4}\right) * \frac{594,8 + 1170,2}{2} = 613,5$$

1.4 Francobordo mínimo

Tras aplicar todas las correcciones pertinentes, se obtiene que el francobordo mínimo reglamentario:

$$FB = (FB_{Tab} * C1) + C2 - C3 + C4 = (3045 * 1,1011) + 3247,1 - 81,32 + 613,5 = 7132,1 \text{ mm}$$

1.5 Francobordo de verano

El francobordo de verano coincide con el francobordo mínimo calculado:

$$FB_{Verano} = 7132,1 \text{ mm}$$

$$T_{Verano} = D_{FB} - FB_{Verano} = 30,015 - 7,132 = 22,88 \text{ m}$$

La condición mas limitante es la salida de puerto a plena carga, y el calado correspondiente es de 12,3 metros, por tanto, realmente:

$$FB_{Verano} = 17,72 \text{ m}$$

$$T_{Verano} = 12,3 \text{ m}$$

1.6 Francobordo tropical

$$FB_{Tropical} = FB_{Verano} - \left(\frac{T_{Verano}}{48}\right) = 17,72 - \frac{12,3}{48} = 17,46 \text{ m}$$

$$T_{Tropical} = D_{FB} - FB_{Tropical} = 30,015 - 17,46 = 12,55 \text{ m}$$

1.7 Francobordo de invierno

$$FB_{Invierno} = FB_{Verano} + \left(\frac{T_{Verano}}{48}\right) = 17,72 + \frac{12,3}{48} = 17,97 \text{ m}$$

$$T_{Invierno} = D_{FB} - FB_{Invierno} = 30,015 - 17,97 = 12,18 \text{ m}$$

1.8 Francobordo para el atlántico norte en invierno

Para buque con más de 100 metros de eslora coincide con el de invierno.

$$FB_{AN} = 17,97 \text{ m}$$

$$T_{AN} = 12,18 \text{ m}$$

1.9 Francobordo para agua dulce

Este valor se obtiene restando del francobordo mínimo de agua salada el siguiente valor:

$$FB_{AD} = FB_{Verano} - \left(\frac{\text{Desplazamiento}}{40 * TPc} \right) = 1772 - \frac{228665}{40 * 98,86} = 17,14 \text{ m}$$

$$T_{AD} = D_{FB} - FB_{AD} = 30,015 - 17,14 = 12,875 \text{ m}$$

Estos valores se obtienen de las hidrostáticas ya mostradas:

Parametro	Valor	unidad
Displacement	228665	t
Volume (displaced)	223087,7	m ³
Draft Amidships	12,2	m
Immersed depth	25,5	m
WL Length	258,951	m
Beam max extents on WL	41,968	m
Wetted Area	21296,86	m ²
Max sect. area	1044,503	m ²
Waterpl. Area	9449,62	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,825	
Block coeff. (Cb)	0,805	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,976	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,87	
LCB length	134,761	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	130,283	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	52,041	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	50,312	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	0,005	m
KG fluid	0	m
BMt	5,48	m
BML	189,22	m
GMt corrected	5,485	m
GML	189,224	m
KMt	5,485	m
KML	189,224	m
Immersion (TPc)	96,859	tonne/cm
MTc	1696,158	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	21888,85	tonne.m
Length:Beam ratio	6,17	
Beam:Draft ratio	1,646	
Length:Vol ^{0.333} ratio	4,27	
Precision	Medium	64 stations

1.10 Francobordo en agua dulce tropical

$$FB_{ADTrop} = FB_{AD} - \left(\frac{T_{ad}}{48} \right) = 17,14 - \frac{12,875}{48} = 16,87 \text{ m}$$

$$T_{ADTrop} = 30,015 - 16,87 = 13,14 \text{ m}$$

1.11 Altura mínima de proa

Se define como la distancia vertical medida en la perpendicular de proa, entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano y la parte superior de la cubierta a la intemperie.

La expresión para calcular esta altura es la siguiente:

$$FB = \left(6075 * \frac{L}{100} - 1875 * \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 * \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right) * \left(2,08 + 0,609 * Cb - 1,603 * Cwf - 0,0129 * \frac{L}{d} \right)$$

siendo,

- L, la eslora de francobordo
- Cb, coeficiente de bloque calculado al 85%D
- B, la manga
- D, el calado al 85% del puntal, 25,5 metros
- Cwf es el coeficiente de flotacion a proa de L/2: $Cwf = \frac{Awf}{B * \frac{L}{2}}$, los valores involucrados se pueden ver en la tabla del apartado anterior marcados en verde.

$$Cwf = \frac{Awf}{B * \frac{L}{2}} = \frac{\frac{9449,6}{2}}{41,9 * \frac{255,4}{2}} = 0,883$$

Resultando,

$$FB = \left(6075 * \frac{255,4}{100} - 1875 * \left(\frac{255,4}{100} \right)^2 + 200 * \left(\frac{255,4}{100} \right)^3 \right) * \left(2,08 + 0,609 * 0,81 - 1,603 * 0,883 - 0,0129 * \frac{255,4}{25,5} \right) = 6806,5$$

$$T_{M\acute{a}x} = D_{FB} - FB = 30,015 - 6,806 = 23,209 \text{ m}$$

El calado es mayor al calado en el centro del buque:

- Altura mínima exigida 6,806 m
- Altura en proa proyectando el T de verano $\rightarrow 30,015 - 12,3 = 17,7 \text{ m}$

Por lo tanto, se concluye que se cumple holgadamente con la altura mínima del buque en proa.

