

**ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR  
UNIVERSIDADE DA CORUÑA**



**BUQUE ATUNERO 1200 TN**

**CUADERNO 8**

**CÁLCULO DE ESCANTILLONADO**

---

**ALUMNO: AITOR RAMIL VIZOSO**

**TUTOR: D. FERNANDO LAGO RODRIGUEZ**

## ÍNDICE

RPA .....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	5
ZONA DE DOBLE FONDO .....	5
ZONA DE CUBAS.....	6
ZONA DE ENTREPUEENTE .....	6
DEFINICIONES GENERALES.....	6
CALADO DE ESCANTILLONADO .....	6
ESLORA DE ESCANTILLONADO.....	7
MANGA DE TRAZADO .....	7
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL.....	7
COEFICIENTE DE BLOQUE DE ESCANTILLONADO .....	8
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	8
PARÁMETROS DE DISEÑO .....	9
COEFICIENTES DE NAVEGACIÓN .....	9
PARÁMETRO DE OLA .....	9
NÚMERO DE FROUDE .....	9
PARÁMETRO DE OLA EN METROS.....	9
PARÁMETRO DE MOVIMIENTO Y ACELERACIÓN .....	9
REFERENCIAS DE MOVIMIENTOS RELATIVOS.....	10
MOVIMIENTOS Y ACELERACIONES ABSOLUTAS DEL BUQUE.....	10
ACELERACIÓN DE LARGADA.....	10
ACELERACIÓN DE ARFADA.....	10
AMPLITUD, PERÍODO Y ACELERACIÓN DEL CABECEO .....	10
VALOR DE REFERENCIA PARA LAS ACELERACIONES.....	11
PARÁMETROS DE PARTIDA.....	11
CÁLCULO DE PRESIONES .....	12
ESTRUCTURA DEL FONDO .....	13
CHAPA DE QUILLA .....	14



# TRABAJO FIN DE MASTER CUADERNO 8

Alumno: Aitor Ramil Vizoso  
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



---

CHAPA DE FONDO .....	18
CHAPA DE PANTOQUE .....	21
CHAPA DE DOBLE FONDO .....	25
VAGRA CENTRAL .....	28
VAGRA LATERAL.....	32
VARENGA .....	36



**TRABAJO FIN DE MASTER  
CUADERNO 8**

Alumno: Aitor Ramil Vizoso  
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



## RPA

### DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

### GRADO EN INGENIERÍA DE PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE

*CURSO 2.014-2015*

**PROYECTO NÚMERO:** 13-P8

**TIPO DE BUQUE:** ATUNERO

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** Bureau Veritas, SOLAS, MARPOL.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 1200 Tn.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 16,5 nudos al 85% MCR y 15% de Margen de Mar. Autonomía de 8500 millas.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Escotilla en cubierta.

**PROPULSIÓN:** Una línea de ejes accionada por motor diésel.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 26 tripulantes.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Hélice transversal en proa.

Ferrol, Enero de 2.016.

ALUMNO: Aitor Ramil Vizoso.

## INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se definirá la estructura del buque correspondiente a la cuaderna maestra, mediante el cálculo de los distintos elementos a través del reglamento de la sociedad de clasificación aplicable, en este caso Bureau Veritas.

El contenido de este cuaderno será:

- Definición y caracterización de la estructura.
- Obtención de definiciones generales de acuerdo con el reglamento.
- Cálculo de parámetros de diseño.
- Movimientos y aceleraciones absolutas del buque.
- Cálculo de escantillonado.

Como base para la realización de este cuaderno, se emplearán las dimensiones principales obtenidas en el Cuaderno 1: *"Dimensionamiento preliminar y elección de la cifra de mérito"*. Estas dimensiones se recogen en la siguiente tabla:

L	Lpp	B	Dsup	Dprin	T
75,50	64,45	13,45	8,90	6,50	5,85

Tabla 1. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE.

## DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA

A la hora de definir la estructura del buque, se hará un diseño que garantice la estanqueidad interior del buque y, a su vez, resistir los esfuerzos a los que se verá sometido.

### ZONA DE DOBLE FONDO

Esta zona tendrá estructura del tipo transversal. El buque dispondrá de una quilla de cajón.

## **ZONA DE CUBAS**

Esta zona tendrá estructura longitudinal. Se ha seleccionado este tipo de estructura porque de esta manera se logra un volumen de bodegas más amplio y un mejor aprovechamiento del espacio.

Los refuerzos longitudinales empleados en esta zona serán de tipo "L". Este tipo de refuerzos se comportan peor que los perfiles en bulbo, pero en este caso son de utilidad de cara al acoplamiento del aislamiento a la estructura.

## **ZONA DE ENTREPUNTE**

Se selecciona estructura del tipo longitudinal para esta zona, que se extiende entre la cubierta principal y la cubierta superior.

Más arriba de la cubierta superior, no se hace el estudio estructural por no afectar al cálculo de la cuaderna maestra.

## **DEFINICIONES GENERALES**

En la parte B, capítulo 1, sección 2 del reglamento se encuentran las definiciones para el cálculo de las dimensiones principales del buque que han de aplicarse en los cálculos.

## **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.

A efectos del estudio estructural, se considera como calado de escantillonado al calado máximo del buque incrementado sensiblemente, con objeto de tener un cierto margen.

$$T_{Escantillonado} = 6 \text{ m}$$

## **ESLORA DE ESCANTILLONADO**

La eslora de escantillonado es la distancia en metros, medida sobre la flotación para el calado de escantillonado. Esta distancia no deberá ser menor del máximo entre el 96 % de la eslora total para el calado de escantillonado y la eslora entre perpendiculares del buque, y tampoco debe exceder del 97 % de la eslora total para el calado de escantillonado, tal como se refleja en la fórmula.

Acorde a esto, la eslora de escantillonado será igual a:

$$L_{Escantillonado} = 65,28 \text{ m}$$

## **MANGA DE TRAZADO**

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

$$B = 13,45 \text{ m}$$

## **PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL**

El puntal a la cubierta principal corresponde al puntal a la cubierta continua más alta:

$$D = 8,90 \text{ m}$$

## COEFICIENTE DE BLOQUE DE ESCANTILLONADO

Es el coeficiente de bloque con las dimensiones del buque calculadas y el desplazamiento para el calado de verano:

$$Cb = \frac{\Delta}{\rho \cdot L \cdot B \cdot T} = \frac{3293}{1,025 \cdot 65,28 \cdot 13,45 \cdot 6} = 0,60$$

## MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

En la parte B, capítulo 4, sección 1 del reglamento de la sociedad de clasificación, se definen las propiedades mecánicas y factores para el acero que se empleará, que en este caso será acero de calidad "A".

Steel grades $t \leq 100$ mm	Minimum yield stress $R_{eH}$ , in N/mm <sup>2</sup>	Ultimate minimum tensile strength $R_m$ , in N/mm <sup>2</sup>
A-B-D-E	235	400 - 520
AH32-DH32 EH32-FH32	315	440 - 590
AH36-DH36 EH36-FH36 EH36CAS-FH36CAS	355	490 - 620
AH40-DH40 EH40- FH40 EH40CAS-FH40CAS	390	510 - 650
EH47CAS	460	570 - 720
<b>Note 1:</b> Ref.: NR216 Materials and Welding, Ch 2, Sec 1, [2]		

Tabla 2. Propiedades mecánicas del acero.

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

Tabla 3. FACTOR "K" DE ACERO GRADO "A".



## PARÁMETROS DE DISEÑO

Para la concretización de los parámetros de diseño aplicables en el cálculo se empleará el capítulo 8, parte B del reglamento del Bureau Veritas.

### COEFICIENTES DE NAVEGACIÓN

El buque de proyecto no navegará por aguas de navegación restringida, por lo que los parámetros “n” y “n1” tomarán como valor la unidad.

### PARÁMETRO DE OLA

$$c = (118 - 0,36 \cdot L) \cdot \frac{L}{1000} = (118 - 0,36 \cdot 65,28) \cdot \frac{65,28}{1000} = 6,17$$

### NÚMERO DE FROUDE

$$Fn = 0,164 \cdot \frac{v}{\sqrt{L}} = 0,164 \cdot \frac{16,5}{\sqrt{65,28}} = 0,33$$

### PARÁMETRO DE OLA EN METROS

$$hw = 11,44 - \left| \frac{L - 250}{110} \right|^3 = 11,44 - \left| \frac{65,28 - 250}{110} \right|^3 = 3,76 \text{ m}$$

### PARÁMETRO DE MOVIMIENTO Y ACELERACIÓN

$$a_B = n \cdot \left( 0,76 \cdot Fn + 1,875 \cdot \frac{hw}{L} \right) = 1 \cdot \left( 0,76 \cdot 0,33 + 1,875 \cdot \frac{3,76}{65,28} \right) = 0,45$$

## REFERENCIAS DE MOVIMIENTOS RELATIVOS

Para la zona media del buque, la posición vertical del punto de referencia para los movimientos relativos viene dada por la siguiente expresión:

$$h_1 = 0,42 \cdot n \cdot C \cdot (C_b + 0,7) = 0,42 \cdot 1 \cdot 6,17 \cdot (0,60 + 0,70) = 3,37 \text{ m}$$

