



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/2021

CUADERNO 8

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Gastón Manuel Mercado Roasso

TUTORAS/ES

Raúl Villa Caro

FECHA

SEPTIEMBRE 2021

1 RPA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.020-2021

PROYECTO NÚMERO 2021-GENO-11

TIPO DE BUQUE: Atunero congelador de 2000 m³

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, Marpol, Torremolinos

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Atún que se procesará y se congelará en tanques.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 14 knots con autonomía para 37 días

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Plumas en babor y estribor para la carga y descarga de la pesca

PROPULSIÓN: Motor diésel

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: constará de una panga para la realización del arte del cerco.

Ferrol, 15 septiembre 2021

ALUMNO/A: **D^a Gastón Manuel Mercado Roasso**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/2021**

ATUNERO CONGELADOR 2000 m³

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 8

CUADERNA MAESTRA

INDICE

1 RPA	2
2 Título y resumen	6
3 Introducción	7
4 Descripción de la estructura	8
4.1 Zona del doble fondo	8
4.2 Zona de cubas	8
4.3 Zona de cámara de máquinas.....	8
4.4 Zona de entrepuente.....	8
4.5 Zona de pique de proa	9
4.6 Zona de pique popa	9
5 Parámetros de diseño	10
5.1 Calado de escantillonado.....	10
5.2 Eslora de escantillonado	10
5.3 Manga de escantillonado	11
5.4 Puntal de escantillonado	11
5.5 Desplazamiento de escantillonado.....	11
5.6 Coeficiente de bloque	11
5.7 Velocidad de servicio	11
5.8 Número de Froude.....	11
5.9 Coeficientes de navegación	12
5.10 Parámetro de ola	12
6 Materiales	13
7 Cargas de diseño	14
8 Modulo resistente y momento de inercia mínimo	16
8.1 Momentos flectores.....	16
8.1.1 Momento flector en aguas tranquilas (Ms)	16
8.1.2 Momento flector en olas (Mw).....	16
8.1.3 Módulo resistente mínimo(Z)	17
8.2 Momento de inercia mínimo(I).....	18
9 Cálculo refuerzos cuaderna maestra.....	19
9.1 Estructura del fondo y del doble fondo	19
9.1.1 Chapa de apardura	23
9.1.2 Quilla cajón.....	23
9.1.3 Planchas de fondo y pantoque.....	24

Cuaderno 8. Cuaderna Maestra
Gastón Manuel Mercado Roasso

9.1.4 Plancha del doble fondo	25
9.1.5 Vagras y varengas.....	26
9.1.6 Sobrequilla.....	27
9.2 Estructura del costado	28
9.2.1 Planchas del costado: zona próxima al doble fondo	29
9.2.2 Planchas del costado: zona intermedia.....	30
9.2.3 Planchas del costado: zona próxima a la cubierta principal	31
9.2.4 Planchas del costado: zona entrepuente	32
9.2.5 Traca de cinta.....	32
9.2.6 Refuerzos longitudinales de costado	33
9.2.7 Bulárcamas de entrepuente.....	33
9.3 Estructura de cubiertas	34
9.3.1 Plancha cubierta principal.....	36
9.3.2 Planchas de la cubierta superior.....	37
9.3.3 Refuerzos longitudinales de cubierta principal	37
9.3.4 Refuerzos longitudinales de cubierta superior	38
9.3.5 Baos en cubierta superior	39
9.4 Tabla de espesores	40
10 Comprobación del momento de inercia y del módulo resistente.....	41
11 Cuaderna Maestra	43
12 Anexo I: Perfiles.....	44
Tabla 1 "Características del buque"	7
Tabla 2 "Espesores".....	40
Tabla 3 "Momento de inercia del buque".....	41
Tabla 4 "Módulo resistente"	42
Ilustración 1 "Eslora de escantillonado".....	10

2 TÍTULO Y RESUMEN

Título: Atunero congelador de 2000 m³

El proyecto consistirá en el diseño general de un atunero congelador de 2000 m³, con una velocidad de diseño de 14 nudos, de propulsión diésel y para navegar 37 días.

Los temas fundamentales a tratar serán: elección de la cifra de mérito y definición de alternativas, seleccionando la más favorable; el cálculo de pesos y centro de gravedad del buque; el diseño de las formas; los cálculos relacionados con la arquitectura naval; las situaciones de carga; predicción de potencia propulsora y diseño del propulsor y del timón; la disposición general; la cuaderna maestra; el francobordo y arqueo; definir la planta propulsora y sus equipos auxiliares; la planta eléctrica; los equipos y servicios auxiliares del buque; y finalmente, se calculará el presupuesto de la construcción del buque.

Título: atuneiro conxelador de 2000 m³

O proxecto consistirá no deseño xeral dun atuneiro conxelador de 2000 m³, cunha velocidade de 14 nudos, de propulsión diésel y para navegar 37 días.

Os temas fundamentais a tratar serán: elección da cifra de mérita e definición de alternativas, escollendo a máis favorable; o cálculo de peso e centro de gravedade do buque; o deseño das formas; os cálculos relacionados coa arquitectura naval; as situación de carga; predicción da potencia propulsora e deseño do propulsor e timón; a disposición xeral; a caderna maestra; o francobordo e arqueo; definir a planta propulsora e os seus equipos auxiliares; a planta eléctrica; os equipos e servizos auxiliares ao buque; e finalmente, calcularase o orzamento da construción do buque.

Title: 2000 m³ freezer tuna vessel

The project will consist of the general design of a 2000 m³ freezer tuna vessel, with a design speed of 14 knots, diesel propulsion and to sail 37 days.

The fundamental issues to be discussed will be: choice of the figure of merit and definition of alternatives, selecting the most favorable; weight calculation and center of gravity of the ship; forms design; calculations related to naval architecture; loading situations; thruster power prediction and thruster and rudder design; general arrangement; master frame; freeboard and tonnage; propulsion plant definition and its auxiliary equipment; power plant; ship's auxiliary equipment and services; and finally, the budget for the construction of the ship will be calculated.

3 INTRODUCCIÓN

El buque proyecto con número 21-11 consiste en un atunero congelador con una capacidad total de cubas de 2000 m³ con el objetivo de operar en la zona del mar del norte para la pesca del atún mediante redes de cerco. Las cubas irán dispuestas en la parte central del buque distribuidas 9 a babor y 9 a estribor y, mediante un sistema de refrigeración por tuberías, se congelará el atún en seco mediante salmuera. La habilitación será de 35 personas y la propulsión será tipo diésel, con una velocidad de diseño de 14 nudos, para dar una autonomía de 37 días. Dispondrá de embarcaciones auxiliares para la ayuda en la operación de pesca, como son la panga y tres botes rápidos.

Las características principales del buque son:

Lo.a(m)	85,75
Lpp(m)	71
B(m)	14,9
T(m)	7
Dcp(m)	7,16
Fn	0,273
CB	0,63
CM	0,989
CP	0,638
$\Delta(t)$	5032
v(kn)	14

Tabla 1 "Características del buque"

En este cuaderno se definirá la estructura del buque correspondiente a la cuaderna maestra mediante el cálculo del escantillonado de los diferentes elementos con el fin de obtener el módulo resistente del buque y comprobar que resiste estructuralmente a los momentos flectores máximos generados. Se hará una descripción de la estructura del buque, las cargas de diseño, el cálculo del escantillonado y, finalmente, el cálculo del módulo resistente y la comprobación del cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por la Sociedad de Clasificación, en este caso, el Det Norske Veritas, edición 2012, parte 3(Hull), capítulo 2 (Hull structural design, ships with length less than 100 metres) y parte 5, capítulo 6(fishing vessels).

Para empezar, se definen unos parámetros previos necesarios para el cálculo de la estructura, dimensiones de escantillonado y parámetros de acero a utilizar. Además, será necesario calcular los parámetros de movimiento del buque para ver los esfuerzos que va a tener que soportar. Cada elemento de la estructura estará sometido a unas determinadas presiones de diseño que dependerán de su situación y su función dentro del buque, por lo que, en función de esto, se determinan los escantillonados. Estos escantillones se calculan con unos coeficientes de seguridad y corrosión que varían en cada caso concreto.

