



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2020/21**

---

*CUADERNO 9*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA**

Carla Fuentes Lorenzo

**TUTOR**

Marcos Míguez González

**FECHA**

Septiembre 2021



# 1 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD



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

*CURSO 2.020-2021*

**PROYECTO NÚMERO** 2021-GENO-25

**TIPO DE BUQUE:** Buque arrastrero congelador 1500m3.

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** Bureau Veritas. Torremolinos, MARPOL.PARA ZONAS POLARES.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Volumen de bodega de 1500 m<sup>3</sup>. Bodegas y entrepuentes de carga.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 12 nudos en condiciones de servicio, 85% MCR Y 10 % margen de mar. 40 días de autonomía.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Los propios de este tipo de buques.

**PROPULSIÓN:** Motor diésel acoplado a hélice de paso fijo.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 32 tripulantes.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Hélice transversal de proa y los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 02 Febrero 2021

ALUMNA: **D<sup>a</sup> Carla Fuentes Lorenzo**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/21**

---

*BUQUE ARRASTRERO CONGELADOR DE 1500m3*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**CUADERNO 9**

**FRANCOBORDO Y ARQUEO**

## CONTENIDO

1 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD.....	3
2 PRESENTACIÓN .....	7
3 FRANCOBORDO .....	8
3.1 Introducción .....	8
3.2 Determinación de la cubierta de francobordo .....	8
3.3 Cálculo de las características reglamentarias .....	9
3.3.1 Eslora .....	10
3.3.2 Manga.....	11
3.3.3 Puntal de francobordo .....	11
3.3.4 Coeficiente de bloque .....	11
3.4 Resumen dimensiones .....	12
3.5 Cálculo del francobordo.....	13
3.5.1 Francobordo tabular .....	13
3.5.2 Correcciones al francobordo tabular.....	15
3.5.3 Reducción por superestructuras del buque .....	17
3.5.4 Determinación del arrufo real y del normal .....	21
3.5.5 Comprobación de la altura mínima de proa y flotabilidad de reserva ..	25
3.5.6 Aplicabilidad de todas las reglas.....	26
3.6 Determinación de todas las líneas de carga.....	27
3.7 Estudio de estabilidad del buque al calado de verano o aplicación de sanción por estabilidad.....	29
4 ARQUEO.....	30
4.1 Introducción .....	30
4.1.1 Definición de arqueo.....	30
4.1.2 Aplicación del Convenio de arqueo .....	30
4.2 Determinación de cubierta de arqueo.....	31
4.3 Cálculo de las características reglamentarias .....	31
4.3.1 Eslora .....	31
4.3.2 Manga.....	31
4.3.3 Puntal .....	32
4.3.4 Número de pasajeros .....	32
4.4 Cálculo del volumen bajo la cubierta de arqueo .....	32
4.5 Cálculo del volumen sobre la cubierta de arqueo.....	33

4.6 Cálculo del arqueo bruto.....	33
4.7 Cálculo del volumen de carga .....	34
4.8 Cálculo del arqueo neto.....	36
5 BIBLIOGRAFÍA.....	38
6 ANEXO I: HOJA DE CÁLCULO FRANCOBORDO.....	39

## 2 PRESENTACIÓN

En el presente cuaderno, se busca obtener los valores definitivos de francobordo y arqueo del buque.

Calcularemos el francobordo tabular del buque proyecto, después se calcularán las correcciones al francobordo tabular, y una vez conocidas, las aplicaremos; obteniendo así los valores de francobordo de verano, francobordo tropical, francobordo de invierno, francobordo de invierno en el atlántico y francobordo de agua dulce.

Se comprueban los valores del altura mínima de proa y la flotabilidad de reserva.

En lo referente al arqueo, calcularemos el arqueo bruto y el arqueo neto, y comprobaremos que este último cumple con el % respecto al arqueo bruto.

## 3 FRANCOBORDO

### 3.1 Introducción

En el presente cuaderno realizaremos el cálculo de francobordo para que nuestro buque proyecto cumpla el *Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966* y el *Protocolo de 1988*.

En este *Convenio de Líneas de Carga, Artículo 5: Excepciones*, podemos ver que nuestro buque está exento de cumplir la normativa de este Convenio:

“Artículo 5

*Excepciones*

1) *El presente Convenio no se aplicará a:*

- a) *los buques de guerra;*
- b) *los buques nuevos de eslora inferior a 24 m. (79 pies) ;*
- c) *los buques existentes de tonelaje bruto inferior a 150 t;*
- d) *los yates de recreo que no se dediquen a ningún tráfico comercial;*
- e) *los buques de pesca.”*

Como podemos ver en el extracto anterior, nuestro buque, al ser un pesquero, no tiene por qué cumplir con la normativa mencionada, aún así, buscaremos cumplirla para asegurar su reserva de flotabilidad.

Mencionar también que, por ser un buque pesquero, es de aplicación el *Convenio de Torremolinos*, que permite que la relación T/D tenga un valor entre 50 y 90%. Este convenio dice que el francobordo mínimo es de 50mm, por lo que veremos en los cálculos siguientes si efectivamente se cumple dicho requisito. Al tener nuestro buque un calado de diseño de 6370mm, el calado máximo de verano debería ser de 6420mm.

### 3.2 Determinación de la cubierta de francobordo

*Regla 3.9 Cubierta de francobordo*

- a) *La 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 la misma, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco.*
- b) *Cubierta inferior como cubierta de francobordo*
  - i) *Cuando la cubierta inferior sea escalonada, se tomará como cubierta de francobordo la línea más baja de la cubierta y la prolongación de esta línea, paralelamente a la parte más alta de dicha cubierta.*
  - ii) *Cuando se adopte como cubierta de francobordo una cubierta inferior, la parte del casco que se extienda por encima de la cubierta de francobordo, se considerará como una superestructura.*

La cubierta de francobordo de nuestro buque será la cubierta principal, cuyo puntal es de 6,6m. Tras esta cubierta se sitúa una cubierta corrida de popa a proa, que es la cubierta superior, a 9,4m sobre la línea base. La estructura de la cubierta superior no tiene un alcance del total de la manga, pero sí deberá ser considerada en el cálculo estructural, ya que tenemos locales en ambos costados que contribuyen a la resistencia estructural del buque

### 3.3 Cálculo de las características reglamentarias

Adjuntamos hidrostáticas al calado de diseño (6370mm) para el buque proyecto que modelamos en Maxsurf:

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4228	t
2	Volume (displaced)	4124,785	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	6,370	m
4	Immersed depth	6,597	m
5	WL Length	64,741	m
6	Beam max extents on WL	14,998	m
7	Wetted Area	1392,666	m <sup>2</sup>
8	Max sect. area	93,506	m <sup>2</sup>
9	Waterpl. Area	784,653	m <sup>2</sup>
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,681	
11	Block coeff. (Cb)	0,644	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,947	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,808	
14	LCB length	-29,941	from zero pt
15	LCF length	-27,424	from zero pt
16	LCB %	-46,248	from zero pt
17	LCF %	-42,360	from zero pt
18	KB	3,415	m
19	KG fluid	6,370	m
20	BMT	2,999	m
21	BML	47,954	m
22	GMt corrected	0,045	m
23	GML	44,999	m
24	KMt	6,415	m
25	KML	51,369	m
26	Immersion (TPc)	8,043	tonne/cm
27	MTc	31,189	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	3,286	tonne.m
29	Length:Beam ratio	4,317	
30	Beam:Draft ratio	2,273	
31	Length:VoP0.333 ratio	4,037	
32	Precision	Low	42 stations

Ilustración 1: hidrostáticas obtenidas de Maxsurf

En la anterior imagen podemos ver el calado de diseño de nuestro buque, que es 6,37m, pero a continuación se anexa el cuadro resumen del cuaderno, donde podemos ver el calado que tendrá nuestro buque en todas las condiciones de carga:

	CONDICIÓN 1	CONDICIÓN 2	CONDICIÓN 3	CONDICIÓN 4	CONDICIÓN 5	CONDICIÓN 6
Draft Amidships m	4,51	4,141	4,791	3,942	4,983	3,771
Draft at FP m	3,871	3,165	5,123	3,028	4,371	3,477
Draft at AP m	5,148	5,117	4,46	4,855	5,596	4,065
Draft at LCF m	4,539	4,185	4,782	3,978	5,021	3,78

**Tabla 1: Calados del buque en las distintas condiciones de carga**

Podemos ver en la tabla cómo el calado máximo se dará en la condición 5, y será de 4,98m, inferior a nuestro calado de diseño.