2 ARQUEO

El arqueo indica la capacidad volumétrica del buque. El arqueo bruto es el volumen total del buque y el arqueo neto es la capacidad que se puede utilizar, en el caso de proyecto serán los espacios de carga.

En este apartado se utilizará el “Convenio internacional sobre arqueo de buques de 1969”.

Se definen en este punto los espacios cerrados del buque, que son aquellos que están delimitados por el casco del buque, mamparos y por cubiertas o techos.

- Casco del buque por debajo de la cubierta principal, mediante el uso de Maxsurf, volumen:

$$Volume (displaced) = 262456,143m^3$$

- Estructura de la habitación, obtenido del cuaderno 7: 20168,4 metros cúbicos.

2.1 Arqueo bruto

Siguiendo el Convenio nombrado, en la regla 3 se indica el cálculo del arqueo bruto:

$$GT = k_1 * V$$

Siendo,

- V, el volumen total de los espacios cerrados del buque. 282624,5 metros cúbicos,
- $K_1 = 0,2 + 0,02 * \log_{10}(V) = 0,31$

Resultando,

$$GT = 0,31 * 282624,5 = 87337,81 \text{ Toneladas}$$

2.2 Arqueo neto

Indica la capacidad volumetrica útil del buque. Siguiendo la regla 4:

$$NT = K_2 * V_c * \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + k_1 * \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right) = 0,304 * 154327,3 * \left(\frac{4 * 12,3}{3 * 30}\right)^2 = 25634,3 \text{ Toneladas}$$

Siendo,

- d, el calado de trazado correspondiente a la línea de carga de verano
- D, el puntal de trazado en el centro del barco
- Vc, volumen de los espacios de carga. 154327,3 metros cúbicos Calculado en otros cuadernos:

TANQUE	MÍNIMO [m3]	C4 [m3]
Combustible almacén 1	2042	2554.35
Combustible almacén 2	2042	2554.35
Combustible uso diario	370	441
Combustible sedimentación	370	441
Aceite cámara de máquinas	10,33	31.36
Aguas grises y negras	126,5	267.1
Lodos	46,25	264.9

Agua dulce	122,5	211.7
LASTRE TOTAL	41000	53152.6
Pique proa		6626.9
Pique popa		11221.3
Doble fondo		15526.3
Almacén		12766.1
Doble casco		7012
CARGA TOTAL	140000	147561.4
Carga 1A		19273.8
Carga 1B		19307.5
Carga 2A		18433.8
Carga 2B		18433.8
Carga 3A		18433.8
Carga 3B		18433.8
Carga 4A		18433.8
Carga 4B		18433.8

- $k_2 = 0,2 + 0,02 * \text{Log}_{10}(Vc) = 0,304$
- N1 es el número de pasajeros en camarotes con literas de menos de 8 literas. 0 en nuestro caso
- N2 es el número de pasajeros que se lleva a bordo. 0 porque no se transporta pasajeros.

Además, se debe cumplir los siguientes criterios:

$$\left(\frac{4d}{3D}\right)^2 < 1 \rightarrow 0,3 \text{ CUMPLE}$$

$$K_2 * Vc * \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 > 0,25 * GT = 21834,5 \rightarrow 25634,3 \text{ CUMPLE}$$

$$NT > 30\%GT = 26201,3 \rightarrow 25634,3 \text{ NO CUMPLE}$$

Por tanto, se tomará el arqueo neto como el valor restrictivo mostrado:

$$NT = 26201,3 \text{ Ton}$$

Fd: Marina de la Peña Herrero



Ferrol, 15 de Septiembre de 2022

ANEXO I: HOJA EXCEL CÁLCULO FRANCOBORDO

INTERNATIONAL CONVENTION ON LOAD LINES 1966/1988

Moulded Breadth (B) 41,9 m
 Least Moulded Depth 30 m
 85% Least Moulded Depth 25,5 m
 Freeboard deck thickness at side 18 mm
 Freeboard Depth (D) 30,018 m
 Length of the waterline at 25,5 m of depth 249,3 m
 Length betw. Perp. at 25,5 m of depth 255,4 m
 Freeboard Length (L) 255,4 m
 Volume without appendages at 25,5 m of depth 223087,7 m³
 Block coefficient 0,8175
 Recess in freeboard deck, side to side, of Upper line of the exposed deck is the freeboard deck 0 m < 1m

R-27 Types of ships Applicable

Type of ship (A, B, Br, B60) A

R-28 Tabular Freeboard Applicable

Table		L		freeboard
L	freeboard	L	freeboard	
255	3042	255,4	3045	
256	3048			R-28 3045