Una vez obtenido el escantillonado de todos los elementos, se puede calcular el módulo resistente a la flexión de la cuaderna maestra y el momento de inercia de sección. Posteriormente, se comprueba que estos valores superan los requisitos mínimos exigidos por el DNV. En el caso de que estos valores sean muy superiores a los establecidos se podrá modificar espesores del material, el tipo de material a utilizar o, incluso, las distancias entre los diferentes refuerzos de la estructura con el fin de ahorrar material y, por tanto, coste de construcción.

4 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura del casco se diseñará de manera que resista los diferentes esfuerzos a los que se verá sometida y se debe garantizar la estanqueidad en el interior, así como un compartimentado en buenas condiciones. Para el diseño de la estructura, se divide el buque en diferentes zonas para adecuarla según las condiciones de trabajo. Se considera que las zonas de popa y proa del casco están sometidas a esfuerzos como los producidos por los golpes de mar y es por ello por lo que se sobredimensionarán los espesores correspondientes en dichas partes del buque. Como se ha indicado en el cuaderno 4 "Cálculo de la arquitectura Naval" la separación de cuadernas es de 600 mm y las bulárcamas tendrán una separación de 6 claras de cuadernas en la parte central del buque (zona de cubas), y 3 claras de cuadernas en la zona de popa, proa y cámara de máquinas.

4.1 Zona del doble fondo

La zona del doble fondo tendrá una estructura transversal y se dispondrá a lo largo de ella y del resto del buque una quilla de cajón, la cual será de acero y su espesor será mayor con el objetivo de compensar la disminución de rigidez longitudinal que supone la estructura transversal.

4.2 Zona de cubas

En esta zona la estructura será de tipo longitudinal debido a que ofrece un volumen de bodega más amplio, aprovechando así el espacio y aligerando el peso del buque consiguiendo mayor velocidad con menor consumo de combustible. Los refuerzos que se instalen en esta zona no deben ser superiores a espesor del aislante entre las cubas, 200 mm.

4.3 Zona de cámara de máquinas

Esta zona no está sometida a las mismas condiciones de carga que la zona de las cubas, por lo que se adoptará una estructura transversal en la zona situada bajo la cubierta principal. Esto se debe a que el buque si se considera una viga paralelepípedica, los máximos esfuerzos cortantes se producen a una distancia de proa y popa igual a $\frac{1}{4}$ de la eslora, por lo que en esta zona se absorberán mejor los dichos esfuerzos cortantes.

4.4 Zona de entrepuente

Está zona entre la cubierta principal y la cubierta superior será de tipo longitudinal, así como la zona del costado, ya que va a contribuir bastante a la resistencia longitudinal del buque. Por encima de la cubierta castillo, las zonas serán de tipo transversal, pero en este estudio no se tendrán en cuenta.

4.5 Zona de pique de proa

Por las mismas razones que en la zona de cámara de máquinas, absorber mejor los esfuerzos cortantes, la estructura es tipo transversal, la cual se mantendrá este tipo de estructura por encima de la cubierta principal de la zona de proa.

4.6 Zona de pique popa

En esta zona es de tipo transversal a lo largo de toda la popa ya que los momentos flectores a los que está sometida son muy bajos.

5 PARÁMETROS DE DISEÑO

Se aplicará el reglamento DNV del cual se realizarán los cálculos a partir de los parámetros que se definirán a continuación:

5.1 Calado de escantillonado

El calado de escantillonado coincide con el calado de verano y se le incrementará un margen por un posible aumento del peso en rosca, peso muerto o un aumento de calado tras una avería. Por lo que se le añade 0.2 m, quedando un calado de 7.2 m, lo que corresponde a un desplazamiento de 5175 t.

5.2 Eslora de escantillonado

Es la distancia en metros medida al calado de escantillonado desde la cara de proa de la roda a la parte de popa del codaste popel, o al centro de la mecha de timón si no hay codaste popel. La eslora no ha de ser menor que el 96% y necesariamente no ha de exceder del 97% de la eslora en la flotación al calado T considerado.

$$L_{fl} = 74.6 \text{ m}$$

$$L_{min} = 0.96 * 74.6 = 71.616 \text{ m}$$

$$L_{max} = 0.97 * 74.6 = 72.362 \text{ m}$$

Por lo que:

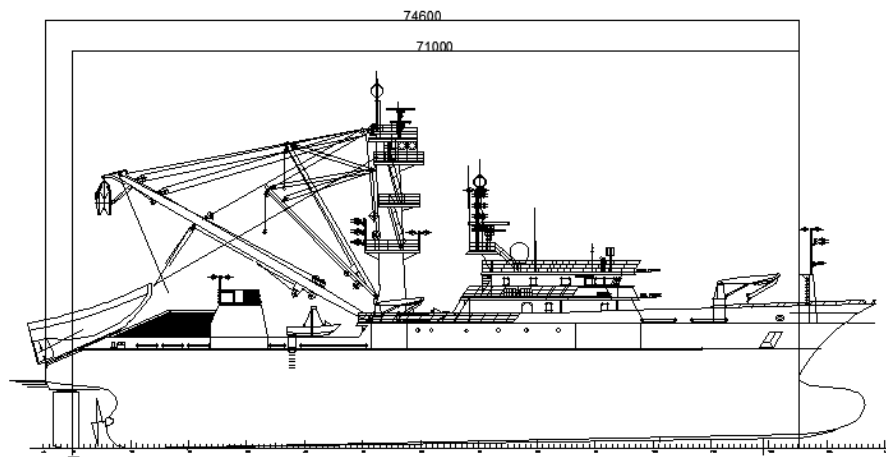


Ilustración 1 "Eslora de escantillonado"

Para el calado de escantillonado de 7.2 m, la eslora de escantillonado es de 71.32, como este valor no está entre el mínimo y máximo, se tomará el valor más cercano, siendo la eslora mínima de 71.616 m.

5.3 Manga de escantillonado

Es la manga de trazado o manga máxima del buque en metros en el centro del buque, 14.9 m

5.4 Puntal de escantillonado

Es el puntal hasta la cubierta continua más alta medido desde la cara superior de la quilla, puntal a la cubierta superior, 9.82 m

5.5 Desplazamiento de escantillonado

Es el desplazamiento para el calado de escantillonado es de 5175 t

5.6 Coeficiente de bloque

Coeficiente correspondiente al calado, eslora, manga y desplazamiento de escantillonado:

$$C_b = \frac{\Delta}{1.025 * L * B * T} = \frac{5175}{1.025 * 71.616 * 14.9 * 7.2} = 0.66$$

5.7 Velocidad de servicio

Es la velocidad propuesta en la RPA, 14 nudos.

$$Vel = 14 * 0.5144 = 7.2 \frac{m}{s}$$

5.8 Número de Froude

$$F_n = \frac{vel}{(g * L)^{\frac{1}{2}}} = \frac{7.2}{(9.81 * 71.616)^{\frac{1}{2}}} = 0.27$$

5.9 Coeficientes de navegación

Para navegación sin restricciones se consideran igual a 1 en ambos casos.

$$n = n1 = 1$$

5.10 Parámetro de ola

Para buques con eslora igual o menor a 100 m:

$$CW = 0.0792 * L = 0.0792 * 71.616 = 5.7$$

6 MATERIALES

El casco se ha construido con acero de calidad Naval A de acuerdo con la Sociedad de clasificación, con aceros de calidad naval D o E en función de los espesores de acuerdo con los requisitos de esta. Las cubas se han construido con acero de calidad naval D debido a que a temperatura de estas será de -35°C .

El acero utilizado en la construcción naval es acero dulce con un contenido de carbono entre 0.15-0.23%, siendo un material dúctil, resistente a la corrosión y fácil para ser soldado mediante técnicas y equipos sencillos entre otras características. Este tipo de aceros dulces son considerados del grado A-E, cuyas propiedades son:

- **Módulo de Young (módulo de elasticidad)**

$$E = 2.06 * 10^5 \frac{N}{mm^2}$$

- **Carga de Rotura**

$$\sigma_R = 400 - 520 \frac{N}{mm^2}$$

- **Límite elástico**

$$\sigma_E = 235 \frac{N}{mm^2}$$

- **Coefficiente de Poisson**

$$\mu = 0.3$$

- **Alargamiento**

$$\varepsilon = 22\%$$

- **Espesor de corrosión**

Para los cálculos se añadirá un espesor t_k por si el material sufre corrosión. Será de un valor de 1.