De todas formas, el calado que tomaremos de referencia en este cuaderno será el de diseño, 6,37m, y después compararemos el francobordo con este, y con el de la condición 4.

### 3.3.1 Eslora

#### Regla 3.1

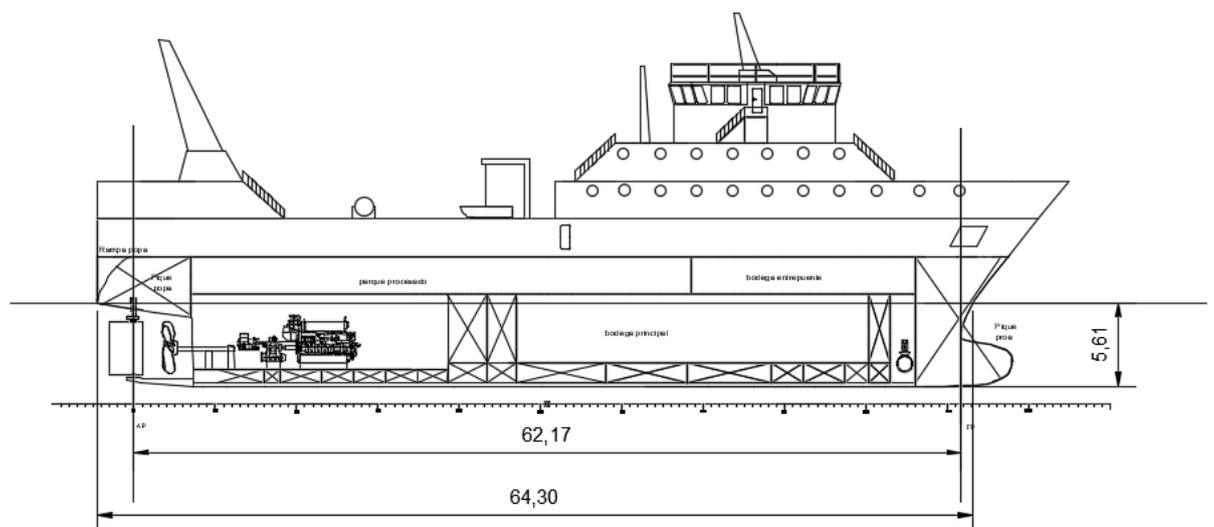
- Se tomará como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor*
- Cuando el contorno de la roda sea cóncavo por encima de la flotación correspondiente al 85% del puntal mínimo de trazado, tanto el extremo de proa de la eslora total como la cara proel de la roda se tomarán en la proyección vertical, sobre esa flotación, del punto más a popa del contorno de la roda (por encima de esa flotación)*

Para el buque proyecto:

La eslora de flotación a 5,61m de puntal es igual a 64,3m

La eslora entre perpendiculares a 5,61, de puntal es igual a 61,17m

Podemos ver estas medidas acotadas en la siguiente imagen:



Entonces:

96% de  $L_{WL 5,61}=61,728m$

$L_{pp 5,61}=61,17m$

La mayor de las esloras obtenidas es 61,728m, por lo que  $L_{FB}=61,728m$

### 3.3.2 Manga

Esta dimensión se describe en la regla 3.4:

*Regla 3.4 Manga.*

*A menos que se indique expresamente otra cosa, la manga (B) será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna, el los buques de forro metálico*

Por lo tanto,  $B=15m$

### 3.3.3 Puntal de francobordo

*Regla 3.6 Puntal de francobordo*

*a) 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.*

Entonces:

*Regla 3.5 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.*

El puntal de trazado de nuestro buque es de 6,6m. Aceptamos un espesor de 10mm, por lo que el puntal de francobordo  $D=6,61$

### 3.3.4 Coeficiente de bloque

*Regla 3.7 Coeficiente de bloque*

*a) El coeficiente de bloque ( $C_b$ ) vendrá dado por la fórmula:*

$$C_b = \frac{\nabla}{L * B * dl}$$

Donde:

$\nabla$  = volumen del desplazamiento de trazado del buque

Se obtiene del modelo de Maxsurf, a un calado de 5,61m:

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	3613	t
2	Volume (displaced)	3525,075	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	5,610	m

Entonces,  $\Delta=3525t$

$Dl= 85\%$  del puntal mínimo de trazado, 5,61m

$L=61,728m$

$B=15m$

Aplicamos la fórmula anterior y obtenemos que  $Cb=0,678$

### 3.4 Resumen dimensiones

A continuación adjuntamos una tabla donde se pueden ver todos los datos que hemos justificado y ahora introducimos en la hoja de cálculo en la que nos apoyaremos para realizar el cálculo de Francobordo:

#### INTERNATIONAL CONVENTION ON LOAD LINES 1966/1988

Moulded Breadth (B)	15	m
Least Moulded Depth	6,6	m
85% Least Moulded Depth	5,61	m
Freeboard deck thickness at side	10	mm
Freeboard Depth (D)	6,61	m
Lenght of the waterline at 5,61 m of depth	64,3	m
Lenght betw. Perp. at 5,61 m of depth	61,17	m
Freeboard Lenght (L)	61,728	m
Volume without appendages at 5,61 m of depth	3525	m <sup>3</sup>
Block coefficient	0,678	
Recess in freeboard deck, side to side, of <i>Upper line of the exposed deck is the freeboard deck</i>	0	m < 1m

## 3.5 Cálculo del francobordo

### 3.5.1 Francobordo tabular

Para calcular el francobordo tabular, lo primero que tenemos que determinar es a qué grupo pertenece nuestro buque proyecto:

#### 3.5.1.1 Regla 27: Tipos de buques

*Regla 27. Tipos de buques*

- 1) Para el cálculo del francobordo los buques se dividirán en dos tipos: "A" y "B".
- 2) Buque de tipo "A" será el que:
  - a) haya sido proyectado para transportar solamente cargas líquidas a granel;
  - b) tenga una gran integridad en la cubierta expuesta..; y
  - c) tenga baja permeabilidad de los espacios de carga llenos.
- 5) Los buques que no se ajustan a lo dispuesto para los buques de tipo "A"... se consideran buques de tipo "B"

Entonces, nuestro buque será de tipo B.

Introducimos este dato en la hoja de cálculo:

<b>R-27 Types of ships</b>	<i>Applicable</i>
Type of ship (A,B,Br,B60)	B

Ya podemos continuar entonces con el cálculo del francobordo tabular, apoyándonos en la siguiente regla del Convenio de Líneas de Carga:

#### 3.5.1.2 Regla 28: Francobordo tabular

*Regla 28. Francobordo tabular*

- 3) El francobordo tabular para buques tipo "B" se determinará por medio de la siguiente tabla:

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	482	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

Tendremos que interpolar entre las esloras 61 y 62 para hallar nuestro francobordo tabular.

Obtenemos que el francobordo tabular es de 598mm:

**R-28 Tabular Freeboard** *Applicable*

<i>Table</i>	
<i>L</i>	<i>freeboard</i>
61	587
62	601

<i>L</i>	<i>freeboard</i>
61,728	598

**R-28** **598**

### 3.5.2 Correcciones al francobordo tabular

#### 3.5.2.1 Regla 29: Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100m

Continuamos con la siguiente regla del Convenio:  
*El francobordo tabular para buques de tipo "B", de eslora comprendida entre 24 m y 100 m con superestructuras cerradas de una longitud efectiva de hasta el 35% de la eslora, se incrementará en la siguiente cantidad (en mm):*

$$7.5 * (100 - L) * (0.35 - \frac{E_1}{L})$$

*L = Eslora del buque en metros.*

*E<sub>1</sub> = Longitud efectiva de las superestructuras en metros, según regla 35, excluidos los troncos*

Esta regla no es aplicable en nuestro buque, ya que nuestra superestructura, entre la cubierta principal y la superior, es corrida, de popa a proa, por lo que supera el 35% de la eslora.