Sin dar un valor superior a  $T=6,00$  m y un valor superior a:

$$D-0,9 \cdot T=8,9-0,9 \cdot 6=3,50 \text{ m}$$

## MOVIMIENTOS Y ACELERACIONES ABSOLUTAS DEL BUQUE

### ACELERACIÓN DE LARGADA

De acuerdo con el reglamento se toma el valor de  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

### ACELERACIÓN DE ARFADA

$$a_h = a_b \cdot 9,81 = 0,45 \cdot 9,81 = 4,41 \text{ m/s}^2$$

### AMPLITUD, PERÍODO Y ACELERACIÓN DEL CABECEO

Amplitud:

$$\begin{aligned} A_p &= 0.328 \cdot a_b \cdot \left(1,32 - \frac{hw}{L}\right) \cdot \left(\frac{0,6}{C_b}\right)^{0,75} \\ &= 0.328 \cdot 0,45 \cdot \left(1,32 - \frac{3,76}{65,28}\right) \cdot \left(\frac{0,60}{0,60}\right)^{0,75} = 0,19 \end{aligned}$$

Período:

$$T_p = 0,575 \cdot \sqrt{L} = 0,575 \cdot \sqrt{65,28} = 4,66$$

Aceleración:

$$\alpha_p = A_p \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T_p}\right)^2 = 0,19 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{4,66}\right)^2 = 0,34 \text{ m/s}^2$$

## VALOR DE REFERENCIA PARA LAS ACELERACIONES

$$a_{z1} = \sqrt{a_h^2 + a_p^2 \cdot K_x \cdot L^2} = \sqrt{4,41^2 + 0,34^2 \cdot 0,018 \cdot 65,28^2} = 5,32$$

Dónde:

$$K_x = 1,2 \cdot \left(\frac{x}{L}\right)^2 - 1,1 \cdot \frac{x}{L} + 0,2 \quad \text{El valor de } K_x \text{ no será menor de } 0,018.$$

## PARÁMETROS DE PARTIDA

En la siguiente tabla se incluye una recopilación de los datos de partida que se emplearán durante el cálculo:

ESLORA DE ESCANTILLONADO	65,28
MANGA DE TRAZADO	13,45
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL	8,90
CALADO DE ESCANTILLONADO T1	6,00
COEFICIENTE DE BLOQUE DE ESCANTILLONADO	0,60
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN (k)	1,00
SEPARACIÓN ENTRE CUADERNAS (S)	0,67
PARÁMETRO DE OLA (C)	6,17
NÚMERO DE FROUDE (F)	0,33
PARÁMETRO DE OLA EN METROS (hw)	3,76
PARÁMETRO DE ACELERACIÓN Y MOVIMIENT.(aB)	0,45
VALOR DE REFERENCIA PARA MOV.RELATIVO(h1)	3,37
ACELERACIÓN DE LARGADA (asu)	0,50
ACELERACIÓN DE ARFADA (ah)	4,41
AMPLITUD DEL CABECEO (Ap)	0,19
PERÍODO DEL CABECEO (Tp)	4,66

ACELERACIÓN DEL CABECEO (ap)	0,34
VALOR DE REFERENCIA PARA LAS ACELERA.(az1)	0,018

Tabla 4. DATOS DE PARTIDA.

## CÁLCULO DE PRESIONES

Las cargas locales corresponden a presiones y fuerzas que actúan directamente sobre cada uno de los elementos de la estructura (planchas, refuerzos primarios y refuerzos secundarios). Dichas fuerzas pueden deberse al efecto del mar, o bien a las aceleraciones provocadas en cargas internas dentro del casco. En la notación utilizada por el Reglamento de Bureau Veritas, existen dos tipos de cargas que actúan localmente sobre los elementos estructurales del buque de proyecto:

- Cargas de aguas tranquilas, que como su propio nombre indica, son aquellas que actúan sobre el buque en una situación de aguas calmadas estando éste en reposo. Están constituidas por las presiones hidrostáticas externas ejercidas por el mar, y por las presiones y fuerzas estáticas inducidas por los pesos internos del buque.
- Cargas de ola e inerciales, que son aquellas debidas a las olas y a los movimientos del buque, las cuales las consideramos con el mismo periodo que las olas inducidas. Están constituidas por las presiones externas debidas a las olas del mar, y las presiones y fuerzas inerciales debidas a las aceleraciones sobre los pesos internos del buque.

Según la Parte B, Capítulo 8, Sección 1 (1.3.2) del Reglamento los elementos de la envolvente exterior del buque se calculan según dos casos:

- Considerando por una parte las presiones de aguas tranquilas y olas debidas al efecto del mar (no se tienen en cuenta las cargas internas).
- Considerando las presiones inerciales o dinámicas debidas a cargas internas, considerando que el compartimiento adyacente al forro exterior está cargado.

Por ejemplo, las presiones en los tanques de combustible del doble fondo, se calculan por una parte considerando los efectos externos inducidos por el mar, y por otro lado los efectos que el combustible produce en el tanque, de forma independiente. De los resultados de presiones obtenidos se escoge el más desfavorable en el escantillonado del elemento considerado.

De manera análoga se procede en el caso de aquellos elementos que no pertenecen al forro exterior, en el que sólo se consideran las cargas internas. Si un elemento se encuentra entre dos compartimentos adyacentes, se deben calcular las presiones de forma independiente, por lo que no se consideran simultáneamente cargados.

A su vez, el reglamento nos exige calcular las presiones de aguas tranquilas y olas debido a la inundación de compartimentos.

El cálculo de las presiones se mostrará al principio de cada apartado que representa el dimensionamiento de cada elemento.

## **ESTRUCTURA DEL FONDO**

El buque cuenta con un doble fondo situado a 1 metro de altura con respecto a la línea base en la sección central. Esta altura cumple con los requisitos de altura mínima exigida por la sociedad de clasificación.

Este doble fondo se utilizará como tanque de almacenamiento de gasoil. En este apartado calcularemos el escantillonado de la chapa de quilla, chapa de fondo, varengas, vagras y pantoque. La separación entre varengas es de 0,67 coincidiendo con las cuadernas de trazado del buque. Se situará una vagra lateral a 3 metros de la línea de crujía a cada costado, cumpliendo así con la regla Pt B, Ch 4, Sec4, apartado 5.3.1 1; que dice que la distancia entre una vagra y la adyacente o una plancha de margen no ha de exceder de 4.5m.

El ancho de la quilla será de 1,5 m cumpliendo con el siguiente requisito que se encuentra en la parte B, capítulo 4, sección 4, 3.1 Pt.B, Ch.4, 3.1 de la sociedad de clasificación, y dice que el ancho de la quilla no será menor al siguiente valor:

$$b = 0,8 + \left(0,5 \cdot \frac{L}{100}\right) = 0,8 + \left(0,5 \cdot \frac{65,28}{100}\right) = 1,13 \text{ m}$$

En la zona media del buque se disponen tanques de almacén de gasoil, con densidad 0.89 t/m<sup>3</sup>. Los tanques son simétricos babor-estribor y su eslora es de 12,06 m. No se dispone de sobrepresión en los tanques, y su aireación se encuentra a 760 mm sobre la cubierta principal, es decir:

$$A_{ap} = D_{prin} + 0,76 = 6,5 + 0,76 = 7,26 \text{ m}$$

## CHAPA DE QUILLA

Datos de partida:

Z(m)	Punto a considerar	0
S(m)	Distancia entre cuadernas	0,67
l(m)	Distancia desde vagra central a chapa de fondo	0,75
$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p * g + ap * (z - T_1)]^2}$ (m/s <sup>2</sup> )	0,55
Ztop (m)	Altura máxima del tanque	1
Zap (m)	Altura de la aireación	7,26
Zl (m)	Zl=Ztop+0,5·(Zap-Ztop)	4,13
l <sub>b</sub> (m)	Longitud del tanque entre mamp. transv.	12,06

Tabla 5. Datos de partida.

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 5 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presión debida al mar. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola. Se deberá emplear la formulación aplicable para cuando el punto a considerar (Z) es menor al calado de escantillonado (T).

- Presión para aguas tranquilas:

$$ps = \rho \cdot g \cdot (T - z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6 - 0) = 60,33 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot e^{\frac{(-2\pi(T-z))}{L}} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 3,37 \cdot e^{\frac{(-2\pi(6-0))}{65,28}} = 19,03 \frac{kN}{m^2}$$

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 7 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presiones internas y fuerzas debidas al combustible. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

Se elegirá el valor máximo entre estas dos expresiones:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,13 - 0) = 34,03 \frac{kN}{m^2}$$

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_{top} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \frac{kN}{m^2}$$

Además, este valor no podrá ser menor a:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot \left( \frac{0,8 \cdot L_1}{420 - L_1} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 65,28}{420 - 65,28} \right) = 1,21 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho_l \cdot \left[ a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{top} - z) \right]$$
$$= 0,84 \cdot \left[ 0,55 \cdot \frac{12,06}{2} + 0,018 \cdot (1 - 0) \right] = 2,81 \frac{kN}{m^2}$$

De acuerdo con el reglamento, se definen los siguientes valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	Cr	r
1	235	1	1

Tabla 6. VALORES GENERALES.

