



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2019/20

*BULKARRIER PORTACONTENEDORES
40 000 TPM*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA

Marta González García

TUTOR

Vicente Díaz Casás

FECHA

DICIEMBRE 2019

TÍTULO Y RESUMEN

1.1 Título y Resumen

En este trabajo, se va a desarrollar el anteproyecto de un buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeramente vamos a realizar un dimensionamiento preliminar, así como una predicción de potencia. Cabe destacar que la elección de las dimensiones del buque se ha hecho teniendo en cuenta varias combinaciones posibles, tomando como cifra de mérito el coste del buque.

Posteriormente, se procederá a un cálculo más detallado de los pesos del buque, así como a una definición de las formas del casco.

También detallaremos el compartimentado del buque, el cálculo de estabilidad en las diferentes situaciones de carga, una predicción de potencia más detallada, así como el diseño del timón y el cálculo del servomotor.

Llevaremos a cabo el cálculo estructural básico del buque, según el Bureau Veritas.

Con los datos obtenidos a lo largo del proyecto, elaboraremos los planos de disposición general del buque.

También se hará el cálculo del balance eléctrico del buque en las diferentes situaciones de demanda eléctrica.

Por último, haremos el cálculo del coste del buque, detallando cada partida.

1.2 Título e Resumo

Neste traballo, váise desenrolar o anteprojecto dun buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeiramente imos face-lo dimensionamento preliminar, así coma unha predición de potencia. É preciso destacar que a elección das dimensións do buque fíxose tendo en conta varias combinacións posibles, tomando como cifra de mérito o coste do buque.

Posteriormente, procederáse a un cálculo máis detallado dos pesos do buque, así coma a unha definición das formas do casco.

Tamén detallaremos o compartimentado do buque, o cálculo da estabilidade nas diferentes situacións de carga, unha predición de potencia máis detallada, así coma o deseño do timón e o cálculo do servomotor.

Levaremos a cabo o cálculo estrutural básico do buque, según o Bureau Veritas.

Cos datos obtidos ó longo do proxecto, elaboraremos os planos de disposición xeral do buque.

Tamén se fará o cálculo do balance eléctrico do buque nas diferentes situacións de demanda eléctrica.

Por último, faremos o cálculo do coste do buque, detallando cada partida.

1.3 Tittle and Abstract

In this project will be developed the pre-project of a containership bulkcarrier of 40 000 tn. In the first place, it makes a preliminary sizing and power prediction. Its necessary to be noticed that the dimensions were choosen by making several posible combinations taking the minimun building cost as the criteria to minimize.

After that, it makes a more detailed calculation of the ship weights as well as a definition of the hull shapes.

It is also detailed the behaviour of the ship, the stability calculation in all the diferent cargo situations, a more detailed power prediction as well as the rudder design and the servo calculation.

In addition to that, it develops a basic stuctural calculation of the ship according to the Bureau Veritas.

With all the obtained data in the project, it will obtain the drawing of the ship general arrangement.

It also elaborates the electric balance for all the diferent situations of electric demanding.

Finally, it makes the calculation of the cost of the ship, detailing each item.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/20**

*BULKCARRIER PORTACONTENEDORES
40 000 TPM*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 2

**CÁLCULO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DEL PESO
EN ROSCA Y DE SUS PARTIDAS CORRESPONDIENTES**



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2 019-2 020

PROYECTO NÚMERO: 18-14

TIPO DE BUQUE: *Bulkcarrier y Portacontenedores*

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: *40 000 TPM. Grano, mineral, carbón. 2 Pilas de contenedores / madera sobre las tapas de escotillas. Madera.*

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: *15 nudos en condiciones de servicio al 85% MCR y 15% de margen de mar. 12 000 millas a la velocidad de servicio.*

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: *Escotillas de accionamiento hidráulico. Con grúas carga-descarga.*

PROPULSIÓN: *Motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo. LNG para operaciones en puerto.*