<b>R-29 Correction for ships under 100 m in length</b>	<i>Not Applicable</i>
--------------------------------------------------------	-----------------------

Effective length of superstructure (E)	61,728 m
Length of trunks	0 m
Effective length of superstructure (E1)	61,728 m

R-29
------

#### 3.5.2.2 Regla 30: Corrección por coeficiente de bloque

*Cuando el coeficiente de bloque (Cb) sea superior a 0.68, el francobordo tabular especificado en la regla 28, después de ser modificado, si procede, por las reglas 27 8), 27 10) y 29, se multiplicará por el siguiente factor: (el coeficiente de bloque no se supondrá superior a 1).*

Nuestro coeficiente de bloque, como hemos explicado anteriormente, será de 0,64, por lo que esta regla no es de aplicación para nuestro buque proyecto.

<b>R-30 Correction for block coefficient</b>	<i>Not Applicable</i>
----------------------------------------------	-----------------------

R-28	598
R-29	
freeboard	598

Factor                      1

R-30
------

#### 3.5.2.3 Regla 31: Corrección por puntal

*1) Cuando "D" exceda de L/15, el francobordo se aumentará en (D - L/15) \* R (mm), siendo R = L/0.48 para esloras inferiores a 120 m y 250 para esloras de 120m y mayores.*

2) Cuando "D" sea menor que L/15 no se hará reducción ninguna, excepto en buques con superestructuras cerradas que cubran al menos una longitud igual a 0.6L en el centro del buque, o bien con un tronco completo, o una combinación de superestructuras cerradas separadas y troncos que se extiendan de manera continua de proa a popa, en cuyo caso el francobordo se reducirá en la proporción prescrita en el párrafo 1).

3) Cuando la altura de la superestructura o del tronco sea inferior a la normal que corresponda, la reducción calculada se corregirá con la relación entre la altura real de la superestructura o del tronco y la altura normal aplicable definida en la regla 33

Como  $D = 6,6m > \frac{L}{15} = 4,11m$

Entonces, hay que aumentar el francobordo en:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) * \frac{L}{0.48}$$

$$\left(6.61 - \frac{61.72}{15}\right) * \frac{61.72}{0.48} = 320,8mm$$

Adjuntamos también los datos introducidos en Excel y el valor resultante, que coincide con el cálculo realizado manualmente:

R-31 Correction for depth			Applicable
Enclosed superstructure length		61,728 m	>0.6*L
Height of superstructure		2,8 m	
Standard Height		1,8 m	
R	128,6	Standard Height correction	1
Correction	321		
			R-31 321

### 3.5.2.4 Regla 32: Corrección por posición de la línea de cubierta

Cuando el puntal real hasta el borde superior de la marca de la línea de cubierta sea superior o inferior a "D", la diferencia entre los puntales se añadirá o restará, respectivamente al francobordo.

No es de aplicación para nuestro buque:

R-32 Correction for position of deck line			Not Applicable
			R-32

### 3.5.2.5 Regla 32.1: Corrección por nicho en la cubierta de francobordo

Quando se disponga de un nicho en la cubierta de francobordo y éste no se extienda hasta los costados del buque, el francobordo calculado sin considerar el nicho se corregirá para tener en cuenta la consiguiente pérdida de flotabilidad. Esa corrección será igual al valor obtenido como resultado de dividir el volumen del nicho por el área del plano de flotación del buque a un 85% del puntal de trazado mínimo. Esta regla tampoco es de aplicación en el caso que nos compete:

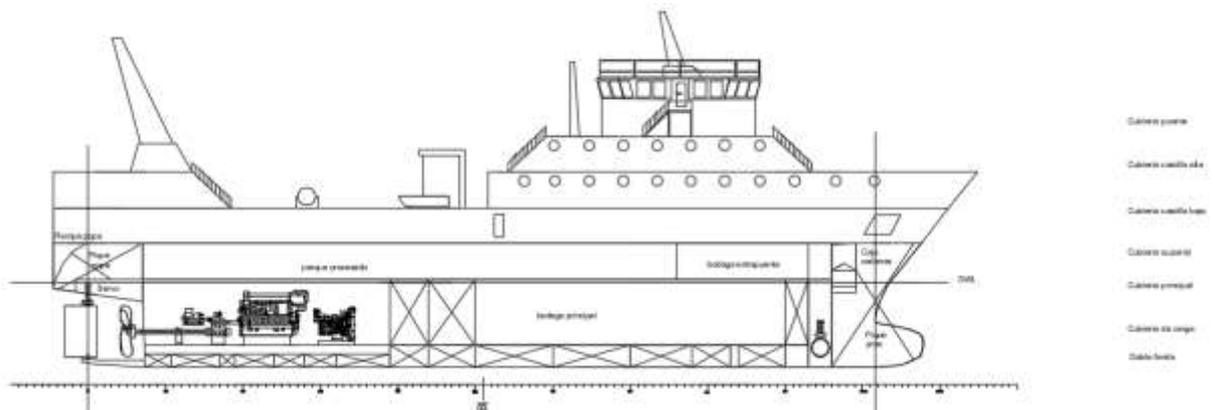
<b>R-32.1 Correction for recess in freeboard deck (not side to side)</b>		<i>Not Applicable</i>
Volume of the recess	m <sup>3</sup>	
Waterplane area at 5,61 m draft	m <sup>2</sup>	

R-32.1

### 3.5.3 Reducción por superestructuras del buque

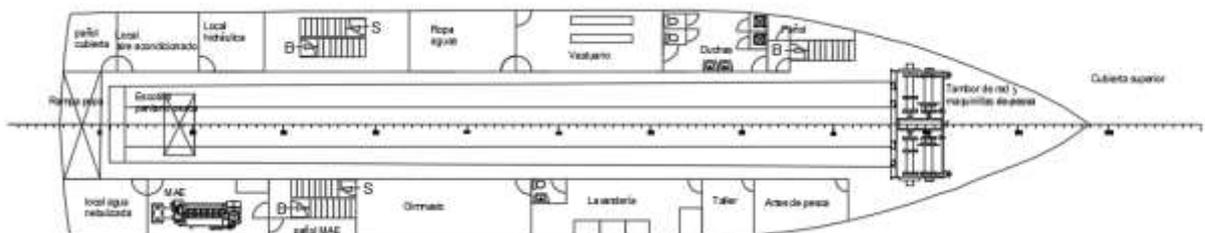
Para aplicar las reglas relacionadas con la superestructura del buque, empezamos por definir la misma.

En la siguiente imagen podemos ver las diferentes cubiertas que forman la superestructura del buque:



Empezamos con la cubierta superior: a 9,4m de la línea de base nos encontramos con una superestructura corrida de popa, a proa, que tiene una altura de 2,8m. Es superestructura no se extiende de manga a manga, sino que tiene una semimanga de 4 metros a cada costado del buque.

Se adjunta una vista en planta para apreciar esta semimanga de 4 metros:



2,8m más arriba está la cubierta castillo bajo, que ya no se extiende de proa a popa sino que hay una estructura en la popa del buque, desde la popa hasta los guardacalores; y hay una superestructura en la zona de proa donde ya encontramos habilitación. La manga máxima de esta superestructura será la manga máxima del buque a esa altura, ya que se extiende de banda a banda; y la eslora es de unos 39 metros.

Sobre la cubierta castillo bajo nos encontramos con la cubierta castillo alto, que solamente se ubica en la zona de proa. También se extiende de banda a banda de la manga del buque y tiene una altura de 2,8m, y una eslora de unos 17,5m.

Sobre la cubierta castillo alto ya nos encontramos con la cubierta puente, que tiene 4,45 metros de altura, 11,5 de eslora y unos 10 metros de manga. En esta cubierta, que es la más alta, se encuentra el puente de mando del buque.