FACTORES DE SEGURIDAD			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Tabla 7. FACTORES GENERALES ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL).

Cálculo del espesor reglamentario:

Para realizar el cálculo del espesor, es necesario calcular algunos parámetros como la relación de aspecto, tensiones, etc.

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

$$= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,67}{0,75}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,67}{0,75} = 0,74$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no se tomará mayor a la unidad.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 8,9}\right) = 100$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de  $\sigma_{x1}$  no se tomará menor a 65/k, que en este caso es 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,61$$

Aplicando la parte B, capítulo 8, sección 3, punto 3.4.1., el espesor reglamentario resulta:



$$\begin{aligned}
 t &= 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}} \\
 &= 14,9 \cdot 0,74 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 60,33 + 1,2 \cdot 19,03}{0,61 \cdot 235}} \\
 &= 7,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Exesor mínimo exigido:

El reglamento, en la parte B, capítulo 8, sección 3, tabla 2; contiene una serie de expresiones para calcular el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. Este espesor deberá de ser comparado con el calculado a partir de las presiones, para luego seleccionar el mayor.

$$\begin{aligned}
 t &= 4,3 + 0,029 \cdot L \cdot k^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot s = 4,3 + 0,029 \cdot 65,28 \cdot 12^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot 0,67 \\
 &= 9,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Selección del espesor final:

Ya calculado todo lo anterior, se procede a seleccionar el espesor, y a aplicarle los márgenes pertinentes.

Por ser más elevado, el espesor seleccionado será de 9,2 mm. A este espesor, y de acuerdo con la siguiente tabla, se le debe de aplicar los siguientes márgenes:

Margen en t de Pt B por corrosion : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Superficie de tanque de fuel-oil (superficie horizontal)	0,75
Superficie en contacto con el mar	0,5
total	1,25

Tabla 8. MÁRGENES APLICABLES AL ESPESOR.

Acorde a lo anterior, el espesor seleccionado para la chapa de quilla es de 10,5 mm.

## CHAPA DE FONDO

Datos de partida:

Z(m)	Punto a considerar	0
S(m)	Distancia entre cuadernas	0,67
l(m)	Distancia desde quilla a vagra lateral	2,25
$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p * g + ap * (z - T_1)]^2} \left( \frac{m}{s^2} \right)$	0,55
Ztop (m)	Altura máxima del tanque	1
Zap (m)	Altura de la aireación	7,26
Zl (m)	Zl=Ztop+0,5·(Zap-Ztop)	4,13
l <sub>b</sub> (m)	Longitud del tanque entre mamp. transv.	12,06

Tabla 9. Datos de partida.

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 5 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presión debida al mar. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola. Se deberá emplear la formulación aplicable para cuando el punto a considerar (Z) es menor al calado de escantillonado (T).

- Presión para aguas tranquilas:

$$ps = \rho \cdot g \cdot (T - z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6 - 0) = 60,33 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot e^{\frac{(-2\pi(T-Z))}{L}} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 3,37 \cdot e^{\frac{(-2\pi(6-0))}{65,28}} = 19,03 \frac{kN}{m^2}$$

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 7 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presiones internas y fuerzas debidas al combustible. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

Se elegirá el valor máximo entre estas dos expresiones:

$$p_s = \rho_l \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,13 - 0) = 34,03 \frac{kN}{m^2}$$

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

Además, este valor no podrá ser menor a:

$$p_s = \rho_l \cdot g \cdot \left( \frac{0,8 \cdot L_1}{420 - L_1} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 65,28}{420 - 65,28} \right) = 1,21 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$p_w = \rho_l \cdot \left[ a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{top} - z) \right]$$

$$= 0,84 \cdot \left[ 0,55 \cdot \frac{12,06}{2} + 0,018 \cdot (1 - 0) \right] = 2,81 \frac{kN}{m^2}$$

De acuerdo con el reglamento, se definen los siguientes valores generales de material y factores de seguridad:

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

Tabla 10. VALORES GENERALES.

FACTORES DE SEGURIDAD			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Tabla 11. FACTORES GENERALES (Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL).

Cálculo del espesor reglamentario:

Para realizar el cálculo del espesor, es necesario calcular algunos parámetros como la relación de aspecto, tensiones, etc.

$$\begin{aligned}C_a &= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{s}{l} \\ &= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,67}{2,25}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,67}{2,25} = 1,21\end{aligned}$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no se tomará mayor a la unidad.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 8,9}\right) = 100$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de  $\sigma_{x1}$  no se tomará menor a 65/k, que en este caso es 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,61$$

Aplicando la parte B, capítulo 8, sección 3, punto 3.4.1., el espesor reglamentario resulta:

$$\begin{aligned}t &= 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}} \\ &= 14,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 60,33 + 1,2 \cdot 19,03}{0,61 \cdot 235}} \\ &= 9,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Expesor mínimo exigido:

El reglamento, en la parte B, capítulo 8, sección 3, tabla 2; contiene una serie de expresiones para calcular el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. Este espesor deberá de ser comparado con el calculado a partir de las presiones, para luego seleccionar el mayor.

$$t = 3,3 + 0,026 \cdot L \cdot k^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot s = 3,3 + 0,026 \cdot 65,28 \cdot 12^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot 0,67$$

$$= 7,25 \text{ mm}$$

Selección del espesor final:

Ya calculado todo lo anterior, se procede a seleccionar el espesor, y a aplicarle los márgenes pertinentes.

Por ser más elevado, el espesor seleccionado será de 9,7 mm. A este espesor, y de acuerdo con la siguiente tabla, se le debe de aplicar los siguientes márgenes:

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Superficie de tanque de fuel-oil (superficie horizontal)	0,75
Superficie en contacto con el mar	0,5
total	1,25

Tabla 12. MÁRGENES APLICABLES AL ESPESOR.

Acorde a lo anterior, el espesor seleccionado para la chapa de fondo es de 11 mm.

## CHAPA DE PANTOQUE

Datos de partida:

Z(m)	Punto a considerar	0
S(m)	Distancia entre cuadernas	0,67
l(m)	Distancia desde vagra lateral a intersección costado	2,75
$a_{x1} \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p * g + ap * (z - T_1)]^2} \left( \frac{m}{s^2} \right)$	0,55
Ztop (m)	Altura máxima del tanque	1
Zap (m)	Altura de la aireación	7,26
Zl (m)	Zl=Ztop+0,5·(Zap-Ztop)	4,13
l <sub>b</sub> (m)	Longitud del tanque entre mamp. transv.	12,06

Tabla 13. Datos de partida.

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 5 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presión debida al mar. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola. Se deberá

emplear la formulación aplicable para cuando el punto a considerar (Z) es menor al calado de escantillonado (T).

- Presión para aguas tranquilas:

$$ps = \rho \cdot g \cdot (T - z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6 - 0) = 60,33 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot e^{\frac{(-2\pi(T-Z))}{L}} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 3,37 \cdot e^{\frac{(-2\pi(6-0))}{65,28}} = 19,03 \frac{kN}{m^2}$$

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 7 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presiones internas y fuerzas debidas al combustible. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

Se elegirá el valor máximo entre estas dos expresiones:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,13 - 0) = 34,03 \frac{kN}{m^2}$$

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_{top} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \frac{kN}{m^2}$$

Además, este valor no podrá ser menor a:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot \left( \frac{0,8 \cdot L_1}{420 - L_1} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 65,28}{420 - 65,28} \right) = 1,21 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho_l \cdot \left[ a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{top} - z) \right]$$
$$= 0,84 \cdot \left[ 0,55 \cdot \frac{12,06}{2} + 0,018 \cdot (1 - 0) \right] = 2,81 \frac{kN}{m^2}$$

De acuerdo con el reglamento, se definen los siguientes valores generales de material y factores de seguridad:

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

Tabla 14. VALORES GENERALES.

FACTORES DE SEGURIDAD			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Tabla 15. FACTORES GENERALES ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL).

Cálculo del espesor reglamentario:

Para realizar el cálculo del espesor, es necesario calcular algunos parámetros como la relación de aspecto, tensiones, etc.

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

$$= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,67}{2,75}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,67}{2,75} = 1,22$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no se tomará mayor a la unidad.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 8,9}\right) = 100$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de  $\sigma_{x1}$  no se tomará menor a 65/k, que en este caso es 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,61$$

Aplicando la parte B, capítulo 8, sección 3, punto 3.4.1., el espesor reglamentario resulta:

$$\begin{aligned}
 t &= 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}} \\
 &= 14,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 60,33 + 1,2 \cdot 19,03}{0,61 \cdot 235}} \\
 &= 8,41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Exesor mínimo exigido:

El reglamento, en la parte B, capítulo 8, sección 3, tabla 2; contiene una serie de expresiones para calcular el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. Este espesor deberá de ser comparado con el calculado a partir de las presiones, para luego seleccionar el mayor.

$$\begin{aligned}
 t &= 0,7 \cdot [\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot (\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w) \cdot S_b]^{0,4} \cdot R^{0,6} \cdot k^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0,7 \cdot [1,2 \cdot 1,02 \cdot (1 \cdot 60,33 + 1,2 \cdot 19,03) \cdot 2,75]^{0,4} \cdot 1^{0,6} \cdot 1^{\frac{1}{2}} \\
 &= 6,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Selección del espesor final:

Ya calculado todo lo anterior, se procede a seleccionar el espesor, y a aplicarle los márgenes pertinentes.

