



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster
CURSO 2017/18

*BUQUE ATUNERO AL CERCO CONGELADOR DE
2.950 M³ DE CAPACIDAD DE CUBAS*

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Miguel Ángel Castro Gómez

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

OCTUBRE 2017

1 TÍTULO Y RESUMEN:

Título: Buque atunero al cerco congelador de 2.950 m³ de capacidad de cubas.

El presente proyecto va a abordar el desarrollo de los distintos cuadernos que configuran el diseño general de un buque atunero al cerco congelador. Las características más significativas del atunero que se va a desarrollar son su capacidad de cubas (2.950 m³), su autonomía (30 días), su velocidad de servicio (17 nudos) y su propulsión (mediante motor diesel convencional).

Los cuadernos recogerán respectivamente los siguientes aspectos: elección de alternativas en cuanto a las dimensiones del buque y selección de las dimensiones en función de una cifra de mérito, cálculo de pesos y centros de gravedad, diseño de formas, cálculos de arquitectura naval, determinación de las situaciones de carga, predicción de potencia y diseño de propulsores, disposición general, cálculo de la cuaderna maestra, determinación del francobordo y arqueado, definición de la planta propulsora, de la planta eléctrica, de los distintos equipos y servicios y estudio de la viabilidad económica.

Título: Buque atunero ó cerco conxelador de 2.950 m³ de capacidade de cubas.

O presente proxecto vai a abordar o desenrolo dos distintos cadernos que conforman o deseño xeral dun buque atunero ó cerco conxelador. As características máis significativas do atunero que se desenrolará son a súa capacidade de cubas (2950 m³), a súa autonomía (30 días), a súa velocidade de servizo (17 nudos) e a súa propulsión (motor diésel convencional).

Os cadernos recollerán respectivamente os seguintes aspectos: elección de alternativas en canto ás dimensións do buque e selección das dimensións en función dunha cifra de mérito, cálculo de pesos e centros de gravidade, deseño de formas, cálculos de arquitectura naval, determinación das situación de carga, predición de potencia e deseño de propulsores, disposición xeral, cálculo da caderna mestra, determinación do francobordo e o arqueado, definición da planta propulsora, da planta eléctrica, dos distintos equipos e servizos e estudo da viabilidade económica.

Title: 2.950 m³ capacity tuna purse seiner.

This project will address the development of the different notebooks that compose the general design of a tuna purse seiner. The most significant characteristics of tuna vessel are: capacity (2.950 m³), autonomy (30 days), speed of service (17 knots) and the propulsion (conventional diesel engine).

The notebooks will cover the following aspects: choice of alternatives as to vessel size and selection of dimensions according to a figure of merit, weight calculation and centers of gravity, shapes design, calculation of naval architecture, determination of loading situations, power prediction and propeller design, general layout, calculation of the midship section, determination of freeboard and tonnage, definition of the propeller floor, of the electric floor, of the different equipment and services and study of economic viability.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2017/18

*BUQUE ATUNERO AL CERCO CONGELADOR DE
2.950 M³ DE CAPACIDAD DE CUBAS*

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

Documento

CUADERNO 8: CUADERNA MAESTRA.

2 ÍNDICE

1 TÍTULO Y RESUMEN:	2
2 ÍNDICE.....	4
3 INTRODUCCIÓN:	7
4 DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA:	8
4.1 Zona del doble fondo:	8
4.2 Zona de cubas de pescado:.....	8
4.3 Zona de entrepuente:.....	8
5 DEFINICIONES GENERALES:	9
5.1 Calado de escantillonado:.....	9
5.2 Eslora de escantillonado:.....	9
5.3 Manga de trazado:	9
5.4 Puntal:	10
5.5 Coeficiente de bloque de escantillonado:.....	10
5.6 Resumen dimensiones finales de escantillonado:.....	10
6 MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN:	11
7 PARÁMETROS DE DISEÑO:.....	12
7.1 Coeficientes de navegación:	12
7.2 Parámetros de ola:.....	12
7.3 Número de Froude:.....	12
7.4 Parámetros de movimiento y aceleración:	13
7.5 Referencias de movimientos relativos:.....	13
8 MOVIMIENTOS Y ACELERACIONES ABSOLUTAS DEL BUQUE:	14
8.1 Aceleración de largada:	14
8.2 Aceleración de arfada:	14
8.3 Amplitud, período y aceleración del cabeceo:.....	14
8.4 Valor de referencia para las aceleraciones:	14
9 Resumen de los parámetros de partida:.....	15
10 CÁLCULO DE PRESIONES Y DIMENSIONAMIENTO:	16
10.1 Estructura del fondo:.....	16
10.1.1 Chapa de quilla:.....	17
10.1.2 Chapa de fondo:	19
10.1.3 Chapa de pantoque:	21
10.1.4 Chapa de doble fondo:.....	24
10.1.5 Vagra central:	26

10.1.6 Vagra lateral:	28
10.1.7 Varenga:	30
10.2 Estructura de costado y de cubiertas:	33
10.2.1 Cuaderna bajo cubierta de francobordo:	34
10.2.2 Cuaderna bajo cubierta superior:	38
10.2.3 Chapa de costado bajo cubierta de francobordo:	42
10.2.4 Chapa de costado bajo cubierta superior:	45
10.2.5 Chapa de cubierta de francobordo:	48
10.2.6 Chapa de cubierta superior:	51
10.2.7 Bao de cubierta de francobordo:	54
10.2.8 Bao de cubierta superior:	56
10.2.9 Refuerzos longitudinales de costado:	58
10.2.10 Refuerzos longitudinales mamparo central:	60
10.2.11 Refuerzos longitudinales de cubierta de francobordo:	62
10.2.12 Refuerzos longitudinales de cubierta superior:	64
11 RESUMEN DEL ESCANTILLONADO:	66
12 CÁLCULO DEL MÓDULO RESISTENTE DE LA CUADERNA MAESTRA:	67
12.1 Método de cálculo:	67
12.2 Proceso de cálculo:	69
12.3 Comprobación de los datos obtenidos:	71
13 ANEXOS:	73
13.1 Anexo I: Cuaderna maestra:	73
13.2 Anexo II: Prontuarios perfiles:	74



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

CURSO 2.017-2018

PROYECTO NÚMERO 18-04

TIPO DE BUQUE: BUQUE ATUNERO AL CERCO CONGELADOR.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: BUREAU VERITAS, TORREMOLINOS, MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 2.950 m³ de capacidad de cubas de carga de pescado.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: Velocidad de servicio, 17 nudos al 85% MCR y 15% margen de mar. 30 días de autonomía, 14.000 millas.

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

PROPULSIÓN: Motor diesel con reductora.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 32 personas.

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

Ferrol, Octubre de 2017

ALUMNO: D. MIGUEL ÁNGEL CASTRO GÓMEZ.

3 INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente cuaderno es definir la estructura del buque correspondiente a la cuaderna maestra, a través del cálculo de los distintos elementos que la constituyen siguiendo el reglamento de la sociedad clasificadora del buque, la Bureau Veritas.

Las partes que desarrollaremos serán las siguientes:

- Definición y caracterización de la estructura.
- Cálculo de los parámetros de diseño.
- Movimientos y aceleraciones absolutas del buque.
- Cálculo del escantillonado.

Para todos los cálculos a realizar necesitamos conocer las dimensiones principales del buque, que han sido obtenidas en cuadernos anteriores, y que presentamos a continuación:

Lt [m]	Lpp [m]	B [m]	Dprinc [m]	Dsup [m]	Tm [m]
109,00	94,50	15,60	7,50	10,10	6,80
Fn	Cp	Cm	Cb	Cf	Δ [Tn]
0,287	0,589	0,987	0,582	0,755	6273

Para llevar a cabo este cuaderno es necesario partir de una serie de premisas del buque proyecto, que son las siguientes:

- La cuaderna maestra es la cuaderna 69, que se encuentra situada a 47,1 m. a proa de la perpendicular de popa. Siendo esta una sección tipo del centro del buque. Se selecciona por su posición longitudinal y por la disposición de refuerzos que en ella se encuentran, siendo de las más representativas de la estructura central del buque.
- Los elementos que constituyen la estructura del buque pueden separarse en dos grupos:
 - Elementos que contribuyen a la Resistencia longitudinal.
 - Elementos que contribuyen a la Resistencia transversal.
- El buque posee de doble fondo a lo largo de toda su eslora.

4 DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA:

Los dos criterios fundamentales a la hora de definir la estructura del buque son: que se garantice la estanqueidad interior del buque y resistir los esfuerzos a los que se va a ver sometido. Además la estructura deberá de estar orientada a permitir una adecuada compartimentación interior.

El puente de gobierno y el castillo de proa no serán objeto de estudio en el proyecto, dado que son zonas donde no se producen grandes esfuerzos, además de contar con gran número de ventanas. Estas dos zonas contarán con un reforzado transversal.

Las zonas de popa y proa del casco tendrán los espesores sobredimensionados, al estar sometidos a esfuerzos mayores producidos por los golpes de mar.

4.1 Zona del doble fondo:

Esta zona adoptará un tipo de estructura transversal, contando a lo largo de toda ella con una quilla de cajón.

4.2 Zona de cubas de pescado:

Con el objetivo de conseguir un volumen de bodegas mayor y un mejor aprovechamiento del espacio, la zona de cubas dispondrá de estructura longitudinal.

El reforzado empleado en esta zona, pese a comportarse peor que los perfiles de tipo bulbo, será de tipo "L", dado que permiten un mejor acoplamiento del aislamiento de las cubas a la estructura.

4.3 Zona de entrepuente:

La zona comprendida entre la cubierta principal y la superior dispondrá de un tipo de estructura longitudinal, ya que por su distancia al eje neutro esta estructura contribuirá en gran medida a la resistencia longitudinal del buque.

Por encima de la cubierta superior, como hemos dicho anteriormente, no se hará estudio estructural ya que no afecta al cálculo de la cuaderna maestra.

5 DEFINICIONES GENERALES:

En la parte B, capítulo 1, sección 2 del Bureau Veritas no encontramos con las definiciones necesarias para poder realizar los cálculos de las dimensiones principales del buque que han de aplicarse a su vez en los cálculos a desarrollar en el presente cuaderno, y que son las siguientes:

5.1 Calado de escantillonado:

El calado de escantillonado será aquella distancia vertical medida en la sección media del buque desde la línea base hasta la línea de flotación en la condición de máxima carga. En el reglamento se define este como el correspondiente al francobordo de verano, ya que por normativa el buque nunca podrá navegar a un calado superior.

Sin embargo, para garantizar la estabilidad estructural para un calado superior, en caso de que el buque sufra una avería o se pudieran haber cometido errores en el cálculo del peso en rosca, se tomará como calado de escantillonado un valor superior al calado máximo obtenido mediante el estudio de las condiciones de carga en el cuaderno 5:

CONDICIONES DE CARGA ESTUDIADAS		Δ [Tn]	T_{MEDIO} [m]
CC1	Salida de puerto (100% consumos y 0% de carga)	5480	6,030
CC2	Salida de caladero (35% consumos y 100% carga)	5824	6,436
CC3	Llegada a puerto máxima carga (10% consumos y 100% carga)	5564	6,063
CC4	Llegada a puerto mínima carga (10% consumos y 20% carga)	4203	4,866

Como se comprueba en la tabla anterior, el calado mayor se da en la condición de carga de salida del caladero. Fijaremos por tanto como calado de escantillonado un valor superior a este:

$$T_{ESC} = 6,94 \text{ mm.}$$

5.2 Eslora de escantillonado:

Se define como eslora de escantillonado a la distancia (en metros) medida en la flotación para el calado de escantillonado. Esta eslora no puede ser menor del máximo entre el 96% de la eslora total para el calado de escantillonado y la eslora entre perpendiculares del buque, ni mayor del 97% de la eslora para el calado de escantillonado, en el calado de verano. Tenemos por tanto que cumplir:

$$\text{Mayor } [96\% \cdot L_{CALADO \text{ ESCANTILLONADO}} \text{ o } L_{pp}] < L_{ESC} < 97\% \cdot L_{CALADO \text{ ESCANTILLONADO}}$$

- $L_{CALADO \text{ ESCANTILLONADO}} = 102,30 \text{ m.} \rightarrow 96\% \cdot L_{CALADO \text{ ESCANTILLONADO}} = 98,20 \text{ m.}$
- $L_{pp} = 94,50 \text{ m.}$
- $97\% \cdot L_{CALADO \text{ ESCANTILLONADO}} = 99,23 \text{ m.}$

La eslora de escantillonado será por tanto:

$$L_{ESC} = 98,80 \text{ mm.}$$

5.3 Manga de trazado:

La manga de trazado es la manga máxima medida en el centro del buque, bajo la cubierta resistente:

$$B = 15,60 \text{ mm.}$$

5.4 Puntal:

Se admite como puntal el definido por el reglamento como la distancia vertical (en metros) desde la línea de base hasta la cubierta continua más alta, medida en el centro del buque:

$$D = 10,10 \text{ mm.}$$

5.5 Coeficiente de bloque de escantillonado:

El coeficiente de bloque para las dimensiones de escantillonado toma el siguiente valor:

$$C_B = \frac{\Delta}{1,025 \cdot L_{ESC} \cdot B_{ESC} \cdot T_{ESC}} = \frac{6273}{1,025 \cdot 98,80 \cdot 15,60 \cdot 6,94} = 0,572$$

5.6 Resumen dimensiones finales de escantillonado:

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las dimensiones de escantillonado calculadas anteriormente:

L_{ESCANTILLONADO}	98,80 m.
B	15,60 m.
T_{ESCANTILLONADO}	6,94 m.
D	10,10 m.
C_B	0,572

6 MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN:

Se elegirá el tipo de acero (ya que va a tener incidencia en los cálculos estructurales) de acuerdo a las indicaciones del reglamento del Bureau Veritas en la parte B, Ch. 4, secc 1.

En este caso, será acero de calidad "A", cuyas características se presentan en la siguiente tabla extraída del reglamento:

Table 1 : Mechanical properties of hull steels

Steel grades $t \leq 100$ mm	Minimum yield stress R_{eH} , in N/mm ²	Ultimate minimum tensile strength R_m , in N/mm ²
A-B-D-E	235	400 - 520
AH32-DH32-EH32 FH32	315	440 - 590
AH36-DH36-EH36 FH36	355	490 - 620
AH40-DH40-EH40 FH40	390	510 - 650

Note 1: Ref.: NR216 Materials and Welding, Ch 2, Sec 1, [2]

El acero seleccionado tiene las siguientes características:

- Módulo de Young: $E = 2,06 \cdot 10^5$ N/mm².
- Tensión elástica mínima: $R_{EH} = 235$ N/mm².
- Coeficiente K del material: $K = 1$ (valor extraído de la Parte B, Ch 4, Secc. 1, Tabla2):

Table 2 : Material factor k

R_{eH} , in N/mm ²	k
235	1,00
315	0,78
355	0,72
390	0,68

7 PARÁMETROS DE DISEÑO:

Para determinar los parámetros de diseño aplicables a los cálculos a desarrollar en el cuaderno, tenemos que recurrir al capítulo 8 de la parte B del reglamento, siendo estos los siguientes:

7.1 Coeficientes de navegación:

Para la determinación de las cargas de diseño, lo primero que hay que definir es si el buque navegará por alguna zona que presente restricciones a la navegación. Dado que se asume que no navegará por ninguna zona con restricciones, atendiendo a la siguiente tabla presente en el reglamento:

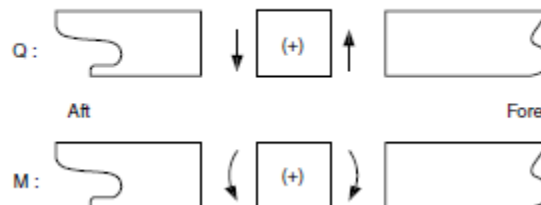
Table 1 : Navigation coefficients

Navigation notation	Navigation coefficient n	Navigation coefficient n ₁
Unrestricted navigation	1,00	1,00
Summer zone	0,90	0,95
Tropical zone	0,80	0,90
Coastal area	0,80	0,90
Sheltered area	0,65	0,80

Se tomarán como coeficientes de navegación: **n = 1 y n₁ = 1.**

El criterio de signos establecido por el reglamento es el siguiente:

Figure 1 : Sign conventions for shear forces Q and bending moments M



7.2 Parámetros de ola:

A continuación se definirán los parámetros que definen la ola, según prescribe el reglamento:

$$C = (118 - 0,36 \cdot L_{ESC}) \cdot \frac{L_{ESC}}{1000} = (118 - 0,36 \cdot 98,80) \cdot \frac{98,80}{1000} = 8,14 \rightarrow \mathbf{C = 8,14}$$

$$H_W = 11,44 - \left(\frac{L_{ESC} - 250}{110}\right)^3 = H_W = 11,44 - \left(\frac{98,80 - 250}{110}\right)^3 = 9,55 \rightarrow \mathbf{H_W = 9,55 \text{ m}}$$