### 3.5.3.1 Regla 33: Altura normal de las superestructuras

*La altura normal de una superestructura será la que se indica en la tabla siguiente*

*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

*Las alturas normales para esloras intermedias del buque se obtendrán por interpolación lineal.*

La altura de la cubierta saltillo es de 2,8m, definida en anteriores cuadernos. La altura de las demás superestructuras será de 1,8m según la norma

<b>R-33 Standard height of superstructure (in m)</b>	<i>Applicable</i>
------------------------------------------------------	-------------------

<i>Raised quarterdeck</i>	<i>All Other superstructures</i>
2,8	1,8

### 3.5.3.2 Regla 34: Longitud de las superestructuras

- 1) *Excepto lo previsto en el párrafo 2) de esta regla, la longitud de una superestructura (S) será la longitud media de aquella parte de la superestructura que quede dentro de la eslora (L).*

La longitud de nuestra superestructura es igual a la eslora del buque

### 3.5.3.3 Regla 35: Longitud efectiva de las superestructuras

- 1) *Excepto lo dispuesto en el párrafo 2) de esta regla, la longitud efectiva (E) de una superestructura cerrada de altura normal, será su longitud real.*

2) En aquellos casos en que una superestructura cerrada de altura normal esté retranqueada o retirada de los costados del buque en la medida permitida en la regla

310), su longitud efectiva será la longitud modificada por la relación  $b/B_s$ , siendo: “b” la anchura de la superestructura a la mitad de su longitud; y “ $B_s$ ” la manga del buque a la mitad de la longitud de la superestructura. Cuando una superestructura esté retranqueada o retirada en una parte de su longitud, esta modificación se aplicará solamente a la parte retranqueada.

3) Cuando la altura de una superestructura cerrada sea menor de la normal, la longitud efectiva será su longitud real reducida en la relación de su altura real a la altura normal.

Cuando la altura exceda de la altura normal no se hará ningún aumento para obtener la longitud efectiva de la superestructura.

4) La longitud efectiva de un saltillo, si está dotado a proa con un mamparo intacto, será su longitud real, hasta un máximo de 0,6 L. Cuando el mamparo no sea intacto, el saltillo se considerará como una toldilla de altura inferior a la normal.

5) La longitud efectiva de las superestructuras que no sean cerradas será nula.

Entonces, dentro de este apartado y tal y como veremos en la tabla de la hoja de cálculo, consideraremos el entrepuente entre cubierta principal y cubierta superior como estructura corrida de popa a proa y con una altura de 2,8m.

<b>R-34/35 Effective length of superstructure (in m)</b>	<i>Applicable</i>
----------------------------------------------------------	-------------------

Superstructure	Length (S)	Sup. br. (b)	Ship br. (Bs)	Height	Effective Length ( E )
Superestructura continua	61,728	15,000	15,000	2,800	61,728

### 3.5.3.4 Regla 36: Troncos

1) Para que un tronco o construcción análoga que no se extienda de banda a banda del buque se considere eficaz, deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) El tronco será al menos tan resistente como una superestructura.
- g) La anchura del tronco será al menos igual al 60% de la manga del buque.
- h) Cuando no haya una superestructura, la longitud del tronco será, al menos igual a 0.6L

Esta regla sería aplicable si tuviésemos troncos, pero no es el caso, por lo que las celdas correspondientes quedarán vacías:

<b>R-36 Effective length of trunks (in m)</b>	<i>Applicable</i>
-----------------------------------------------	-------------------

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

### 3.5.3.5 Regla 37: Reducción por superestructuras y troncos

1) Cuando la longitud efectiva de las superestructuras y troncos sea igual a 1,0 L, la reducción del francobordo será de 350 milímetros, para 24 metros de eslora del buque, 860 milímetros, para 75 metros de eslora y 1,070 milímetros para 122 metros de eslora y esloras superiores (14 pulgadas para 79 pies de eslora del buque, 34 pulgadas para 279 pies de eslora y 42 pulgadas para 400 pies de eslora y esloras superiores); las reducciones correspondientes a esloras intermedias, se obtendrán por interpolación lineal.

2) Cuando la longitud total efectiva de las superestructuras y troncos sea inferior a 1,0 L, la reducción será un porcentaje obtenido de una de las tablas siguientes:

Porcentaje de reducción para buques del tipo "B"

	Línea	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos										
		0	0,1 L	0,2 L	0,3 L	0,4 L	0,5 L	0,6 L	0,7 L	0,8 L	0,9 L	1,0 L
Buques con castillo y sin puente aislado	I	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100
Buques con castillo y puente aislado	II	0	6,3	12,7	19	27,5	36	46	63	75,3	87,7	100

3) Para buques del tipo "B":

- a) Cuando la longitud efectiva de un puente sea menor de 0,2 L, los porcentajes se obtendrán por interpolación lineal entre las líneas I y II.
- b) Cuando la longitud efectiva de un castillo sea mayor de 0,4 L los porcentajes se obtendrán de la línea II.
- c) Cuando la longitud efectiva de un castillo sea menor de 0,07 L, los porcentajes anteriores se reducirán en la siguiente cantidad:

$$5 \times \frac{(0,07 L - f)}{0,07 L}$$

Siendo *f* la longitud efectiva del castillo.

Se adjunta la parte de la hoja de cálculo correspondiente a la regla 37, donde hemos realizado los cálculos directamente con la formulación propuesta:

<b>R-37 Deduction for superstructures and trunks</b>	<i>Applicable</i>
------------------------------------------------------	-------------------

<i>Lenght of Superstructure</i>	61,728 m
<i>Lenght of Trunks</i>	0 m
<i>Effective Lenght ( E )</i>	61,728 m
<i>Effective Lenght ( E )</i>	1 *L
Deduction for 1L	665 mm

E	%
1	100
1	100
1	100

R-37	-665
------	------

### 3.5.4 Determinación del arrufo real y del normal

#### 3.5.4.1 Regla 38: Arrufo

1) 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.

2) En buques proyectados con asiento de quilla, el arrufo se medirá respecto a una línea de referencia trazada paralelamente a la flotación de proyecto en carga.

3) En los buques de cubierta corrida y en los buques con superestructuras separadas, el arrufo se medirá en la cubierta de francobordo.

4) En buques en que la parte alta de los costados sea de forma no usual, existiendo un escalonamiento o discontinuidad en la parte alta de los costados, el arrufo se considerará en relación al puntual equivalente en el centro del buque.

5) 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 la superestructura. Cuando la altura exceda a la altura normal, la diferencia mínima (Z) entre las alturas 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.

6) Cuando la cubierta de una superestructura cerrada tenga al menos el mismo arrufo que la parte expuesta de la cubierta de francobordo, no se tendrá en cuenta un castillo cerrado si sea de altura normal, con un arrufo mayor que el de la cubierta de francobordo, o si sea de altura mayor que la normal, se aumentará el arrufo de la cubierta de francobordo en la forma prevista en el párrafo 12 de esta regla.

*Curva de arrufo normal*

8) Las ordenadas de la curva de arrufo normal se dan en el cuadro siguiente:

Curva de arrufo normal (L en metros)

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

Entonces, las ordenadas de arrufo normales para nuestro buque serían las siguientes:

Perfil de arrufo normal			
Posición	Normal	Factor	Producto
Perpendicular de popa	764	1	764
1/6 L desde la Ppp	339	3	1017
1/3 L desde la Ppp	86	3	258
Centro del barco	0	1	0
Centro del barco	0	1	0

Arrufo popa 2039

1/3 L desde la Ppr	171	3	513		
1/6 L desde la Ppr	679	3	2037		
Perpendicular de proa	1529	1	1529	Arrufo proa	4079

Pero como el arrufo de nuestro buque es 0, la curva real es la siguiente:

<i>Perfil de arrufo real</i>					
<i>Station</i>	<i>Ordinate</i>	<i>Sum for Le=L</i>	<i>Total</i>	<i>Factor</i>	<i>Product</i>
Perpendicular de popa	0	2500	2500	1	2500
1/6 L desde la Ppp	0	1110	1110	3	3330
1/3 L desde la Ppp	0	278	278	3	834
Centro del barco	0	0	0	1	0
Centro del barco	0	0	0	1	0
1/3 L desde la Ppr	0	278	278	3	834
1/6 L desde la Ppr	0	1110	1110	3	3330
Perpendicular de proa	0	2500	2500	1	2500

After Sheer	6664
Forward Sheer	6664

En el Convenio se indica que, una vez calculado el exceso o defecto de arrufo del buque de estudio respecto al perfil de arrufo normal indicado, se aplican correcciones o bien por exceso (que se restará al francobordo tabular), o bien por defecto (dicha corrección se suma al tabular). En nuestro caso se resta, ya tenemos un exceso.