TRIPULACIÓN Y PASAJE: *20 personas.*

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

Ferrol, 11 de marzo de 2019

ALUMNA: D^a Marta González García

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
1.1.	CONTENIDO A DESARROLLAR EN EL PRESENTE CUADERNO	2
1.2.	PRESENTACIÓN.....	2
2.	CÁLCULO PRELIMINAR DEL PESO EN ROSCA	3
2.1.	ECUACIÓN	3
2.1.1.	<i>Cálculo del peso en rosca</i>	<i>3</i>
2.1.2.	<i>Cálculo del centro de gravedad</i>	<i>3</i>
2.2.	GRÁFICO.....	3
3.	CÁLCULO DESGLOSADO DEL PESO EN ROSCA Y ESTIMACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD	4
3.1.	PESO DE ACERO	4
3.1.1.	<i>Cálculo del peso</i>	<i>4</i>
3.1.2.	<i>Cálculo del centro de gravedad</i>	<i>4</i>
3.2.	PESO DE LA MAQUINARIA	6
3.2.1.	<i>Cálculo del peso</i>	<i>6</i>
3.2.2.	<i>Cálculo del centro de gravedad</i>	<i>7</i>
3.3.	PESO DEL EQUIPO Y HABILITACIÓN	9
3.3.1.	<i>Pintura y protección catódica.....</i>	<i>9</i>
3.3.2.	<i>Equipo de fondeo y amarre</i>	<i>9</i>
3.3.3.	<i>Equipo de navegación.....</i>	<i>10</i>
3.3.4.	<i>Equipo de gobierno</i>	<i>11</i>
3.3.5.	<i>Equipos de salvamento y conrainscendios.....</i>	<i>11</i>
3.3.6.	<i>Equipo de carga y de manipulación de la carga</i>	<i>11</i>
3.3.7.	<i>Cierres diversos y accesos</i>	<i>12</i>
3.3.8.	<i>Habilitación</i>	<i>13</i>
3.3.9.	<i>Resumen de Equipo y habilitación</i>	<i>14</i>
3.4.	PESOS VARIOS.....	16
3.4.1.	<i>Amurada</i>	<i>16</i>
3.4.2.	<i>Brazolas de escotilla.....</i>	<i>16</i>
3.4.3.	<i>Soportes de contenedores.....</i>	<i>16</i>
3.4.4.	<i>Trincas contenedores.....</i>	<i>16</i>
3.4.5.	<i>Hélice</i>	<i>17</i>
3.4.6.	<i>Tuberías y bombas de casco.....</i>	<i>17</i>
3.4.7.	<i>Equipo de la chimenea.....</i>	<i>17</i>
3.4.8.	<i>Tecla cámara de máquinas</i>	<i>17</i>
3.4.9.	<i>Aire acondicionado.....</i>	<i>18</i>
3.4.10.	<i>Instalación eléctrica</i>	<i>18</i>
3.4.11.	<i>Resumen de Varios.....</i>	<i>18</i>
4.	RESUMEN PESO EN ROSCA Y C.D.G.	21
5.	MÁRGENES CONSIDERADOS EN EL PESO Y EN LOS C.D.G.	22
6.	JUSTIFICACIÓN CENTROS DE GRAVEDAD	23
7.	COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO Y CARGA ÚTIL	24
7.1.	CARGA ÚTIL.....	24
7.2.	PESOS FIJOS.....	24

7.2.1.	<i>Tripulación</i>	24
7.2.2.	<i>Pertrechos</i>	24
7.3.	PESOS VARIABLES	24
7.3.1.	<i>Consumos líquidos</i>	24
7.3.2.	<i>Viveres</i>	25
7.3.3.	<i>Resumen pesos variables</i>	25
7.4.	PESO MUERTO TOTAL	25
8.	NUEVO DESPLAZAMIENTO	26
	ANEXO I	27

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contenido a desarrollar en el presente cuaderno

- Presentación. Introducción al cuaderno. Descripción de características del buque.
- Cálculo del peso en rosca del buque. Se realizará por cálculo aproximado por formulación.
- Justificación del centro de gravedad sobre el plano de disposición general.
- Márgenes considerados en el peso y en los centros de gravedad.
- Comprobación del peso muerto y de la carga útil.

1.2. Presentación

El objetivo de este cuaderno es realizar la estimación del peso en rosca de nuestro buque así como su centro de gravedad.

El peso en rosca del buque se descompondrá en tres grupos:

- Peso del acero.
- Peso de la maquinaria.
- Peso del equipo y la habilitación.

Una vez obtenidas todas las partidas anteriores se sumarán para obtener así el peso en rosca total del buque y se añadirá un margen de seguridad para abarcar todas aquellas partidas no recogidas.

Para realizar todo el procedimiento nos basaremos en las características básicas de nuestro buque obtenidas con anterioridad en el *Cuaderno 1*:

DIMENSIONES FINALES		
Eslora total	176,50	m
Eslora entre perpendiculares	170,40	m
Manga	30,17	m
Calado	11,56	m
Puntal	17,14	m
Peso muerto	40 000,00	t
Coefficiente de bloque	0,827	

2. CÁLCULO PRELIMINAR DEL PESO EN ROSCA

A continuación, desarrollaremos un cálculo preliminar del peso en rosca de nuestro buque y de la posición de su centro de gravedad a raíz de la expresión y el gráfico obtenidos del libro “*Proyecto de buque y artefactos*”.

2.1. Ecuación

2.1.1. Cálculo del peso en rosca

$$\begin{aligned} \text{PesoRosca} &= 0,0254 \cdot Lpp^{1,5} \cdot B \cdot D^{0,5} + 8,0 \cdot BHP^{0,49963} + 0,11994 \cdot (Lpp \cdot D)^{0,99983} \\ &= 0,0254 \cdot 170,40^{1,5} \cdot 30,17 \cdot 17,14^{0,5} + 8,0 \cdot 9\,973,69^{0,49963} + 0,11994 \\ &\quad \cdot (170,40 \cdot 17,14)^{0,99983} = 8\,201,98 \text{ t} \end{aligned}$$

2.1.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_R = 0,9764 \cdot D^{0,83292} = 0,9764 \cdot 17,14^{0,83292} = 10,408 \text{ m}$$

$$X_R = 0,43912 \cdot Lpp = 0,43912 \cdot 170,40 = 74,823 \text{ m}$$

2.2. Gráfico

En el Gráfico adjunto en el Anexo I, se muestran las características del peso en rosca de una serie de buques construidos en Japón, China y Corea a partir del año 1980. Los datos están sacados de la publicación del *LR Technical Association Paper N°2 Session 1 996-1 997*.