7.3 Número de Froude:

$$Fn = 0,164 \cdot \frac{V}{\sqrt{L}} = 0,164 \cdot \frac{17}{\sqrt{98,80}} = 0,28 \rightarrow \mathbf{Fn = 0,28}$$

7.4 Parámetros de movimiento y aceleración:

$$a_b = n \cdot (0,76 \cdot F_n + 1,875 \cdot \frac{H_w}{L_{ESC}}) = 1 \cdot (0,76 \cdot 0,28 + 1,875 \cdot \frac{9,55}{98,80}) = 0,39 \rightarrow$$

$$a_b = 0,39 \text{ m/s}^2$$

7.5 Referencias de movimientos relativos:

Para los movimientos relativos, la posición vertical del punto de referencia en la zona media del buque se define con la siguiente expresión:

$$h_1 = 0,42 \cdot n \cdot C \cdot (C_B + 0,7) = 0,42 \cdot 1 \cdot 8,14 \cdot (0,572 + 0,7) \rightarrow h_1 = 4,35 \text{ m}$$

8 MOVIMIENTOS Y ACELERACIONES ABSOLUTAS DEL BUQUE:

8.1 Aceleración de largada:

Siguiendo lo indicado en el reglamento tomaremos esta velocidad como:

$$a_{su} = 0,5 \text{ m/s}^2.$$

8.2 Aceleración de arfada:

El reglamento presenta la siguiente formulación para calcularla:

$$a_h = a_b \cdot 9,81 = 0,39 \cdot 9,81 = 3,83 \text{ m/s}^2 \rightarrow a_h = 3,83 \text{ m/s}^2$$

8.3 Amplitud, período y aceleración del cabeceo:

Amplitud:

$$A_p = 0,328 \cdot a_b \cdot \left(1,32 - \frac{h_w}{L_{ESC}}\right) \cdot \left(\frac{0,6}{C_B}\right)^{0,75} = 0,328 \cdot 0,39 \cdot \left(1,32 - \frac{9,55}{98,80}\right) \cdot \left(\frac{0,6}{0,572}\right)^{0,75} \rightarrow$$

$$A_p = 0,162 \text{ m}$$

Período:

$$T_p = 0,575 \cdot \sqrt{L_{ESC}} = 0,575 \cdot \sqrt{98,80} = 5,72 \rightarrow T_p = 5,72 \text{ s.}$$

Aceleración:

$$a_p = A_p \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T_p}\right)^2 = 0,162 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{5,72}\right)^2 = 0,20 \rightarrow a_p = 0,20 \text{ m/s}^2$$

8.4 Valor de referencia para las aceleraciones:

$$a_{z1} = \sqrt{a_h^2 + a_p^2 \cdot K_x \cdot L_{ESC}^2} = \sqrt{3,83^2 + 0,20^2 \cdot 0,018 \cdot 98,80^2} = 4,65 \rightarrow a_{z1} = 4,65$$

Donde:

$$K_x = 1,2 \cdot \left(\frac{x}{L_{ESC}}\right)^2 - 1,1 \cdot \frac{x}{L_{ESC}} + 0,2$$

El valor de K_x no será menor de 0,018, por lo que para hacer el cálculo en el caso más desfavorable será el valor que tomemos.

9 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA:

Mostramos a continuación una tabla resumen de todos los resultados obtenidos anteriormente, de los que partiremos para poder hacer los cálculos del presente cuaderno:

Eslora de escantillonado (L_{ESC})	98,80 m.
Manga de trazado (B)	15,60 m.
Calado de escantillonado (T_{ESC})	6,94 m.
Puntal (D)	10,10 m.
Coeficiente de bloque (C_B)	0,572
Material de construcción (k)	1,00
Separación entre cuadernas (S) [m]	0,70
Parámetro de ola (C)	8,14
Número de Froude (Fn)	0,28
Parámetro de ola (H_W)	9,55 m.
Parámetro de aceleración y movimiento (a_b)	0,39 m/s ²
Valor de referencia para mov. relativo (h_1)	4,35 m
Aceleración de largada (a_{su})	0,50 m/s ²
Aceleración de arfada (a_h)	3,83 m/s ²
Amplitud de cabeceo (A_p)	0,162 m
Período del cabeceo (T_p) [s]	5,72 s
Aceleración de cabeceo (a_p)	0,20 m/s ²
Valor de referencia para las aceleraciones (a_{z1})	4,65

10 CÁLCULO DE PRESIONES Y DIMENSIONAMIENTO:

En un buque, las cargas locales recaen en las fuerzas y presiones que actúan de forma directa sobre cada uno de los elementos de la estructura: planchas, refuerzos primarios y refuerzos secundarios. Estas fuerzas pueden deberse principalmente al efecto de la mar, o bien a las aceleraciones provocadas por cargas internas dentro del casco. La reglamentación del BV distingue dos tipos de cargas que actúan de forma local sobre elementos estructurales:

- Cargas en aguas tranquilas → actúan sobre el buque en reposo en una situación de aguas en calma. Están constituidas por:
 - Presiones hidrostáticas externas ejercidas por el mar.
 - Presiones y fuerzas estáticas inducidas por los pesos internos del buque.
- Cargas de ola e inerciales → se deben a las olas y a los movimientos del buque, las cuales las consideramos con el mismo periodo que las olas inducidas. Están constituidas por:
 - Presiones externas debidas a las olas del mar.
 - Presiones y fuerzas inerciales debidas a las aceleraciones sobre los pesos internos del buque.

El BV en su parte B, capítulo 8, sección 1 (1.3.2) establece que los elementos de la envolvente exterior del buque se calculan atendiendo a dos casos:

- Atendiendo a las presiones dinámicas (inerciales) debidas a cargas internas, considerando que el compartimento adyacente al forro exterior está cargado.
- Considerando las presiones en aguas tranquilas y olas debidas al efecto del mar (sin considerar las cargas internas).

Para el cálculo de los distintos elementos se considerará por una parte los efectos externos, y por otro los efectos internos, de forma independiente. De los resultados de presiones obtenidos se elegirá siempre el más desfavorable en el escantillonado del elemento a considerar.

10.1 Estructura del fondo:

El buque dispone de un doble fondo que se eleva hasta un metro sobre la línea base (en la sección central), cumpliendo con ello los requisitos de altura mínima exigidos por la sociedad clasificadora. Este doble fondo se emplea como tanque de almacenamiento de gasoil.

Este apartado tiene por objetivo calcular el escantillonado de la chapa de quilla, la chapa de fondo, las vagra, varengas y el pantoque. Para realizar estos cálculos es conveniente saber que:

- Coincidiendo con las cuadernas de trazado del buque, la separación entre varengas es de: 0,70 metros

- Para cumplir con la parte B, capítulo 4, sección 4, apartado 5.3.1 1 del reglamento, que establece que la distancia entre dos vagras adyacentes o una vagra y una plancha de margen no será superior a 4,5 m., se dispondrá de una vagra lateral a 0,8 metros de la línea de crujía (a ambos costados de esta) y una vagra exterior a 2,1 m de las anteriores.
- El ancho de la quilla será de 1,3 metros para cumplir con la parte B, capítulo 4, sección 4, apartado 3.1 del BV, donde establece que el ancho de quilla no será menor del siguiente valor:

$$b = 0,8 + \left(0,5 \cdot \frac{L_{ESC}}{100}\right) = 0,8 + \left(0,5 \cdot \frac{98,80}{100}\right) = 1,29 \text{ m.}$$

- En la zona media del buque, el doble fondo está formado por tanques de almacén de gasoil (de densidad $0,89 \text{ t/m}^3$), dispuestos simétricamente a ambos costados, con una eslora de 12,60 m. Sin sistema de sobrepresión, estos disponen de una aireación a 760 mm. sobre la cubierta principal:

$$Z_{AP} = D_{princ} + 0,76 = 7,50 + 0,76 = 8,26 \text{ m.} \rightarrow \mathbf{Z_{AP} = 8,26 \text{ m.}}$$

10.1.1 Chapa de quilla:

Datos de partida para el cálculo:

z [m]	Punto de cálculo	0,00
S [m]	Separación entre varengas	0,70
l [m]	Distancia desde vagra central a chapa de fondo	0,75
$a_{x1} [\text{m/s}^2]$	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + a_p \cdot (z - T_{ESC})]^2}$	0,539
Z_{TOP} [m]	Altura máxima del tanque	1,00
Z_{AP} [m]	Altura de la aireación	8,26
Z_L [m]	$Z_L = Z_{TOP} + 0,5 \cdot (Z_{AP} - Z_{TOP})$	4,63
L_b [m]	Longitud tanque entre mamp. Tarnsv.	12,60

En la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, se incluye la formulación a emplear para el cálculo de la presión ejercida por el mar. En dicha tabla se distingue entre la condición de aguas tranquilas y la condición de olas. Emplearemos la fórmula aplicable cuando el punto a estudio (z) es menor del calado de escantillonado (T_{ESC}):

- **Presión en aguas tranquilas:**

$$p_s = \rho \cdot g \cdot (T_{ESC} - Z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,94 - 0) = 69,78 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \mathbf{p_s = 69,78 \text{ kN/m}^2}$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot (T_{ESC} - z)}{L_{ESC}}} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 4,35 \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot (6,94 - 0)}{98,80}} = 28,13 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$$

$$\mathbf{p_w = 28,13 \text{ kN/m}^2}$$

Para calcular las presiones internas y las fuerzas debidas al combustible, debemos de recurrir a la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento donde se indican las formulaciones a llevar a cabo tanto para la condición de aguas tranquilas, como en condición de olas:

- **Presión en aguas tranquilas** → Se elegirá el valor máximo entre los dos siguientes:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_i - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,63 - 0) = 38,15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_s = 38,15 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_{TOP} - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \text{ kN/m}^2$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot \left(\frac{0,8 \cdot L_{ESC}}{420 - L_{ESC}} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 98,80}{420 - 98,80} \right) = 2,03 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho_L \cdot \left[a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{TOP} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[0,539 \cdot \frac{12,60}{2} + 4,65 \cdot (1 - 0) \right] = 6,76 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_w = 6,76 \text{ kN/m}^2$$

De acuerdo con el reglamento, definiremos los valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES	
K	1,00
Ry [N/mm ²]	235
Cr	1,00
r	1,00

FACTORES DE SEGURIDAD	
Material (γ_m)	1,02
Resistencia (γ_R)	1,20
Presión aguas tranquilas (γ_{s2})	1,00
Presión con olas (γ_{w2})	1,20

Cálculo del espesor reglamentario:

Para llevar a cabo el cálculo del espesor, es necesario calcular previamente algunos parámetros necesarios como la relación de aspecto o las tensiones:

$$C_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{S}{l} \right)^2} - 0,69 \cdot \frac{S}{l} = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,70}{0,75} \right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,70}{0,75} = 0,73$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no podrá ser >1.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D_{ESC}} \right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 10,10} \right) = 100$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de σ_{x1} no podrá ser < 65/k = 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,614$$

Conocidos estos datos y siguiendo la parte B, capítulo 8, sección 3, el espesor reglamentario resulta:

$$t = 14,9 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}}$$

$$t = 14,9 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 69,78 + 1,20 \cdot 28,13}{0,614 \cdot 235}} = 7,14 \text{ mm} \rightarrow t = 7,14 \text{ mm}$$

Espesor mínimo exigido:

El reglamento de la sociedad clasificadora del buque contiene en su parte B, capítulo 8, sección 3 una serie de formulas para determinar el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. El espesor así calculado se debe de comparar con el determinado a partir de las presiones, para posteriormente seleccionar el mayor.

$$t = 4,3 + 0,029 \cdot L_{ESC} \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s = 4,3 + 0,029 \cdot 98,80 \cdot 1^{1/2} + 4,5 \cdot 0,70 = 10,32 \text{ mm}$$

$$t = 10,32 \text{ mm}$$

Sección del espesor final:

Finalizados todos los cálculos anteriores, se procede a seleccionar el espesor, y aplicarle los márgenes pertinentes.

Dado que el espesor mínimo es mayor que el espesor determinado a partir de las presiones, nos quedaremos con este espesor de 10,32 mm. A este espesor es necesario aplicarle una serie de márgenes por corrosión (recogidos en la tabla 2, de la sección 2, capítulo 4, parte B):

- Margen para superficies (horizontales) de tanques de fuel-oil → 0,75
- Margen para superficies en contacto con el mar → 0,5
- Suma de márgenes → 1,25

El espesor calculado sumado el mínimo exigido más los márgenes por corrosión es de 11,57 mm, no obstante, **las chapas de quilla** son siempre las de mayor espesor, pues son las que más presiones y esfuerzos tienen que resistir, por lo que se decide que el espesor de estas chapas sea de **16 mm**. para ser las de mayor espesor.

10.1.2 Chapa de fondo:

Partiremos de los siguientes datos para el cálculo:

z [m]	Punto de cálculo	0,00
S [m]	Separación entre varengas	0,70
l [m]	Distancia desde quilla hasta vagra lateral	2,90
$a_{x1} [m/s^2]$	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + a_p \cdot (z - T_{ESC})]^2}$	0,539
$Z_{TOP} [m]$	Altura máxima del tanque	1,00
$Z_{AP} [m]$	Altura de la aireación	8,26
$Z_L [m]$	$Z_L = Z_{TOP} + 0,5 \cdot (Z_{AP} - Z_{TOP})$	4,63
$L_b [m]$	Longitud tanque entre mamp. Tarnsv.	12,60

En la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, se incluye la formulación a emplear para el cálculo de la presión ejercida por el mar. En dicha tabla se distingue entre la condición de aguas tranquilas y la condición de olas. Emplearemos la fórmula aplicable cuando el punto a estudio (z) es menor del calado de escantillonado (T_{ESC}):

- **Presión en aguas tranquilas:**

$$p_s = \rho \cdot g \cdot (T_{ESC} - Z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,94 - 0) = 69,78 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_s = 69,78 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot (T_{ESC} - z)}{L_{ESC}}} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 4,35 \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot (6,94 - 0)}{98,80}} = 28,13 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$$

$$p_w = 28,13 \text{ kN/m}^2$$

Para calcular las presiones internas y las fuerzas debidas al combustible, debemos de recurrir a la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento donde se indican las formulaciones a llevar a cabo tanto para la condición de aguas tranquilas, como en condición de olas:

- **Presión en aguas tranquilas** → Se elegirá el valor máximo entre los dos siguientes:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,63 - 0) = 38,15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_s = 38,15 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_{TOP} - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \text{ kN/m}^2$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot \left(\frac{0,8 \cdot L_{ESC}}{420 - L_{ESC}} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 98,80}{420 - 98,80} \right) = 2,03 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho_L \cdot \left[a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{TOP} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[0,539 \cdot \frac{12,60}{2} + 4,65 \cdot (1 - 0) \right] =$$

$$6,76 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_w = 6,76 \text{ kN/m}^2$$

De acuerdo con el reglamento, definiremos los valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES	
K	1,00
Ry [N/mm ²]	235
Cr	1,00
r	1,00

FACTORES DE SEGURIDAD	
Material (γ_m)	1,02
Resistencia (γ_R)	1,20
Presión aguas tranquilas (γ_{s2})	1,00
Presión con olas (γ_{w2})	1,20

Cálculo del espesor reglamentario:

Para llevar a cabo el cálculo del espesor, es necesario calcular previamente algunos parámetros necesarios como la relación de aspecto o las tensiones:

$$C_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{S}{l} \right)^2} - 0,69 \cdot \frac{S}{l} = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,70}{2,90} \right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,70}{2,90} = 1,06$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no podrá ser >1.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D_{ESC}} \right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 10,10} \right) = 100$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de σ_{x1} no podrá ser < 65/k = 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,614$$

Conocidos estos datos y siguiendo la parte B, capítulo 8, sección 3, el espesor reglamentario resulta:

$$t = 14,9 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}}$$

$$t = 14,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 69,78 + 1,20 \cdot 28,13}{0,614 \cdot 235}} = 9,77 \rightarrow \mathbf{t = 9,77 \text{ mm}}$$

Espesor mínimo exigido:

El reglamento de la sociedad clasificadora del buque contiene en su parte B, capítulo 8, sección 3 una serie de formulas para determinar el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. El espesor así calculado se debe de comparar con el determinado a partir de las presiones, para posteriormente seleccionar el mayor.

$$t = 3,3 + 0,026 \cdot L_{ESC} \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s = 3,3 + 0,026 \cdot 98,80 \cdot 1^{1/2} + 4,5 \cdot 0,70 = 9,02 \text{ mm}$$

$$\mathbf{t = 9,02 \text{ mm}}$$

Sección del espesor final:

Finalizados todos los cálculos anteriores, se procede a seleccionar el espesor, y aplicarle los márgenes pertinentes.