Además, tenemos una corrección de arrufo por tener una superestructura cerrada que tiene una eslora de 39m y una altura de 2,8m (cubierta castillo bajo)

La reducción total por arrufo es de 78mm, que se restan al francobordo tabular.

**R-38 Sheer**

*Applicable*

<i>Perfil de arrufo normal</i>			
<i>Posición</i>	<i>Normal</i>	<i>Factor</i>	<i>Producto</i>
Perpendicular de popa	764	1	764
1/6 L desde la Ppp	339	3	1017
1/3 L desde la Ppp	86	3	258
Centro del barco	0	1	0
Centro del barco	0	1	0
1/3 L desde la Ppr	171	3	513
1/6 L desde la Ppr	679	3	2037
Perpendicular de proa	1529	1	1529

Arrufo popa	2039
Arrufo proa	4079

<i>Perfil de arrufo real</i>					
<i>Station</i>	<i>Ordinate</i>	<i>Sum for Le=L</i>	<i>Total</i>	<i>Factor</i>	<i>Product</i>
Perpendicular de popa	0	2500	2500	1	2500
1/6 L desde la Ppp	0	1110	1110	3	3330

1/3 L desde la Ppp	0	278	278	3	834	
Centro del barco	0	0	0	1	0	After Sheer 6664
Centro del barco	0	0	0	1	0	
1/3 L desde la Ppr	0	278	278	3	834	
1/6 L desde la Ppr	0	1110	1110	3	3330	
Perpendicular de proa	0	2500	2500	1	2500	Forward Sheer 6664

Forward and After corrections for Sheer be allowed

Corrected After Product Difference            4625  
 Corrected Forward Product Difference        2585

Sheer credit for poop or forecastle

	Real	Standard	Difference	s	L
<b>Castillo bajo</b>	2800	1800	2500	527	39

After Sheer variation                            1104  
 Forward Sheer variation                        849  
 Sheer variation                                    976

Total length of enclosed superstructures (S1)    61,728 m  
 Extension in midships of superstructures (over L)    1 \*L

Factor                                                    0,25    Correction                                    -244 mm  
*Freeboard correction with superstructure length correction is -244 mm*

Freeboard correction                                -78 mm  
*Maximun freeboard correction for Sheer is -78 mm*

R-38	-78
------	-----

### 3.5.5 Comprobación de la altura mínima de proa y flotabilidad de reserva

#### 3.5.5.1 Regla 39.1: Altura mínima de proa

La altura de proa, 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, para buques de 250m, al valor dado por la siguiente fórmula:

$$F_b = (6075(L/100) - 1875(L/100)^2 + 200(L/100)^3) \times (2,08 + 0,609C_b - 1,603C_{wf} - 0,0129(L/d_1))$$

siendo:

- $F_b$  la altura mínima de proa calculada, en mm;
- $L$  la eslora definida en la regla 3, en m;
- $B$  la manga de trazado definida en la regla 3, en m;
- $d_1$  el calado en el 85% del puntal  $D$ , en m;
- $C_b$  el coeficiente de bloque definido en la regla 3;
- $C_{wf}$  el coeficiente del área de la flotación a proa de  $L/2$ :  $C_{wf} = A_{wf} / \{(L/2) \times B\}$ ; y
- $A_{wf}$  el área de la flotación a proa de  $L/2$  para el calado  $d_1$ , en  $m^2$ .

Adjuntamos la parte correspondiente a esta regla, en la hoja de cálculo que utilizamos para este cuaderno:

Mencionar que el área media de la flotación se obtiene de dividir entre 2 el dato resultante de Maxsurf:

9	Waterpl. Area	784,653	$m^2$
---	---------------	---------	-------

<b>R-39.1 Minimum bow height</b>	<i>Applicable</i>
----------------------------------	-------------------

Waterplane area forward of L/2 at draught  $d_1$  (A<sub>wf</sub>) 412,03 m<sup>2</sup>

L	61,728	d1	5,61
B	15	Cb	0,64
		Cwf	0,89

Minimum bow height (F<sub>b</sub>)                      2778 mm

Bow depth corrected for R39	10 m	
Minimum bow height freeboard	-612 mm	
Salt water freeboard	176 mm	R-39.1 0

### 3.5.5.2 Regla 39.2: Reserva de flotabilidad

El 15% de la eslora de francobordo es igual a 9,25m y la altura de las cubiertas, desde el calado máximo, hasta el castillo alto es igual a:

$$H = 0,23 + 2,8 + 2,8 + 2,8 = 8,633$$

Multiplicamos esta altura por el 15% de la eslora:

$$A = 9,25 * 8,63 = 79,82$$

El valor de área de reserva de flotabilidad mínima es de 16,06m<sup>2</sup>, por lo que, al ser mayor el área real, no tenemos que aplicar ninguna corrección.

Podemos comprobarlo en la siguiente tabla:

<b>R-39.2 Reserve of bouyancy</b>		<i>Applicable</i>
F0	598 mm	
f1	1	
f2	321 mm	
fmin	919 mm	
Minimun projected area	16,06 m <sup>2</sup>	
Actual projected area	79,82 m <sup>2</sup>	
Freeboard correction	0 mm	R-39.2 0

### 3.5.6 Aplicabilidad de todas las reglas

Se adjunta una tabla a modo de resumen en la que podemos ver todas las reglas que se han aplicado y la reducción o adición que han supuesto:

R-28	598	mm
R-29		mm
R-30		mm
R-31	321	mm
R-32.1		mm
R-37	-665	mm
R-38	-31	mm
<b>Sum</b>	<b>176</b>	<b>mm</b>
R-39.1	0	mm
R-39.2	0	mm
<b>Sum</b>	<b>176</b>	<b>mm</b>
R-32	0	mm

### 3.6 Determinación de todas las líneas de carga

En este apartado nos apoyaremos en la regla 40 del Convenio de Líneas de Carga para definir las diferentes líneas de carga a las que nos referiremos más tarde.

#### *Regla 40*

#### *Francobordos mínimos*

#### *Francobordo de verano*

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

2) *El francobordo en agua salada, calculado de acuerdo con el párrafo 1) de esta regla, pero sin la corrección por línea de cubierta que se indica en la regla 32, no deberá ser inferior a 50 milímetros (2 pulgadas). Para los buques que tengan en las partes expuestas de la cubierta de francobordo escotillas con tapas que no satisfagan las prescripciones de las reglas 15 7), 16 ó 26, dicho francobordo no deberá ser inferior a 150 milímetros (6 pulgadas).*

#### *Francobordo tropical*

3) *El francobordo mínimo en la zona tropical será el francobordo obtenido restando del de verano un cuarenta y ochoavo del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.*

4) *El francobordo en agua salada, calculado de acuerdo con el párrafo 1) de esta regla, pero sin la corrección por línea de cubierta, como se indica en la regla 32, no será inferior a 50 milímetros (2 pulgadas). Para buques que tengan en*

emplazamientos de clase 1 escotillas con tapas que no cumplan las prescripciones de las reglas 15 7), 16 ó 26, el francobordo no será inferior a 150 milímetros (6 pulgadas).

Francobordo de invierno

5) El francobordo mínimo de invierno será el francobordo obtenido añadiendo al francobordo de verano un cuarenta y ochoavo del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla hasta el centro del anillo de la marca de francobordo.

Francobordo para el Atlántico Norte, invierno

6) El francobordo mínimo para buques de eslora no superior a 100 metros (328 pies) que naveguen por cualquier parte del Atlántico Norte, definido en la regla 52 (Anexo II), durante el período estacional de invierno, será el francobordo de invierno más 50 milímetros (2 pulgadas).

Francobordo de agua dulce

7) El francobordo mínimo en agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta}{40 * T} \text{ cm}$$

$\Delta$  = desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano.

$T$  = toneladas por centímetro de inmersión en agua salada, en la flotación en carga de verano.