Para poder entrar en la gráfica debemos realizar un cálculo previo:

$$Lpp \cdot B \cdot D = 170,40 \cdot 30,17 \cdot 17,14 = 88\,095,44 \text{ m}^3$$

Entrando en la tabla con ese valor obtenido, obtendremos un valor para nuestro peso en rosca aproximado como sigue:

$$\text{PesoRosca} = 9\,200 \text{ t}$$

3. CÁLCULO DESGLOSADO DEL PESO EN ROSCA Y ESTIMACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El peso en rosca de nuestro buque está integrado por la suma de todos los pesos del buque en situación de navegar, excluyendo la carga, la tripulación, los pertrechos y los consumos, pero teniendo en cuenta los fluidos en aparatos y tuberías.

Se desglosará el peso en rosca en tres partidas: el peso estructural o de acero (PS), el peso de la maquinaria (M_M) y el peso del equipo y la habilitación (M_{E+H}), de manera que:

$$PesoRosca = PS + M_M + M_{E+H}$$

Es conveniente aclarar que algunos de los pesos encontrados en el presente cuaderno están calculados mediante fórmulas empíricas obtenidas en diversas fuentes académicas, mientras que otros serán los pesos de los elementos reales con los que cuenta el buque y que serán descritos en cuadernos posteriores pero que debido al continuo empleo de la espiral de diseño se encuentran presentes en este cuaderno.

Además, estimaremos para cada uno de estos apartados su centro de gravedad.

3.1. Peso de acero

3.1.1. Cálculo del peso

3.1.1.1. J.L. García Garcés

$$PS = 0,02432 \cdot Lpp^{1,5} \cdot B \cdot D^{0,5} = 0,02432 \cdot 170,40^{1,5} \cdot 30,17 \cdot 17,14^{0,5} = 6\,756,92\,t$$

3.1.1.2. Murray

$$\begin{aligned} PS &= 32,76596 \cdot 10^{-3} \cdot Lpp^{1,65} \cdot \left(B + D + \frac{T}{2} \right) \cdot (0,5 \cdot Cb + 0,4) \\ &= 32,76596 \cdot 10^{-3} \cdot 170,40^{1,65} \cdot \left(30,17 + 17,14 + \frac{11,56}{2} \right) \\ &\quad \cdot (0,5 \cdot 0,827 + 0,4) = 6\,804,51\,t \end{aligned}$$

3.1.1.3. Peso total

$$PS = \frac{6\,756,92 + 6\,804,51}{2} = 6\,780,67\,t$$

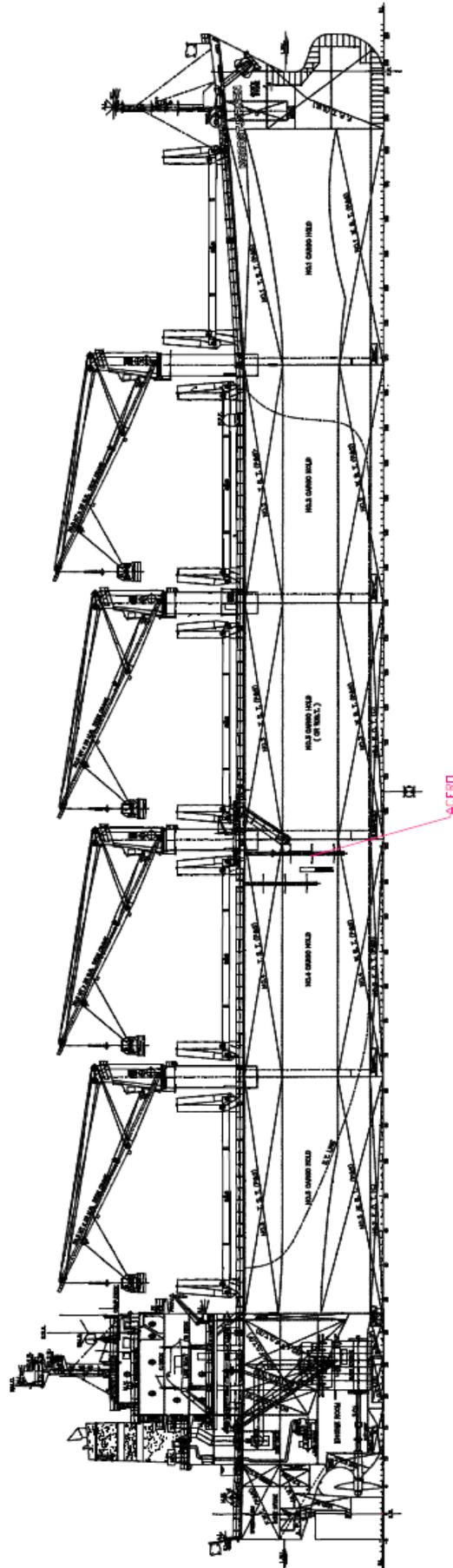
3.1.2. Cálculo del centro de gravedad

3.1.2.1. J.L. García Garcés

$$K_G = 0,41635 \cdot D + 1,7306 = 0,41635 \cdot 17,14 + 1,7306 = 8,87\,m$$

$$X_G = 0,48245 \cdot Lpp + 0,117 = 0,48245 \cdot 170,40 + 0,117 = 82,33\,m$$

ACERD



3.2. Peso de la maquinaria

3.2.1. Cálculo del peso

3.2.1.1. Motor principal

El motor principal de nuestro buque proyecto es de la casa *Wind GD* y nos ofrece su peso en su *Project Guide*:

$$M_{MP} = 281 t$$

El peso restante de la maquinaria propulsora lo estimaremos mediante la siguiente fórmula:

$$M_{RM} = K \cdot BHP^{0,7} = 0,69 \cdot 11\,750^{0,7} = 490 t$$

3.2.1.2. Generadores LNG

El buque cuenta con dos generadores auxiliares de LNG de la casa *Caterpillar*.

$$M_{LNG} = 2 \cdot 12,5 = 25 t$$

3.2.1.3. Generador emergencia

El generador de emergencia del buque será de la casa *Wärtsilä* y presenta el peso que sigue:

$$M_{emergencia} = 11,3 t$$

3.2.1.4. Alternador de cola

Se dispone de un equipo PTO de la casa *Stamford | AvK* con el siguiente peso:

$$M_{PTO} = 2,8 t$$

3.2.1.5. Resto cámara de máquinas

El peso restante de la cámara de máquinas lo estimamos como sigue:

$$M_{RCMM} = k \cdot VE \cdot I + h \cdot Ef \cdot (j \cdot L + 5) = 0,0295 \cdot 7\,060 \cdot 1 + 1 \cdot 5 \cdot (0,0164 \cdot 170,40 + 5) \\ = 250 t$$

Donde:

- $k = 0,0295$
- VE : volumen de la cámara de máquinas.
- $I = 1$
- $h = 1$
- Ef : longitud línea de ejes fuera de la cámara de máquinas.
- $j = 0,0164$
- L : eslora entre perpendiculares.

3.2.1.6. Peso total maquinaria

$$M_M = M_{MP} + M_{RM} + M_{LNG} + M_{emergencia} + M_{PTO} + M_{RCMM} \\ = 281 + 490 + 25 + 11,3 + 2,8 + 250 = 1060,1 t$$

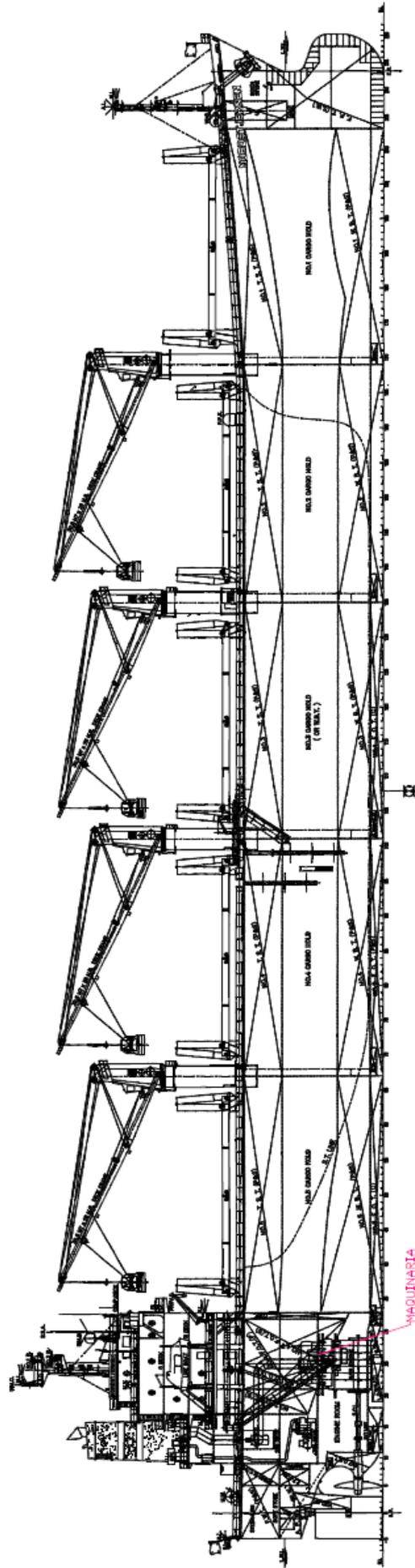
3.2.2. Cálculo del centro de gravedad

Como no conocemos la distribución exacta de la cámara de máquinas, estimamos que la posición vertical y longitudinal del centro de gravedad es la siguiente:

$$K_G = 0,17 \cdot T + 0,36 \cdot D = 0,17 \cdot 11,56 + 0,36 \cdot 17,14 = 8,14 \text{ m}$$

$$X_G = 20 \text{ m}$$

MAQUINARIA



MAQUINARIA

3.3. Peso del equipo y habilitación

Estimaremos un peso del equipo y la habilitación preliminar siguiendo la siguiente fórmula:

$$M_{E+H} = K_e \cdot L_{pp} \cdot B = 0,219 \cdot 170,40 \cdot 30,17 = 1\,128,96\,t$$

Donde:

- $K_e = 0,39 - 0,001 \cdot L_{pp} = 0,39 - 0,001 \cdot 170,40 = 0,22$

Este peso se podrá subdividir en varias partidas:

3.3.1. Pintura y protección catódica

3.3.1.1. Cálculo de peso pintura

$$P_i = 0,007 \cdot PS = 0,007 \cdot 6\,780,92 = 47,46\,t$$

3.3.1.2. Cálculo de peso protección catódica

$$P_{cc} = 0,0004 \cdot S_m \cdot a \cdot y = 0,0004 \cdot 3\,489 \cdot 1 \cdot 2 = 2,79\,t$$

Donde al desconocer el tipo de ánodos y el número de años que se usarán:

- $S_m = L \cdot T \cdot \left(1,7 + \frac{Cb}{T}\right) = 170,40 \cdot 11,56 \cdot \left(1,7 + \frac{0,823}{11,56}\right) = 3\,489$
- $a = 1$ ánodos de zinc.
- $y = 2$ años de protección.

3.3.1.3. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 115\% \cdot D = 1,15 \cdot 17,14 = 19,71\,m$$

$$X_G = -4,68 + X_{G_{hab}} = -4,68 + 16 = 11,32\,m$$

3.3.2. Equipo de fondeo y amarre

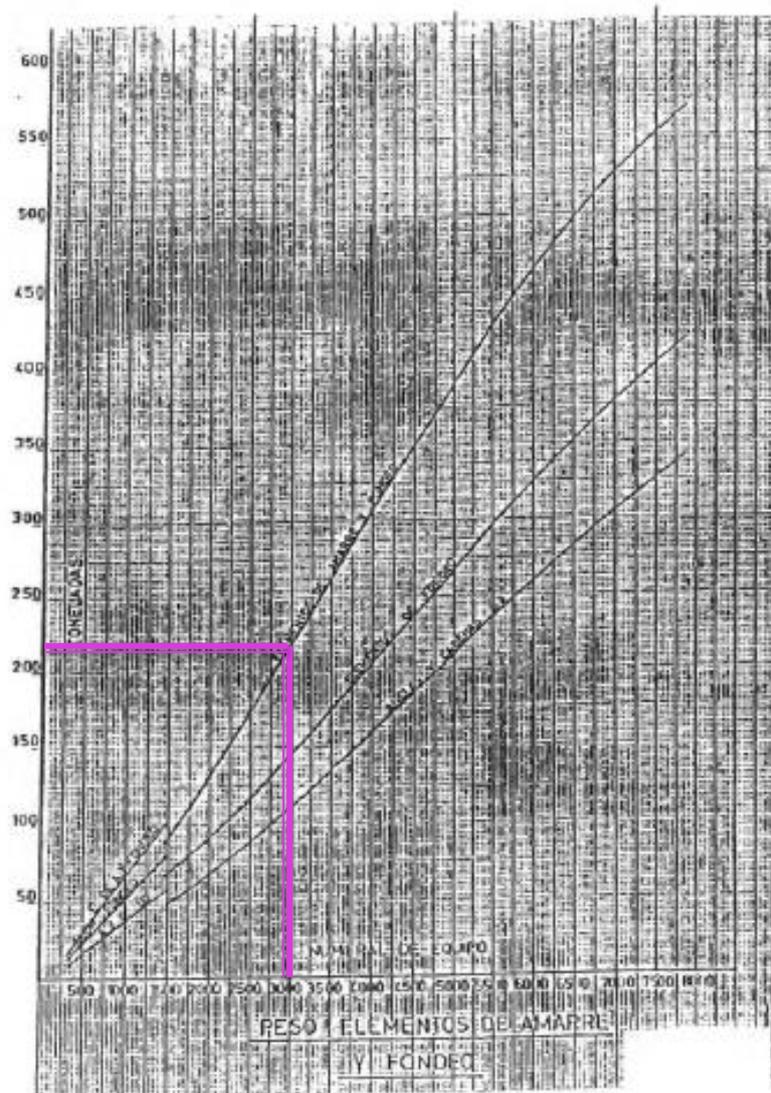
3.3.2.1. Cálculo de peso

Según estudios posteriores, sabemos que el buque proyecto cuenta con tres anclas (una de ellas de respeto) con un peso individual de 8,7 t.

Además, tenemos el valor exacto del número de equipo definido en la *parte B, Capítulo 9, Sección 4* de la Sociedad de Clasificación *Bureau Veritas*.

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 \cdot h \cdot B + 0,1 \cdot A = 56\,806^{2/3} + 2 \cdot 23,18 \cdot 30,17 + 0,1 \cdot 1\,180 = 2\,994,41$$

Gracias a este valor, obtenemos un peso aproximado del equipo de amarre y fondeo basándonos en la gráfica adjunta:



$$P_{a+f} = 210 \text{ t}$$

Obtenemos, por tanto, el valor total del peso aproximado de los equipos de amarre y fondeo a bordo del buque:

$$P_{AF} = 3 \cdot 8,7 + 210 = 236,1 \text{ t}$$

3.3.2.2. Cálculo del centro de gravedad

Teniendo en cuenta que el lugar de almacenamiento de las estachas será la popa y que en la proa se ubicarán las anclas, el molinete y los chigres de amarre podemos considerar de forma aproximada que la posición longitudinal del centro de gravedad estará a proa de la mitad de la eslora del buque y la vertical a la altura de la cubierta.