Dado que el espesor determinado a partir de las presiones es mayor que el espesor mínimo, nos quedaremos con este espesor de 9,77 mm. A este espesor es necesario aplicarle una serie de márgenes por corrosión (recogidos en la tabla 2, de la sección 2, capítulo 4, parte B):

- Margen para superficies (horizontales) de tanques de fuel-oil → 0,75
- Margen para superficies en contacto con el mar → 0,5
- Suma de márgenes → 1,25

El espesor calculado sumado el obtenido a través de las presiones más los márgenes por corrosión es de 11,02 mm, no obstante, igual que en el caso de las chapas de quilla, las **chapas de fondo** se sobredimensionarán ligeramente por ser las que están sometidas a mayores esfuerzos y se asumirá un **espesor de 14 mm**.

10.1.3 Chapa de pantoque:

Partiremos de los siguientes datos para el cálculo:

z [m]	Punto de cálculo	0,00
S [m]	Separación entre varengas	0,70
l [m]	Distancia desde vagra lateral hasta intersección de costado	3,50
$a_{x1} [m/s^2]$	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + a_p \cdot (z - T_{ESC})]^2}$	0,539
$Z_{TOP} [m]$	Altura máxima del tanque	1,00
$Z_{AP} [m]$	Altura de la aireación	8,26
$Z_L [m]$	$Z_L = Z_{TOP} + 0,5 \cdot (Z_{AP} - Z_{TOP})$	4,63
$L_b [m]$	Longitud tanque entre mamp. Tarnsv.	12,60

En la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, se incluye la formulación a emplear para el cálculo de la presión ejercida por el mar. En dicha tabla se distingue entre la

condición de aguas tranquilas y la condición de olas. Emplearemos la fórmula aplicable cuando el punto a estudio (z) es menor del calado de escantillonado (T_{ESC}):

- **Presión en aguas tranquilas:**

$$p_s = \rho \cdot g \cdot (T_{ESC} - Z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,94 - 0) = 69,78 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_s = \mathbf{69,78 \text{ kN/m}^2}$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot (T_{ESC} - z)}{L_{ESC}}} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 4,35 \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot (6,94 - 0)}{98,80}} = 28,13 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$$

$$p_w = \mathbf{28,13 \text{ kN/m}^2}$$

Para calcular las presiones internas y las fuerzas debidas al combustible, debemos de recurrir a la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento donde se indican las formulaciones a llevar a cabo tanto para la condición de aguas tranquilas, como en condición de olas:

- **Presión en aguas tranquilas** → Se elegirá el valor máximo entre los dos siguientes:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_1 - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,63 - 0) = 38,15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_s = \mathbf{38,15 \text{ kN/m}^2}$$

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_{TOP} - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \text{ kN/m}^2$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot \left(\frac{0,8 \cdot L_{ESC}}{420 - L_{ESC}} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 98,80}{420 - 98,80} \right) = 2,03 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho_L \cdot \left[a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{TOP} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[0,539 \cdot \frac{12,60}{2} + 4,65 \cdot (1 - 0) \right] =$$

$$6,76 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_w = \mathbf{6,76 \text{ kN/m}^2}$$

De acuerdo con el reglamento, definiremos los valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES	
K	1,00
Ry [N/mm ²]	235
Cr	1,00
r	1,00

FACTORES DE SEGURIDAD	
Material (γ_m)	1,02
Resistencia (γ_R)	1,20
Presión aguas tranquilas (γ_{s2})	1,00
Presión con olas (γ_{w2})	1,20

Cálculo del espesor reglamentario:

Para llevar a cabo el cálculo del espesor, es necesario calcular previamente algunos parámetros necesarios como la relación de aspecto o las tensiones:

$$C_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{s}{l} \right)^2} - 0,69 \cdot \frac{s}{l} = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,70}{3,50} \right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,70}{3,50} = 1,08$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no podrá ser >1.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D_{ESC}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 10,10}\right) = 100$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de σ_{x1} no podrá ser $< 65/k = 65$.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,614$$

Conocidos estos datos y siguiendo la parte B, capítulo 8, sección 3, el espesor reglamentario resulta:

$$t = 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}}$$
$$t = 17,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 69,78 + 1,20 \cdot 28,13}{0,614 \cdot 235}} = 11,28 \rightarrow t = 11,28 \text{ mm}$$

Espesor mínimo exigido:

El reglamento de la sociedad clasificadora del buque contiene en su parte B, capítulo 8, sección 3 una serie de formulas para determinar el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. El espesor así calculado se debe de comparar con el determinado a partir de las presiones, para posteriormente seleccionar el mayor.

$$t = 0,7 \cdot [\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot (\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w) \cdot l]^{0,4} \cdot r^{0,6} \cdot k^{1/2}$$
$$t = 0,7 \cdot [1,20 \cdot 1,02 \cdot (1,00 \cdot 69,78 + 1,20 \cdot 28,13) \cdot 3,5]^{0,4} \cdot 1^{0,6} \cdot 1^{1/2}$$

$$t = 8,01 \text{ mm}$$

Sección del espesor final:

Finalizados todos los cálculos anteriores, se procede a seleccionar el espesor, y aplicarle los márgenes pertinentes.

Dado que el espesor determinado a partir de las presiones es mayor que el espesor mínimo, nos quedaremos con este espesor de 11,28 mm. A este espesor es necesario aplicarle una serie de márgenes por corrosión (recogidos en la tabla 2, de la sección 2, capítulo 4, parte B):

- Margen para superficies (horizontales) de tanques de fuel-oil $\rightarrow 0,75$
- Margen para superficies en contacto con el mar $\rightarrow 0,5$
- Suma de márgenes $\rightarrow 1,25$

Dado que el espesor calculado sumado el obtenido a través de las presiones más los márgenes por corrosión es de 12,53 mm, **el espesor seleccionado para la chapa de pantoque será por tanto 14 mm**, coincidiendo así en espesor con las chapas de fondo.

10.1.4 Chapa de doble fondo:

Partiremos de los siguientes datos para el cálculo:

z [m]	Punto de cálculo	1,00
S [m]	Separación entre varengas	0,70
l [m]	Distancia desde vagra lateral hasta intersección de costado	3,50
a_{x1} [m/s ²]	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + a_p \cdot (z - T_{ESC})]^2}$	0,641
Z _{TOP} [m]	Altura máxima del tanque	1,00
Z _{AP} [m]	Altura de la aireación	8,26
Z _L [m]	$Z_L = Z_{TOP} + 0,5 \cdot (Z_{AP} - Z_{TOP})$	4,63
L _b [m]	Longitud tanque entre mamp. Tarnsv.	12,60
h _{TD}	Altura de bodega	6,5

En la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, se incluye la formulación a emplear para el cálculo de la presión debida a la carga en bodega. En dicha tabla se distingue entre la condición de aguas tranquilas y la condición de olas. Emplearemos la fórmula aplicable cuando el punto a estudio (z) es menor del calado de escantillonado (T_{ESC}):

- **Presión en aguas tranquilas:**

$$p_s = 6,9 \cdot h_{TD} = 6,9 \cdot 6,5 \Rightarrow p_s = 44,85 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = p_s \cdot \frac{a_{z1}}{g} = 44,85 \cdot \frac{4,65}{9,81} \Rightarrow p_w = 21,26 \text{ kN/m}^2$$

Para calcular las presiones internas y las fuerzas debidas al combustible, debemos de recurrir a la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento donde se indican las formulaciones a llevar a cabo tanto para la condición de aguas tranquilas, como en condición de olas:

- **Presión en aguas tranquilas** → Se elegirá el valor máximo entre los dos siguientes:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,63 - 1) = 29,91 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow p_s = 29,91 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (Z_{TOP} - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 1) = 0 \text{ kN/m}^2$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot \left(\frac{0,8 \cdot L_{ESC}}{420 - L_{ESC}} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 98,80}{420 - 98,80} \right) = 2,03 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho_L \cdot \left[a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (Z_{TOP} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[0,641 \cdot \frac{12,60}{2} + 4,65 \cdot (1 - 1) \right] =$$

$$3,39 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow p_w = 3,39 \text{ kN/m}^2$$

De acuerdo con el reglamento, definiremos los valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES	
K	1,00
Ry [N/mm ²]	235
Cr	1,00
r	1,00

FACTORES DE SEGURIDAD	
Material (γ_m)	1,02
Resistencia (γ_R)	1,20
Presión aguas tranquilas (γ_{s2})	1,00
Presión con olas (γ_{w2})	1,20

Cálculo del espesor reglamentario:

Para llevar a cabo el cálculo del espesor, es necesario calcular previamente algunos parámetros necesarios como la relación de aspecto o las tensiones:

$$C_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{S}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{S}{l} = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,70}{3,50}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,70}{3,50} = 1,08$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no podrá ser >1.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D_{ESC}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{1}{0,5 \cdot 10,10}\right) = 80,20$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de σ_{x1} no podrá ser < 65/k = 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{80,20}{235} = 0,690$$

Conocidos estos datos y siguiendo la parte B, capítulo 8, sección 3, el espesor reglamentario resulta:

$$t = 14,9 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}}$$

$$t = 14,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 44,85 + 1,20 \cdot 21,26}{0,690 \cdot 235}} = 7,60 \rightarrow \mathbf{t = 7,60 \text{ mm}}$$

Espesor mínimo exigido:

El reglamento de la sociedad clasificadora del buque contiene en su parte B, capítulo 8, sección 3 una serie de formulas para determinar el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. El espesor así calculado se debe de comparar con el determinado a partir de las presiones, para posteriormente seleccionar el mayor.

$$t = 1,5 + 0,026 \cdot L_{ESC} \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s = 1,5 + 0,026 \cdot 98,80 \cdot 1^{1/2} + 4,5 \cdot 0,70 = 7,22$$

$$\mathbf{t = 7,22 \text{ mm}}$$

Sección del espesor final:

Finalizados todos los cálculos anteriores, se procede a seleccionar el espesor, y aplicarle los márgenes pertinentes.

Dado que el espesor determinado a partir de las presiones es mayor que el espesor mínimo, nos quedaremos con este espesor de 7,60 mm. A este espesor es necesario aplicarle una serie de márgenes por corrosión (recogidos en la tabla 2, de la sección 2, capítulo 4, parte B):

- Margen para superficies (horizontales) de tanques de fuel-oil → 0,75
- Margen para superficies en contacto con el mar → 0,5
- Suma de márgenes → 1,25

Dado que el espesor calculado sumado el obtenido a través de las presiones más los márgenes por corrosión es de 8,85 mm, **el espesor seleccionado para la chapa de doble fondo será por tanto 10 mm.**

10.1.5 Vagra central:

Partiremos de los siguientes datos para el cálculo:

z [m]	Punto de cálculo	0,00
S [m]	Separación entre varengas	0,70
l [m]	Altura de la vagra	1,00
a_{x1} [m/s ²]	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + a_p \cdot (z - T_{ESC})]^2}$	0,539
Z _{TOP} [m]	Altura máxima del tanque	1,00
Z _{AP} [m]	Altura de la aireación	8,26
Z _L [m]	$Z_L = Z_{TOP} + 0,5 \cdot (Z_{AP} - Z_{TOP})$	4,63
l _b [m]	Longitud tanque entre mamp. Tarnsv.	12,60

En la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, se incluye la formulación a emplear para el cálculo. En dicha tabla se distingue entre la condición de aguas tranquilas y la condición de olas.

- **Presión en aguas tranquilas** → Se elegirá el valor máximo entre los dos siguientes:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,63 - 0) = 38,15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \mathbf{p_s = 38,15 \text{ kN/m}^2}$$

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_{TOP} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \text{ kN/m}^2$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot \left(\frac{0,8 \cdot L_{ESC}}{420 - L_{ESC}} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 98,80}{420 - 98,80} \right) = 2,03 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho_L \cdot \left[a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{TOP} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[0,539 \cdot \frac{12,60}{2} + 4,65 \cdot (1 - 0) \right] =$$

$$6,76 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \mathbf{p_w = 6,76 \text{ kN/m}^2}$$

Para calcular las presiones internas y las fuerzas debidas una inundación, debemos de recurrir a la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, donde se indican las formulaciones a llevar a cabo tanto para la condición de aguas tranquilas, como en condición de olas:

- **Presión en aguas tranquilas:**

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (D_{PRINC} - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (7,50 - 0) = 61,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{p_s = 61,80 \text{ kN/m}^2}$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = 0,4 \cdot g \cdot d_0 \rightarrow \text{con } d_0 = 0,02 \cdot L_{ESC} \text{ para buques de eslora } > 50\text{m}$$

$$p_s = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 98,80 = 7,75 \text{ kN/m}^2$$

• **Presión por olas:**

$$p_w = 0,6 \cdot \rho \cdot g \cdot a_{z1} \cdot (D_{PRINC} - z) = 0,6 \cdot 1,025 \cdot 9,81 \cdot 4,65 \cdot (7,50 - 0) =$$

$$\rightarrow p_w = 210,41 \text{ kN/m}^2$$

De acuerdo con el reglamento, definiremos los valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES	
K	1,00
Ry [N/mm ²]	235
Cr	1,00
r	1,00

FACTORES DE SEGURIDAD	
Material (γ_m)	1,02
Resistencia (γ_R)	1,20
Presión aguas tranquilas (γ_{s2})	1,00
Presión con olas (γ_{w2})	1,20

Cálculo del espesor reglamentario:

Para llevar a cabo el cálculo del espesor, es necesario calcular previamente algunos parámetros necesarios como la relación de aspecto o las tensiones:

$$C_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{S}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{S}{l} = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,70}{1,00}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,70}{1,00} = 0,82$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no podrá ser >1.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D_{ESC}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 10,10}\right) = 100$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de σ_{x1} no podrá ser < 65/k = 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,614$$

Conocidos estos datos y siguiendo la parte B, capítulo 8, sección 3, el espesor reglamentario resulta:

$$t = 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}}$$

$$t = 17,2 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 61,80 + 1,20 \cdot 210,41}{0,614 \cdot 235}} = 15,12 \text{ mm} \rightarrow t = 15,12 \text{ mm}$$

Espesor mínimo exigido:

El reglamento de la sociedad clasificadora del buque contiene en su parte B, capítulo 8, sección 5 una serie de formulas para determinar el espesor mínimo de la vagra a dimensionar. El espesor así calculado se debe de comparar con el determinado a partir de las presiones, para posteriormente seleccionar el mayor.

$$t = 1,9 \cdot L_{ESC}^{1/3} \cdot k^{1/6} = 1,9 \cdot 98,80^{1/3} \cdot 1^{1/6} = 8,78 \text{ mm} \rightarrow t = 8,78 \text{ mm}$$

Sección del espesor final:

Finalizados todos los cálculos anteriores, se procede a seleccionar el espesor, y aplicarle los márgenes pertinentes.

Dado que el espesor determinado a partir de las presiones es mayor que el espesor mínimo, nos quedaremos con este espesor de 15,12 mm. A este espesor es necesario aplicarle una serie de márgenes por corrosión (recogidos en la tabla 2, de la sección 2, capítulo 4, parte B):

- Margen de refuerzos primarios para superficies de tanques de fuel-oil → 0,75
- Margen de refuerzos primarios para superficies de tanques de fuel-oil → 0,75
- Suma de márgenes → 1,50

Dado que el espesor calculado sumado el obtenido a través de las presiones más los márgenes por corrosión es de 16,72 mm, **el espesor seleccionado para la vagra central es de 17 mm.**

10.1.6 Vagra lateral:

Partiremos de los siguientes datos para el cálculo:

z [m]	Punto de cálculo	0,00
S [m]	Separación entre varengas	0,70
l [m]	Altura de la vagra	1,00
a_{x1} [m/s ²]	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + a_p \cdot (z - T_{ESC})]^2}$	0,539
Z _{TOP} [m]	Altura máxima del tanque	1,00
Z _{AP} [m]	Altura de la aireación	8,26
Z _L [m]	$Z_L = Z_{TOP} + 0,5 \cdot (Z_{AP} - Z_{TOP})$	4,63
l _b [m]	Longitud tanque entre mamp. Tarnsv.	12,60

En la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, se incluye la formulación a emplear para el cálculo. En dicha tabla se distingue entre la condición de aguas tranquilas y la condición de olas.