8) Cuando el desplazamiento en la flotación en carga de verano no pueda determinarse con seguridad, la deducción será 1/48 del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

Adjuntamos ahora la tabla con los valores de todas estas medidas:

Francobordo en agua salada	223	mm
Francobordo mínimo de verano	223	mm
<b>Calado máximo de verano</b>	<b>6387</b>	<b>mm</b>
Calado máximo de escantillonado	6370	mm
Calado máximo de estabilidad	4980	mm
<b>Francobordo de verano</b>	<b>1630</b>	<b>mm</b>
<b>Calado de verano</b>	<b>4980</b>	<b>mm</b>
<b>Francobordo tropical</b>	<b>1630</b>	<b>mm</b>
<b>Francobordo de invierno</b>	<b>1734</b>	<b>mm</b>
<b>Francobordo de invierno en el atlántico</b>	<b>1784</b>	<b>mm</b>
<b>Francobordo agua dulce</b>	<b>211</b>	<b>mm</b>

Tabla 2: Resultados finales de francobordo

### **3.7 Estudio de estabilidad del buque al calado de verano o aplicación de sanción por estabilidad**

El calado máximo de verano que obtenemos es de 6387mm, y tras aplicar la corrección por estabilidad, el calado de verano es de 4980mm.

Como se ha explicado al principio de este cuaderno, la norma de francobordo aplicable a este buque es el Convenio de Torremolinos, ya que se trata de un buque pesquero, y este estipula que la reserva de flotabilidad ha de ser de 50mm como mínimo. Según el Convenio de Líneas de Carga, el francobordo mínimo para nuestro buque proyecto es de 223mm.

El calado de verano 4980mm, es el mínimo entre el calado máximo de estabilidad, el calado máximo de verano y el calado máximo de escatillonado. En nuestro caso resulta que el menor de ellos es el calado máximo de estabilidad, (4980mm), que se corresponde con el calado que tendrá el buque en su condición de máxima carga (condición 5 del cuaderno 5).

El valor del calado máximo de verano es notablemente superior al calado al que navegará nuestro buque a plena carga: 6387>>4980 mm, por lo que podemos afirmar que nuestro buque no tendrá ningún problema de reserva de flotabilidad. De hecho, tenemos que aplicar una sanción de estabilidad, aumentando el francobordo ( el mínimo era 223mm), de modo que el calado de verano sea igual que el calado máximo de estabilidad.

T verano=T máximo de estabilidad=4980mm

## 4 ARQUEO

### 4.1 Introducción

En el presente apartado nos ocuparemos de calcular el arqueo de nuestro buque, apoyándonos en el Convenio Internacional sobre Arqueo de buques, Londres, 23 de junio de 1969.

#### 4.1.1 Definición de arqueo

El arqueo es el modo de medir el tamaño de los buques a partir de su volumen.

Nos referimos al arqueo de un buque como GRT: “gross register tonnage”, y se mide en unidades GT.

El arqueo neto, por su parte, se define como NRT “net register tonnage” y se mide en NT.

Las definiciones dadas por el reglamento son las siguientes:

#### Artículo 2:

4) <Arqueo bruto> es la expresión del tamaño total de un buque, determinada de acuerdo con las disposiciones del presente Convenio;

5) <Arqueo neto> es la expresión de la capacidad utilizable de un buque, determinada de acuerdo con las disposiciones del presente Convenio.

#### 4.1.2 Aplicación del Convenio de arqueo

##### ARTICULO 3

##### *Esfera de aplicación*

1) *El presente Convenio se aplica a los siguientes buques que efectúen viajes internacionales:*

- a) *Buques matriculados en países cuyo Gobierno es un Gobierno contratante;*
- b) *buques matriculados en territorios en los cuales se aplica el presente Convenio en virtud del artículo 20;*
- c) *buques no matriculados que enarboles la bandera de un Estado cuyo Gobierno es un Gobierno contratante.*

2) *El presente Convenio se aplica a:*

- a) *los nuevos buques;*
- b) *los buques existentes en los que se efectúen transformaciones o modificaciones que según el parecer de la Administración den lugar a una variación importante de su arqueo bruto;*
- c) *los buques existentes a petición del propietario, y*
- d) *todos los buques existentes, después de transcurridos doce años desde la fecha de entrada en vigor del Convenio. Sin embargo, estos buques, con exclusión de los mencionados en los apartados b) y c) de este párrafo, conservarán sus arqueos anteriores a efectos de la aplicación de las disposiciones pertinentes de otros convenios internacionales existentes.*

3) *Aquellos buques existentes a los que se aplique el presente Convenio en virtud del apartado c) del párrafo 2 de este artículo dejarán de tener sus arqueos determinados de acuerdo con los requisitos que la Administración aplicaba a los buques dedicados a viajes internacionales antes de la entrada en vigor del presente Convenio.*

Al tratarse nuestro buque proyecto de un buque de nueva construcción, sí se requiere el cumplimiento de la mencionada normativa, por tanto, calcularemos tanto el arqueo bruto como el neto, y verificaremos que nuestro buque cumple la normativa que le compete

## **4.2 Determinación de cubierta de arqueo**

La cubierta de arqueo será la cubierta principal, ya que es la última cubierta estanca al agua. Ya definimos esta cubierta como cubierta de francobordo por la misma razón, pero ahora cabe recordar que la siguiente cubierta, la cubierta superior, sí será estanca a la intemperie, pero no al agua, debido a la escotilla del parque de pesca.

Necesitamos definir la cubierta de arqueo porque el volumen de espacios cerrados será igual al volumen del casco hasta la cubierta de arqueo, más el volumen de los espacios por encima de esta cubierta de arqueo.

El volumen bajo la cubierta de arqueo lo conocemos de forma precisa gracias al programa Maxsurf, donde hemos modelado el casco, sin embargo, no hemos modelado las cubiertas superiores, por lo que tendremos que estimar ese volumen.

## **4.3 Cálculo de las características reglamentarias**

### **4.3.1 Eslora**

#### **ARTÍCULO 2: DEFINICIONES**

8) *El término <eslora> significa el 96 por 100 de la eslora total en una flotación situada a una altura sobre el canto superior de la quilla igual al 85 por 100 del puntal mínimo de trazado, o la eslora desde la cara de proa de la roda al eje de la mecha del timón en esta flotación, si este último valor es mayor. En los buques proyectados con asiento de quilla, la flotación en la que se ha de medir la eslora debe ser paralela a la flotación prevista en el proyecto;*

Por lo tanto, la eslora para los cálculos de arqueo será igual a la eslora que tomamos para los cálculos de francobordo:  $L=61,728\text{m}$ .

### **4.3.2 Manga**

#### **ANEXO I. REGLA 2**

##### **3) Manga.**

*La manga es la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo, fuera de miembros en los buques de forro metálico, o fuera de forros en los buques de forro no metálico.*

Se tomará la manga máxima del buque, igual a  $B=15\text{m}$ .

### 4.3.3 Puntal

#### ANEXO I. REGLA 2

##### 2) Puntal de trazado.

a) El puntal de trazado es la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado. En los buques de madera y en los de construcción mixta esta distancia se medirá desde el canto inferior del alefriz. Cuando la forma de la parte inferior de la cuaderna maestra es cóncava o cuando existen tracas de aparadura de gran espesor, esta distancia se medirá desde el punto en que la línea del plano del fondo, prolongada hacia el interior, corte el costado de la quilla.

b) En los buques que tengan trancaniles redondeados el puntal de trazado se medirá hasta el punto de intersección de la línea de trazado de la cubierta con la de las chapas de costado del foro prolongando las líneas como si el trancanil fuera de forma angular.

c) Cuando la cubierta superior sea escalonada y la parte elevada de dicha cubierta pase por encima del punto en el que ha de determinarse el puntal de trazado éste se medirá hasta una línea de referencia que se obtiene prolongando la parte más baja de la cubierta paralelamente a la parte más elevada.

El puntal de trazado será igual al puntal a la cubierta principal  $D_{cp}=6,6m$

### 4.3.4 Número de pasajeros

Entendemos por pasajeros todas aquellas personas que estén a bordo del buque y no sean miembros de la tripulación.

En nuestro caso, al tratarse de un buque pesquero, tendremos 32 tripulantes, pero ningún pasajero.

## 4.4 Cálculo del volumen bajo la cubierta de arqueo

Como hemos determinado antes, la cubierta de arqueo será la cubierta principal, por lo que podemos conocer el volumen bajo la misma gracias al modelo del casco del buque que hemos realizado en Maxsurf.