$$K_G = 17,5 \text{ m}$$

$$X_G = 100 \text{ m}$$

3.3.3. Equipo de navegación

3.3.3.1. Cálculo de peso

$$PN = 2 t$$

3.3.3.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 34 m$$

$$X_G = 15 m$$

3.3.4. Equipo de gobierno

3.3.4.1. Cálculo de peso

$$PG = 0,0224 \cdot A \cdot v^{2/3} + 2 = 0,0224 \cdot 44,07 \cdot 15,9^{2/3} + 2 = 8,25 t$$

Donde:

- A : área del timón.
- $v = 1,06 \cdot v_s = 1,06 \cdot 15 = 15,9$ nudos velocidad en pruebas a plena carga.

3.3.4.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 4,5 m$$

$$X_G = 0 m$$

3.3.5. Equipos de salvamento y contraincendios

3.3.5.1. Cálculo de peso equipo de salvamento

$$PL = 9,5 + (n - 30) \cdot 0,1 + 3,5 = 9,5 + (30 - 30) \cdot 0,1 + 3,5 = 13 t$$

Donde

- $n = \max\{\text{número tripulantes}; 30\} = \max\{20; 30\} = 30$

3.3.5.2. Cálculo de peso equipo contraincendios

$$PI = 0,0025 \cdot VE + 1 = 0,0025 \cdot 7\,060 + 1 = 19 t$$

Donde:

- VE : volumen cámara de máquinas.

3.3.5.3. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 25 m$$

$$X_G = 20 m$$

3.3.6. Equipo de carga y de manipulación de la carga

3.3.6.1. Cálculo de peso grúas de cubierta

Como se verá más adelante, el buque lleva a bordo tres grúas de la casa MacGregor.

Para obtener el peso de la grúa recurrimos al catálogo de esta mientras que para el peso de los polines empleamos la fórmula que sigue:

$$P_G = 3 \cdot 76 = 228 t$$

$$P_p = 3 \cdot \frac{8 \cdot Q [t] \cdot E[m]}{1\,000 \cdot P [m]} = 3 \cdot \frac{8 \cdot 30 \cdot 30}{1\,000 \cdot 3,42} = 6,4 t$$

- Q: capacidad de elevación de la grúa.
- E: alcance de la pluma.
- P: diámetro del polín.

3.3.6.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 22 m$$

$$X_G = 95 m$$

3.3.7. Cierres diversos y accesos

3.3.7.1. Escotillas de carga de intemperie

$$P_{escarr} = \sum \frac{Ah \cdot (0,595 \cdot b^2 + 120)}{1\,000} = 4 \cdot \frac{294,5 \cdot (0,595 \cdot 15,50^2 + 120)}{1\,000} + \frac{169 \cdot (0,595 \cdot 13^2 + 120)}{1\,000} = 347 t$$

Donde:

- Ah: área de los huecos libres.
- b: manga del hueco de la escotilla.
 - Bodegas 2, 3, 4 y 5:
 - $Lh = 19,00 m$
 - $b = 15,50 m$
 - $Ah = Lh \cdot b = 19,00 \cdot 15,50 = 294,5 m^2$
 - Bodega 1:
 - $Lh = 13,00 m$
 - $b = 13,00 m$
 - $Ah = Lh \cdot b = 13,00 \cdot 13,00 = 169 m^2$

3.3.7.2. Escotillas de acceso a bodegas

$$P_{escacc} = 0,15 \cdot (2 \cdot NB + 5) = 0,15 \cdot (2 \cdot 5 + 5) = 2,25 t$$

- NB: número bodegas
- NC: número de casetas de chigres.
- NT: número de tanques.

3.3.7.3. Puertas de acero

$$P_p = 0,56 \cdot (NH + 1) + 0,28 \cdot NC = 0,56 \cdot (4 + 1) + 0,28 \cdot 1 = 3,08 t$$

- NH: número de cubiertas de alojamientos.

3.3.7.4. Portillos y ventanas

$$P_{p+v} = 0,12 \cdot n = 0,12 \cdot 20 = 2,4 t$$

- n: número de tripulantes.

3.3.7.5. Escaleras exteriores

$$P_{ee} = 0,8 \cdot NH + 0,6 = 0,8 \cdot 4 + 0,6 = 3,8 t$$

3.3.7.6. Barandilla

$$P_b = 0,245 \cdot (NH + 2) = 0,245 \cdot (4 + 2) = 1,5 t$$

3.3.7.7. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 25 m$$

$$X_G = 45 m$$

3.3.8. Habilitación

Se muestra a continuación una tabla con la superficie ocupada por cada uno de los niveles de la superestructura:

Cubierta	Superficie	
Principal	890	m ²
Toldilla	350	m ²
01	285	m ²
02	285	m ²
03	285	m ²
Puente	200	m ²
TOTAL	2 295	m²

Para una ocupación de 20 tripulantes, el buque dispondrá de 17 camarotes individuales con aseo privado, un camarote doble con aseo y 5 apartamentos (incluyen dormitorio, despacho y aseo).