Por ser más elevado, el espesor seleccionado será de 8,41 mm. A este espesor, y de acuerdo con la siguiente tabla, se le debe de aplicar los siguientes márgenes:

Margen en t de Pt B por corrosion : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Superficie de tanque de fuel-oil (superficie horizontal)	0,75
Superficie en contacto con el mar	0,5
total	1,25

Tabla 16. MÁRGENES APLICABLES AL ESPESOR.



Acorde a lo anterior, el espesor seleccionado para la chapa de pantoque es de 9,70 mm.

## CHAPA DE DOBLE FONDO

Datos de partida:

Z(m)	Punto a considerar	1
S(m)	Distancia entre cuadernas	0,67
l(m)	Distancia desde vagra lateral al costado	2,75
$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p * g + ap * (z - T_1)]^2}$ (m/s <sup>2</sup> )	0,53
Ztop (m)	Altura máxima del tanque	1
Zap (m)	Altura de la aireación	7,26
Zl (m)	Zl=Ztop+0,5·(Zap-Ztop)	4,13
l <sub>b</sub> (m)	Longitud del tanque entre mamp. transv.	12,06

Tabla 17. Datos de partida.

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 10 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presión debida a la carga en bodega. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola. Se deberá emplear la formulación aplicable para cuando el punto a considerar (Z) es menor al calado de escantillonado (T).

- Presión para aguas tranquilas:

$$ps = 6,9 \cdot h_{TD} = 6,9 \cdot 5,5 = 37,95 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = ps \cdot \frac{a_{z1}}{g} = 37,95 \cdot \frac{0,018}{9,81} = 0,07 \frac{kN}{m^2}$$

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 7 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presiones internas y fuerzas debidas al combustible. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

Se elegirá el valor máximo entre estas dos expresiones:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,13 - 1) = 25,79 \frac{kN}{m^2}$$

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_{top} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 1) = 0 \frac{kN}{m^2}$$

Además, este valor no podrá ser menor a:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot \left( \frac{0,8 \cdot L_1}{420 - L_1} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 65,28}{420 - 65,28} \right) = 1,21 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho_l \cdot \left[ a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{top} - z) \right]$$

$$= 0,84 \cdot \left[ 0,53 \cdot \frac{12,06}{2} + 0,018 \cdot (1 - 0) \right] = 2,70 \frac{kN}{m^2}$$

De acuerdo con el reglamento, se definen los siguientes valores generales de material y factores de seguridad:

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	Cr	r
1	235	1	1

Tabla 18. VALORES GENERALES.

FACTORES DE SEGURIDAD			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Tabla 19. FACTORES GENERALES ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL).

Cálculo del espesor reglamentario:

Para realizar el cálculo del espesor, es necesario calcular algunos parámetros como la relación de aspecto, tensiones, etc.

$$\begin{aligned}C_a &= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{s}{l} \\ &= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,67}{2,75}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,67}{2,75} = 1,05\end{aligned}$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no se tomará mayor a la unidad.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{1}{0,5 \cdot 8,9}\right) = 77,53$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de  $\sigma_{x1}$  no se tomará menor a 65/k, que en este caso es 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{77,53}{235} = 0,70$$

Aplicando la parte B, capítulo 8, sección 3, punto 3.4.1., el espesor reglamentario resulta:

$$\begin{aligned}t &= 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}} \\ &= 14,9 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 37,95 + 1,2 \cdot 2,70}{0,70 \cdot 235}} \\ &= 5,80 \text{ mm}\end{aligned}$$

Expesor mínimo exigido:

El reglamento, en la parte B, capítulo 8, sección 3, tabla 2; contiene una serie de expresiones para calcular el espesor mínimo exigido para cada chapa del buque. Este espesor deberá de ser comparado con el calculado a partir de las presiones, para luego seleccionar el mayor.

$$t = 1,5 + 0,026 \cdot L \cdot k^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot s = 1,5 + 0,029 \cdot 65,28 \cdot 12^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot 0,67$$

$$= 9,2 \text{ mm}$$

Selección del espesor final:

Ya calculado todo lo anterior, se procede a seleccionar el espesor, y a aplicar los márgenes pertinentes.

Por ser más elevado, el espesor seleccionado será de 9,2 mm. A este espesor, y de acuerdo con la siguiente tabla, se le debe de aplicar los siguientes márgenes:

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Supercicie de tanque de fuel-oil (superficie horizontal)	0,75
Superficie en contacto con el mar	0,5
total	1,25

Tabla 20. MÁRGENES APLICABLES AL ESPESOR.

Acorde a lo anterior, el espesor seleccionado para la chapa de doble fondo es de 10,5 mm.

## VAGRA CENTRAL

Datos de partida:

Z(m)	Punto a considerar	0
S(m)	Distancia entre cuadernas	0,67
l(m)	Distancia desde vagra central a vagra adyacente	0,75
$a_{x1} \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + ap \cdot (z - T_1)]^2} \text{ (m/s}^2\text{)}$	0,53
Ztop (m)	Altura máxima del tanque	1
Zap (m)	Altura de la aireación	7,26
Zl (m)	Zl=Ztop+0,5·(Zap-Ztop)	4,13
l <sub>b</sub> (m)	Longitud del tanque entre mamp. transv.	12,06

Tabla 21. Datos de partida.

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 7 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación necesaria para este cálculo. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

Se elegirá el valor máximo entre estas dos expresiones:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,13 - 0) = 34,03 \frac{kN}{m^2}$$

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_{top} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \frac{kN}{m^2}$$

Además, este valor no podrá ser menor a:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot \left( \frac{0,8 \cdot L_1}{420 - L_1} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 65,28}{420 - 65,28} \right) = 1,21 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$\begin{aligned} pw &= \rho_l \cdot \left[ a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{top} - z) \right] \\ &= 0,84 \cdot \left[ 0,53 \cdot \frac{12,06}{2} + 0,018 \cdot (1 - 0) \right] = 2,70 \frac{kN}{m^2} \end{aligned}$$

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 16 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presiones internas y fuerzas debidas a una inundación. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_f - z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,5 - 1) = 55,30 \frac{kN}{m^2}$$

No se tomará un valor menor a  $0,4 \cdot g \cdot d_0$ . El valor de  $d_0$  para buques de más de 50 metros de eslora es de 0,02L. De esta manera:

$$pw = 0,4 \cdot g \cdot d_0 = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 65,28 = 5,12 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = 0,6 \cdot \rho \cdot g \cdot a_{z1} \cdot (z_f - z) = 0,6 \cdot 1,025 \cdot 9,8 \cdot 0,018 \cdot (6,5 - 0) = 0,70 \frac{kN}{m^2}$$

De igual manera, no se tomará un valor menor a  $0,4 \cdot g \cdot d_0$ . El valor de  $d_0$  para buques de más de 50 metros de eslora es de  $0,02L$ . De esta manera:

$$pw = 0,4 \cdot g \cdot d_0 = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 65,28 = 5,12 \frac{kN}{m^2}$$

De acuerdo con el reglamento, se definen los siguientes valores generales de material y factores de seguridad:

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

Tabla 22. VALORES GENERALES.

FACTORES DE SEGURIDAD			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Tabla 23. FACTORES GENERALES ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL).

Cálculo del espesor reglamentario:

Para realizar el cálculo del espesor, es necesario calcular algunos parámetros como la relación de aspecto, tensiones, etc.

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

$$= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,67}{0,75}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,67}{0,75} = 0,74$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no se tomará mayor a la unidad.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 8,9}\right) = 100$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de  $\sigma_{x1}$  no se tomará menor a 65/k, que en este caso es 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{Ry} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,61$$

Aplicando la parte B, capítulo 8, sección 3, punto 3.4.1., el espesor reglamentario resulta:

$$\begin{aligned} t &= 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot Ry}} \\ &= 17,2 \cdot 0,74 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 55,3 + 1,2 \cdot 5,12}{0,61 \cdot 235}} \\ &= 6,18 \text{ mm} \end{aligned}$$

Expesor mínimo exigido:

El reglamento, en la parte B, capítulo 8, sección 5, tabla 2; contiene la expresión para calcular el espesor mínimo de la vagra a dimensionar. Este espesor deberá de ser comparado con el calculado a partir de las presiones, para luego seleccionar el mayor.

$$t = 1,9 \cdot L^{\frac{1}{3}} \cdot k^{\frac{1}{6}} = 1,9 \cdot 65,28^{\frac{1}{3}} \cdot 1^{\frac{1}{6}} = 7,65 \text{ mm}$$

Selección del espesor final:

Ya calculado todo lo anterior, se procede a seleccionar el espesor, y a aplicarle los márgenes pertinentes.

Por ser más elevado, el espesor seleccionado será de 7,65 mm. A este espesor, y de acuerdo con la siguiente tabla, se le debe de aplicar los siguientes márgenes:

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Supercicie de tanque de fuel-oil (refuerzo primario)	0,75
Supercicie de tanque de fuel-oil (refuerzo primario)	0,75
total	1,50

Tabla 24. MÁRGENES APLICABLES AL ESPESOR.