- **Presión en aguas tranquilas** → Se elegirá el valor máximo entre los dos siguientes:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,63 - 0) = 38,15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_s = 38,15 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_{TOP} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \text{ kN/m}^2$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot \left(\frac{0,8 \cdot L_{ESC}}{420 - L_{ESC}} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 98,80}{420 - 98,80} \right) = 2,03 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho_L \cdot \left[a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{TOP} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[0,539 \cdot \frac{12,60}{2} + 4,65 \cdot (1 - 0) \right] =$$

$$6,76 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_w = 6,76 \text{ kN/m}^2$$

Para calcular las presiones internas y las fuerzas debidas una inundación, debemos de recurrir a la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, donde se indican las formulaciones a llevar a cabo tanto para la condición de aguas tranquilas, como en condición de olas:

• **Presión en aguas tranquilas:**

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (D_{PRINC} - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (7,50 - 0) = 61,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\rightarrow p_s = \mathbf{61,80 \text{ kN/m}^2}$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = 0,4 \cdot g \cdot d_0 \rightarrow \text{con } d_0 = 0,02 \cdot L_{ESC} \text{ para buques de eslora } > 50\text{m}$$

$$p_s = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 98,80 = 7,75 \text{ kN/m}^2$$

• **Presión por olas:**

$$p_w = 0,6 \cdot \rho \cdot g \cdot a_{z1} \cdot (D_{PRINC} - z) = 0,6 \cdot 1,025 \cdot 9,81 \cdot 4,65 \cdot (7,50 - 0) =$$

$$\rightarrow p_w = \mathbf{210,41 \text{ kN/m}^2}$$

De acuerdo con el reglamento, definiremos los valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES	
K	1,00
Ry [N/mm ²]	235
Cr	1,00
r	1,00

FACTORES DE SEGURIDAD	
Material (γ_m)	1,02
Resistencia (γ_R)	1,20
Presión aguas tranquilas (γ_{s2})	1,00
Presión con olas (γ_{w2})	1,20

Cálculo del espesor reglamentario:

Para llevar a cabo el cálculo del espesor, es necesario calcular previamente algunos parámetros necesarios como la relación de aspecto o las tensiones:

$$C_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{S}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{S}{l} = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,70}{1,00}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,70}{1,00} = 0,82$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no podrá ser >1.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D_{ESC}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 10,10}\right) = 100$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de σ_{x1} no podrá ser < 65/k = 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,614$$

Conocidos estos datos y siguiendo la parte B, capítulo 8, sección 3, el espesor reglamentario resulta:

$$t = 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}}$$

$$t = 17,2 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 61,80 + 1,20 \cdot 210,41}{0,614 \cdot 235}} = 15,12 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 15,12 \text{ mm}}$$

Espesor mínimo exigido:

El reglamento de la sociedad clasificadora del buque contiene en su parte B, capítulo 8, sección 5 una serie de formulas para determinar el espesor mínimo de la vagra a dimensionar. El espesor así calculado se debe de comparar con el determinado a partir de las presiones, para posteriormente seleccionar el mayor.

$$t = 1,9 \cdot L_{ESC}^{1/3} \cdot k^{1/6} = 1,9 \cdot 98,80^{1/3} \cdot 1^{1/6} = 8,78 \text{ mm} \rightarrow t = 8,78 \text{ mm}$$

Sección del espesor final:

Finalizados todos los cálculos anteriores, se procede a seleccionar el espesor, y aplicarle los márgenes pertinentes.

Dado que el espesor determinado a partir de las presiones es mayor que el espesor mínimo, nos quedaremos con este espesor de 15,12 mm. A este espesor es necesario aplicarle una serie de márgenes por corrosión (recogidos en la tabla 2, de la sección 2, capítulo 4, parte B):

- Margen de refuerzos primarios para superficies de tanques de fuel-oil → 0,75
- Margen de refuerzos primarios para superficies de tanques de fuel-oil → 0,75
- Suma de márgenes → 1,50

Dado que el espesor calculado sumado el obtenido a través de las presiones más los márgenes por corrosión es de 16,72 mm, **el espesor seleccionado para la vagra central es de 17 mm.**

10.1.7 Varenga:

Partiremos de los siguientes datos para el cálculo:

z [m]	Punto de cálculo	0,00
S [m]	Altura de la varenga en crujía	1,00
l [m]	Distancia de la vagra central a la vagra adyacente	0,80
$a_{x1} [m/s^2]$	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + a_p \cdot (z - T_{ESC})]^2}$	0,539
$Z_{TOP} [m]$	Altura máxima del tanque	1,00
$Z_{AP} [m]$	Altura de la aireación	8,26
$Z_L [m]$	$Z_L = Z_{TOP} + 0,5 \cdot (Z_{AP} - Z_{TOP})$	4,63
$l_b [m]$	Longitud tanque entre mamp. Tarnsv.	12,60

En la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, se incluye la formulación a emplear para el cálculo. En dicha tabla se distingue entre la condición de aguas tranquilas y la condición de olas.

- **Presión en aguas tranquilas** → Se elegirá el valor máximo entre los dos siguientes:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,63 - 0) = 38,15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_s = 38,15 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (z_{TOP} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \text{ kN/m}^2$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot \left(\frac{0,8 \cdot L_{ESC}}{420 - L_{ESC}} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 98,80}{420 - 98,80} \right) = 2,03 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = \rho_L \cdot \left[a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{TOP} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[0,539 \cdot \frac{12,60}{2} + 4,65 \cdot (1 - 0) \right] =$$

$$6,76 \text{ kN/m}^2 \rightarrow p_w = \mathbf{6,76 \text{ kN/m}^2}$$

Para calcular las presiones internas y las fuerzas debidas una inundación, debemos de recurrir a la parte B, capítulo 8, sección 1 del reglamento, donde se indican las formulaciones a llevar a cabo tanto para la condición de aguas tranquilas, como en condición de olas:

- **Presión en aguas tranquilas:**

$$p_s = \rho_L \cdot g \cdot (D_{PRINC} - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (7,50 - 0) = 61,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\rightarrow p_s = \mathbf{61,80 \text{ kN/m}^2}$$

Además este valor no puede ser menor a:

$$p_s = 0,4 \cdot g \cdot d_0 \rightarrow \text{con } d_0 = 0,02 \cdot L_{ESC} \text{ para buques de eslora } > 50\text{m}$$

$$p_s = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 98,80 = 7,75 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión por olas:**

$$p_w = 0,6 \cdot \rho \cdot g \cdot a_{z1} \cdot (D_{PRINC} - z) = 0,6 \cdot 1,025 \cdot 9,81 \cdot 4,65 \cdot (7,50 - 0) =$$

$$\rightarrow p_w = \mathbf{210,41 \text{ kN/m}^2}$$

De acuerdo con el reglamento, definiremos los valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES	
K	1,00
Ry [N/mm ²]	235
Cr	1,00
r	1,00

FACTORES DE SEGURIDAD	
Material (γ_m)	1,02
Resistencia (γ_R)	1,20
Presión aguas tranquilas (γ_{s2})	1,00
Presión con olas (γ_{w2})	1,20

Cálculo del espesor reglamentario:

Para llevar a cabo el cálculo del espesor, es necesario calcular previamente algunos parámetros necesarios como la relación de aspecto o las tensiones:

$$C_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{s}{l} = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{1}{0,80}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{1}{0,80} = 0,63$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no podrá ser >1.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D_{ESC}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 10,10}\right) = 100$$

* De acuerdo con el reglamento, el valor de σ_{x1} no podrá ser < 65/k = 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,614$$

Conocidos estos datos y siguiendo la parte B, capítulo 8, sección 3, el espesor reglamentario resulta:

$$t = 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}}$$
$$t = 17,2 \cdot 0,63 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \sqrt{1,20 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 61,80 + 1,20 \cdot 210,41}{0,614 \cdot 235}} = 17,69 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 17,69 \text{ mm}}$$

Espesor mínimo exigido:

El reglamento de la sociedad clasificadora del buque contiene en su parte B, capítulo 8, sección 5 una serie de formulas para determinar el espesor mínimo de la vagra a dimensionar. El espesor así calculado se debe de comparar con el determinado a partir de las presiones, para posteriormente seleccionar el mayor.

$$t = 1,9 \cdot L_{ESC}^{1/3} \cdot k^{1/6} = 1,9 \cdot 98,80^{1/3} \cdot 1^{1/6} = 8,78 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 8,78 \text{ mm}}$$

Sección del espesor final:

Finalizados todos los cálculos anteriores, se procede a seleccionar el espesor, y aplicarle los márgenes pertinentes.

Dado que el espesor determinado a partir de las presiones es mayor que el espesor mínimo, nos quedaremos con este espesor de 17,69 mm. A este espesor es necesario aplicarle una serie de márgenes por corrosión (recogidos en la tabla 2, de la sección 2, capítulo 4, parte B):

- Margen de refuerzos primarios para superficies de tanques de fuel-oil $\rightarrow 0,75$
- Margen de refuerzos primarios para superficies de tanques de fuel-oil $\rightarrow 0,75$
- Suma de márgenes $\rightarrow 1,50$

Dado que el espesor calculado sumado el obtenido a través de las presiones más los márgenes por corrosión es de 19,19 mm, **el espesor seleccionado para la vagra central es de 20 mm.**

10.2 Estructura de costado y de cubiertas:

Como hemos visto en el caso de la estructura de fondo, el proceso de cálculo es repetitivo, ya que se hace en todos los casos siguiendo directamente el reglamento de la sociedad clasificadora del buque. Es por ello que para el estudio de la estructura de costado y de fondo, nos apoyaremos en una hoja de Excel que presentaremos adjunta a continuación.

Los elementos a estudiar serán los siguientes:

- Cuaderna bajo cubierta de francobordo.
- Cuaderna bajo cubierta superior.
- Chapa de costado bajo cubierta de francobordo.
- Chapa de costado bajo cubierta superior.
- Chapa de cubierta de francobordo.
- Chapa de cubierta superior.
- Bao de cubierta de francobordo.
- Bao de cubierta superior.
- Refuerzos longitudinales de costado.
- Refuerzos longitudinales del mamparo central.
- Refuerzos longitudinales de cubierta de francobordo.
- Refuerzos longitudinales de cubierta superior.

10.2.1 Cuaderna bajo cubierta de francobordo:

Zd (m)	Zup (m)
Pto más bajo de la cuaderna	Pto más alto de la cuaderna
2,25	7,5

Z(m)	S(m)	l(m)
Altura del punto más bajo de la cuaderna	Seperación entre cuadernas	Separación entre bulárcamas
2,25	0,7	4,2

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte baja (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
Localización	Still water pressure psd (kN/m ²)	Wave pressure pwd (kN/m ²)
Zd<T	$\rho * g * (T - z)$	$\rho * g * h_1 * e^{\frac{-2 * \pi * (T - Z)}{L}}$
Z=Zd=2,25	1,025*9,81*(6,94-2,25)	1.025 · 9,81 · 4,35 · e ^{$\frac{-2 \cdot \pi \cdot (6,94 - 2,25)}{99,8}$}
	47,16	32,47

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte alta (Pta, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure psu (kN/m ²)	Wave pressure pwu (kN/m ²)
Zup > T	0	$\rho \cdot g \cdot (T + h_1 - Z)$
Z = Zup = 7,5	0	1,025*9,81*(6,94 +4,35-7,5)
	0,00	38,11

Pres. internas y fuerzas debidas a cargas en la parte baja debidas a la bodega de carga (Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m ²)	Wave pressure pw (Kn/m ²)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

Pres. internas y fuerzas debidas a cargas en la parte alta debidas a al bodega de carga(Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m ²)	Wave pressure pw (Kn/m ²)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 4, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,02	1	1,2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

σ_{x1}	No aporta resist.long.			0
β_b	PTB CH8 SEC 4 TABLE 2: Coefficients β_b and β_s			1
β_s	PTB CH8 SEC4 TABLE 2: Coefficients β_b and β_s			1
GENERAL				
p_{sd} (kN/m ²)	p_{wd} (kN/m ²)	p_{su} (kN/m ²)	p_{wu} (kN/m ²)	
47,2	32,5	44,9	38,1	
PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners GENERAL				
Los coeficientes λ_b se escogeran el mayor valor de los siguientes valores				
$\lambda_b = 1 + 0,2 \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_b = 1 + 0,2 \cdot \frac{1 \cdot (47,2 - 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 - 38,1)}{1 \cdot (47,2 + 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 + 38,1)}$			0,99
$\lambda_b = 1 - 0,2 \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_b = 1 - 0,2 \cdot \frac{1 \cdot (47,2 - 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 - 38,1)}{1 \cdot (47,2 + 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 + 38,1)}$			1,01
Los coeficientes λ_s se escogeran el mayor valor de los siguientes valores				
$\lambda_s = 1 + 0,4 \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_s = 1 + 0,4 \cdot \frac{1 \cdot (47,2 - 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 - 38,1)}{1 \cdot (47,2 + 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 + 38,1)}$			0,99
$\lambda_s = 1 - 0,4 \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{s2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{w2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_s = 1 - 0,4 \cdot \frac{1 \cdot (47,2 - 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 - 38,1)}{1 \cdot (47,2 + 44,9) + 1,2 \cdot (32,5 + 38,1)}$			1,01
.PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners GENERAL				
$\lambda_b = 1,01$			$\lambda_s = 1,01$	
$w = \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_B \cdot \beta_B \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_S + \gamma_{w2} \cdot P_W}{12 \cdot R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) s \cdot l^2 \cdot 10^3$	$w = 1,02 * 1,02 * 1,01 * 1 * (1 * 47,2 + 1,2 * 38,1) / (12 * 235) * (1 - 0,7 / (2 * 4,2)) * 0,7 * 4,2^2 * 10^3$			389,87 cm ³
$A_{SH} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_s \cdot \beta_s \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_S + \gamma_{w2} \cdot P_W}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) s \cdot l$	$A_{SH} = 10 * 1,02 * 1,02 * 1,01 * 1 * (1 * 47,2 + 1,2 * 38,1) / 235 * (1 - 0,7 / (2 * 4,2)) * 0,7 * 4,2$			11,20 cm ²

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 4, (2.2.1)		
$t = (0.8 + 0.004 * L * k^{1/2} + 4.5 * s) * C_T$	$t = (0.8 + 0.004 * 98.8 * 1^{1/2} + 4.50,7) * 0,99$	4,30
$C_T = 0.85 + \frac{2 * T}{L}$	$C_T = 0,85 + (2 * 6,94 / 98,8)$	0,99

Elemento	Espesor mínimo (mm)	GENERAL	
		Área mínima (cm ²)	Módulo mínimo (cm ³)
Cuaderna bajo cubierta de francobordo	4,30	11,20	389,87

10.2.2 Cuaderna bajo cubierta superior:

Zd (m)	Zup (m)
Punto más bajo de la cuaderna	Punto más alto de la cuaderna
7,5	10,1

Z(m)	S(m)	l(m)
Altura del punto más bajo de la cuaderna	Separación entre cuadernas	Separación entre bulárcamas
7,5	0,7	4,2

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte baja (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure psd (kN/m ²)	Wave pressure pwd (kN/m ²)
Zd>T	0	$\rho \cdot g \cdot (T+h_1-z)$
Z = Zd = 7,5	0	$1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,94+4,35-7,5)$
	0,00	38,11

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte alta (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure psd (kN/m ²)	Wave pressure pwd (kN/m ²)
Zup>T	0	$\rho^*g^*(T+h_1-Zup)$ sin ser menor que $0,15 \cdot L$
Z = Zup = 10,10		$1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,94+4,35-10,10)$ sin ser menor que $0,15 \cdot 98,8=14,82$
	0,00	14,82

Pres. internas y fuerzas debidas a cargas en la parte baja debidas al entrepuente(Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (Kn/m2)
	$p_S = 6.9 * h_{TD}$	$p_S * \frac{a_{Z1}}{g}$
	Altura bodega (h_{td}) =	6,5
	44,85	21,26

Pres. internas y fuerzas debidas a cargas en la parte alta debidas al entrepuente(Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (Kn/m2)
	$p_S = 6.9 * h_{TD}$	$p_S * \frac{a_{Z1}}{g}$
	Altura bodega (h_{td}) =	6,5
	44,85	21,26

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 4, Table 1 GENERAL)			
Y_m	Y_R	Y_{s2}	Y_{w2}
1,02	1,02	1	1,2