Adjuntamos hidrostáticas a un calado igual al puntal de diseño  $T=D_{cp}=6,6m$

Hydrostatics at DWL



	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4378	t
2	Volume (displaced)	4271,273	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	6,600	m

Tenemos entonces, un volumen bajo la cubierta de arqueo de  $V=4271,2m^3$

## 4.5 Cálculo del volumen sobre la cubierta de arqueo

Para calcular el volumen en las cubiertas superiores a la cubierta principal, lo estimaremos, ya que conocemos todas las dimensiones.

Adjuntamos una tabla con las dimensiones y el volumen resultante de cada cubierta:

Cubierta	Eslora (m)	Manga media (m)	Altura (m)	Volumen (m3)
Cubierta principal	64,8	15	2,8	2721,6
Cubierta superior	60	8	2,8	1344
Cubierta castillo bajo	36,5	12	2,8	1226,4
Cubierta castillo alto	22,7	12	2,8	762,72
Cubierta puente	11,5	10	4,45	511,75
Volumen total sobre cubierta de arqueo				6566,47

**Tabla 3: Estimación volumen sobre cubierta de arqueo**

Podemos comprobar las dimensiones de estas cubiertas en el plano de disposición general, del cuaderno 7.

## 4.6 Cálculo del arqueo bruto

Para realizar los cálculos de arqueo bruto necesitamos conocer el volumen total del buque, tanto bajo la cubierta de arqueo como sobre ella:

Volumen total		
Volumen bajo cubierta de arqueo	4271,2	m3
Volumen sobre cubierta de arqueo	6566,47	m3
<b>TOTAL</b>	<b>10837,67</b>	<b>m3</b>

Calcularemos el arqueo bruto de nuestro buque (GT) aplicando la siguiente formulación:

$$GT = K1 * V$$

$$K1 = 0,2 + 0,02 * \log_{10}V$$

Donde:

GT es el arqueo bruto del buque

V es el volumen total de todos los espacios cerrados del buque

K1 se obtiene o bien por formulación, o bien el valor de la siguiente tabla:

**APENDICE 3**  
 Coeficientes  $K_1$  y  $K_2$  mencionados en las Reglas 3 y 4 (J).  
 $V$  ó  $V_e$  = Volumen en metros cúbicos

$V$ ó $V_e$	$K_1$ ó $K_2$	$V$ ó $V_e$	$K_1$ ó $K_2$
10	0,2300	90.000	0,3391
20	0,2360	95.000	0,3396
30	0,2395	100.000	0,3400
40	0,2380	110.000	0,3405
50	0,2340	120.000	0,3416
60	0,2355	130.000	0,3423
70	0,2369	140.000	0,3429
80	0,2381	150.000	0,3435
90	0,2391	160.000	0,3441
100	0,2400	170.000	0,3446
200	0,2460	180.000	0,3451
300	0,2495	190.000	0,3456
400	0,2520	200.000	0,3460
500	0,2540	210.000	0,3464
600	0,2555	220.000	0,3468
700	0,2569	230.000	0,3472
800	0,2581	240.000	0,3475
900	0,2591	250.000	0,3480
1.000	0,2600	260.000	0,3483
2.000	0,2650	270.000	0,3486
3.000	0,2695	280.000	0,3490
4.000	0,2720	290.000	0,3492
5.000	0,2740	300.000	0,3495
6.000	0,2755	310.000	0,3498
7.000	0,2769	320.000	0,3501
8.000	0,2791	330.000	0,3504
9.000	0,2791	340.000	0,3506
10.000	0,2800	350.000	0,3509
15.000	0,2835	360.000	0,3511
20.000	0,2850	370.000	0,3514
25.000	0,2860	380.000	0,3516
30.000	0,2895	390.000	0,3518
35.000	0,2909	400.000	0,3520
40.000	0,2920	410.000	0,3523
45.000	0,2931	420.000	0,3525
50.000	0,2940	430.000	0,3527
55.000	0,2949	440.000	0,3529
60.000	0,2956	450.000	0,3531
65.000	0,2963	460.000	0,3533
70.000	0,2969	470.000	0,3534
75.000	0,2975	480.000	0,3536
80.000	0,2981	490.000	0,3538
85.000	0,2985	500.000	0,3540

Optamos por calcular el valor de  $k_1$  con el fin de obtener una constante más exacta que la podrías tener interpolando los datos de la tabla:

$$K_1 = 0,2 + 0,02 * \log_{10} 10837,6 = 0.2806$$

Procedemos a calcular el arqueo bruto entonces:

$$GT = 0,280 * 10837,6 = 3035$$

**Arqueo bruto=3035 GT**

## 4.7 Cálculo del volumen de carga

El volumen de carga se ha calculado en el cuaderno 4, considerando el aislamiento de las bodegas y el espacio necesario para el transporte de pallets dentro de las bodegas.

Repetimos la justificación del volumen de carga:

La carga que llevaremos en nuestra bodegas será pescado blanco congelado y paletizado, cuya densidad es de 0,63t/m3 según *Anexo II (Estabilidad y francobordo)*, "BOE" núm. 131, de 1 de junio de 2007.

Para calcular el peso de estas bodegas tenemos que considerar el aislante, que metemos como dato en el factor de densidad (0,97). Multiplicando esta densidad el aislante por la densidad de la carga almacenada tenemos que el factor de densidad a introducir en Maxsurf es:

$$\text{factor densidad} = 0,63 * 0,97 = 0.611t/m^3$$

Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity
Bodega principal	Tank	100	100	0,611
Bodega entrepuente	Tank	100	100	0,611

**Ilustración 2: densidad bodegas**

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3
Bodega principal	85%	897,050	762,492	1468,166	1247,941
Bodega entrepuente	85%	193,998	164,898	317,509	269,882
<b>TOTAL BODEGAS</b>	<b>85%</b>	<b>1091,047</b>	<b>927,390</b>	<b>1785,675</b>	<b>1517,824</b>

**Ilustración 3: Peso y capacidad máxima de bodegas**

En este apartado calculamos el volumen total de las bodegas, al 85% de su capacidad, porque las bodegas nunca tendrán el 100% de su volumen ocupado por pescado: dentro de la bodega principal hay escaleras, un tronco de escaleras de salida de emergencia y el hueco del montacargas, además de las carretillas elevadoras. La capacidad máxima que estimaremos para la bodega principal será del 85% como podemos ver en la captura de Maxsurf, y cuando esta esté al 85%, llena, se llenará la bodega de entrepuente.

Concluimos entonces que el volumen de bodegas es de 1517,8m<sup>3</sup>, que cumple con la RPA de nuestro buque.

## 4.8 Cálculo del arqueo neto

El arqueo neto de un buque (NT), se calcula aplicando la siguiente formulación:

$$NT = k2 * Vcarga * \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + k3 * (N1 + \left(\frac{N2}{10}\right))$$

$$K2 = 0,2 + 0,02 * \log_{10} Vcarga$$

$$K3 = \frac{1,25 * (GT + 10.000)}{10.000}$$

Donde:

El volumen de carga es 1517,8m<sup>3</sup>

D es el puntal de trazado, 6,6m

d es el calado de verano, 4,98m

N1 será el número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas

N2 será el número de los demás pasajeros, pero como ya hemos dicho antes, en nuestro buque no habrá pasajeros.