Acorde a lo anterior, el espesor seleccionado para la vagra central es de 9,15 mm.

## VAGRA LATERAL

Datos de partida:

Z(m)	Punto a considerar	0
S(m)	Distancia entre cuadernas	0,67
l(m)	Altura de la vagra	0,75
$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + ap \cdot (z - T_1)]^2}$ (m/s <sup>2</sup> )	0,53
Ztop (m)	Altura máxima del tanque	1
Zap (m)	Altura de la aireación	7,26
Zl (m)	Zl=Ztop+0,5·(Zap-Ztop)	4,13
l <sub>b</sub> (m)	Longitud del tanque entre mamp. transv.	12,06

Tabla 25. Datos de partida.

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 7 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación necesaria para este cálculo. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

Se elegirá el valor máximo entre estas dos expresiones:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,13 - 0) = 34,03 \frac{kN}{m^2}$$

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_{top} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \frac{kN}{m^2}$$

Además, este valor no podrá ser menor a:



$$ps = \rho_l \cdot g \cdot \left( \frac{0,8 \cdot L_1}{420 - L_1} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 65,28}{420 - 65,28} \right) = 1,21 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho_l \cdot \left[ a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{top} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[ 0,53 \cdot \frac{0,75}{2} + 0,018 \cdot (1 - 0) \right]$$
$$= 2,70 \frac{kN}{m^2}$$

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 16 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presiones internas y fuerzas debidas a una inundación. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_f - z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,5 - 1) = 55,30 \frac{kN}{m^2}$$

No se tomará un valor menor a  $0,4 \cdot g \cdot d_0$ . El valor de  $d_0$  para buques de más de 50 metros de eslora es de  $0,02L$ . De esta manera:

$$pw = 0,4 \cdot g \cdot d_0 = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 65,28 = 5,12 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = 0,6 \cdot \rho \cdot g \cdot a_{z1} \cdot (z_f - z) = 0,6 \cdot 1,025 \cdot 9,8 \cdot 0,018 \cdot (6,5 - 0) = 0,70 \frac{kN}{m^2}$$

De igual manera, no se tomará un valor menor a  $0,4 \cdot g \cdot d_0$ . El valor de  $d_0$  para buques de más de 50 metros de eslora es de  $0,02L$ . De esta manera:

$$pw = 0,4 \cdot g \cdot d_0 = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 65,28 = 5,12 \frac{kN}{m^2}$$

De acuerdo con el reglamento, se definen los siguientes valores generales de material y factores de seguridad:

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

Tabla 26. VALORES GENERALES.

FACTORES DE SEGURIDAD			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Tabla 27. FACTORES GENERALES ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL).

Cálculo del espesor reglamentario:

Para realizar el cálculo del espesor, es necesario calcular algunos parámetros como la relación de aspecto, tensiones, etc.

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

$$= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{0,67}{0,75}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{0,67}{0,75} = 0,74$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no se tomará mayor a la unidad.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 8,9}\right) = 100$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de  $\sigma_{x1}$  no se tomará menor a 65/k, que en este caso es 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,61$$

Aplicando la parte B, capítulo 8, sección 3, punto 3.4.1., el espesor reglamentario resulta:

$$\begin{aligned}t &= 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}} \\&= 17,2 \cdot 0,74 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 55,3 + 1,2 \cdot 5,12}{0,61 \cdot 235}} \\&= 6,18 \text{ mm}\end{aligned}$$

Expesor mínimo exigido:

El reglamento, en la parte B, capítulo 8, sección 5, tabla 2; contiene la expresión para calcular el espesor mínimo de la vagra a dimensionar. Este espesor deberá de ser comparado con el calculado a partir de las presiones, para luego seleccionar el mayor.

$$t = 1,9 \cdot L^{\frac{1}{3}} \cdot k^{\frac{1}{6}} = 1,9 \cdot 65,28^{\frac{1}{3}} \cdot 1^{\frac{1}{6}} = 7,65 \text{ mm}$$

Selección del espesor final:

Ya calculado todo lo anterior, se procede a seleccionar el espesor, y a aplicarle los márgenes pertinentes.

Por ser más elevado, el espesor seleccionado será de 7,65 mm. A este espesor, y de acuerdo con la siguiente tabla, se le debe de aplicar los siguientes márgenes:

Margen en t de Pt B por corrosion : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Supercicie de tanque de fuel-oil (refuerzo primario)	0,75
Supercicie de tanque de fuel-oil (refuerzo primario)	0,75
total	1,50

Tabla 28. MÁRGENES APLICABLES AL ESPESOR.

Acorde a lo anterior, el espesor seleccionado para la vagra lateral es de 9,15 mm.

## VARENGA

Datos de partida:

Z(m)	Punto a considerar	0
S(m)	Altura de la varenga en crujía	1
l(m)	Distancia de la vagra central a la vagra lateral	0,75
$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p \cdot g + ap \cdot (z - T_1)]^2}$ (m/s <sup>2</sup> )	0,53
Ztop (m)	Altura máxima del tanque	1
Zap (m)	Altura de la aireación	7,26
Zl (m)	Zl=Ztop+0,5·(Zap-Ztop)	4,13
l <sub>b</sub> (m)	Longitud del tanque entre mamp. transv.	12,06

Tabla 29. Datos de partida.

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 7 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación necesaria para este cálculo. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

Se elegirá el valor máximo entre estas dos expresiones:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_l - z) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (4,13 - 0) = 34,03 \frac{kN}{m^2}$$

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_{top} - z) + 100 \cdot P_{pv} = 0,84 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0) = 8,24 \frac{kN}{m^2}$$

Además, este valor no podrá ser menor a:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot \left( \frac{0,8 \cdot L_1}{420 - L_1} \right) = 0,84 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 65,28}{420 - 65,28} \right) = 1,21 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = \rho_l \cdot \left[ a_{x1} \cdot \frac{l_b}{2} + a_{z1} \cdot (z_{top} - z) \right] = 0,84 \cdot \left[ 0,53 \cdot \frac{0,75}{2} + 0,018 \cdot (1 - 0) \right]$$

$$= 2,70 \frac{kN}{m^2}$$

En la parte B, capítulo 8, sección 1, tabla 16 del reglamento de Bureau Veritas, se incluye la formulación para el cálculo de presiones internas y fuerzas debidas a inundación. En esta tabla se hace distinción entre condición de aguas tranquilas y condición de ola.

- Presión para aguas tranquilas:

$$ps = \rho_l \cdot g \cdot (z_f - z) = 1,025 \cdot 9,81 \cdot (6,5 - 1) = 55,30 \frac{kN}{m^2}$$

No se tomará un valor menor a  $0,4 \cdot g \cdot d_0$ . El valor de  $d_0$  para buques de más de 50 metros de eslora es de  $0,02L$ . De esta manera:

$$ps = 0,4 \cdot g \cdot d_0 = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 65,28 = 5,12 \frac{kN}{m^2}$$

- Presión para olas:

$$pw = 0,6 \cdot \rho \cdot g \cdot a_{z1} \cdot (z_f - z) = 0,6 \cdot 1,025 \cdot 9,8 \cdot 0,018 \cdot (6,5 - 0) = 0,70 \frac{kN}{m^2}$$

De igual manera, no se tomará un valor menor a  $0,4 \cdot g \cdot d_0$ . El valor de  $d_0$  para buques de más de 50 metros de eslora es de  $0,02L$ . De esta manera:

$$pw = 0,4 \cdot g \cdot d_0 = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 65,28 = 5,12 \frac{kN}{m^2}$$

De acuerdo con el reglamento, se definen los siguientes valores generales de material y factores de seguridad:

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

Tabla 30. VALORES GENERALES.

FACTORES DE SEGURIDAD			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Tabla 31. FACTORES GENERALES ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL).

Cálculo del espesor reglamentario:

Para realizar el cálculo del espesor, es necesario calcular algunos parámetros como la relación de aspecto, tensiones, etc.

$$\begin{aligned}
 C_a &= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{s}{l} \\
 &= 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,33 \cdot \left(\frac{1}{0,75}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{1}{0,75} = 0,60
 \end{aligned}$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de la relación de aspecto no se tomará mayor a la unidad.

$$\sigma_{x1} = 100 \cdot \left(1 - \frac{z}{0,5 \cdot D}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{0}{0,5 \cdot 8,9}\right) = 100$$

De acuerdo con el reglamento, el valor de  $\sigma_{x1}$  no se tomará menor a 65/k, que en este caso es 65.

$$\lambda_t = 1 - 0,89 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y} = 1 - 0,89 \cdot 1,02 \cdot \frac{100}{235} = 0,61$$

Aplicando la parte B, capítulo 8, sección 3, punto 3.4.1., el espesor reglamentario resulta:

$$\begin{aligned}
 t &= 17,2 \cdot C_a \cdot C_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w}{\lambda_t \cdot R_y}} \\
 &= 17,2 \cdot 0,60 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot \frac{1 \cdot 55,3 + 1,2 \cdot 5,12}{0,61 \cdot 235}} \\
 &= 5,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Exesor mínimo exigido:

El reglamento, en la parte B, capítulo 8, sección 4, punto 2.2; contiene la expresión para calcular el espesor mínimo de la varenga para buques de más de 50 metros de eslora. Este espesor deberá de ser comparado con el calculado a partir de las presiones, para luego seleccionar el mayor.

$$\begin{aligned}
 t &= \left( 0,8 + 0,004 \cdot L \cdot k^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot s \right) \cdot C_t \\
 &= \left( 0,8 + 0,004 \cdot 65,28 \cdot 1^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot 1 \right) \cdot 1 = 5,56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Selección del espesor final:

Ya calculado todo lo anterior, se procede a seleccionar el espesor, y a aplicarle los márgenes pertinentes.