σ_{x1}	No aporta resist.long.			0	
β_b	PTB CH8 SEC 4 TABLE 2: Coefficients β_b and β_s			1	
β_s	PTB CH8 SEC4 TABLE 2: Coefficients β_b and β_s			1	
GENERAL					
p_{sd} (kN/m ²)	p_{wd} (kN/m ²)	p_{su} (kN/m ²)	p_{wu} (kN/m ²)		
44,9	38,1	44,9	21,3		
.PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners					
Los coeficientes λ_b se escogeran el mayor valor					
$\lambda_b = 1 + 0,2 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_b = 1 + 0,2 \cdot \frac{1 \cdot (44,9 - 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 - 21,3)}{1 \cdot (44,9 + 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 + 21,3)}$			1,03	
$\lambda_b = 1 - 0,2 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_b = 1 - 0,2 \cdot \frac{1 \cdot (44,9 - 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 - 21,3)}{1 \cdot (44,9 + 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 + 21,3)}$			0,97	
Los coeficientes λ_s se escogeran el mayor valor					
$\lambda_s = 1 + 0,4 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_s = 1 + 0,4 \cdot \frac{1 \cdot (44,9 - 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 - 21,3)}{1 \cdot (44,9 + 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 + 21,3)}$			1,05	
$\lambda_s = 1 - 0,4 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_s = 1 - 0,4 \cdot \frac{1 \cdot (44,9 - 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 - 21,3)}{1 \cdot (44,9 + 44,9) + 1,2 \cdot (38,1 + 21,3)}$			0,95	
.PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners					
$\lambda_b = 1,03$			$\lambda_s = 1,05$		
$w = \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_B \cdot \beta_B \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{12 \cdot R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) s \cdot l^2 \cdot 10^3$	$w = 1,02 * 1,02 * 1,03 * 1 * (1 * 44,9 + 1,2 * 38,1) / (12 * 235) * (1 - 0,7 / (2 * 4,2)) * 0,7 * 4,2^2 * 10^3$			387,77	cm3
$A_{SH} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_S \cdot \beta_S \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) s \cdot l$	$A_{SH} = 10 * 1,02 * 1,02 * 1,05 * 1 * (1 * 44,9 + 1,2 * 38,1) / 235 * (1 - 0,7 / (2 * 4,2)) * 0,7 * 4,2$			11,35	cm2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 4, (2.2.1)		
$t = (0.8 + 0.004 * L * k^{1/2} + 4.5 * s) * C_T$	$t = (0.8 + (0.004 * 98.8) * (1^{1/2})) + 4.5 * 0.7 * 0.99$	4,30
$C_T = 0.85 + \frac{2 * T}{L}$	$C_T = 0.85 + (2 * 6.94 / 98.8)$	0,99

GENERAL			
Elemento	Espesor mínimo (mm)	Área mínima (cm ²)	Módulo mínimo (cm ³)
Cuaderna bajo cubierta superior	4,30	11,35	387,77

10.2.3 Chapa de costado bajo cubierta de francobordo:

Z(m)	S(m)	l(m)
Punto más bajo de la chapa de costado bajo cubierta francobordo	Separación entre cuadernas	Separación entre bulárcamas
2,25	0,7	4,2

Presiones debidas al mar (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (kN/m2)
Z<T	$\rho * g * (T - z)$	$\rho * g * h_1 * e^{\frac{-2 * \pi * (T - Z)}{L}}$
	1,025 * 9,81 * (6,94 - 2,25)	1,025 * 9,81 * 4,35 * e ^{$\frac{-2 * \pi * (6,94 - 2,25)}{99,8}$}
	47,16	32,47

Pres.internas y fuerzas debidas a cargas en bodega (Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (Kn/m2)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,2	1	1,2

PT B CH 8 SEC 3 (3.4)	
$C_a = MIN \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l} \right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$	
Ca=MIN(1,21*RAIZ((1+0,33*(0,7/4,2)^2))-(0,69*0,7/4,2);1)	1
$\sigma_{x1} = MAX \left\{ 100 * \left(1 - \frac{z}{0.5 * D} \right); 65 \right\}$	
σ_{x1} =MAX(100*(1-(2,25/0,5*10,10));65)	65
$\lambda_T = 1 - 0.89 * \gamma_m * \frac{\sigma_{x1}}{R_y}$	
λ_T =1-(0,89*1,02*65/235)	0,75
Pt B, Ch 8, Sec 3 3.4.1 GENERAL	
$t = 17,2 * C_a * C_r * s * \sqrt{\frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{\lambda_t * R_y}}$	
t=17,2*1*1*0,7*RAIZ(((1*47,16)+(1,2*32,47))*1,2*1,02/(0,7*235))	9,3

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2	
$t=3,1+0,017*L*K^{1/2}+4,5*s$	
$t= 3,1+0,017*98,8*1^{1/2}+4,5*0,7$	7,9

Margen en t de Pt B por corrosion : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Superficie en contacto con el mar o aire	0,5
Superficie de otros compartimentos (bodega)	0,5
Total	1,00

	t mínimo, Neto(mm)	t cargas laterales,Neto (mm)	Margen de corrosión	t mínimo en B, Bruto (mm)	t cargas laterles en B, Bruto (mm)
Chapa de costado bajo cubierta de francobordo	7,9	9,3	1,00	8,9	10,3

ESPESOR FINAL -----> 10,3

10.2.4 Chapa de costado bajo cubierta superior:

Z(m)	S(m)	l(m)
Punto más bajo de la chapa de costado bajo cubierta francobordo	Separación entre cuadernas	Separación entre bulárcamas
7,5	0,7	4,2

Presiones debidas al mar (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
Localización	Still water pressure ps (kN/m ²)	Wave pressure pw (kN/m ²)
Z>T	0	$\rho \cdot g \cdot (T+h_1-z)$
	0	$1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,94+4,35-7,5)$
	0,00	38,11

Pres.internas y fuerzas debidas a cargas en bodega (Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m ²)	Wave pressure pw (Kn/m ²)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,2	1	1,2

Pt B, Ch 8, Sec 3 [3.4]	
$C_a = MIN \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$	
$Ca = MIN(1,21 * RAIZ((1 + 0,33 * (0,7/4,2)^2)) - (0,69 * 0,7/4,2); 1)$	1
$\sigma_{x1} = MAX \left\{ 100 * \left(1 - \frac{z}{0.5 * D} \right); 65 \right\}$	
$\sigma_{x1} = MAX(100 * (1 - (7,5/0,5 * 10,1)); 65)$	65
$\lambda_T = 1 - 0.89 * \gamma_m * \frac{\sigma_{x1}}{R_Y}$	
$\lambda_T = 1 - (0,89 * 1,02 * 65/235)$	0,7
Pt B, Ch 8, Sec 3 3.4.1 GENERAL	
$t = 17,2 * C_a * C_r * s * \sqrt{\frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{\lambda_t * R_y}}$	
$t = 17,2 * 1 * 1 * 0,7 * RAIZ(((1 * 44,85) + (1,2 * 38,11)) * 1,2 * 1,02 / (0,7 * 235))$	9,1

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2	
$t = 3 + 0.004 * L * k^{1/2} + 4.5 * s$	
$t = 3 + 0.004 * 98,8 * 1^{1/2} + 4,5 * 0,7$	6,3

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Superficie en contacto con el mar o aire	0,5
Superficie de otros compartimentos (bodega)	0,5
total	1,00

	t mínimo, Neto(mm)	t cargas laterales, Neto (mm)	Margen de corrosión	t mínimo en B, Bruto (mm)	t cargas laterles en B, Bruto (mm)
chapa costado bajo cubierta sup.	6,3	9,1	1,00	7,3	10,1

ESPESOR FINAL -----> 10,1

10.2.5 Chapa de cubierta de francobordo:

Z(m)	S(m)	l(m)	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p * g + ap * (z - T_1)]^2} \left(\frac{m}{s^2} \right)$
Altura de la chapa de cub. de francobordo	Separacion entre refuerzos	Separacion entre bulárcamas	$a_{x1} = (0,5^2 + (0,162 * 9,81 + 0,2 * (7,5 - 6,94))^2)^{0,5}$
7,5	0,7	4,2	1,77

Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7: Presion interna y fuerzas		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	$P_S = 6.9 * h_{TD}$	$P_S * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td})=	6,5
	44,85	21,26

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,2	1	1,2

Pt B, Ch 8, Sec 3 [3.4]	
$C_a = MIN \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$	
$C_a = MIN(1,21 * RAIZ((1 + 0,33 * (0,7/4,2)^2)) - (0,69 * 0,7/4,2); 1)$	1
$\sigma_{x1} = MAX \left\{ 100 * \left(1 - \frac{z}{0.5 * D}\right); 65 \right\}$	
$\sigma_{x1} = MAX(100 * (1 - (7,5/0,5 * 10,10)); 65)$	65
$\lambda_T = 1 - 0.89 * \gamma_m * \frac{\sigma_{x1}}{R_y}$	
$\lambda_T = 1 - (0,89 * 1,02 * 65/235)$	0,7
Pt B, Ch 8, Sec 3 3.4.1 GENERAL	
$t = 17,2 * C_a * C_r * s * \sqrt{\gamma_r * \gamma_m * \frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{\lambda_t * R_y}}$	
$t = 17,2 * 1 * 1 * 0,7 * RAIZ(((1 * 44,85) + (1,2 * 21,26)) * 1,2 * 1,02 / (0,7 * 235))$	8,4
ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2	
$t = 9,7 * s * k^{(1/2)}$	
$t = 9,7 * 0,7 * 1^{(1/2)}$	6,8

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Superficie en otros compartimentos (bodega de pesca)	0,5
Superficie en otros compartimentos (bodega de pesca)	0,5
total	1,00

	t mínimo Neto(mm)	t cargas laterales Neto (mm)	Margen de corrosión	t mínimo Bruto (mm)	t cargas laterales Bruto (mm)
Chapa cub. Francobordo	6,8	8,4	1,00	7,8	9,4

ESPESOR FINAL -----> 9,4

10.2.6 Chapa de cubierta superior:

Z(m)	S(m)	l(m)	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p * g + ap * (z - T_1)]^2} \left(\frac{m}{s^2} \right)$
altura de la chapa de cubierta superior	Separacion entre refuerzos	Separacion entre bulárcamas	$a_{x1} = (0,5^2 + (0,162 * 9,81 + 0,2 * (10,10 - 6,94))^2)^{0,5}$
10,1	0,7	4,2	2,28

Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 5: Presion interna y fuerzas		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	$10 * \phi_1 * \phi_2$	$17,5 * n * \phi_1 * \phi_2$
	Table 6 superstructure deck $\phi_1 =$	0,75
	Table 5 $\phi_2 =$	0,82
	Table 1 Navigation Coefficients n =	1
	6,18	10,81

Presiones debidas a la maquinaria en la cubierta superior (Pt B ch8 sec 1 4.7.1 Machinery)		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	10	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	10,00	4,74

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Ym	YR	Ys2	Yw2
1,02	1,2	1	1,2

Pt B, Ch 8, Sec 3 [3.4]	
$C_a = MIN \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$	
Ca=MIN(1,21*RAIZ((1+0,33*(0,7/4,2)^2)-(0,69*0,7/4,2);1)	1
$\sigma_{x1} = MAX \left\{ 100 * \left(1 - \frac{z}{0.5 * D} \right); 65 \right\}$	
σx1=MAX(100*(1-(10,1/0,5*10,10));65)	65
$\lambda_T = 1 - 0.89 * \gamma_m * \frac{\sigma_{x1}}{R_y}$	
λT=1-(0,89*1,02*65/235)	0,7
Pt B, Ch 8, Sec 3 3.4.1 GENERAL	
$t = 17,2 * C_a * C_p * s * \sqrt{\gamma_r * \gamma_m * \frac{Y_{s2} * P_s + Y_{w2} * R_w}{\lambda_T * R_y}}$	
t=17,2*1*0,7*RAIZ(((1*10)+(1,2*10,81))*1,2*1,02/(0,7*235))	4,8
ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2	
t=9,7*s*k^(1/2)	
t=9,7*0,7*1^(1/2)	6,8

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Superficie en otros compartimentos (bodega de pesca)	0,5
Superficie en otros compartimentos (bodega de pesca)	0,5
total	1,00

	t mínimo Neto(mm)	t cargas laterales Neto (mm)	Margen de corrosión	t mínimo, Bruto (mm)	t cargas laterles, Bruto (mm)
Chapa cub. Superior	6,8	4,8	1,00	7,8	5,8

ESPESOR FINAL -----> 7,8

10.2.7 Bao de cubierta de francobordo:

Z(m)	l(m)	S(m)
Altura del bao	Separación transversal entre puntales	Distancia entre bulárcamas
7,28	5,8	4,2

Presiones internas y fuerzas debidas a carga en entrepuente (Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 4, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,02	1	1,2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

σ_{x1}	No aporta resist.long.	0	
β_b	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s	1	
β_s	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s	1	
GENERAL			
PT B CH 8 SEC 4 , 3.4.3 Longitudinal and transverse ordinary stiffeners subject to lateral pressure in intact conditions			
$w = \gamma_R * \gamma_m * \beta_b * \frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{12 * (R_y - \gamma_R * \gamma_m * \sigma_{x1})} * \left(1 - \frac{s}{2 * l}\right) * s * l^2 * 10^3$	$w = 1,02 * 1,02 * 1 * (1 * 44,85 + 1,2 * 21,26) / (12 * (235 - 1,02 * 1,02 * 0)) * (1 - 4,2 / (2 * 5,8)) * 0,7 * 5,8^2 * 10^3$	389,95	cm ³
$A_{sh} = 10 * \gamma_R * \gamma_m * \beta_s * \frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{R_y} * \left(1 - \frac{s}{2 * l}\right) * s * l$	$A_{sh} = 10 * 1,02 * 1,02 * 1 * (1 * 44,85 + 1,2 * 21,26) / 235 * (1 - 4,2 / (2 * 5,8)) * 0,7 * 5,8$	8,07	cm ²

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 7, Sec 2, (2.2.1)			
$t = (0,8 + 0,004 * L * k \sqrt{1/2 + 4,5 * s}) * C_t$	$t = (0,8 + 0,004 * 98,8 * \sqrt{1/2 + 4,5 * 0,7}) * 0,990$	4,30	mm
$C_T = 0,85 + \frac{2 * T}{L}$	$C_t = 0,85 + 2 * 6,94 / 98,8$	0,990	

GENERAL			
Elemento	Módulo mínimo (cm ³)	Área mínima Pt B (cm ²)	Espesor mínimo Pt B (mm)
Bao cubierta francobordo	390,0	8,1	4,3

10.2.8 Bao de cubierta superior:

Z(m)	l(m)	S(m)
Altura del bao de cubierta superior	Distancia entre puntales	Distancia entre bulárcamas
9,8	5,8	4,2

Presiones debidas a la maquinaria en la cubierta superior (Pt B ch8 sec 1 4.7.1 Machinery)		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	10	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	10,00	4,74

Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 5: Presion interna y fuerzas		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	$10 * \phi_1 * \phi_2$	$17,5 * n * \phi_1 * \phi_2$
Table 6 superstructure deck $\phi_1 =$		0,75
Table 5 $\phi_2 =$		0,82
Table 1 Navigation Coefficients n =		1
	6,18	10,81

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 4, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,02	1	1,2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

σ_{x1}	No aporta resist.long.	0	
β_b	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s	1	
β_s	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s	1	
GENERAL			
PT B CH 8 SEC 4 , 3.4.3 Longitudinal and transverse ordinary stiffeners subjected to lateral pressure in intact conditions			
$w = \gamma_R * \gamma_m * \beta_b * \frac{\gamma_{S2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{12 * (R_y - \gamma_R * \gamma_m * \sigma_{x1})} * \left(1 - \frac{s}{2 * l}\right) * s * l^2 * 10^3$	$w = 1,02 * 1,02 * 1 * (1 * 10 + 1,2 * 10,81) / (12 * (235 - 1,2 * 1,2 * 0) * (1 - 4,2 / (2 * 5,8))) * 0,7 * 5,8^2 * 10^3$	126,40	cm ³
$A_{sh} = 10 * \gamma_R * \gamma_m * \beta_s * \frac{\gamma_{S2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{R_y} * \left(1 - \frac{s}{2 * l}\right) * s * l$	$A_{sh} = 10 * 1,02 * 1,02 * 1 * (1 * 10 + 1,2 * 7,14) / 235 * (1 - 4,2 / (2 * 5,8)) * 0,7 * 5,8$	2,63	cm ²

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 7, Sec 2, (2.2.1)			
$t = (0,8 + 0,004 * L * k \sqrt{1/2 + 4,5 * s}) * C_t$	$t = (0,8 + 0,004 * 98,8 * 1 \sqrt{1/2 + 4,5 * 0,7}) * 0,99$	4,11	mm
$C_T = 0.85 + \frac{2 * T}{L}$	$C_t = 0.85 + 2 * 6,94 / 98,8$	0,990	