7 CARGAS DE DISEÑO

Las fuerzas que actúan sobre los elementos estructurales del buque pueden ser fuerzas externas como el efecto del mar o debidas a las aceleraciones provocadas en cargas internas del casco. Las presiones que establece el DNV que afectan al escantillonado de las planchas son presiones marinas estáticas y dinámicas, presiones estáticas y dinámicas de líquidos en tanques y presiones estáticas y dinámicas de carga y equipo.

Se asume que las presiones de diseño actúan sobre las planchas por la parte exterior a pleno calado. También, las fuerzas de gravedad y aceleración de grandes unidades de carga y equipo pueden influir en los escantillones de los refuerzos primarios. La presión marina que actúa en el costado, fondo y cubierta de abrigo deben ser tomadas como suma de las presiones estáticas y dinámicas, dadas por las siguientes expresiones:

- **Por debajo de la línea de francobordo de verano:**

$$P_1 = 10 * T + P_{dp} \frac{kN}{m^2} \text{ Para el fondo}$$

$$P_1 = 10 * h_0 + P_{dp} \frac{kN}{m^2} \text{ Para el costado}$$

- **Por encima de la línea de francobordo de verano:**

$$P_2 = (P_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0) kN/m^2$$

Para los costados el mínimo debe ser:

$$6.25 + 0.025 * L1 \text{ kN/m}^2$$

Para la cubierta de abrigo mínimo:

$$5 \text{ kN/m}^2$$

Siendo:

- $P_{dp} = P_t + \frac{135 * y}{B + 75} - 1.2 * (T - z) \text{ kN/m}^2$
- $P_1 = k_s * CW + k_f \frac{kN}{m^2}$
- T: calado escantillonado
- z: distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga (m)

- $k_S = 2 + \frac{3.1}{(Cb)^{\frac{1}{2}}}$ en la PP_{popa} y hacia popa
- $k_S = 2$ entre $0.2 * L$ y $0.7 * L$ desde PP_{popa}
- $k_S = 2 + \frac{4.7}{Cb}$ en la PP_{proa} y hacia proa
- h_0 : distancia vertical desde la línea de agua de T hasta el punto de carga (m)
- $CW: 0.0792 * L$
- f : distancia vertical desde el calado hasta la parte superior del costado en la sección considerada, máximo $0.8 * CW$
- y : distancia horizontal desde crujía hasta el punto de carga(m). Mín $B/4$
- L_1 : eslora del buque

Además de estas fuerzas, existen cargas debidas al efecto que producen todas las fuerzas actuando de manera conjunta sobre el buque, el cual se modeliza como una viga. De acuerdo con el DNV, los elementos de la envolvente exterior del buque se calculan, por un lado, considerando por una parte las presiones de aguas tranquilas y olas debidas al efecto del mar (no se tienen en cuenta las cargas internas); y por lado, considerando las presiones de inercia o dinámicas debidas a cargas internas, considerando que el compartimiento adyacente al forro exterior está cargado.

8 MODULO RESISTENTE Y MOMENTO DE INERCIA MÍNIMO

El módulo o momento resistente es la magnitud en m^3 que caracteriza la resistencia de una estructura sometida a flexión. Se calcula a partir de la forma y dimensiones de la sección transversal más representativa, sección maestra, y representa la relación entre las tensiones máximas sobre ella y el esfuerzo de flexión aplicado.

Para su cálculo se necesitará obtener primero los momentos flectores en aguas tranquilas y en olas según el reglamento DNV, y se deberá comprobar que se cumplen los mínimos establecidos por este.

8.1 Momentos flectores

Siguiendo las expresiones dadas por el reglamento:

8.1.1 Momento flector en aguas tranquilas (M_s)

Los momentos flectores de diseño en aguas tranquilas dentro de 0.4L de la sección media no debe tomarse inferior a:

$$M_{SO} = 0.0052 * L^3 * B * (C_B + 0.7) \text{ kN} * m$$

$$M_{SO} = 0.0052 * 71.616^3 * 14.9 * (0.65 + 0.7) \text{ kN} * m$$

$$M_{SO} = 39041 \text{ kN} * m$$

Fuera de 0.4L de la sección media, M_{SO} disminuye de manera gradual hasta el valor de 0 en las perpendiculares de popa y proa.

Como no se va a calcular el momento flector en las diferentes condiciones de carga:

$$M_{SO} = M_s = 39041 \text{ kN} * m$$

8.1.2 Momento flector en olas (M_w)

$$M_{WO} = 0.11 * CW * L^2 * B * (C_B + 0.7) \text{ kN} * m \text{ (ARRUFO)}$$

$$M_{WO} = 0.19 * CW * L^2 * B * C_B \text{ kN} * m \text{ (QUEBRANTO)}$$

$$M_{WO} = 0.11 * 5.7 * 71.616^2 * 14.9 * (0.65 + 0.7) \text{ kN} * m \text{ (ARRUFO)}$$

$$M_{WO} = 65381 \text{ kN} * m \text{ (ARRUFO)}$$

$$M_{W0} = 0.19 * 5.7 * 71.616^2 * 14.9 * 0.65 \text{ kN} * \text{m} \text{ (QUEBRANTO)}$$

$$M_{W0} = 54374 \text{ kN} * \text{m} \text{ (QUEBRANTO)}$$

Mw será igual entre 0.4L y 0.65L e irá disminuyendo gradualmente hacia las perpendiculares de popa y proa, y, como la situación más desfavorable es la de arrufo, tomará ese valor.

$$M_{W0} = M_W$$

8.1.3 Módulo resistente mínimo(Z)

Se calculará el módulo resistente mínimo de manera que cuando se calcule el módulo real se compruebe que este sea mayor y cumpla con el reglamento. Los valores obtenidos anteriormente se utilizarán para el obtener este módulo mínimo, pero si en las condiciones de carga del buque se obtienen unos valores superiores de momentos flectores, serán estos valores los que se utilizarán en las expresiones dadas por el DNV para este cálculo, dado como resultado un incremento del módulo que deberá ser cumplido por el módulo real tras el escantillado de la cuaderna maestra.

El módulo resistente de la sección requerido respecto al eje neutro transversal dentro de 0.4L de la sección media, viene dado por:

$$Z = \frac{M_S + M_W}{175} * 10^3 \text{ cm}^3$$

Se cogerá el valor de Ms calculado y para Mw, el valor más desfavorable, en este caso la situación de arrufo:

$$Z = \frac{39041 + 65381}{175} * 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z = 59669 \text{ cm}^3$$

Este módulo respecto al eje neutro transversal no debe ser inferior a:

$$Z_0 = CW_0 * L^2 * B * (C_B + 0.7) \text{ cm}^3$$

Siendo:

- El valor del C_b no debe ser inferior a 0.5
- El valor de CW_0 como mínimo 7

$$CW_0 = 5.7 + 0.022 * L ; \text{mín} = 7$$

$$CW_0 = 5.7 + 0.022 * 71.616 = 7.3$$

Por lo que:

$$Z_0 = 7.3 * 71.616^2 * 14.9 * (0.65 + 0.7) \text{ cm}^3$$

$$Z_0 = 761216 \text{ cm}^3$$

Este valor será tomado como el módulo resistente mínimo.

8.2 Momento de inercia mínimo(I)

El momento de inercia mínimo en la cuaderna maestra respecto del eje neutro transversal no debe ser inferior a:

$$I_{min} = 3 * C_W * L^3 * B * (C_B + 0.7) \text{ cm}^4$$

$$I_{min} = 3 * 5.7 * 71.616^3 * 14.9 * (0.66 + 0.7) \text{ cm}^4$$

$$I_{min} = 128 * 10^6 \text{ cm}^4$$

9 CÁLCULO REFUERZOS CUADERNA MAESTRA

9.1 Estructura del fondo y del doble fondo

La estructura se reforzará con varengas aligeradas separadas cada una clara de cuaderna, es decir, cada 600 mm a lo largo de todo el buque. Dispondrá de aligeramientos que son pasos de hombre de 600x400 mm.