Por ser más elevado, el espesor seleccionado será de 5,56 mm. A este espesor, y de acuerdo con la siguiente tabla, se le debe de aplicar los siguientes márgenes:

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2	
Supercicie de tanque de fuel-oil (refuerzo primario)	0,75
Supercicie de tanque de fuel-oil (refuerzo primario)	0,75
total	1,50

Tabla 32. MÁRGENES APLICABLES AL ESPESOR.

Acorde a lo anterior, el espesor seleccionado para la varenga es de 7,06 mm.



## TRABAJO FIN DE MASTER CUADERNO 8

Alumno: Aitor Ramil Vizoso  
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



---

## ESTRUCTURAS DE COSTADO Y CUBIERTAS

Puesto que el procedimiento de cálculo se basa igualmente a la estructura de fondo en el manejo del reglamento, para estos casos se presentará en formato hoja de cálculo como anexos.





## **TRABAJO FIN DE MASTER**

### **ANEXOS**

Alumno: Aitor Ramil Vizoso  
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez

---



# **ANEXO 1**

**CUADERNA BAJO CUBIERTA DE FRANCOBORDO**

Zd (m)	Zup (m)
Pto mas bajo de la cuaderna	Pto mas alto de la cuaderna
1,325	6,5

Z(m)	S(m)	l(m)
1,325	0,6	4,02

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte baja (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure psd (kN/m2)	Wave pressure pwd (kN/m2)
Zd<T	$\rho * g * (T - z)$	$\rho * g * h_1 * e^{\frac{-2 * \pi * (T - z)}{L}}$
Z=Zd=1,325	$1,025 * 9,81 * (6 - 1,325)$	$1,025 * 9,81 * 3,37 * e^{\frac{-2 * \pi * 6 - 1,325}{6,528}}$
	47,01	21,61

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte alta (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure psu (kN/m2)	Wave pressure pwu (kN/m2)
Zup>T	0	$\rho * g * (T + h_1 - z)$
Z=Zup=6,5	0	$1,025 * 9,81 * (6 + 3,37 - 6,5)$
	0,00	28,86

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/m2)	Wave pressure pw (Kn/m2)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega(htd)= 5,5	
	37,95	0,070

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/m2)	Wave pressure pw(Kn/m2)
	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	Altura bodega(htd)= 5,5	
	37,95	0,070

FACTORES DE SEGURIDAD ( Pt B, Ch 8, Sec 4, Table 1 GENERAL)			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,02	1	1,2

$\sigma_{X1}$	No aporta resist.long.	0,0
$\beta_b$	.PTB CH8 SEC 4 TABLE 2: Coefficients $\beta_b$ and $\beta_s$	1,0
$\beta_s$	.PTB CH8 SEC4 TABLE 2: Coefficients $\beta_b$ and $\beta_s$	1,0

<b>GENERAL</b>			
----------------	--	--	--

psd (kN/m2)	pwd (kN/m2)	psu (kN/m2)	pwu (kN/m2)
47,0	21,6	38,0	28,9

PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners GENERAL  
Los coeficientes  $\lambda_b$  se escogeran el mayor valor de los siguientes valores

$\lambda_b = 1 + 0,2 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_b = 1 + 0,2 \cdot \frac{1 \cdot (47 - 380) + 1,2 \cdot (216 - 289)}{1 \cdot (473 + 380) + 1,2 \cdot (216 + 289)}$	1,00
$\lambda_b = 1 - 0,2 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_b = 1 - 0,2 \cdot \frac{1 \cdot (47 - 380) + 1,2 \cdot (216 - 289)}{1 \cdot (473 + 380) + 1,2 \cdot (216 + 289)}$	1,00

Los coeficientes  $\lambda_b$  se escogeran el mayor valor de los siguientes valores

$\lambda_b = 1 + 0,4 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_b = 1 + 0,4 \cdot \frac{1 \cdot (47 - 380) + 1,2 \cdot (216 - 289)}{1 \cdot (473 + 380) + 1,2 \cdot (216 + 289)}$	1,00
$\lambda_b = 1 - 0,4 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} - p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} - p_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (p_{SD} + p_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (p_{WD} + p_{WU})}$	$\lambda_b = 1 - 0,4 \cdot \frac{1 \cdot (47 - 380) + 1,2 \cdot (216 - 289)}{1 \cdot (473 + 380) + 1,2 \cdot (216 + 289)}$	1,00

.PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners GENERAL

$\lambda_b = 1,00$	$\lambda_s = 1,00$
--------------------	--------------------

$w = \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_b \cdot \beta_b \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot p_S + \gamma_{W2} \cdot p_W}{12 \cdot R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right)^2 \cdot l^3$	$w = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1,01 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 47 + 1,2 \cdot 28,9) / (12 \cdot 235) \cdot (1 - 0,6 / (2 \cdot 4,02))^2 \cdot 0,6 \cdot 4,02^2 \cdot 10^3$	270,39	cm3
$A_{SH} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_s \cdot \beta_s \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot p_S + \gamma_{W2} \cdot p_W}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right)^2 \cdot l$	$A_{SH} = 10 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 47 + 1,2 \cdot 28,9) / 235 \cdot (1 - 0,6 / (2 \cdot 4,02))^2 \cdot 0,6 \cdot 4,02$	8,08	cm2

<b>ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 4, (2.2.1)</b>		
$t = (0,8 + 0,004 \cdot L \cdot k^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot s) \cdot C_t$	$t = (0,8 + 0,004 \cdot 65,28 \cdot 1^{1/2} + 4,5 \cdot 0,6) \cdot 1,03$	3,89
$C_t = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	$C_t = 0,85 + (2 \cdot 6 / 65,28)$	1,03

	<b>GENERAL</b>		
Elemento	Espesor mínimo (mm)	Área mínima (cm2)	Módulo mínimo (cm3)
cuaderna bajo cubierta de francobordo	3,89	8,08	270,39

CUADERNA BAJO CUBIERTA SUPERIOR

Zd (m)	Zup (m)
Pto mas bajo de la cuaderna	Pto mas alto de la cuaderna
6,5	8,9

Z(m)	S(m)	l(m)
6,5	0,6	4,02

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte baja (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure psd (kN/m2)	Wave pressure pwd (kN/m2)
Zd>T	0	$\rho \cdot g \cdot (T+h1-z)$
Z=Zd=6,5	0	$1,025 \cdot 9,81 \cdot (6+3,37-6,5)$
	0,00	28,86

PRESIONES DEBIDAS AL MAR en la parte alta (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure psu (kN/m2)	Wave pressure pwu (kN/m2)
Zup>T	0	$\rho \cdot g \cdot (T+h1-Zup)$ sin ser menos que 0,15L
Z=Zup=8,9		$1,025 \cdot 9,81 \cdot (6+3,31-8,9)$ sin ser menos que $0,15 \cdot 65,28=4,92$
	0,00	9,79

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(htd)= 5,5	
	37,95	0,07

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(htd)= 5,5	
	37,95	0,07

FACTORES DE SEGURIDAD ( Pt B, Ch 8, Sec 4, Table 1 GENERAL)			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,02	1	1,2

	No aporta resist.long.	0,0
βb	.PTB CH8 SEC 4 TABLE 2: Coefficients βb and βs	1,0
βs	.PTB CH8 SEC4 TABLE 2: Coefficients βb and βs	1,0

GENERAL			
psd (kN/m2)	pwd (kN/m2)	psu (kN/m2)	pwu (kN/m2)
38,0	28,9	38,0	9,8

.PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners			
Los coeficientes λb se escogieran el mayor valor			
$\lambda_b = 1 + 0,2 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_b = 1 + 0,2 * \frac{1 * (38,0 - 38,0) + 1,2 * (28,9 - 9,8)}{1 * (38,0 + 38,0) + 1,2 * (28,9 + 9,8)}$	1,04	
$\lambda_b = 1 - 0,2 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_b = 1 - 0,2 * \frac{1 * (38,0 - 38,0) + 1,2 * (28,9 - 9,8)}{1 * (38,0 + 38,0) + 1,2 * (28,9 + 9,8)}$	0,96	