GENERAL			
Elemento	Módulo mínimo (cm ³)	Área mínima (cm ²)	Espesor mínimo Pt B (mm)
Bao cubierta superior	126,4	2,6	4,1

10.2.9 Refuerzos longitudinales de costado:

Z(m)	S(m)	l(m)
Altura media refuerzos	Longitud de bao efectivo que se apoya en el refuerzo longitudinal	Separación entre bulárcamas
4,56	3,5	4,2

PRESIONES DEBIDAS AL MAR (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
Localización	Still water pressure psd (kN/m ²)	Wave pressure pwd (kN/m ²)
Zd<T	$\rho * g * (T - z)$	$\rho * g * h_1 * e^{\frac{-2 * \pi * (T - Z)}{L}}$
Z = Zd = 4,56	1,025*9,81*(6,94-4,56)	1,025 · 9,81 · 4,35 · e ^{$\frac{-2 \cdot \pi \cdot (6,94 - 4,56)}{98,8}$}
	23,93	37,60

Pres.internas y fuerzas debidas a la bodega de carga (Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m ²)	Wave pressure pw (kN/m ²)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,02	1	1,2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

σ_{X1} para $0,5 \cdot D < z < D$	$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(\frac{z}{0,5D} - 1 \right)$ no menos que 65 kN/mm ²	$\sigma_{x1} = (100/1) \cdot ((4,56/(0,5 \cdot 10,10)) - 1)$	65,00	
β_b	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coefficients β_b and β_s		1	
β_s	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coefficients β_b and β_s		1	
GENERAL				
PT B CH 8 SEC 4 , 3.4.3 Longitudinal and transverse ordinary stiffeners subject to lateral pressure in intact conditions				
$w = \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_b \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{12 \cdot (R_y - \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{X1})} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l} \right) \cdot s \cdot l^2 \cdot 10^3$	$w = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 44,85 + 1,2 \cdot 37,60) / (12 \cdot (235 - 1,02 \cdot 1,02 \cdot 65)) \cdot (1 - 3,5 / (2 \cdot 4,2)) \cdot 0,7 \cdot 4,2^2 \cdot 10^3$		335,69	cm ³
$A_{sh} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_s \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l} \right) \cdot s \cdot l$	$A_{sh} = 10 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 44,85 + 1,2 \cdot 37,60) / 235 \cdot (1 - 3,5 / (2 \cdot 6,4)) \cdot 0,7 \cdot 6,4$		6,83	cm ²

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 8, Sec 5, (2.1.1)			
$t = (3,7 + 0,015 \cdot L \cdot K \cdot (1/2)) \cdot Ct$	$t = (3,7 + 0,015 \cdot 98,8 \cdot 1 \cdot (1/2)) \cdot 0,990$	5,13	mm
$C_T = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	$Ct = 0,85 + 2 \cdot 6,94 / 98,8$	0,990	

	GENERAL		
Elemento	Módulo mínimo (cm ³)	Área mínima (cm ²)	Espesor mínimo (mm)
Refuerzos longitudinales de costado	335,7	6,8	5,1

10.2.10 Refuerzos longitudinales mamparo central:

Z(m)	S(m)	l(m)
Altura media refuerzos	Longitud de bao efectivo que se apoya en el refuerzo longitudinal	Separación entre bulárcamas
4,0	3,5	4,2

Pres.internas y fuerzas debidas a la bodega de carga (Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m ²)	Wave pressure pw (Kn/m ²)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,02	1	1,2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

σ_{x1} para $0,5 \cdot D < z < D$	$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(\frac{z}{0,5D} - 1 \right)$ no menos que 65 kN/mm ²	$\sigma_{x1} = (100/1) \cdot ((4,00/(0,5 \cdot 10,10)) - 1)$	65,00	
β_b	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s		1	
β_s	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s		1	
GENERAL				
PT B CH 8 SEC 4 , 3.4.3 Longitudinal and transverse ordinary stiffeners subject to lateral pressure in intact conditions				
$w = \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_b \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{12 \cdot (R_y - \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{x1})} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l} \right) \cdot s \cdot l^2 \cdot 10^3$	$w = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 44,85 + 1,2 \cdot 21,26) / (12 \cdot (235 - 1,02 \cdot 1,02 \cdot 65)) \cdot (1 - 3,5 / (2 \cdot 4,2)) \cdot 0,7 \cdot 4,2^2 \cdot 10^3$		262,53	cm ³
$A_{sh} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_s \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l} \right) \cdot s \cdot l$	$A_{sh} = 10 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 44,85 + 1,2 \cdot 37,60) / 235 \cdot (1 - 3,5 / (2 \cdot 6,4)) \cdot 0,7 \cdot 6,4$		5,34	cm ²

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 8, Sec 5, (2.1.1)			
$t = (3,7 + 0,015 \cdot L \cdot K \cdot \gamma(1/2)) \cdot Ct$	$t = (3,7 + 0,015 \cdot 98,8 \cdot 1 \cdot \gamma(1/2)) \cdot 0,990$	5,13	mm
$C_T = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	$Ct = 0,85 + 2 \cdot 6,94 / 98,8$	0,990	

	GENERAL		
Elemento	Módulo mínimo (cm ³)	Área mínima (cm ²)	Espesor mínimo (mm)
Refuerzos longitudinales mamparo central	262,5	5,3	5,1

10.2.11 Refuerzos longitudinales de cubierta de francobordo:

Z(m)	S(m)	l(m)
Altura del refuerzo	Longitud de bao efectivo que se apoya en el refuerzo longitudinal	Separación longitudinal entre puntales
7,28	3,5	6,4

Presiones debidas a la maquinaria en la cubierta superior (Pt B ch8 sec 1 4.7.1 Machinery)		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega (h _{td}) =	6,5
	44,85	21,26

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Y _m	Y _R	Y _{s2}	Y _{w2}
1,02	1,02	1	1,2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

σ_{X1} para $0,5 \cdot D < z < D$	$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(\frac{z}{0,5D} - 1 \right)$ no menos que 65 kN/mm ²	$\sigma_{x1} = (100/1) \cdot ((7,28/(0,5 \cdot 10,10)) - 1)$	65,00	
β_b	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s		1	
β_s	PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients β_b and β_s		1	
GENERAL				
PT B CH 8 SEC 4 , 3.4.3 Longitudinal and transverse ordinary stiffeners subject to lateral pressure in intact conditions				
$w = \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_b \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{12 \cdot (R_y - \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{X1})} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l} \right) \cdot s \cdot l^2 \cdot 10^3$	$w = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 44,85 + 1,2 \cdot 21,26) / (12 \cdot (235 - 1,02 \cdot 1,02 \cdot 65)) \cdot (1 - 3,5 / (2 \cdot 6,4)) \cdot 0,7 \cdot 6,4^2 \cdot 10^3$		759,27	cm ³
$A_{sh} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_s \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l} \right) \cdot s \cdot l$	$A_{sh} = 10 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 44,85 + 1,2 \cdot 21,26) / 235 \cdot (1 - 3,5 / (2 \cdot 6,4)) \cdot 0,7 \cdot 6,4$		10,14	cm ²

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 8, Sec 5, (2.1.1)			
$t = (3,7 + 0,015 \cdot L \cdot K \sqrt{1/2}) \cdot Ct$	$t = (3,7 + 0,015 \cdot 98,8 \cdot 1 \sqrt{1/2}) \cdot 0,990$	5,13	mm
$C_T = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	$Ct = 0,85 + 2 \cdot 6,94 / 98,8$	0,990	

GENERAL			
Elemento	Módulo mínimo (cm ³)	Área mínima (cm ²)	Espesor mínimo (mm)
Ref. longitudinales cubierta francobordo	759,3	10,1	5,1

10.2.12 Refuerzos longitudinales de cubierta superior:

Z(m)	S(m)	l(m)
Altura del refuerzo	Longitud de bao efectivo que se apoya en el refuerzo longitudinal	Separación longitudinal entre puntales
9,8	3,5	6,4

Presiones debidas a la maquinaria en la cubierta superior (Pt B ch8 sec 1 4.7.1 Machinery)		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	10	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	10,00	4,74

Presion interna y fuerzas debidas al mar (Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 5)		
Tipo	Still water pressure ps (KN/m ²)	Wave pressure pw (KN/m ²)
	$10 * \phi_1 * \phi_2$	$17,5 * n * \phi_1 * \phi_2$
Table 6 superstructure deck $\phi_1 =$		0,75
Table 5 $\phi_2 =$		0,82
Table 1 Navigation Coefficients $n =$		1
	6,18	10,81

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm ²	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
Ym	YR	Ys2	Yw2
1,02	1,02	1	1,2

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.

Autor: Miguel Ángel Castro Gómez

PT B CH8 sec 5 3.5.2 Longitudinal and transverse primary supporting members subjected to lateral pressure in intact conditions			
σ_{x1} para $0,5 \cdot D < z < D$	$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(\frac{z}{0,5D} - 1 \right)$ no menos que 65 kN/mm ²	$\sigma_{x1} = (100/1) \cdot ((9,8/(0,5 \cdot 10,10)) - 1)$	94,06
β_b			1
β_s			1
GENERAL			
PT B CH8 sec 5 3.5.2 Longitudinal and transverse primary supporting members subjected to lateral pressure in intact conditions			
$w = \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \beta_B \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{m \cdot (R_y - \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \sigma_{x1})} \cdot s \cdot l^2 \cdot 10^3$	$w = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 10 + 1,2 \cdot 10,81) / (12 \cdot (235 - 1,2 \cdot 1,2 \cdot 94,06)) \cdot 0,7 \cdot 6,4^2 \cdot 10^3$		476,29 cm ³
$A_{SH} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \beta_S \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{R_y} \cdot s \cdot l$	$A_{SH} = 10 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 10 + 1,2 \cdot 10,81) / 235 \cdot 0,7 \cdot 6,4$		4,56 cm ²

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 8, Sec 5, (2.1.1)			
$t = (3,7 + 0,015 \cdot L \cdot K \cdot \sqrt{1/2}) \cdot C_t$	$t = (3,7 + 0,015 \cdot 98,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{1/2}) \cdot 0,990$	5,13	mm
$C_T = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	$C_t = 0,85 + 2 \cdot 6,94 / 98,8$	0,990	

GENERAL			
Elemento	Módulo mínimo (cm3)	Área mínima (cm2)	Espesor mínimo
Ref. longitudinales cub. Superior	476,3	4,6	5,1

11 RESUMEN DEL ESCANTILLONADO:

Presentamos a continuación una tabla resumen que recoge las dimensiones de todos los elementos calculados anteriormente, y que nos permite seleccionar los elementos de refuerzo que llevará la cuaderna maestra. Para la elección de los refuerzos, nos hemos basado en los espesores y áreas mínimas calculados anteriormente, y acudiendo a prontuarios de materiales de diferentes empresas (se adjuntan en el anexo II) nos hemos decantado por los que a continuación se muestran:

Elemento	t_{MIN} calculado [mm]	t elegido [mm]	Material seleccionado	Tipo de acero
Chapas de quilla	11,57	16,00	Chapa de 16 mm	Acero Naval tipo A
Chapas de fondo	11,02	14,00	Chapa de 14 mm	Acero Naval tipo A
Chapas de pantoque	12,53	14,00	Chapa de 14 mm	Acero Naval tipo A
Chapas de costado bajo c. francobordo	10,30	11,00	Chapa de 11 mm	Acero Naval tipo A
Chapas de costado bajo c. superior	10,10	11,00	Chapa de 11 mm	Acero Naval tipo A
Chapas de doble fondo	8,85	10,00	Chapa de 10 mm	Acero Naval tipo A
Chapas de c. francobordo	9,40	10,00	Chapa de 10 mm	Acero Naval tipo A
Chapas de c. superior	7,80	10,00	Chapa de 10 mm	Acero Naval tipo A
Vagra central	16,72	17,00	Chapa de 17 mm	Acero Naval tipo A
Vagras laterales	16,72	17,00	Chapa de 17 mm	Acero Naval tipo A
Varengas	19,19	20,00	Chapa de 20 mm	Acero Naval tipo A
Cuaderna bajo c. francobordo	4,30	7,00	Chapa de 7 mm	Acero Naval tipo A
Cuaderna bajo c. superior	4,30	7,00	Chapa de 7 mm	Acero Naval tipo A
Bao de c. francobordo	4,30	10,00	Plancha acero 250x10 y Pletina 150x12	Acero Naval tipo A
Bao de c. superior	4,11	10,00	Plancha acero 220x10 y Pletina 150x12	Acero Naval tipo A
Ref. longitudinales mamparo central	5,10	10,00	Perfil en L 150x150x10	Acero Naval tipo A
Ref. longitudinales costado	5,10	15,00	Perfil en L 150x150x15	Acero Naval tipo A
Ref. longitudinales de c. francobordo	5,10	7,00	Perfil en L 90x90x7	Acero Naval tipo A
Ref. longitudinales de c. superior	5,10	7,00	Llanta bulbo 140x7	Acero Naval tipo A

12 CÁLCULO DEL MÓDULO RESISTENTE DE LA CUADERNA MAESTRA:

El cálculo del módulo resistente de la cuaderna maestra de un buque, se hace siguiendo una serie de premisas:

- Se considerarán aquellos elementos estructurales del buque que contribuyen a la resistencia longitudinal, y son continuos en $0,4 \cdot L$ desde el centro del buque. El reglamento indica que se incluirán únicamente aquellos que se encuentren por debajo de la cubierta resistente, con lo que, en este caso, se limita la cuaderna maestra hasta la cubierta superior. Se tendrán en cuenta por tanto:
 - Las chapas del forro.
 - La quilla de cajón.
 - La cubierta principal y superior.
 - La plancha de doble fondo.
 - Los refuerzos longitudinales (vagrás, esloras, longitudinales).

No se considerarán: cuadernas, baos y forro interior de la chapa que forma las cubas.

- Se considerará que la superestructura contribuye positivamente a la resistencia longitudinal del buque, actuando como una reserva a mayores.
- Dada la simetría del buque respecto a crujía, se considerarán únicamente los elementos de un costado, y se multiplicarán por dos los resultados obtenidos.

12.1 Método de cálculo:

El cálculo se iniciará a través de una tabla de Excel, mediante la consecución de los siguientes pasos:

1. Hacemos una primera columna donde recogemos todos los elementos longitudinales que contribuyen a la resistencia.
2. En la segunda columna colocaremos el número de elementos de cada tipo existentes.
3. Las dos siguientes columnas indicarán las dimensiones o escantillones de cada uno de los elementos según su sentido: vertical (h) y horizontal (b).
4. La siguiente columna indicará el área de la sección transversal de cada elemento. Para el caso de las llantas y perfiles en "L" (que son los empleados en el buque proyecto) este valor se ha extraído de prontuarios de estructuras metálicas.
5. La siguiente columna indicará las distancias del centro de gravedad de cada elemento hasta la línea base (Y_g).
6. A continuación presentaremos los momentos de primer orden (M), o momentos estáticos respecto a la línea base. Que será el producto de las áreas por los momentos de las columnas anteriores:

$$M = A \cdot Y_g \text{ [cm}^2 \cdot \text{m]}$$

7. La siguiente columna recogerá los valores de los momentos de inercia respecto a la línea base, o momentos de segundo orden (I), multiplicando el momento estático (M), por la distancia (Yg):

$$I = M \cdot Yg \text{ [cm}^2 \cdot \text{m}^2\text{]}$$

8. La última de las columnas determinará el momento de inercia transversal, o momento de inercia propio (I_0), respecto al centro de gravedad del elemento:

$$I_0 = \frac{A \cdot h^2}{12} \text{ [cm}^2 \cdot \text{m}^2\text{]}$$

Una vez finalizada la tabla, calcularemos el centro de gravedad de la sección, o altura del eje neutro. El cual estará situado a una distancia de la línea base igual a:

$$Y_{E.N.} = \frac{\sum(A_i \cdot y_{gi})}{\sum A_i}$$

Determinaremos a continuación el momento de inercia total respecto a la línea base:

$$I_{OX} = \sum I_0 + \sum (A_i \cdot y_{gi}^2)$$

Conocido I_{OX} , estamos en disposición de calcular el momento de inercia respecto al eje neutro ($I_{E.N.}$), a través del teorema de Steiner:

$$I_{E.N.} = I_{OX} - y_{gi}^2 \cdot \sum A_i$$

Determinaremos las distancias del fondo a la cubierta superior (cubierta resistente) y al eje neutro, a las que denominaremos $y_{CUBIERTA}$ e y_{FONDO} respectivamente. A través de estas se pueden calcular los módulos resistentes de cubierta ($w_{CUBIERTA}$) y de fondo (w_{FONDO}):

$$w_{FONDO} = I_{E.N.}/y_{FONDO}$$

$$w_{CUBIERTA} = I_{E.N.}/(y_{CUBIERTA} - y_{E.N.})$$

Por último tendremos que comprobar la validez de los valores obtenidos del módulo resistente y del momento de inercia de la sección, que tendrán que ser mayores al módulo resistente mínimo y al valor del momento de inercia mínimo establecidos por la sociedad clasificadora del buque.