Para aplicar estas fórmulas, tenemos que tener en cuenta las siguientes restricciones:

$$\frac{4d^2}{3D} \leq 1$$

$$K2 * Vol carga * \frac{4d^2}{3D} \geq 0,25 * GT$$

$$NT \geq 0,3 * GT$$

Aplicamos la formulación:

$$K3 = \frac{1,25 * (3343 + 10.000)}{10.000} = 1,66, \text{ pero no lo necesitamos, ya que } N1 = N2 = 0$$

$$K2 = 0,2 + 0,02 * \log_{10} 1941 = 0,265$$

$$NT = 0,265 * 1517,8 * \left(\frac{4 * 4,98}{3 * 6,6}\right)^2 = 407 NT$$

Y comprobamos:

$$\frac{4d^2}{3D} \leq 1$$

$$\left(\frac{4 * 4.98}{3 * 6.6}\right)^2 = 1,01 > 1 \text{ así que aceptamos un valor de } 1$$

$$NT = 0.265 * 1517,8 * 1 = 402,2 \text{ NT}$$

$$K2 * Vol \text{ carga} * \frac{4d^2}{3D} \geq 0,25 * GT$$

$$0.265 * 1517,8 * \left(\frac{4 * 4.98}{3 * 6.6}\right)^2 = 407 < 758,75 \text{ por lo que aceptamos el valor de } 758,75$$

$$NT \geq 0,3 * GT$$

$$402,2 < 910,5 \text{ así que } NT = 910,5$$

Aceptamos que nuestro arqueo neto tendrá un valor de, como mínimo, el 30% del arqueo bruto de nuestro buque, así que aceptamos que **NT=910,5**, valor que cumple con todas las restricciones.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE LA MARINA MERCANTE, 2004. Convenio internacional sobre líneas de carga de 1966 y Protocolo de 1988. 2004. Ministerio de Fomento.

IMO, 1997. CONVENIO INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD DE LOS BUQUES PESQUEROS. TORREMOLINOS - 77.

OMI, 1969. Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques. 1969.

## **6 ANEXO I: HOJA DE CÁLCULO FRANCOBORDO**

**INTERNATIONAL CONVENTION ON LOAD LINES 1966/1988**

Moulded Breadth (B)	15 m
Least Moulded Depth	6,6 m
85% Least Moulded Depth	5,61 m
Freeboard deck thickness at side	10 mm
Freeboard Depth (D)	6,61 m
Lenght of the waterline at 5,61 m of depth	64,3 m
Lenght betw. Perp. at 5,61 m of depth	61,17 m
Freeboard Lenght (L)	61,728 m
Volume without appendages at 5,61 m of depth	3525 m <sup>3</sup>
Block coefficient	0,678
Recess in freeboard deck, side to side, of <i>Upper line of the exposed deck is the freeboard deck</i>	0 m < 1m

**R-27 Types of ships** *Applicable*

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

**R-28 Tabular Freeboard** *Applicable*

<i>Table</i>	
<i>L</i>	<i>freeboard</i>
61	587
62	601

<i>L</i>	<i>freeboard</i>
61,728	598

R-28 598

**R-29 Correction for ships under 100 m in length**

*Not Applicable*

Effective length of superstructure (E) 61,728 m  
 Length of trunks 0 m  
 Effective length of superstructure (E1) 61,728 m

R-29

**R-30 Correction for block coefficient**

*Not Applicable*

R-28	598
R-29	
freeboard	598

Factor 1

R-30

**R-31 Correction for depth**

*Applicable*

Enclosed superstructure length 61,728 m >0.6\*L  
 Height of superstructure 2,8 m  
 Standard Height 1,8 m

R 128,6 Standard Height correction 1  
 Correction 321

R-31 321

**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 m<sup>3</sup>  
 Waterplane area at 5,61 m draft m<sup>2</sup>

R-32.1

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

*Applicable*

<i>Raised quarterdeck</i>	<i>All Other superstructures</i>
2,8	1,8

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

*Applicable*

<i>Superstructure</i>	<i>Lenght (S)</i>	<i>Sup. br. (b)</i>	<i>Ship br. (Bs)</i>	<i>Height</i>	<i>Effective Lenght ( E )</i>
Superestructura continua	61,728	15,000	15,000	2,800	61,728

<i>Raised quarterdeck</i>	<i>Lenght (S)</i>	<i>Sup. br. (b)</i>	<i>Ship br. (Bs)</i>	<i>Height</i>	<i>Effective Lenght ( E )</i>

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

*Applicable*

<i>Trunk</i>	<i>Lenght (S)</i>	<i>Sup. br. (b)</i>	<i>Ship br. (Bs)</i>	<i>Height</i>	<i>Effective Lenght ( E )</i>

**R-37 Deduction for superstructures and trunks**

*Applicable*

*Lenght of Superstructure* 61,728 m  
*Lenght of Trunks* 0 m  
*Effective Lenght ( E )* 61,728 m

Effective Length ( E )

Deduction for 1L

1 \*L  
665 mm

E	%
1	100
1	100
1	100

R-37	-665
------	------

R-38 Sheer	Applicable
------------	------------

Perfil de arrufo normal			
Posición	Normal	Factor	Producto
Perpendicular de popa	764	1	764
1/6 L desde la Ppp	339	3	1017
1/3 L desde la Ppp	86	3	258
Centro del barco	0	1	0
Centro del barco	0	1	0
1/3 L desde la Ppr	171	3	513
1/6 L desde la Ppr	679	3	2037
Perpendicular de proa	1529	1	1529
			Arrufo popa 2039
			Arrufo proa 4079

Perfil de arrufo real					
Station	Ordinate	Sum for Le=L	Total	Factor	Product
Perpendicular de popa	0	1000	1000	1	1000
1/6 L desde la Ppp	0	444	444	3	1332
1/3 L desde la Ppp	0	111	111	3	333
Centro del barco	0	0	0	1	0
Centro del barco	0	0	0	1	0
1/3 L desde la Ppr	0	111	111	3	333
1/6 L desde la Ppr	0	444	444	3	1332
					After Sheer 2665

Perpendicular de proa	0	1000	1000	1	1000	Forward Sheer	2665
-----------------------	---	------	------	---	------	---------------	------

No reduction be allowed for the After Sheer

Corrected After Product Difference                    0  
 Corrected Forward Product Difference                -1414

Sheer credit for poop or forecastle

	Real	Standard	Difference	s	L
<b>Castillo bajo</b>	2800	1800	1000	211	39

After Sheer variation                                    210  
 Forward Sheer variation                                33  
 Sheer variation                                            121

Total lenght of enclosed superstructures (S1)                    61,728 m  
 Extension in midships of superstructures (over L)                1 \*L

Factor                                                            0,25 Correction                                    -31 mm  
*Freeboard correction with superstructure lenght correction is -31 mm*

Freeboard correction                                        -31 mm  
*Maximun freeboard correction for Sheer is -78 mm*

R-38	-31
------	-----

<b>R-39.1 Minimum bow height</b>	<i>Applicable</i>
----------------------------------	-------------------

Waterplane area forward of L/2 at draught d1 (Awf) 412,03 m2

L	61,728	d1	5,61
B	15	Cb	0,67
		Cwf	0,89

Minimum bow height (Fb) 2778 mm

Bow depth corrected for R39	10 m
Minimum bow height freeboard	-612 mm
Salt water freeboard	223 mm

R-39.1	0
--------	---

<b>R-39.2 Reserve of bouyancy</b>	<i>Applicable</i>
-----------------------------------	-------------------

F0	598 mm
f1	1
f2	321 mm
fmin	919 mm

Minimum projected area	16,06 m2
Actual projected area	79,80 m2
Freeboard correction	0 mm

R-39.2	0
--------	---

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

Minimum freeboard without R-32 50 mm

R-28	598 mm	Francobordo en agua salada	223 mm
R-29		Francobordo mínimo de verano	223 mm
R-30		<b>Calado máximo de verano</b>	<b>6387 mm</b>

R-31	321	mm			
R-32.1		mm	Calado máximo de escantillonado	6370	mm
R-37	-665	mm	Calado máximo de estabilidad	4980	mm
R-38	-31	mm			
<b>Sum</b>	<b>223</b>	<b>mm</b>			
			<b>Francobordo de verano</b>	<b>1630</b>	<b>mm</b>
R-39.1	0	mm	<b>Calado de verano</b>	<b>4980</b>	<b>mm</b>
R-39.2	0	mm	<b>Francobordo tropical</b>	<b>1630</b>	<b>mm</b>
<b>Sum</b>	<b>223</b>	<b>mm</b>	<b>Francobordo de invierno</b>	<b>1734</b>	<b>mm</b>
			<b>Francobordo de invierno en el atlántico</b>	<b>1784</b>	<b>mm</b>
R-32	0	mm	<b>Francobordo agua dulce</b>	<b>211</b>	<b>mm</b>

Displacement at 4,98 m

4124,78 ton

TPCM at 4,98 m

8,043 ton/cm