El resultado es una estructura transversal con una quilla de cajón formada por una plancha horizontal en la parte inferior, y dos planchas verticales laterales y en su interior, se colocarán consolas transversales que coincidirán con las varengas. En el interior del doble fondo y en la zona de crujía se dispondrá de una sobrequilla.

Se colocarán 2 vagras a cada lado, conectando el fondo con el doble fondo, la primera irá colocada a 920 mm desde crujía y las siguientes estarán separadas a 2200 mm. Las vagras disponen del espacio necesario para dos pasos de hombre de 600x400 mm. En la zona de pantoque se dispondrán de consolas transversales con todas las cuadernas.

Parámetros para tener en cuenta:

- t: espesor de plancha en mm
- Z: módulo resistente de la sección en cm^3
- ka: factor de corrección por relación de aspecto:

$$k_a = \left(1.1 - 0.25 * \frac{s}{l}\right)^2$$

Este valor debe estar entre 0.72-1

- s: espacio entre los refuerzos medidos a lo largo de la plancha correspondiente, en m.
- l: luz de los refuerzos
- tk: corrección por corrosión; 1.5 mm tanques de lastre y 1 mm para tanques combustible.
- wk: factor de corrección por corrosión en el módulo de la sección en tanques:

$$w_k = 1 + 0.05 * t_k$$

- σ : tensión nominal admisible debido a la presión lateral, 235 N/mm²
- Zb: módulo de la sección de la maestra en cm^3 en el fondo del tanque
- Zr: módulo de la sección maestra en cm^3 según el reglamento:

$$Z_0 = 761216 \text{ cm}^3$$

- p: presión de diseño, kN/mm²
- t: calado de reglamento
- a = 1 para costados y cubiertas de abrigo hacia proa de 0.15L desde perpendicular de proa, y 0.8 para el resto de las cubiertas de abrigo
- h₀: distancia vertical desde la línea de agua de T hasta el punto de carga, m
- z: distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga, m, en este caso, al ser estructura del doble fondo será de 1.2 m.
- y: distancia horizontal desde crujía hasta el punto de carga, m, mín B/4, por lo que se tomará 14.9/2, tomando un valor de 7.45 m.
- C_w: parámetro de ola, igual a 0.0792L buques L<100m
- k_f: el menor de T y f
- f: distancia vertical desde el calado hasta la parte superior del costado en la sección considerada, máximo 0.8*C_w.
- h_s: distancia vertical entre el punto de aplicación de la carga y el punto alto de los tanques.
- ρ: densidad, 1.025 t/m³.
- p₀: 0.3L-5, valor mínimo 10, kN/m². En este caso, 16.6 kN/m².
- b: manga del tanque en m, 6.53 m
- l: eslora del tanque en m, 3.6 m
- Δp: 25 kN/m² para tanques de lastre y 0 para los otros tanques
- g: 9.81 m/s²
- f₁: factor de material, 1.

Una vez definidos los parámetros, se calcularán las cargas de diseño:

1. Carga exterior: por acción del mar:

$$P_1 = 10 * T + P_{dp}$$

$$P_{dp} = P_l + \frac{135 * y}{B + 75} - 1.2 * (T - z) \text{ kN/m}^2$$

$$P_1 = k_s * CW + kf \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

k_s: 2 al estar la cuaderna comprendida entre 0.2L y 0.7 L desde la perpendicular de popa.

$$P_1 = 2 * 5.7 + (0.8 * 5.7) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_1 = 15.96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{dp} = 15.96 + \frac{135 * (\frac{14.9}{2})}{14.9 + 75} - 1.2 * (7.2 - 1.2) \text{ kN/m}^2$$

$$P_{dp} = 19.95 \text{ kN/m}^2$$

Por lo que:

$$P_1 = 10 * 7.2 + 19.95$$

$$P_1 = 91.95 \text{ kN/m}^2$$

2. Carga exterior: carga líquida en tanque sobre la chapa de fondo:

$$P_2 = g * \rho * h_s$$

$$P_2 = 9.81 * 1.025 * 1.2$$

$$P_2 = 12.06 \text{ kN/m}^2$$

3. Dentro del doble fondo: presión debida a las cargas transportadas en los tanques de carga:

$$P_3 = 1.3 * g * \rho_c * H_c$$

$$P_3 = 1.3 * 9.81 * 0.85 * 1.2$$

$$P_3 = 13 \text{ kN/m}^2$$

4. Dentro del doble fondo: carga debida a líquidos en tanque superior:

$$P_4 = 1.3 * g * \rho_c * h_s$$

$$P_5 = 0.67 * (\rho * g * h_s + \Delta p)$$

$$P_6 = \rho * g * h_s + p_0$$

$$P_7 = \rho * g * (h_s + 0.3 * b)$$

$$P_8 = \rho * g * (h_s + 0.1 * l)$$

Siendo h_s la distancia vertical entre el punto de aplicación de la carga, en este caso, 1.2m correspondiente al doble fondo, y el punto alto de los tanques, 7.16 m correspondiente a la altura de la cubierta principal, por lo que el valor de h_s será de 5.96 m. La densidad se tomará la de la salmuera, 1.026 t/m³, dado que los tanques por encima del doble fondo serán las cubas, las cuales actuarán como tanques de lastre cuando no se estén llenas de atún. Por lo que los valores serán:

$$P_4 = 1.3 * 9.81 * 1.26 * 5.96$$

$$P_4 = 95.77 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_5 = 0.67 * (1.26 * 9.81 * 5.96 + 25)$$

$$P_5 = 66.11 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_6 = 1.26 * 9.81 * 5.96 + 16.6$$

$$P_6 = 90.27 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_7 = 1.26 * 9.81 * (5.96 + 0.3 * 6.53)$$

$$P_7 = 97.88 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_8 = 1.26 * 9.81 * (5.96 + 0.1 * 3.6)$$

$$P_8 = 78.12 \frac{kN}{m^2}$$

La mínima presión será:

$$P_9 = 10 * T$$

$$P_9 = 10 * 7.2 = 72 \frac{kN}{m^2}$$

5. Doble fondo y vagras: cargas en la frontera del tanque en el doble fondo:

$$P_{10} = 0.67 * (10 * h_p + \Delta p)$$

$$P_{10} = 0.67 * (10 * 5.96 + 25) = 56.68 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_{11} = 10 * h_s + p_0$$

$$P_{11} = 10 * 5.96 + 16.6 = 76.2 \frac{kN}{m^2}$$

Una vez obtenidas las presiones que actúan, se procede al cálculo de los espesores:

9.1.1 Chapa de aparadura

Se extiende a lo largo de toda la eslora del buque. Su ancho no debe ser menor de:

$$b = 800 + 5L = 800 + 5 * 71.616 = 1160 \text{ mm}$$

Y su espesor no debe ser menor de:

$$t = 7 + 0.05L + t_k = 7 + 0.05 * 71.616 + 1 = 11.6 \text{ mm}$$

El espesor mínimo de la plancha será de 11.6 mm, pero aumentaremos el espesor dado que se debe tener un espesor mayor que las chapas de fondo, por lo que se pondrá un espesor final de 15mm.

9.1.2 Quilla cajón

El espesor de la quilla cajón será el mismo que el de la chapa de aparadura

$$t_{CA} = t_{QC} = 15 \text{ mm}$$

9.1.3 Planchas de fondo y pantoque

El espesor viene dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

La presión p será la presión máxima entre p1, p2 y p3:

$$P_1 = 91.95 \text{ kN/m}^2$$

$$P_2 = 12.06 \text{ kN/m}^2$$

$$P_3 = 13 \text{ kN/m}^2$$

Comparando el valor de las distintas presiones:

$$p = P_1 = 90.51 \text{ kN/m}^2$$

El valor de k_a debe ser como mínimo 0.72 y como máximo 1. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$k_a = \left(1.1 - 0.25 * \frac{s}{l}\right)^2 = \left(1.1 - 0.25 * \frac{0.6}{3.6}\right)^2 = 1.12$$

Siendo la separación de los refuerzos, s, de 600mm cuya luz, l, es de 3600 mm.

$$k_a > 1$$

$$k_a = 1$$

El valor de σ será de 120, por lo que el espesor queda con un resultado de:

$$t = \frac{15.8 * 1 * 0.6 * \sqrt{90.51}}{\sqrt{120}} + 1.5 = 9.73 \text{ mm}$$

El valor mínimo establecido en el reglamento DNV es de $5 + 0.04L + t_k$, por lo que se comprobará con el valor estimado:

$$t = 5 + 0.04 * 71.616 + 1 = 8.88$$

El valor hallado del espesor de la chapa supera el mínimo exigido, por lo que, las chapas del fondo serán de 3.6 m de ancho y 10 mm de espesor.