12.2 Proceso de cálculo:

Creación de la tabla Excel explicada anteriormente:

Elemento	Cantidad	Escantillón [cm]		A [cm ²]	Yg [m]	M = A · Yg [cm ² · m]	I = M · Yg [cm ² · m ²]	h [m]	I ₀ =(A · h ²)/12 [cm ⁴]
		h	b						
Ch. horizontal Quilla	1	1,6	30,0	48,0	-0,528	-25,344	13,382	0,016	0,001
Ch. Vertical Quilla	1	52,0	1,6	83,2	0,260	-21,632	5,624	0,520	1,875
Chapa Aparadura	1	1,6	120,0	192,0	0,008	-1,536	0,012	0,016	0,004
Chapa fondo 1	1	1,4	175,0	245,0	0,007	-1,715	0,012	0,014	0,004
Chapa fondo 2	1	1,4	175,0	245,0	0,007	-1,715	0,012	0,014	0,004
Chapa Pantoque 1	1	1,4	200,0	280,0	0,141	39,480	5,567	0,014	0,005
Chapa Pantoque 2	1	1,4	200,0	280,0	1,250	350,000	437,500	0,014	0,005
Vagras	3	100,0	1,7	170,0	0,500	85,000	42,500	1,000	14,167
Chapa Costado 1	1	204,0	1,1	224,4	3,250	729,300	2370,225	2,040	77,822
Chapa Costado 2	1	210,0	1,1	231,0	5,200	1201,200	6246,240	2,100	84,893
Chapa costado sobre c. FB 1	1	190,0	1,1	209,0	7,371	1540,539	11355,313	1,900	62,874
Chapa costado sobre c. FB 2	1	190,0	1,1	209,0	9,271	1937,639	17963,851	1,900	62,874
Ref. longitudinales costado 1	1	0,9	16,0	17,8	9,463	168,441	1593,961	0,009	0,000
Ref. longitudinales costado 2	1	0,9	16,0	17,8	8,813	156,871	1382,508	0,009	0,000
Ref. longitudinales costado 3	1	0,9	16,0	17,8	8,163	145,301	1186,095	0,009	0,000
Ref. longitudinales costado 4	1	15,0	15,0	43,0	6,890	296,270	2041,300	0,150	0,081
Ref. longitudinales costado 5	1	15,0	15,0	43,0	6,290	270,470	1701,256	0,150	0,081
Ref. longitudinales costado 6	1	15,0	15,0	43,0	5,690	244,670	1392,172	0,150	0,081
Ref. longitudinales costado 7	1	15,0	15,0	43,0	5,090	218,870	1114,048	0,150	0,081
Ref. longitudinales costado 8	1	15,0	15,0	43,0	4,490	193,070	866,884	0,150	0,081
Ref. longitudinales costado 9	1	15,0	15,0	43,0	3,890	167,270	650,680	0,150	0,081
Ref. longitudinales costado 10	1	15,0	15,0	43,0	3,290	141,470	465,436	0,150	0,081
Ref. longitudinales costado 11	1	15,0	15,0	43,0	2,690	115,670	311,152	0,150	0,081
Ref. longitudinales	1	15,2	17,7	43,0	2,215	95,245	210,968	0,152	0,083

Cuaderno 8: Cuaderna maestra.**Autor:** Miguel Ángel Castro Gómez

costado 12									
Ref. longitudinales costado 13	1	14,5	19,4	43,0	1,694	72,842	123,394	0,145	0,075
Ref. longitudinales costado 14	1	13,4	20,4	43,0	1,200	51,600	61,920	0,134	0,064
Chapa doble fondo	1	1,0	730,0	730,0	1,005	733,650	737,318	0,010	0,006
Chapa cub. Francobordo	1	1,0	780,0	780,0	7,505	5853,900	43933,520	0,010	0,007
Chapa cub. Superior	1	1,0	780,0	780,0	10,105	7881,900	79646,600	0,010	0,007
Ref. longitudinales cub. FB	10	9,0	9,7	12,2	7,250	88,450	641,263	0,090	0,008
Ref. longitudinales cub. Sup.	10	14,0	0,7	12,4	9,800	121,814	1193,777	0,140	0,020
Ref. longitudinales mamp. long. 1	1	15,0	15,0	29,3	6,890	201,877	1390,933	0,150	0,055
Ref. longitudinales mamp. long. 2	1	15,0	15,0	29,3	6,290	184,297	1159,228	0,150	0,055
Ref. longitudinales mamp. long. 3	1	15,0	15,0	29,3	5,690	166,717	948,620	0,150	0,055
Ref. longitudinales mamp. long. 4	1	15,0	15,0	29,3	5,090	149,137	759,107	0,150	0,055
Ref. longitudinales mamp. long. 5	1	13,0	21,0	29,3	3,960	116,028	459,471	0,130	0,041
Ref. longitudinales mamp. long. 6	1	15,0	15,0	29,3	3,290	96,397	317,146	0,150	0,055
Ref. longitudinales mamp. long. 7	1	15,0	15,0	29,3	2,690	78,817	212,018	0,150	0,055
Ref. longitudinales mamp. long. 8	1	15,0	15,0	29,3	2,090	61,237	127,985	0,150	0,055
Ref. longitudinales mamp. long. 9	1	15,0	15,0	29,3	1,490	43,657	65,049	0,150	0,055

Total 1/2 sección	-	-	-	6083,00	-	26031,16	199734,41	-	334,51
Total sección	-	-	-	12166,00	-	52062,33	399468,81	-	669,03

De la tabla anteriormente presentada, extraemos los siguientes valores para la sección completa del buque:

- $\sum A = 12166,00 \text{ cm}^2$
- $\sum M (A \cdot Y_g) = 52062,33 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}$
- $\sum I (M \cdot Y_g) = 399468,81 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^2$
- $\sum I_0 = 669,03 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^2$

Conocidos estos valores estamos en disposición de determinar la posición vertical del eje neutro:

$$Y_{E.N.} = \frac{\sum M}{\sum A} = \frac{52062,33 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}}{12166,00 \text{ cm}^2} = 4,28 \text{ m}$$

A través del Teorema de Steiner podemos calcular ahora el momento de inercia de la cuaderna maestra:

$$I_{E.N.} = \sum I + \sum I_0 - Y_{E.N.}^2 \cdot \sum A =$$
$$399468,81 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^2 + 669,03 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^2 - (4,28^2 \text{ m}^2 \cdot 12166,00 \text{ cm}^2) = 177276,186 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^2$$
$$I_{E.N.} = 17,73 \text{ m}^4$$

El módulo de la cubierta la determinamos gracias a la siguiente formulación:

$$W_{\text{CUBIERTA}} = \frac{I_{E.N.}}{Y_{\text{CUBIERTA}} - Y_{E.N.}} = \frac{17,73}{10,10 - 4,28} = 3,05 \text{ m}^3$$

El módulo de fondo será:

$$W_{\text{FONDO}} = \frac{I_{E.N.}}{Y_{\text{FONDO}}} = \frac{17,73}{5,16} = 3,44 \text{ m}^3$$

Comprobaremos a continuación los valores obtenidos con los mínimos establecidos por la Sociedad Clasificadora del buque.

12.3 Comprobación de los datos obtenidos:

El Bureau Veritas establece que el módulo en la sección maestra de nuestro buque, no debe de ser menor que el valor obtenido a través de la siguiente fórmula (en m³):

$$W_{\text{MIN}} = n_1 \cdot C \cdot L_{\text{ESC}}^2 \cdot B \cdot (C_B + 0,7) \cdot K \cdot 10^{-6}$$

Donde:

- $n_1 = 1 \rightarrow$ Para buques que no navegan por zonas de navegación restringida.
- $C = \frac{(118 - 0,3 \cdot L_{\text{ESC}}) \cdot L_{\text{ESC}}}{1000} \rightarrow$ Parámetro de olas.
- $k = 1 \rightarrow$ Factor del material.

Por tanto, el módulo mínimo de la sección maestra es:

$$W_{\text{MIN}} = 1 \cdot \frac{(118 - 0,3 \cdot 98,80) \cdot 98,80}{1000} \cdot 98,80^2 \cdot 15,60 \cdot (0,572 + 0,7) \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 1,69 \text{ m}^3$$

Los valores obtenidos del módulo resistente anteriormente, tanto para el fondo como para la cubierta, son los siguientes:

$$Z_{\text{FONDO}} = W_{\text{FONDO}} = 3,44 \text{ m}^3$$
$$Z_{\text{CUBIERTA}} = W_{\text{CUBIERTA}} = 3,05 \text{ m}^3$$

El Bureau Veritas también establece cual es el momento de inercia mínimo respecto al eje neutro, siendo este:

$$I_{\text{MIN}} = 3 \cdot W_{\text{MIN}} \cdot L_{\text{ESC}} \cdot 10^{-2} = 3 \cdot 1,69 \cdot 98,80 \cdot 10^{-2} = 5,01 \text{ m}^4$$

El valor del momento de inercia respecto al eje neutro calculado para el buque proyecto, toma un valor de:

$$I_{E.N.} = 17,73 \text{ m}^4$$

En la siguiente tabla mostramos los valores mínimos exigidos por el Bureau Veritas, y los valores obtenidos para el buque proyecto, con el objetivo de demostrar que se cumplen los mínimos exigidos:

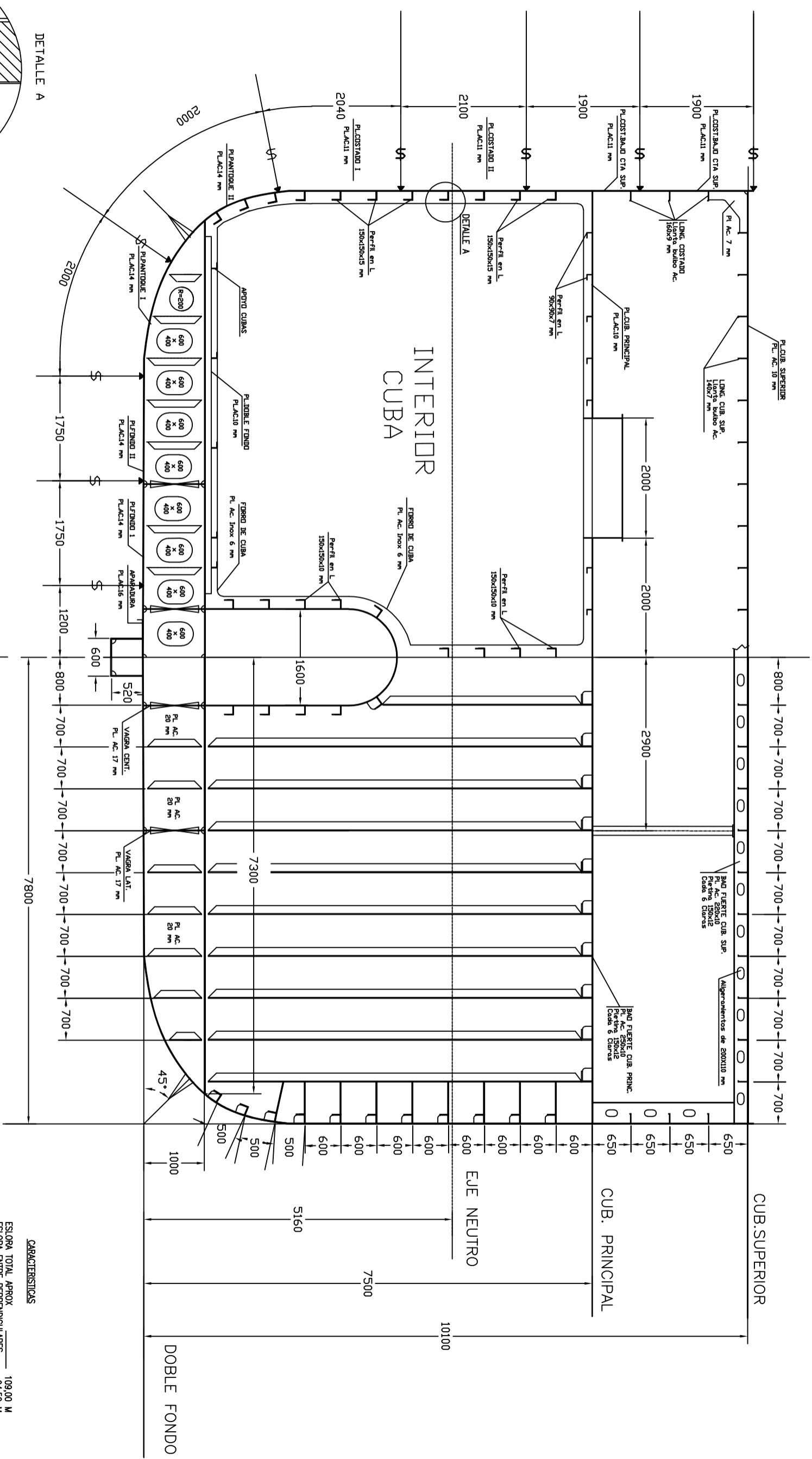
Concepto	Valor mínimo (BV)	Valor buque proyecto
Momento de inercia	5,01m ⁴	17,73 m ⁴
Módulo mínimo de cubierta	1,69 m ³	3,05 m ³
Módulo mínimo de fondo	1,69 m ³	3,44 m ³

Se comprueba por tanto, que los valores calculados para el atunero proyecto cumplen con los mínimos exigidos.

13 ANEXOS:

13.1 Anexo I: Cuaderna maestra:

Se presenta a continuación el plano de la cuaderna maestra del buque:



SECC. POR CUBAS
CON VARENGA TIPO

MAMPARÓ ENTRE CUBAS
CON VARENGA ESTANCA

SEPARACION DE CUADERNAS ENTRE LA 12 Y 130 700 mm

SEPARACION ENTRE POPA Y C-12 600 mm

SEPARACION ENTRE C-130 Y PROA 600 mm

CARACTERÍSTICAS

ESLORA TOTAL APROX	109.00 M
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	94.50 M
MANCHA DE TRAZADO	15.80 M
PUNTA A CUBERTA SUPERIOR	10.10 M
PUNTA A CUBERTA PRINCIPAL	7.50 M
CALADO DE TRAZADO	6.80 M
CAPACIDAD APROX. DE CUBAS	2950 m ³



UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESCALA: 1:25

INGENIERA MARÍTIMA Y COSTA
TRAZADO PUNTO DE MAESTRÍA Nº 18-04

ALUMNO: MIGUEL ANGEL CASTRO GÓMEZ

TÍTULO DE GRADO: BUQUE ATUNERO AL CERCO CONCELLOADOR DE 2950 M³

ESCALA: 1:25
FOLIO: 1
FOLIO TOTAL: 1

DESIGNACIÓN PLANO: CUADERNA MAESTRA

13.2 Anexo II: Prontuarios perfiles:

Para la elección de los refuerzos de la cuaderna maestra, hemos acudido a prontuarios de materiales de diferentes empresas, algunos de los cuales se presentan a continuación:

VENTA DE HIERROS MADRID

913515951 - 667754344

VENTA DE HIERRO ACERO PRECIOS MALLAZOS CORRUGADOS VIGAS IPN IPE HEB HEA HEM UPN TUBOS ANGULOS

INICIO - CONTACTO

HIERROS / ACERO

FORJA

TABLAS - PESOS

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CONSULTAR
PRECIOS

PLETINAS

		ANCHO														
		90	100	110	120	130	140	150	160	180	200	220	250		300	
ESPESOR	5	3,53	3,93													5
	6	4,24	4,71	5,18	5,66	6,12	6,64	7,12								6
	7	4,95	5,5	6,04	6,59	7,14	7,69	8,24								7
	8	5,65	6,28	6,91	7,56	8,16	8,8	9,42	10,05	11,38	12,6					8
	10	7,12	7,85	8,61	9,42	10,2	11,1	11,8	12,6	15,3	15,8	17,2	20	23,55		10
	12	8,48	9,42	10,4	11,3	12,2	13,2	14,3	15,1	17	19,6	20,7	23,55	28,3		12
	14	9,89	11	12,1	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6	19,8	22	24,2	27,5	33		14
	15	10,6	11,8	13	14,16	15,3	16,5	17,7	18,3	22,05	23,55	25,9	30,31	35,3		15
	16	11,3	12,6	13,8	15,1	16,3	17,6	18,8	20,1	22,6	25,1	27,6	31,4	37,7		16
	18	12,7	14,1	15,5	17	18,4	19,8	21,2	22,6	25,4	28,3	31,9	35,5	42,4		18
	20	14,1	15,7	17,3	18,84	20,4	22	23,6	25,1	28	32	34,5	39,21	47,2		20
	25	17,7	19,6	21,6	23,6	25,5	27,5	29,5	31,4	35,3	39,2	43,1	49	58,9		25
	30	21,2	23,6	25,9	28,3	30,6	33	35,3	37,6	42,3	47,1	51,8	58,8	70,7		30
40	28,3	31,4	34,5	37,6	40,8	43,9	47,1	50,2	56,5	62,8					40	
50	35,3	39,3	43,2	47,1	51	55	58,9	62,8	70,7	78,5					50	