3.3.8.1. Cálculo de peso

Disponemos de los pesos aproximados de varios elementos que forman parte de esta partida:

$$\text{Subpavimento} = 28 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{subpav}} = 28 \cdot 2\,295 = 64,26 t$$

$$\text{Aislamiento antiacústico} = 16 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{aisl}} = 16 \cdot 2\,295 = 36,72 t$$

$$\text{Pavimento PVC} = 4 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{pav}} = 4 \cdot 2\,295 = 9,18 t$$

$$\text{Moqueta} = 9 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{moq}} = 9 \cdot (3 \cdot 285 + 200) = 9,5 t$$

$$\text{Techos} = 17 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{techos}} = 17 \cdot 2\,295 = 39 t$$

$$\text{Aseo} = 0,5 t/\text{unidad} \rightarrow P_{\text{aseo}} = 0,5 \cdot 29 = 14,5 t$$

$$\text{Apartamento} = 0,797 t/\text{unidad} \rightarrow P_{\text{apart}} = 0,797 \cdot 5 = 4,00 t$$

$$\text{Cabina sencilla} = 0,360 t/\text{unidad} \rightarrow P_{\text{cab}} = 0,360 \cdot 17 = 6,2 t$$

$$\text{Comedores y salones} = 120 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{com+sal}} = 120 \cdot 166 = 20 t$$

$$Cocina = 200 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{coc} = 200 \cdot 50 = 10 \text{ t}$$

$$Gambuza \text{ seca} = 60 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{gamb} = 60 \cdot 39 = 2,34 \text{ t}$$

$$Lavandería = 150 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{lav} = 150 \cdot 80 = 12 \text{ t}$$

Otros pesos de habilitación incluyen ventanas, mobiliario de cocina, mobiliario fuera de cabinas...

$$P_{otros} = 10,5 \cdot S_h + \frac{200 \cdot (N_A + N_{CI} + 2 \cdot N_{CI})}{1\,000} = 10,5 \cdot 1\,450 + \frac{200 \cdot (4 + 17 + 0)}{1\,000} = 15,3 \text{ t}$$

Sumando todas las partidas calculadas, obtenemos el peso aproximado de la habilitación:

$$\begin{aligned} P_{hab} &= P_{subpav} + P_{aisl} + P_{pav} + P_{moq} + P_{techos} + P_{aseo} + P_{apart} + P_{cab} + P_{com+sal} + P_{coc} \\ &\quad + P_{gamb} + P_{lav} \\ &= 64,26 + 36,72 + 9,18 + 9,5 + 39 + 14,5 + 4,00 + 6,2 + 20 + 10 + 2,34 \\ &\quad + 12 + 15,3 = 243 \text{ t} \end{aligned}$$

3.3.8.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 25 \text{ m}$$

$$X_G = 15 \text{ m}$$

3.3.9. Resumen de Equipo y habilitación

	PESO (t)	KG (m)	XG (m)	MOM. KG	MOM. XG
Pintura y protección catódica	50,26	19,71	11,32	990,60	568,90
Fondeo y amarre	236,10	17,50	100,00	4 131,75	23 610,00
Equipo navegación	2,00	34,00	15,00	68,00	30,00
Equipo gobierno	8,25	4,50	0,00	37,13	0,00
Salvamento y contraincendios	32,00	25,00	20,00	800,00	640,00
Grúas cubierta	234,40	22,00	95,00	5 156,80	22 268,00
Cierres diversos y accesos	360,03	25,00	45,00	9 000,69	16 201,23
Habilitación	243,00	25,00	15,00	6 075,00	3 645,00
	1 166,03	22,52	57,43	26 259,97	66 963,14

$$K_{GT} = 22,52 \text{ m}$$

$$X_{GT} = 57,43 \text{ m}$$

3.4. Pesos varios

3.4.1. Amurada

3.4.1.1. Cálculo de peso

$$P_a = \frac{(6 - 0,0021875 \cdot L^2 + 1,125 \cdot L) \cdot l_b}{1\,000} \\ = \frac{(6 - 0,0021875 \cdot 170,40^2 + 1,125 \cdot 170,40) \cdot 90}{1\,000} = 12,08 \text{ t}$$

3.4.1.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 18 \text{ m}$$

$$X_G = 90 \text{ m}$$

3.4.2. Brazolas de escotilla

3.4.2.1. Cálculo de peso

$$P_b = V_e \cdot 0,090 = 2\,694 \cdot 0,090 = 242,46 \text{ t}$$

Donde:

- V_e : volumen de escotillas.
 - $L_e = 19,00 \text{ m} - 13,00 \text{ m}$
 - $B_e = 15,50 \text{ m} - 13,00 \text{ m}$
 - $D_e = 2,00 \text{ m}$

$$V_e = \sum L_e \cdot B_e \cdot D_e = 4 \cdot 19,00 \cdot 15,50 \cdot 2,00 + 13,00 \cdot 13,00 \cdot 2,00 \\ = 2\,694 \text{ m}^3$$

3.4.2.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 19 \text{ m}$$

$$X_G = 90 \text{ m}$$

3.4.3. Soportes de contenedores

3.4.3.1. Cálculo de peso

$$P_{sc} = \frac{2 \cdot l_c}{6,096} \cdot h \cdot 0,180 = \frac{2 \cdot 128}{6,096} \cdot 0,5 \cdot 0,180 = 3,8 \text{ t}$$

Donde:

- l_c : longitud zona de carga.
- h : altura del soporte.