9.1.4 Plancha del doble fondo

El espesor viene dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

Como se observa, la expresión es igual a la que se ha utilizado en el apartado anterior, con la diferencia de que ahora el la presión máxima, p, dependerá del valor que mayor entre P4, P5, P6, P7 Y P8.

$$P_4 = 1.3 * 9.81 * 1.26 * 5.96$$

$$P_4 = 95.77 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_5 = 0.67 * (1.26 * 9.81 * 5.96 + 25)$$

$$P_5 = 66.11 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_6 = 1.26 * 9.81 * 5.96 + 16.6$$

$$P_6 = 90.27 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_7 = 1.26 * 9.81 * (5.96 + 0.3 * 6.53)$$

$$P_7 = 97.88 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_8 = 1.26 * 9.81 * (5.96 + 0.1 * 3.6)$$

$$P_8 = 78.12 \frac{kN}{m^2}$$

Por lo que,

$$p = P_7 = 97.88 \frac{kN}{m^2}$$

El valor de σ será de 140 N/mm² para la zona de 0.4L, y k_a vendrá dado por:

$$k_a = \left(1.1 - 0.25 * \frac{s}{l}\right)^2$$

Siendo $l = 3600$ mm y $s = 1800$ mm, por lo que:

$$k_a = \left(1.1 - 0.25 * \frac{1800}{3600}\right)^2$$

$$k_a = 0.95$$

El espesor de la chapa finalmente queda:

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

$$t = \frac{15.8 * 0.95 * 0.6 * \sqrt{97.88}}{\sqrt{140}} + 1.5$$

$$t = 9.03 \text{ mm}$$

El valor mínimo establecido en el DNV es:

$$t = 5 + 0.03 * L + t_k$$

$$t = 5 + 0.03 * 71.616 + 1$$

$$t = 8.16 \text{ mm}$$

El valor hallado del espesor de la chapa supera el mínimo exigido, por lo que, la plancha del doble fondo será de 10 mm de espesor.

9.1.5 Vagras y varengas

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

El valor de p será el máximo entre P9, P10 y P11:

$$P_9 = 10 * T$$

$$P_9 = 10 * 7.2 = 72 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_{10} = 0.67 * (10 * h_p + \Delta p)$$

$$P_{10} = 0.67 * (10 * 5.96 + 25) = 56.68 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_{11} = 10 * h_s + p_0$$

$$P_{11} = 10 * 5.96 + 16.6 = 76.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_{11} = p$$

El valor de k_a será igual que en el apartado anterior, 0.96, y σ toma un valor de 140.

$$t = \frac{15.8 * 0.96 * 0.6 * \sqrt{76.2}}{\sqrt{140}} + 1.5$$

$$t = 8.2 \text{ mm}$$

El valor mínimo exigido por el DNV es:

$$t = 6 + 0.04 * L + t_k = 6 + 0.04 * 71.616 + 1 = 9.88$$

Por lo que, el espesor de las varengas y de las vagras será de 11mm, ya que se le incrementa al valor exigido por el DNV.

9.1.6 Sobrequilla

El espesor será el mismo que para las varengas y vagras, 11 mm, debido a que este elemento se coloca de popa a proa por encima de las varengas y sirve para consolidar la quilla y la estabilidad en todos los buques facilitando la fijación de las tracas.

9.2 Estructura del costado

La estructura llevará un forro exterior que irá desde el pantoque hasta la cubierta superior y será de tipo longitudinal. Se reforzará este forro con perfiles longitudinales que tendrán una separación de 600 mm, tanto en la zona de la cubierta principal como en la zona de entrepuente y, además, en esta zona se colocarán bulárcamas en la zona central cada seis claras de cuaderna, es decir, una separación de 3600 mm. Se tomará la semimanga $y=B/2$

1. Carga exterior: presión del mar por debajo de calado de verano:

$$P_1 = 10 * h_0 + P_{dp}$$

Siendo:

$$P_{dp} = P_l + \frac{135 * y}{B + 75} - 1.2 * (T - z) \text{ kN/m}^2$$

$$P_l = k_s * CW + kf \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

h_0 : altura doble fondo, en m, dado que los puntos de carga se encuentran en ese punto.

k_s : 2 al estar la cuaderna comprendida entre 0.2L y 0.7 L desde la perpendicular de popa.

$$P_l = 2 * 5.7 + (0.8 * 5.7) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_l = 15.96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{dp} = 15.96 + \frac{135 * (\frac{14.9}{2})}{14.9 + 75} - 1.2 * (7.2 - 1.2) \text{ kN/m}^2$$

$$P_{dp} = 19.95 \text{ kN/m}^2$$

Por lo que:

$$P_1 = 10 * 6 + 19.95$$

$$P_1 = 79.95 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2. Carga exterior: presión del mar por encima del calado de verano:

$$P_2 = (P_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0)$$

Esta presión no podrá ser inferior a:

$$6.25 + 0.025 * L$$

Como de la primera expresión se obtiene un resultado negativo, no cumple con el requisito establecido, por lo que p_2 quedará:

$$P_2 = 6.25 + 0.025 * 71.616 = 8.04 \frac{kN}{m^2}$$

3. Cargas interiores: carga o líquido en tanques en general

En la parte representativa del buque, al costado, se situarán las cubas de atún, las cuales irán cargadas de salmuera cuando estas no estén de pescado, por lo que se toma la densidad de la salmuera de 1.026 t/m³. La altura h_s será la distancia del punto de aplicación a la altura del tanque, por lo que coincidirá la altura de la cuba de 5.96 m.

$$P_3 = 1.3 * \rho * g * h_s$$

$$P_4 = \rho * g * h_s + p_0$$

$$P_5 = 0.67 * (\rho * g * h_s + \Delta p)$$

$$P_6 = \rho * g * (h_s + 0.3 * b)$$

$$P_7 = \rho * g * (h_s + 0.1 * l)$$

9.2.1 Planchas del costado: zona próxima al doble fondo

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

Siendo p la mayor entre las cargas de p_1 a p_7 :

$$P_1 = 79.95 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_2 = 6.25 + 0.025 * 71.616 = 8.05 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_3 = 1.3 * 1.026 * 9.81 * 5.96 = 77.98 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_4 = 1.026 * 9.81 * 5.96 + 16.6 = 76.59$$

$$P_5 = 0.67 * (1.026 * 9.81 * 5.96 + 25) = 56.9 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_6 = 1.026 * 9.81 * (5.96 + 0.3 * 6.53) = 79.71 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_7 = 1.026 * 9.81 * (5.96 + 0.1 * 3.6) = 63.61 \frac{kN}{m^2}$$

Por lo que $p=P_1$, σ toma el valor de 120 para la zona de 0.4L y $k_a=1$:

$$t = \frac{15.8 * 1 * 0.6 * \sqrt{79.95}}{\sqrt{120}} + 1.5 = 9.24 \text{ mm}$$

Valor mínimo exigido por el reglamento:

$$t = 5 + 0.04L + t_k = 5 + 0.04 * 72 + 1 = 8.88 \text{ mm}$$

Por lo que cumple, el valor del espesor de la chapa será de 11 mm, para darle seguridad por encima del valor hallado.