3. PERFILES COMERCIALES	37
3.1. REDONDO LAMINADO EN CALIENTE. MEDIDAS Y TOLERANCIAS. UNE 36-541-76	37
3.2. CUADRADO LAMINADO EN CALIENTE. MEDIDAS Y TOLERANCIAS. UNE 36-542-76	39
3.3. HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE. MEDIDAS Y TOLERANCIAS. UNE 36-547-76; 79(ERRATUM)	42
3.4. BARRAS RECTANGULARES DE CANTO VIVO, LAMINADAS EN CALIENTE. UNE-36-543-80. FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO (HIERROS PLANOS).	44
3.5. ANGULARES DE LADOS IGUALES (PERFILES L). UNE EN 10056-99.	55
3.6. ANGULARES DE LADOS DESIGUALES (PERFILES LD). UNE EN 10056-1-99.....	57
3.7. PERFIL T DE ACERO CON ALAS IGUALES Y ARISTAS REDONDEADAS LAMINADO EN CALIENTE. PERFILES SIMPLES T. UNE EN 10055-95.....	59
3.8. PERFILES U PEQUEÑOS (COMERCIAL). UNE 36-525-72.....	61
3.9. OTROS PERFILES COMERCIALES.....	63
3.9.1. LLANTAS BULBO LAMINADAS EN CALIENTE (CONSTRUCCIÓN NAVAL) UNE-EN 10067: 1997	63
3.9.2. MEDIOS REDONDOS.....	65
3.9.3. MEDIAS CAÑAS.....	65



3.5. ANGULARES DE LADOS IGUALES (Perfiles L). UNE EN 10056-99.

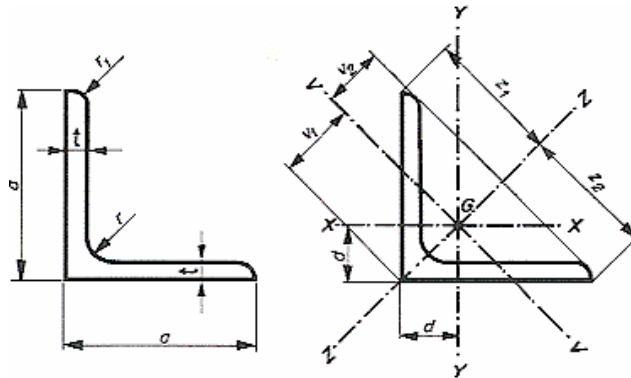


Tabla 3-21 Angulares de lados iguales (Perfiles L) - Dimensiones y características geométricas de los angulares laminados en caliente de lados iguales

Designación	Masa Kg/m	Área de la sección cm ²	Dimensiones			Distancias al centro de gravedad			Características geométricas respecto de los ejes							
			a	t	r _{unión}	C _x =C _v	C _u	C _v	X-X = Y-Y			U-U		V-V		
									I _x = I _y	I _x = I _y	Z _x = Z _y	I _u	r _u	I _v	r _v	Z _v
mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ³			
L 20 x 20 x 3	0.882	1.12	20	3	3.5	0.598	1.41	0.846	0.392	0.590	0.279	0.618	0.742	0.165	0.383	0.195
L 25 x 25 x 3	1.12	1.42	25	3	3.5	0.723	1.77	1.02	0.803	0.751	0.452	1.27	0.945	0.334	0.484	0.326
L 25 x 25 x 4	1.45	1.85	25	4	3.5	0.762	1.77	1.08	1.02	0.741	0.586	1.61	0.931	0.430	0.482	0.399
L 30 x 30 x 3	1.36	1.74	30	3	5	0.835	2.12	1.18	1.40	0.899	0.649	2.22	1.13	0.585	0.581	0.496
L 30 x 30 x 4	1.78	2.27	30	4	5	0.878	2.12	1.24	1.80	0.892	0.850	2.85	1.12	0.754	0.577	0.607
L 35 x 35 x 4	2.09	2.67	35	4	5	1.00	2.47	1.42	2.95	1.05	1.18	4.68	1.32	1.23	0.678	0.865
L 40 x 40 x 4	2.42	3.08	40	4	6	1.12	2.83	1.58	4.47	1.21	1.55	7.09	1.52	1.86	0.777	1.17
L 40 x 40 x 5	2.97	3.79	40	5	6	1.16	2.83	1.64	5.43	1.20	1.91	8.60	1.51	2.26	0.773	1.38
L 45 x 45 x 4.5	3.06	3.90	45	4.5	7	1.25	3.18	1.78	7.14	1.35	2.20	11.4	1.71	2.94	0.870	1.65
L 50 x 50 x 4	3.06	3.89	50	4	7	1.36	3.54	1.92	8.97	1.52	2.46	14.2	1.91	3.73	0.979	1.94
L 50 x 50 x 5	3.77	4.80	50	5	7	1.40	3.54	1.99	11.0	1.51	3.05	17.4	1.90	4.55	0.973	2.29
L 50 x 50 x 6	4.47	5.69	50	6	7	1.45	3.54	2.04	12.8	1.50	3.61	20.3	1.89	5.34	0.968	2.61
L 60 x 60 x 5	4.57	5.82	60	5	8	1.64	4.24	2.32	19.4	1.82	4.45	30.7	2.30	8.03	1.17	3.46
L 60 x 60 x 6	5.42	6.91	60	6	8	1.69	4.24	2.39	22.8	1.82	5.29	36.1	2.29	9.44	1.17	3.96
L 60 x 60 x 8	7.09	9.03	60	8	8	1.77	4.24	2.50	29.2	1.80	6.89	46.1	2.26	12.2	1.16	4.86
L 65 x 65 x 7	6.83	8.7	65	7	9	1.85	4.60	2.62	33.4	1.96	7.18	53.0	2.47	13.8	1.26	5.27
L 70 x 70 x 6	6.38	8.13	70	6	9	1.93	4.95	2.73	36.9	2.13	7.27	58.5	2.68	15.3	1.37	5.60
L 70 x 70 x 7	7.38	9.40	70	7	9	1.97	4.95	2.79	42.3	2.12	8.41	67.1	2.67	17.5	1.36	6.28
L 75 x 75 x 6	6.85	8.73	75	6	9	2.05	5.30	2.90	45.8	2.29	8.41	72.7	2.89	18.9	1.47	6.53
L 75 x 75 x 8	8.99	11.4	75	8	9	2.14	5.30	3.02	59.1	2.27	11.0	93.8	2.86	24.5	1.46	8.09
L 80 x 80 x 8	9.63	12.3	80	8	10	2.26	5.66	3.19	72.2	2.43	12.6	115	3.06	29.9	1.56	9.37
L 80 x 80 x 10	11.9	15.1	80	10	10	2.34	5.66	3.30	87.5	2.41	15.4	139	3.03	36.4	1.55	11.0
L 90 x 90 x 7	9.61	12.2	90	7	11	2.45	6.36	3.47	92.6	2.75	14.1	147	3.46	38.3	1.77	11.0
L 90 x 90 x 8	10.9	13.9	90	8	11	2.50	6.36	3.53	104	2.74	16.1	166	3.45	43.1	1.76	12.2
L 90 x 90 x 9	12.2	15.5	90	9	11	2.54	6.36	3.59	116	2.73	17.9	184	3.44	47.9	1.76	13.3
L 90 x 90 x 10	13.4	17.1	90	10	11	2.58	6.36	3.65	127	2.72	19.8	201	3.42	52.6	1.75	14.4
L 100 x 100 x 8	12.2	15.5	100	8	12	2.74	7.07	3.87	145	3.06	19.9	230	3.85	59.9	1.96	15.5
L 100 x 100 x 10	15.0	19.2	100	10	12	2.82	7.07	3.99	177	3.04	24.6	280	3.83	73.0	1.95	18.3
L 100 x 100 x 12	17.8	22.7	100	12	12	2.90	7.07	4.11	207	3.02	29.1	328	3.80	85.7	1.94	20.9
L 120 x 120 x 10	18.2	23.2	120	10	13	3.31	8.49	4.69	313	3.67	36.0	497	4.63	129	2.36	27.5
L 120 x 120 x 12	21.6	27.5	120	12	13	3.40	8.49	4.80	368	3.65	42.7	584	4.60	152	2.35	31.6
L 130 x 130 x 12	23.6	30.0	130	12	14	3.64	9.19	5.15	472	3.97	50.4	750	5.00	194	2.54	37.7
L 150 x 150 x 10	23.0	29.3	150	10	16	4.03	10.6	5.71	624	4.62	56.9	990	5.82	258	2.97	45.1
L 150 x 150 x 12	27.3	24.8	150	12	16	4.12	10.6	5.83	737	4.60	67.7	1170	5.80	303	2.95	52.0
L 150 x 150 x 15	33.8	43.0	150	15	16	4.25	10.6	6.01	989	4.57	83.5	1430	5.76	370	2.93	61.6
L 160 x 160 x 15	36.2	46.1	160	15	17	4.49	11.3	6.35	1100	4.88	95.6	1750	6.15	453	3.14	71.3
L 180 x 180 x 16	43.5	55.4	180	16	18	5.02	12.7	7.11	1680	5.51	130	2690	6.96	679	3.50	95.5
L 180 x 180 x 18	48.6	61.9	180	18	18	5.10	12.7	7.22	1870	5.49	145	2960	6.92	768	3.52	106



L 200 x 200 x 16	48.5	61.8	200	16	18	5.52	14.1	7.81	2430	6.16	162	3740	7.76	960	3.94	123
L 200 x 200 x 18	54.3	69.1	200	18	18	5.60	14.1	7.92	2600	6.13	181	4150	7.75	1050	3.90	133
L 200 x 200 x 20	59.9	76.3	200	20	18	5.68	14.1	8.04	2850	6.11	199	4530	7.70	1170	3.92	146
L 200 x 200 x 24	71.1	90.6	200	24	18	5.84	14.1	8.26	3330	6.06	235	5280	7.64	1380	3.90	167

Calidad: S275 JR – S355J2G3



3.9. Otros Perfiles Comerciales

3.9.1. LLANTAS BULBO LAMINADAS EN CALIENTE (CONSTRUCCIÓN NAVAL) UNE-EN 10067: 1997

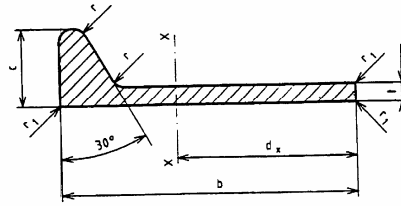


Tabla 3-29 Dimensiones, secciones transversales, masa por unidad de longitud, superficies laterales y características geométricas de las llantas con bulbo.

Dimensión nominal	Dimensiones para				Sección transversal	Masa/Ud de longitud	Superficie lateral	Distancia al centro de gravedad	Características geométricas respecto al eje x-x	
	b mm	t mm	c mm	r mm	A cm ²	G Kg/m	U m ² /m	d cm	I _x cm ⁴ momento de inercia	W _x cm ³ módulo elástico
80 x 5	80	5	14	4	5.41	4.25	0.189	4.9	33.87	6.91
80 x 6	80	6	14	4	6.21	4.88	0.191	4.78	38.7	8.1
100 x 7	100	7	15.5	4.5	8.74	6.68	0.236	5.87	85.3	14.5
100 x 8	100	8	15.5	4.5	9.74	7.65	0.238	5.78	94.3	16.3
120 x 6	120	6	17	5	9.32	7.32	0.276	7.21	133	18.5
120 x 7	120	7	17	5	10.52	8.26	0.278	7.07	149	21
120 x 8	120	8	17	5	11.72	9.2	0.28	6.96	165	23.6
140 x 7	140	7	19	5.5	12.43	9.75	0.32	8.32	241	29
140 x 8	140	8	19	5.5	13.83	10.85	0.322	8.18	266	32.5
140 x 10	140	10	19	5.5	16.63	13.05	0.326	7.99	315	39.5
160 x 7	160	7	22	6	14.6	11.46	0.365	9.66	373	38.6
160 x 8	160	8	22	6	16.2	12.72	0.367	9.5	411	43.3
160 x 9	160	9	22	6	17.8	13.97	0.369	9.37	449	47.9
160 x 11	160	11	22	6	21	16.49	0.373	9.16	522	57
180 x 8	180	8	25	7	18.86	14.8	0.411	10.89	609	55.9
180 x 9	180	9	25	7	20.66	16.22	0.413	10.73	664	61.8
180 x 10	180	10	25	7	22.46	17.63	0.415	10.59	717	67.7
180 x 11	180	11	25	7	24.26	19.04	0.417	10.47	770	73.5
200 x 9	200	9	28	8	23.66	18.57	0.457	12.12	942	77.7
200 x 10	200	10	28	8	25.66	20.14	0.459	11.96	1017	85.1
200 x 11	200	11	28	8	27.66	21.71	0.461	11.82	1091	92.3
200 x 12	200	12	28	8	29.66	23.28	0.463	11.69	1164	99.5
220 x 10	220	10	31	9	29	22.77	0.503	13.35	1396	105
220 x 11	220	11	31	9	31.2	24.5	0.506	13.19	1496	114
220 x 12	220	12	31	9	33.4	26.22	0.507	13.04	1595	122
240 x 10	240	10	34	10	32.49	25.5	0.547	14.77	1865	126
240 x 11	240	11	34	10	34.89	27.39	0.549	14.58	1997	137
240 x 12	240	12	34	10	37.29	29.27	0.551	14.42	2127	148
260 x 10	260	10	37	11	36.11	28.35	0.591	16.22	2434	150
260 x 11	260	11	37	11	38.71	30.39	0.593	16	2605	163
260 x 12	260	12	37	11	41.31	32.43	0.596	15.81	2774	175
280 x 11	280	11	40	12	42.68	33.5	0.637	17.44	3333	191
280 x 12	280	12	40	12	45.48	35.7	0.639	17.23	3647	206
280 x 13	280	13	40	12	48.28	37.9	0.641	17.04	3757	221
300 x 11	300	11	43	13	43.78	36.7	0.681	18.9	4192	222
300 x 12	300	12	43	13	49.79	39.09	0.683	18.7	4459	239
300 x 13	300	13	43	13	52.79	41.44	0.685	18.45	4722	256
320 x 12	320	12	46	14	54.25	42.6	0.728	20.12	5525	275
320 x 13	320	13	46	14	57.45	45.09	0.73	19.89	5849	294
320 x 14	320	14	46	14	60.85	47.6	0.732	19.68	6168	313
340 x 12	340	12	49	15	58.84	46.2	0.772	21.69	6757	313
340 x 13	340	13	49	15	62.24	48.86	0.774	21.34	7540	335
340 x 14	340	14	49	15	65.54	51.5	0.776	21.1	7152	357
370 x 13	370	13	53.5	16.5	69.7	54.7	0.84	23.54	9469	402
370 x 14	370	14	53.5	16.5	73.4	57.6	0.842	23.29	9980	429
370 x 15	370	15	53.5	16.5	77.1	60.5	0.844	23.06	10483	456
400 x 14	400	14	58	18	81.48	63.96	0.908	25.49	12924	507
400 x 15	400	15	58	18	85.48	67.1	0.91	25.24	13573	538
400 x 16	400	16	58	18	89.49	70.2	0.912	25	14211	568
430 x 14	430	14	62.5	19.5	89.7	70.6	0.975	27.7	16460	594
430 x 15	430	15	62.5	19.5	94.19	73.9	0.976	27.46	17249	629
430 x 17	430	17	62.5	19.5	102.79	80.7	0.98	26.95	18853	700
430 x 19	430	19	62.5	19.5	111.39	87.4	0.984	26.53	20413	770