Los coeficientes λb se escogieran el mayor valor			
$\lambda_b = 1 + 0,4 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_b = 1 + 0,4 * \frac{1 * (38,0 - 38,0) + 1,2 * (28,9 - 9,8)}{1 * (38,0 + 38,0) + 1,2 * (28,9 + 9,8)}$	1,07	
$\lambda_b = 1 - 0,4 \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} - P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} - P_{WU})}{\gamma_{S2} \cdot (P_{SD} + P_{SU}) + \gamma_{W2} \cdot (P_{WD} + P_{WU})}$	$\lambda_b = 1 - 0,4 * \frac{1 * (38,0 - 38,0) + 1,2 * (28,9 - 9,8)}{1 * (38,0 + 38,0) + 1,2 * (28,9 + 9,8)}$	0,93	

.PTB CH8 SEC 5 3.4.4 Vertical ordinary stiffeners			
λb	1,04	λs	1,07
$w = \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_B \cdot \beta_B \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{12 \cdot R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) s \cdot l^2 \cdot 10^{-3}$	w=1,02*1,02*1,0*1*(1*38+1,2*28,9)/(12*235)*(1-0,6/(2*4,02))*0,6*4,02^2*10^3	249,26	cm3
$A_{SH} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \lambda_S \cdot \beta_S \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) s \cdot l$	Ash=10*1,02*1,02*1,07*1*(1*38+1,2*28,9)/235*(1-0,6/(2*4,02))*0,6*4,02	7,71	cm2

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 4, (2.2.1)		
$t = (0,8 + 0,004 \cdot L \cdot k^{\frac{1}{2}} + 4,5 \cdot s) \cdot C_T$	t=(0,8+(0,004*65,28)*(1^(1/2))+4,5*0,6)*1,03	3,89
$C_T = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	Ct=0,85+(2*6/65,28)	1,03

Elemento	GENERAL		
	Espesor mínimo (mm)	Área mínima (cm2)	Módulo mínimo (cm3)
cuaderna sobre cubierta superior	3,89	7,71	249,26

## CHAPA DE COSTADO BAJO CUBIERTA DE FRANCOBORDO

Z(m)	S(m)	l(m)
Pto mas bajo de la chapa de costado bajo cubierta francobordo	separacion entre refuerzos	longitud de la chapa
1,325	0,6	4,02

Presiones debidas al mar (Ptb, Ch 8 ,Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (kN/m2)
Z<T	$\rho * g * (T - z)$	$\rho * g * h_1 * e^{-\frac{2 * \pi * (T - z)}{L}}$
	$1,025 * 9,81 * (6 - 1,325)$	$1,025 * 9,81 * 3,37 * e^{-\frac{2 * \pi * 6 - 1,325}{6,528}}$
	47,01	21,61

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(htd)= 5,5	
	37,95	0,383

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	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)

$$C_a = MIN \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$$

$$C_a = MIN(1.21 * RAIZ((1+0.33*(0.6/4.02)^2)) - (0.69*0.6/4.02); 1)$$

1

$$\sigma_{x1} = MAX \left\{ 100 * \left( 1 - \frac{z}{0.5 * D} \right); 65 \right\}$$

$$\sigma_{x1} = MAX(100*(1-(1.325/0.5*8.9)); 65)$$

70

$$\lambda_T = 1 - 0.89 * \gamma_m * \frac{\sigma_{x1}}{R_y}$$

$$\lambda_T = 1 - (0.89*1.02*70/235)$$

0.7

Pt B, Ch 8, Sec 3 3.4.1 GENERAL

$$t = 17.2 * C_a * C_T * s * \sqrt{\gamma_T * \gamma_m * \frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{\lambda_T * R_y}}$$

$$t = 17.2*1*0.6*RAIZ(((1*47.01)+(1.2*21.61))*1.2*1.02/(0.7*235))$$

7.5

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2

$$t = 3.1 + 0.017 * L * K^{(1/2)} + 4.5 * s$$

$$t = 3.1 + 0.017 * 65.28 * 1^{(1/2)} + 4.5 * 0.6$$

6.9

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	6,9	7,5	1,00	7,9	8,5

ESPESOR FINAL ----->

8,5

## CHAPA DE COSTADO BAJO CUBIERTA SUPERIOR

Z(m)	S(m)	l(m)
Pto mas bajo de la chapa de costado bajo cubierta superior	separacion entre refuerzos	longitud de la chapa
6,5	0,6	4,02

Presiones debidas al mar (PtB, Ch 8, Sec 1, table5)		
localizacion	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (kN/m2)
Z>T	0	$\rho \cdot g \cdot (T+h1-z)$
	0	$1,025 \cdot 9,81 \cdot (6+3,37-6,5)$
	0,00	28,86

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)
Altura bodega(htd)=	$p_s = 6.9 * h_{TD}$	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
5,5		
	37,95	7,23

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2



Pt B, Ch 8, Sec 3 [3.4]

$$C_a = \text{MIN} \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$$

$$C_a = \text{MIN}(1, 21 * \text{RAIZ}((1 + 0,33 * (0,6/4,02)^2)) - (0,69 * 0,6/4,02); 1)$$

1

$$\sigma_{x1} = \text{MAX} \left\{ 100 * \left( 1 - \frac{z}{0.5 * D} \right); 65 \right\}$$

$$\sigma_{x1} = \text{MAX}(100 * (1 - (6,5/0,5 * 8,9)); 65)$$

65

$$\lambda_r = 1 - 0.89 * \gamma_m * \frac{\sigma_{x1}}{R_y}$$

$$\lambda_r = 1 - (0,89 * 1,02 * 65/235)$$

0,7

Pt B, Ch 8, Sec 3 3.4.1 GENERAL

$$t = 17,2 * C_a * C_r * s * \sqrt{\frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{\lambda_r * R_y}}$$

$$t = 17,2 * 1 * 0,6 * \text{RAIZ}(((1 * 37,95) + (1,2 * 28,86)) * 1,2 * 1,02 / (0,7 * 235))$$

7,0

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2

$$t = 3 + 0.004 * L * k^{1/2} + 4.5 * s$$

$$t = 3 + 0,004 * 65,28 * 1^{1/2} + 4,5 * 0,6$$

6,1

Margen en t de Pt B por corrosion : PtB Ch4 sec 2 table 2

Superficie en conaco 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 laterales en B, Bruto (mm)
chapa bajo cubierta sup.	6,1	7,0	1,00	7,1	8,0

ESPESOR FINAL -----> 8,0

**CHAPA DE CUBIERTA DE FRANCOBORDO**

Z(m)	S(m)	l(m)	$a_{z1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p * g + ap * (z - T_1)]^2} \left( \frac{m}{s^2} \right)$
Altura de la chapa de cub. de francobordo	Separacion entre refuerzos	Separacion entre baos	ax1=(0,5^2+(0,19*9,81+0,34*(6,5-6))^0,5
6,5	0,575	4,02	2,094456782

Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 7: Presion interna y fuerzas		
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(htd)= 5,5	
	37,95	0,07

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Pt B, Ch 8, Sec 3 [3.4]

$$C_a = MIN \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$$

$$C_a = MIN(1.21 * RAIZ((1+0.33*(0.575/4.02)^2)) - (0.69*0.575/4.02); 1)$$

1

$$\sigma_{x1} = MAX \left\{ 100 * \left( 1 - \frac{z}{0.5 * D} \right); 65 \right\}$$

$$\sigma_{x1} = MAX(100*(1-(6.5/0.5*8.9)); 65)$$

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

$$t = 17.2 * C_a * C_r * s * \sqrt{\gamma_r * \gamma_m * \frac{Y_{s2} * P_2 + Y_{w2} * P_w}{\lambda_z * R_y}}$$

$$t = 17.2 * 1 * 1 * 0.575 * RAIZ(((1*37.95)+(1.2*0.07)) * 1.2 * 1.02 / (0.7 * 235))$$

5.9

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2

$$t = 9.7 * s * k^{(1/2)}$$

$$t = 9.7 * 0.575 * 1^{(1/2)}$$

5.5775

Margen en t de Pt B por corrosión : PtB Ch4 sec 2 table 2

Supercicie en otros compartimentos ( bodega de pesca )	0.5
Supercicie 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 del doble fondo	5.6	5.9	1.00	6.6	6.9

ESPESOR FINAL -----> 6.9

## CHAPA DE CUBIERTA SUPERIOR

Z(m)	S(m)	l(m)	$a_{z1} = \sqrt{a_{zz}^2 + [A_p * g + a p * (z - T_1)]^2} \left( \frac{m}{s^2} \right)$
altura de la chapa de cubierta superior	Separacion entre refuerzos	Separacion entre baos	$a_{z1} = (0,5^2 + (0,19 * 9,81 + 0,34 * (8,9 - 6))^2)^{0,5}$
8,9	0,575	4,02	2,893428764

Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 5: Presion interna y fuerzas		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (kN/m2)
	$10 * \phi_1 * \phi_2$	$17,5 * n * \phi_1 * \phi_2$
	TABLE 6 SUPERSTRUCTURE DECK $\phi_1 = 0,75$	
	TABLE 5 $\phi_2 = 0,54$	
	TABLE 1 NAVIGATION COEFFICIENTS $n = 1$	
	4,08	7,14

Presiones debidas a la maquinaria en la cubierta superior ( Pt B ch8 sec 1 4.7.1 Machinery )		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (Kn/m2)
	10	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	10,00	0,02