9.2.2 Planchas del costado: zona intermedia

$$P_1 = 51.89 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_2 = 8.98 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_3 = 1.3 * 1.26 * 9.81 * \frac{5.96}{2} = 47.88 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_4 = 1.26 * 9.81 * \frac{5.96}{2} + 16.6 = 53.43 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_5 = 0.67 * \left(1.26 * 9.81 * \frac{5.96}{2} + 25 \right) = 41.43 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_6 = 1.26 * 9.81 * \left(\frac{5.96}{2} + 0.3 * 6.53 \right) = 61.05 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_7 = 1.26 * 9.81 * \left(\frac{5.96}{2} + 0.1 * 3.6 \right) = 41.28 \frac{kN}{m^2}$$

P=P6:

$$t = \frac{15.8 * 1 * 0.6 * \sqrt{61.05}}{\sqrt{120}} + 1.5 = 8.26 \text{ mm}$$

Valor mínimo:

$$t = 5 + 0.04L + 1 = 5 + 0.04 * 72 + 1 = 8.88 \text{ mm}$$

Por lo que, el espesor será de 11 mm dado que se debe cumplir el mínimo exigido y se le incrementa como margen de seguridad.

9.2.3 Planchas del costado: zona próxima a la cubierta principal

$$P_1 = 34.46 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_2 = 20.06 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_3 = 1.3 * 1.26 * 9.81 * 2.24 = 36 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_4 = 1.26 * 9.81 * 2.24 + 16.6 = 44.28 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_5 = 0.67 * (1.26 * 9.81 * 2.24 + 25) = 35.3 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_6 = 1.26 * 9.81 * (2.24 + 0.3 * 6.53) = 51.9 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_7 = 1.26 * 9.81 * (2.24 + 0.1 * 3.6) = 32.14 \frac{kN}{m^2}$$

P=P6:

$$t = \frac{15.8 * 1 * 0.6 * \sqrt{51.9}}{\sqrt{120}} + 1.5 = 7.73 \text{ mm}$$

Valor mínimo:

$$t = 5 + 0.04L + 1 = 5 + 0.04 * 72 + 1 = \mathbf{8.88 \text{ mm}}$$

Por lo que, el espesor será de 11 mm dado que se debe cumplir el mínimo exigido y se le incrementa como margen de seguridad.

9.2.4 Planchas del costado: zona entrepuente

Como en esta zona no hay tanques, solo se tiene en cuenta la presión exterior por encima de la flotación:

$$P_2 = 27.15 \frac{kN}{m^2}$$

Por lo que, el espesor queda:

$$t = \frac{15.8 * 1 * 0.6 * \sqrt{27.15}}{\sqrt{120}} + 1.5 = \mathbf{6 \text{ mm}}$$

Valor mínimo:

$$t = 5 + 0.04L + 1 = 5 + 0.04 * 72 + 1 = \mathbf{8.88 \text{ mm}}$$

Por lo que, el espesor será de 11 mm dado que se debe cumplir el mínimo exigido y se le incrementa como margen de seguridad.

9.2.5 Traca de cinta

El ancho de la traca de cinta no debe ser inferior a:

$$b = 800 + 5 * L = 1160 \text{ mm}$$

Y el espesor no debe ser menor que:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{8.88 + 10}{2} = \mathbf{9.44 \text{ mm}}$$

Siendo t_1 el mínimo exigido por el DNV y t_2 el valor escogido para la plancha anterior. Por lo que se escogerá un espesor de traca de 11 mm.

9.2.6 Refuerzos longitudinales de costado

El módulo requerido viene dado por la siguiente expresión:

$$Z = \frac{83 * l^2 * s * p * w_k}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{) mín 15 cm}^3$$

Por debajo de la cubierta principal la máxima presión p es de 61.05 kN/m² equivalente a la P6. El valor de σ es de 120 y w_k se estima 1.05. La luz será de 3.6m. Con lo que:

$$Z = \frac{83 * 3.6^2 * 0.6 * 61.05 * 1.05}{120} = 344.77 \text{ cm}^3$$

Y el espesor es:

$$t = 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Donde h_w es la altura del perfil que será de 150 mm, g será 75 y f_1 se toma 1, al igual que el valor de t_k , por lo que:

$$t = 1.5 + \frac{150 * \sqrt{1}}{75} + 1$$

$$t = 4.5 \text{ mm}$$

Este valor se verá incrementado a 15 mm con el fin de dar un mayor reforzado al costado del buque.

9.2.7 Bulárcamas de entrepuente

El módulo resistente viene dado por las siguientes expresiones, y se escogerá el mayor valor:

$$Z = 0.55 * l^2 * s * p * w_k$$

$$Z = K * (L)^{\frac{1}{2}}$$

La presión p será la correspondiente a esta zona, calculada anteriormente, $p_2 = 27.15$ kN/m². K toma valor de 4 y w_k de 1.05.

$$Z = 0.55 * 2.66^2 * 3.6 * 27.15 * 1.05 = 400 \text{ cm}^3$$

$$Z = 4 * (71.616)^{\frac{1}{2}} = 34 \text{ cm}^3$$

Por lo que $Z = 400 \text{ cm}^3$.

Y el espesor es:

$$t = 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Donde h_w es la altura del perfil que será de 400 mm, g será 75 y f_1 se toma 1, al igual que el valor de t_k , por lo que:

$$t = 1.5 + \frac{400 * \sqrt{1}}{75} + 1 = 7.83 \text{ mm}$$

Se selecciona por tanto un perfil conjunto de chapa 400x9 mm con ala de pletina 160x10 aligerado, para que cumpla el módulo requerido del perfil con su chapa asociada de costado teniendo en cuenta los aligeramientos. Serán dispuestas cada 6 claras de cuaderna, es decir, cada 3600 mm.

9.3 Estructura de cubiertas

La estructura de las cubiertas será de tipo longitudinal. Los refuerzos irán separados 600 mm, así como los refuerzos verticales de los mamparos transversales. En la cubierta superior se colocarán baos reforzados que irán separados cada 6 claras de cuaderna, 3600 mm.

1. Carga: cubierta superior

$$P_1 = a * (P_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0); \text{ mín } 5$$

Siendo:

$$P_{dp} = P_l + \frac{135 * y}{B + 75} - 1.2 * (T - z) \text{ kN/m}^2$$

$$P_1 = k_s * CW + k_f \frac{kN}{m^2}$$

$$h_0 = 9.82 - 7.2 = 2.62 \text{ m}$$

a: toma un valor de 0.8 a la intemperie.

ks: 2 al estar la cuaderna comprendida entre 0.2L y 0.7 L desde la perpendicular de popa.

$$P_1 = 2 * 5.7 + (0.8 * 5.7) \frac{kN}{m^2}$$

$$P_1 = 15.96 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_{dp} = 15.96 + \frac{135 * (\frac{14.9}{2})}{14.9 + 75} - 1.2 * 2.62 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{dp} = 24 \text{ kN/m}^2$$

Por lo que:

$$P_1 = 0.8 * (24 - (4 + 0.2 * 2) * 2.62)$$

$$P_1 = 9.97 \frac{kN}{m^2}$$

2. Cargas debidas a líquidos en tanques

Se toma el máximo valor de las siguientes cargas:

$$P_2 = 1.3 * \rho * g * h_s$$

$$P_3 = \rho * g * h_s + p_0$$

$$P_4 = 0.67 * (\rho * g * h_s + \Delta p)$$

$$P_5 = \rho * g * (h_s + 0.3 * b)$$

$$P_6 = \rho * g * (h_s + 0.1 * l)$$

$$P_2 = 1.3 * 1.026 * 9.81 * 5.96 = 77.98 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_3 = 1.026 * 9.81 * 5.96 + 16.6 = 76.59$$

$$P_4 = 0.67 * (1.026 * 9.81 * 5.96 + 25) = 56.9 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_5 = 1.026 * 9.81 * (5.96 + 0.3 * 6.53) = 79.71 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_6 = 1.026 * 9.81 * (5.96 + 0.1 * 3.6) = 63.61 \frac{kN}{m^2}$$

9.3.1 Plancha cubierta principal

El espesor se calcula a partir de:

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

Siendo p la mayor entre p2, p3 p4, p5 y p6. Por lo que p=p5=79.71 kN/m2. El valor de σ será de 120 N/mm2, el de s=0.6m, ka se toma 1 y tk 1 mm:

$$t = \frac{15.8 * 1 * 0.6 * \sqrt{79.71}}{\sqrt{120}} + 1 = 7.73 \text{ mm}$$

Valor mínimo:

$$t = 5.5 + 0.04L + 1 = 5 + 0.04 * 71.616 + 1 = 9.38 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta este resultado, se adopta para la chapa de cubierta principal, un espesor de 10 mm, para que se cumpla la condición de comprobación de espesor de la traca de cinta realizado anteriormente. Además, un incremento de espesor es adecuado, debido a que esta cubierta sufrirá más desgaste al someterse al trabajo del parque de pesca.