R-29 Correction for ships under 100 m in length Not Applicable

Effective length of superstructure (E) 28 m
 Length of trunks 0 m
 Effective length of superstructure (E1) 28 m
R-29

R-30 Correction for block coefficient Applicable

R-28 3045	Factor	1,1011	R-30 308
R-29			
freeboard 3045			

R-31 Correction for depth Applicable

Enclosed superstructure length m < 0,6*L
 Height of superstructure m
 Standard Height 2,3 m
 R 250 Standard Height correction 0
 Correction 3248
R-31 3248

R-32 Correction for position of deck line Not Applicable

R-32

R-32.1 Correction for recess in freeboard deck (not side to side) Not Applicable

Volume of the recess m³
 Waterplane area at 25,5 m draft m²
R-32.1

R-33 Standard height of superstructure (in m) Applicable

Raised quarterdeck	All Other superstructures
2,7	2,3

R-34/35 Effective length of superstructure (in m) Applicable

Superstructure	Length (S)	Sup. br. (b)	Ship br. (Bs)	Height	Effective Length (E)
Habitación	28,000	21,000	21,000	2,800	28,000

Raised quarterdeck	Length (S)	Sup. br. (b)	Ship br. (Bs)	Height	Effective Length (E)

R-36 Effective length of trunks (in m) Applicable

Trunk	Length (S)	Sup. br. (b)	Ship br. (Bs)	Height	Effective Length (E)
Centre	45,000	20,000	45,000	0,000	

R-37 Deduction for superstructures and trunks Applicable

Length of Superstructure 28 m
 Length of Trunks 0 m
 Effective Length (E) 28 m
 Effective Length (E) 0,1096 *L
 Deduction for 1L 1070 mm

Table 37.1	
E	%
0,1	7
0,1096	7,7
0	0

R-37 -83

R-38 Sheer *Applicable*

Standard Sheer Profile			
Station	Ordnate	Factor	Product
After perpendicular	2378	1	2378
1/6 L from A.P.	1056	3	3168
1/3 L from A.P.	266	3	798
Amidships	0	1	0
Amidships	0	1	0
1/3 L from A.P.	533	3	1599
1/6 L from A.P.	2112	3	6336
Forward perpendicular	4757	1	4757
			After Sheer 6344
			Forward Sheer 12692

Sheer Profile					
Station	Ordnate	Sum for Le=L	Total	Factor	Product
After perpendicular	0	0	0	1	0
1/6 L from A.P.	0	0	0	3	0
1/3 L from A.P.	0	0	0	3	0
Amidships	0	0	0	1	0
Amidships	0	0	0	1	0
1/3 L from F.P.	0	0	0	3	0
1/6 L from F.P.	0	0	0	3	0
Forward perpendicular	0	0	0	1	0
					After Sheer
					Forward Sheer

Forward and After corrections for Sheer be allowed

Corrected After Product Difference -6344
 Corrected Forward Product Difference -12692

Sheer credit for poop or forecastle

	Real	Standard	Difference	s
Forecastle	2800	2300	500	18
Poop	2800	2300	500	8

After Sheer variation -784
 Forward Sheer variation -1568
 Sheer variation -1176

Total length of enclosed superstructures (S1) 40,500 m
 Extension in midships of superstructures (over L) 0 *L

Factor 0,6707 Correction 789 mm

Freeboard correction 789 mm

R-38 789

R-39.1 Minimum bow height *Applicable*

Waterplane area forward of L/2 at draught d1 (Awf) 7450,50 m2

L 255,4 d1 25,5
 B 41,9 Cb 0,8175
 Cwf 1,3925

Minimum bow height (Fb) 1433 mm

Bow depth corrected for R39 25,1 m
 Minimum bow height freeboard 6351 mm
 Salt water freeboard 7307 mm

R-39.1 0

R-39.2 Reserve of buoyancy *Not Applicable*

F0 3045 mm
 f1 1,1011
 f2 3248 mm
 fmin 6601 mm

Minimum projected area m2
 Actual projected area 110,45 m2
 Freeboard correction 0 mm

R-39.2 0

R-40 Minimum freeboards	<i>Applicable</i>
--------------------------------	-------------------

Minimum freeboard without R-32

50 mm

R-28 3045 mm
R-29 mm
R-30 308 mm
R-31 3248 mm
R-32.1 mm
R-37 -83 mm
R-38 789 mm
Sum 7307 mm

Freeboard in Salt Water 7307 mm

<i>Minimum Summer Freeboard</i>	<i>7307 mm</i>
<i>Maximum Summer Draught</i>	<i>22711 mm</i>

Maximum Scantling Draught 15200 mm
Maximum Stability Draught 15800 mm

R-39.1 0 mm
R-39.2 0 mm
Sum 7307 mm
R-32 0 mm

Summer Freeboard	14818 mm
Summer Draught	15200 mm
<i>Tropical Freeboard</i>	<i>14818 mm</i>
<i>Winter Freeboard</i>	<i>15135 mm</i>
Winter N. Atlantic Freeboard	15135 mm
<i>Fresh Water</i>	<i>7278 mm</i>