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,2	1	1,2

Pt B, Ch 8, Sec 3 [3,4]

$$C_a = M I N \left\{ 1.21 * \sqrt{1 + 0.33 * \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 * \frac{s}{l}; 1 \right\}$$

$$C_a = \text{MIN}(1, 21 * \text{RAIZ}((1 + 0,33 * (0,575/4,02)^2) - (0,69 * 0,575/4,02)); 1)$$

1

$$\sigma_{x1} = M A X \left\{ 100 * \left( 1 - \frac{z}{0.5 * D} \right); 65 \right\}$$

$$\sigma_{x1} = \text{MAX}(100 * (1 - (8,9/0,5 * 8,9)), 65)$$

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

$$s = 17,2 * C_a * C_p * s * \sqrt{\gamma_p * \gamma_m * \frac{\gamma_{s2} * P_s + \gamma_{w2} * P_w}{\lambda_T * R_y}}$$

$$t = 17,2 * 1 * 1 * 0,575 * \text{RAIZ}(((1 * 10) + (1,2 * 7,14)) * 1,2 * 1,02 / (0,7 * 235))$$

4,1

ESPESOR MÍNIMO NETO Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 2

$$t = 9,7 * s * k^{(1/2)}$$

$$t = 9,7 * 0,575 * 1^{(1/2)}$$

5,6

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 del doble fondo	5,6	4,1	1	6,6	5,1

ESPESOR FINAL -----> 6,6

## BAO CUBIERTA SUPERIOR

Z(m)	l(m)	S(m)
Altura del bao de cubierta superior	Distancia entre puntales	Distancia entre cuadernas
8,9	5,75	4,02

Presiones debidas a la maquinaria en la cubierta superior ( Pt B ch8 sec 1 4.7.1 Machinery )		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (Kn/m2)
	10	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	10,00	0,018

Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 5: Presion interna y fuerzas		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (kN/m2)
	$10 * \phi_1 * \phi_2$	$17,5 * n * \phi_1 * \phi_2$
	TABLE 6 SUPERSTRUCTURE DECK $\phi_1 = 0,75$	
	TABLE 5 $\phi_2 = 0,54$	
	TABLE 1 NAVIGATION COEFFICIENTS n= 1	
	4,08	7,14

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD ( Pt B, Ch 8, Sec 4, Table 1 GENERAL)			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,02	1	1,2

$\sigma_{X1}$	No aporta resist.long.	0
	$\beta_b$ , PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients $\beta_b$ and $\beta_s$	0,81
	$\beta_s$ , PT B CH 8 SEC 4 table 2: coeficients $\beta_b$ and $\beta_s$	0,9

GENERAL		
PT B CH 8 SEC 4 , 3.4.3 Longitudinal and transverse ordinary stiffeners subjected to lateral pressure in intact conditions		
$w = \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_b \cdot \frac{\gamma_{G2} \cdot P_1 + \gamma_{G2} \cdot P_w}{12 \cdot (R_y - \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{X1})} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right)^2 \cdot s^2 \cdot 10^3$	$w = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 0,81 \cdot (1 \cdot 10 + 1,2 \cdot 7,14) / (12 \cdot (235 - 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0) \cdot (1 - 4,02 / (2 \cdot 5,75))) \cdot 4,02 \cdot 5,75 \cdot 10^3$	224,34 cm3
$A_b = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_m \cdot \beta_b \cdot \frac{\gamma_{G2} \cdot P_1 + \gamma_{G2} \cdot P_w}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) \cdot s \cdot l$	$A_b = 10 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 0,9 \cdot (1 \cdot 10 + 1,2 \cdot 7,14) / 235 \cdot (1 - 4,02 / (2 \cdot 5,75)) \cdot 4,02 \cdot 5,75$	1,38 cm2

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 7, Sec 2, (2.2.1)		
$t = (0,8 + 0,004 \cdot L \cdot k^{1/2} + 4,5 \cdot s) \cdot C_t$	$t = (0,8 + 0,004 \cdot 65,28 \cdot 1^{1/2} + 4,5 \cdot 4,02) \cdot 1,034$	3,75 mm
$C_t = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	$C_t = 0,85 + 2 \cdot 6 / 65,28$	1,034

GENERAL			
Elemento	Módulo mínimo (cm3)	Área mínima (cm2)	Espesor mínimo Pt B (mm)
Bao cubierta francobordo	224,3	1,4	3,8

## ESLORA CUBIERTA SUPERIOR

Z(m)	S(m)	l(m)
Altura de la eslora	Longitud de bao efectivo que se apoya en la eslora	Separacion longitudinal entre puntales
8,9	3,45	8,04

Presiones debidas a la maquinaria en la cubierta superior ( Pt B ch8 sec 1 4.7.1 Machinery )		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (Kn/m2)
	10	$p_s * \frac{a_{z1}}{g}$
	10,00	0,018

Presion interna y fuerzas debidas al mar ( Pt B, Ch 8, Sec 1, Table 5)		
Tipo	Still water pressure ps (kN/m2)	Wave pressure pw (kN/m2)
	$10 * \phi_1 * \phi_2$	$17,5 * n * \phi_1 * \phi_2$
	TABLE 6 SUPERSTRUCTURE DECK $\phi_1 = 0,75$	
	TABLE 5 $\phi_2 = 0,54$	
	TABLE 1 NAVIGATION COEFFICIENTS $n = 1$	
	4,05	7,09

VALORES GENERALES			
K	Ry N/mm2	Cr	r
1	235	1	1

FACTORES DE SEGURIDAD ( Pt B, Ch 8, Sec 3, Table 1 GENERAL)			
$\gamma_m$	$\gamma_R$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{w2}$
1,02	1,02	1	1,2



PT B CH8 sec 5 3.5.2 Longitudinal and transverse primary supporting members subjected to lateral pressure in intact conditions				
$\sigma_{X1}$	para $0,5 \cdot D < z < D$	$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left( \frac{z}{0,5D} - 1 \right)$ no menos que 65/k N/mm2	$\sigma_{x1} = \frac{100}{1} \left( \frac{8,9}{0,5 \cdot 8,9} - 1 \right)$	100,00
		$\beta_b$		1
		$\beta_s$		1
GENERAL				
PT B CH8 sec 5 3.5.2 Longitudinal and transverse primary supporting members subjected to lateral pressure in intact conditions				
$w = \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \beta_B \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{m \cdot (R_y - \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \sigma_{x1})} \cdot s \cdot l^2 \cdot 10^{-3}$		$w = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 10 + 1,2 \cdot 7,09) / (12 \cdot (235 - 1,2 \cdot 1,2 \cdot 100)) \cdot 3,45 \cdot 8,04^2 \cdot 10^{-3}$		1720,95 cm3
$A_{SH} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_M \cdot \beta_S \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_S + \gamma_{W2} \cdot P_W}{R_y} \cdot s \cdot l$		$A_{SH} = 10 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 10 + 1,2 \cdot 7,09) / 235 \cdot 3,45 \cdot 8,04$		12,31 cm2

ESPESOR MÍNIMO NETO ALMA Pt B, Ch 8, Sec 5, (2.1.1)		
$t = (3,7 + 0,015 \cdot L \cdot K^{1/2}) \cdot C_t$	$t = (3,7 + 0,015 \cdot 65,28 \cdot 1^{1/2}) \cdot 1,03$	4,33 mm
$C_T = 0,85 + \frac{2 \cdot T}{L}$	$C_t = 0,85 + 2 \cdot 6 / 65,28$	1,03

Elemento	GENERAL		
	Módulo mínimo (cm3)	Área mínima (cm2)	Espesor mínimo (mm)
Esloras de la cubierta francobordo	1720,95	12,31	4,33



## **TRABAJO FIN DE MASTER**

### **ANEXOS**

Alumno: Aitor Ramil Vizoso  
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



## **ANEXO 2**

## COMPROBACIÓN REFUERZOS

PERFIL "L" BAJO CUBIERTA FRANCOBORDO 150x150x15					
ELEMENTO	A	y	A·y	A·y <sup>2</sup>	Ip
Chapa asoc.	51	30	1530	45900	15300
Perfil	43	25,75	1107,25	28511,6875	898
	94		2637,25	74411,6875	16198
Yn	28,0558511	cm			
It	16619,3943	cm <sup>4</sup>			
W	520,264112	cm <sup>3</sup>			

PERFIL BULBO BAJO CUBIERTA SUPERIOR 200x10					
ELEMENTO	A	y	A·y	A·y <sup>2</sup>	Ip
Chapa asoc.	48	30	1440	43200	14400
Perfil	25,66	30	769,8	23094	1017
	73,66		2209,8	66294	15417
Yn	30	cm			
It	15417	cm <sup>4</sup>			
W	513,9	cm <sup>3</sup>			

ESLORA CUBIERTA SUPERIOR					
ELEMENTO	A	y	A·y	A·y <sup>2</sup>	Ip
Chapa asoc.	40,25	3,5	140,875	493,0625	1,64354167
Alma	28	14,9	417,2	6216,28	914,666667
Ala	41,25	29,65	1223,0625	36263,8031	7,734375
	109,5		1781,1375	42973,1456	924,044583
Yn	16,2660959	cm			
It	14925,0368	cm <sup>4</sup>			
W	917,554952	cm <sup>3</sup>			