9.3.2 Planchas de la cubierta superior

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

Siendo $p=p_1= 9.97 \text{ kN/m}^2$, $s= 0.6\text{m}$. El valor de σ será de 120 N/mm^2 , el de $s=0.6\text{m}$, k_a se toma 1 y t_k 1 mm:

$$t = \frac{15.8 * 1 * 0.6 * \sqrt{9.97}}{\sqrt{120}} + 1 = 2.73 \text{ mm}$$

Valor mínimo:

$$t = t_0 + t_k$$

Donde $t_0= 5.5\text{mm}$ y $t_k=1\text{mm}$:

$$t = 5.5 + 1 = 6.5 \text{ mm}$$

Se toma como espesor un valor incrementado, igual al tomado para la cubierta principal por los mismos motivos. Además, como la cubierta no dispone de brusca, con un mayor espesor se evita imperfecciones en la superficie por deformación debida a la soldadura, evitando así acumulaciones locales de agua sobre cubierta, por lo que:

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

9.3.3 Refuerzos longitudinales de cubierta principal

$$Z = \frac{83 * l^2 * s * p * w_k}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde p será el valor mayor entre:

$$P_2 = 1.3 * 1.026 * 9.81 * 5.96 = 77.98 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_3 = 1.026 * 9.81 * 5.96 + 16.6 = 76.59$$

$$P_4 = 0.67 * (1.026 * 9.81 * 5.96 + 25) = 56.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_5 = 1.026 * 9.81 * (5.96 + 0.3 * 6.53) = 79.71 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_6 = 1.026 * 9.81 * (5.96 + 0.1 * 3.6) = 63.61 \frac{kN}{m^2}$$

Por lo que $p=p_5=79.71 \text{ kN/m}^2$.

Se toma como valor de w_k 1.05, l será la separación entre bulárcamas de 3.6m, s la de cuadernas de 0.6m y σ toma el valor de 120, con lo que:

$$Z = \frac{83 * 3.6^2 * 0.6 * 79.71 * 1.05}{120} = 451 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El valor del espesor mínimo de estos refuerzos será el mayor entre los siguientes espesores.

$$t = 4.5 + k + t_k$$

$$t = 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$k = 0.01 * L = 0.01 * 71.616 = 0.716$$

$$h_w: \text{altura del perfil} = 100 \text{ mm}$$

g se toma 75

$$t_k = 1$$

$$f_1 = 1$$

Por lo que:

$$t = 4.5 + 0.716 + 1 = 6.216 \text{ mm}$$

$$t = 1.5 + \frac{100 * 1}{75} + 1 = 3.8 \text{ mm}$$

El espesor mínimo es de 6.216 mm, con lo que se incrementará para establecer un margen, quedando el espesor en 10mm.

9.3.4 Refuerzos longitudinales de cubierta superior

$$Z = \frac{83 * l^2 * s * p * w_k}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$p = p_1 = 9.91 \frac{kN}{m^2}$$

Se toma como valor de w_k 1.05, l será la separación entre bulárcamas de 3.6m, s la de cuadernas de 0.6m y σ toma el valor de 120, con lo que:

$$Z = \frac{83 * 3.6^2 * 0.6 * 9.97 * 1.05}{120} = 56.4 (cm^3)$$

Siendo el espesor mínimo el mayor entre los siguientes espesores:

$$t = 4.5 + k + t_k$$

$$t = 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Por lo que:

$$t = 4.5 + 0.716 + 1 = 6.216 \text{ mm}$$

$$t = 1.5 + \frac{180 * 1}{75} + 1 = 4.9 \text{ mm}$$

El espesor mínimo es de 6.216 mm, con lo que se incrementará para establecer un margen, quedando el espesor en 8mm.

9.3.5 Baos en cubierta superior

$$Z = 0.63 * l^2 * s * p * w_k (cm^3); \text{mín } 15$$

Siendo $p=p_1=9.97$ kN/m², w_k 1.05, l será la máxima luz que existe entre los puntales, 4.8m, y s será 3.6m, por lo que:

$$Z = 0.63 * 4.8^2 * 3.6 * 9.97 * 1.05 = 547.1 (cm^3); \text{mín } 15$$

Siendo el espesor mínimo el mayor entre los siguientes espesores:

$$t = 4.5 + k + t_k$$

$$t = 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$k = 0.01 * L = 0.01 * 71.616 = 0.716$$

$$h_w: \text{altura del perfil} = 300 \text{ mm}$$

g se toma 75

$$t_k = 1$$

$$f1 = 1$$

$$t = 4.5 + 0.716 + 1 = 6.216 \text{ mm}$$

$$t = 1.5 + \frac{300 * 1}{75} + 1 = 6.5 \text{ mm}$$

El espesor mínimo es de 6.5 mm, con lo que se incrementará para establecer un margen, quedando el espesor en 8mm.

9.4 Tabla de espesores

En la tabla 2" Espesores" se muestra el resumen de los espesores calculados en los apartados anteriores y lo que serán considerados para el cálculo del momento de inercia del buque.

<i>Elemento</i>	<i>t(mm)</i>
Quilla horizontal	15
Quilla vertical	15
Aparadura	15
Chapa del fondo	10
Vagra	11
Chapa del doble fondo	10
Chapa de pantoque	10
Refuerzos pantoque	150x150x15
Chapa costado ext.	11
Chapa costado int.	10
Refuerzo bulbo	200x10
Refuerzo L	150x150x15
Palmejar	150x150x15
Chapa de la cubierta	10
Longitudinal cubierta	100x100x10
Refuerzo de cubierta	100x100x10
Chapa cubierta superior	8
Refuerzo bulbo	200x10

Tabla 2 "Espesores"

10 COMPROBACIÓN DEL MOMENTO DE INERCIA Y DEL MÓDULO RESISTENTE

A continuación, se comprobará si el momento de inercia total de la estructura del buque cumple con el momento de inercia mínimo exigido por el DNV. El momento de inercia total del buque viene dado por la tabla 1" Momento de inercia del buque":

Zona	Elemento	Num.	Ly (m)	Lz (m)	Area (m2)	Area total (m2)	ZG (m)	Area x ZG (m3)	Area x ZG2 (m4)	Ip (m4)	It (m4)	Σ It (m4)
Quilla y aparadura	Quilla horizontal	1	0,600	0,015	0,009	0,009	0,0075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Quilla vertical	1	0,015	0,4	0,006	0,006	0,2	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
	Aparadura	1	1,550	0,015	0,023	0,023	0,0075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FONDO	Chapa del fondo	2	3,600	0,01	0,036	0,072	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Vagra	5	0,011	1,20	0,013	0,066	0,600	0,008	0,005	0,002	0,006	0,032
	Chapa del doble fondo	2	5,100	0,01	0,051	0,102	1,205	0,061	0,074	0,000	0,074	0,148
Pantoque	Chapa de pantoque	2	0,01	5,5	0,006	0,011	1,5	0,008	0,012	0,014	0,026	0,052
	Refuerzos pantoque	12	0,150	0,015	0,003	0,032	3,25	0,009	0,029	0,000	0,029	0,342
COSTADO	Chapa costado ext.	2	0,011	4,800	0,053	0,106	2,40	0,127	0,304	0,101	0,406	0,811
	Chapa costado int.	2	0,01	4,800	0,005	0,010	2,40	0,012	0,028	0,009	0,037	0,074
	Refuerzo bulbo	6	0,2	0,010	0,002	0,012	8,50	0,017	0,145	0,140	0,284	1,705
	Refuerzo L	6	0,15	0,015	0,002	0,014	5,30	0,012	0,063	0,099	0,162	0,973
	Palmejar	12	0,015	0,150	0,002	0,027	7,00	0,016	0,110	0,099	0,209	2,511
CUBIERTA PPAL	Chapa de la cubierta	2	7,45	0,010	0,075	0,149	7,16	0,533	3,819	0,000	3,819	7,639
	Longitudinal cubierta	22	0,10	0,010	0,001	0,022	7	0,007	0,049	0,018	0,067	1,467
	Refuerzo de cubierta	22	0,01	0,100	0,001	0,025	6,66	0,007	0,050	0,018	0,067	1,482
CUBIERTA SUP	Chapa cubierta superior	2	7,45	0,008	0,060	0,119	9,82	0,585	5,747	0,000	5,747	11,495
	Refuerzo bulbo	22	0,01	0,220	0,002	0,048	9,72	0,021	0,208	0,140	0,348	7,653
					0,441	1,026		1,599	10,974			36,930

Tabla 3 "Momento de inercia del buque"

Cuaderno 8. Cuaderna Maestra
Gastón Manuel Mercado Roasso

Como se puede observar en la tabla 1 "Momento de inercia del buque" el valor total de la inercia es de 36.930 m⁴, cumpliendo con el mínimo requerido de 1.28 m⁴, por lo que se puede afirmar que el buque resistirá estructuralmente.

Por otro lado, se comprueba en la tabla 4 "Módulo resistente" que el valor del módulo resistente en cada cubierta cumple con el mínimo calculado de 0.76 m³.

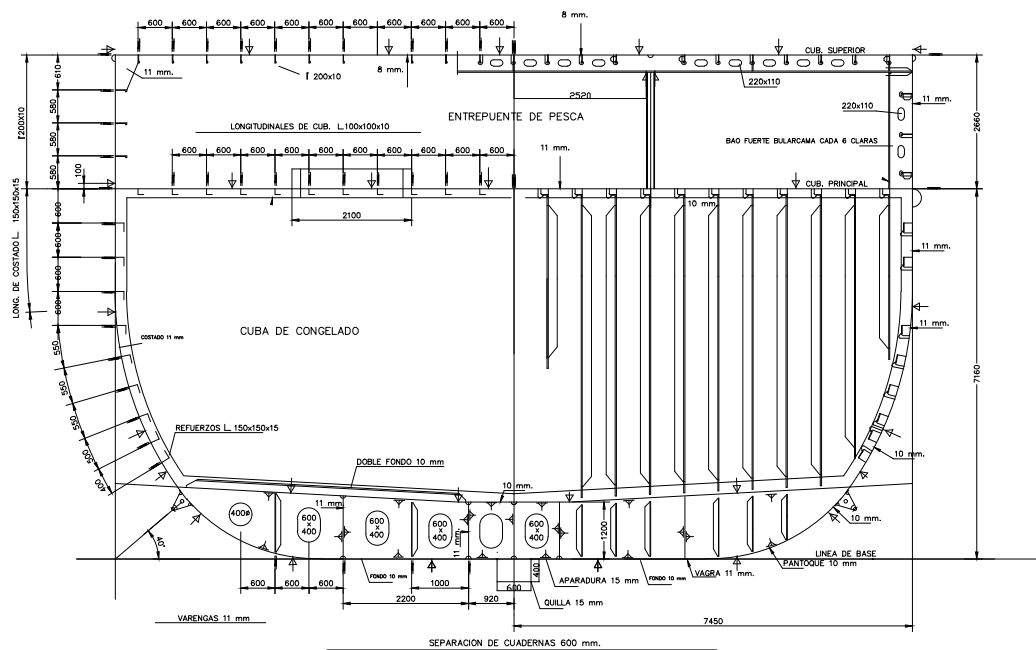
Area total	1,0256	m ²		
Dist. eje neutro fondo	3,6255	m		
Dist. eje neutro cubierta ppal	3,5345	m		
Dist. Eje neutro cubierta sup	6,1945	m		
Inercia respecto LB	36,9296	m ⁴		
Inercia respecto eje neutro fondo	33,2115	m ⁴	Mínimos	
Modulo fondo	9,1606	m ³	0,76	m ³
Módulo cubierta ppal	9,3963	m ³	0,76	m ³
Módulo cubierta sup	5,361423805	m ³	0,76	m ³

Tabla 4 "Módulo resistente"

Como se puede observar en la tabla 3 "Momento de inercia del buque" y en la tabla 4 "Módulo resistente" existe una elevada diferencia entre el valor mínimo y el valor calculado, por lo que habría que estudiar con más detalle la estructura del buque, con el fin de obtener valores próximos entre sí. Sin embargo, para este proyecto se dejarán estos valores dado que es un cálculo teórico y, a su vez, funcional para determinar la resistencia estructural del buque.

Las características de los perfiles de los refuerzos tanto en "L" como perfiles de bulbo vienen dadas en el anexo I "Perfiles".

11 CUADERNA MAESTRA



CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL APROX.	85.75 M
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	71.000 M
MANGA DE TRAZADO	14.900 M
PUNTAL A LA CUB. SUPERIOR	9.820 M
PUNTAL A LA CUB. PRINCIPAL	7.160 M
CALADO DE PROYECTO	7.000 M
CALADO DE ESCANTILLONADO	7.200 M
ESLORA DE ESCANTILLONADO	71.616 M
COEFICIENTE DE BLOQUE	0.63
VELOCIDAD EN SERVICIO	14 NUDOS

Elemento	t(mm)
Quilla horizontal	15
Quilla vertical	15
Aparadura	15
Chapa del fondo	10
Vagra	11
Chapa del doble fondo	10
Chapa de pantoque	10
Refuerzos pantoque	150x150x15
Chapa costado ext.	11
Chapa costado int.	10
Refuerzo bulbo	200x10
Refuerzo L	150x150x15
Palmejar	150x150x15
Chapa de la cubierta	10
Longitudinal cubierta	100x100x10
Refuerzo de cubierta	100x100x10
Chapa cubierta superior	8
Refuerzo bulbo	200x10

	ATUNERO CONGELADOR 2000 m3	
	CUADERNA MAESTRA	
	GASTÓN MANUEL MERCADO ROASSO	

12 ANEXO I: PERFILES



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

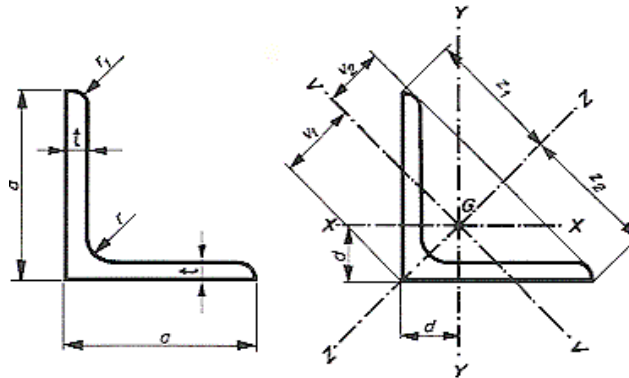


Tabla 3-21 Angulares de lados iguales (Perfiles L) - Dimensiones y características geométricas de los angulares laminados en caliente de lados iguales

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 _y	C _u	C _v	X-X = Y-Y			U-U		V-V		
									I _x = I _y	r _x = r _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	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 8	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 10	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 8	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 8	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 10	27.3	34.8	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 12	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 8	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 8	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 10	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 8	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 10	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 12	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 14	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

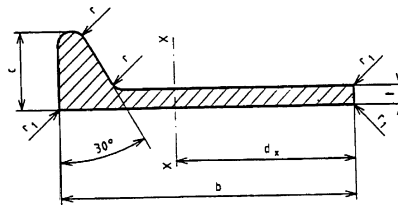


Tabla 3-29 Dimensiones, secciones transversales, masa por unidad de longitud, superficies laterales y características geométricas de las llantas con bulbo.

Dimensión nominal	Dimensiones para				Sección transversal A cm ²	Masa/Ud de longitud G Kg/m	Superficie lateral U m ² /m	Distancia al centro de gravedad d cm	Características geométricas respecto al eje xx	
	b mm	t mm	c mm	r mm					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
430 x 20	430	20	62.5	19.5	115	90.8	0.986	26.3	21180	804