3.4.3.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 19 \text{ m}$$

$$X_G = 90 \text{ m}$$

3.4.4. Trincas contenedores

3.4.4.1. Cálculo de peso

$$P_T = 0,040 \cdot (N_{CC} + N_{CB}) = 0,040 \cdot (82 + 0) = 3 \text{ t}$$

Donde:

- Ncc: número FEU en cubierta.
- Ncb: número FEU en bodega.

3.4.4.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 19 \text{ m}$$

$$X_G = 90 \text{ m}$$

3.4.5. Hélice

3.4.5.1. Cálculo de peso

$$P_h = 0,080 \cdot D^3 = 0,080 \cdot 6,5^3 = 22 \text{ t}$$

Donde:

- D: Diámetro hélice

3.4.5.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 3 \text{ m}$$

$$X_G = 4 \text{ m}$$

3.4.6. Tuberías y bombas de casco

3.4.6.1. Cálculo de peso

$$P_{TBC} = 0,0047 \cdot L \cdot \sqrt{L} \cdot B = 0,0047 \cdot 170,40 \cdot \sqrt{170,40} \cdot 30,17 = 315,4 \text{ t}$$

3.4.6.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 15 \text{ m}$$

$$X_G = 20 \text{ m}$$

3.4.7. Equipo de la chimenea

3.4.7.1. Cálculo de peso

$$P_{EF} = 0,0034 \cdot L \cdot B = 0,0034 \cdot 170,40 \cdot 30,17 = 17,5 \text{ t}$$

3.4.7.2. Cálculo del centro de gravedad

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

$$X_G = 6 \text{ m}$$

3.4.8. Tercera cámara de máquinas

3.4.8.1. Cálculo de peso

$$P_{TM} = 0,047 \cdot lm \cdot B \cdot 0,60 = 0,047 \cdot 20,25 \cdot 30,17 \cdot 0,60 = 17 \text{ t}$$

Donde:

- l_m : eslora de la cámara de máquinas.

3.4.8.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 2 \text{ m}$$

$$X_G = 17 \text{ m}$$

3.4.9. Aire acondicionado

3.4.9.1. Cálculo de peso

$$P_{AA} = 0,020 \cdot S_h = 0,020 \cdot 1\,750 = 35 \text{ t}$$

3.4.9.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 25 \text{ m}$$

$$X_G = 15 \text{ m}$$

3.4.10. Instalación eléctrica

3.4.10.1. Cálculo de peso

$$P_{IE} = L \cdot \frac{lc}{60} + P_m = 170,4 \cdot \frac{65}{60} + 1\,500 = 1,7 \text{ t}$$

Donde:

- $lc = 1,82 + 0,268 \cdot L + 0,000597 \cdot L^2 = 1,82 + 0,268 \cdot 170,40 + 0,000597 \cdot 170,40^2 = 65 \text{ km}$
- P_m : potencia de la planta auxiliar.

3.4.10.2. Cálculo del centro de gravedad

$$K_G = 25 \text{ m}$$

$$X_G = 15 \text{ m}$$

3.4.11. Resumen de Varios

	PESO (t)	KG (m)	XG (m)	MOM. KG	MOM. XG
Amurada	12,08	18,00	90,00	217,38	1 086,89
Brazolas escotilla	242,46	19,00	90,00	4 606,74	21 821,40
Soportes contenedores	3,80	19,00	90,00	72,20	342,00
Trincas contenedores	3,28	19,00	90,00	62,32	295,20
Hélice	22,00	3,00	4,00	66,00	88,00
Tuberías y bombas casco	315,41	25,00	15,00	7 885,29	4 731,17
Equipo chimenea	17,48	28,00	6,00	489,42	104,88
Tecla cámara máquinas	17,00	2,00	17,00	34,00	289,00
Aire acondicionado	35,00	25,00	15,00	875,00	525,00
Instalación eléctrica	1,70	25,00	15,00	42,50	25,50
	670,21	21,41	43,73	14 350,85	29 309,03

$$K_{GT} = 21,41 \text{ m}$$

Bulkcarrier Portacontenedores 40 000 TPM / Cuaderno 2
Marta González García

$$X_{GT} = 43,73 \text{ m}$$

4. RESUMEN PESO EN ROSCA Y C.D.G.

	PESO (t)	KG (m)	XG (m)	MOM. KG	MOM. XG
Acero	6 780,67	8,87	82,33	60 123,14	558 228,99
Maquinaria	1 060,10	8,14	20,00	8 624,55	162,71
Equipo y habilitación	1 166,03	22,52	57,43	26 259,97	66 963,14
Varios	670,21	21,41	43,73	14 350,85	29 309,03
	9 677,01	11,30	67,65	109 358,50	654 663,88

$$K_{GT} = 11,30 \text{ m}$$

$$X_{GT} = 67,65 \text{ m}$$

Analizando los resultados que hemos obtenido después de realizar todos los cálculos, tendremos las siguientes proporciones:

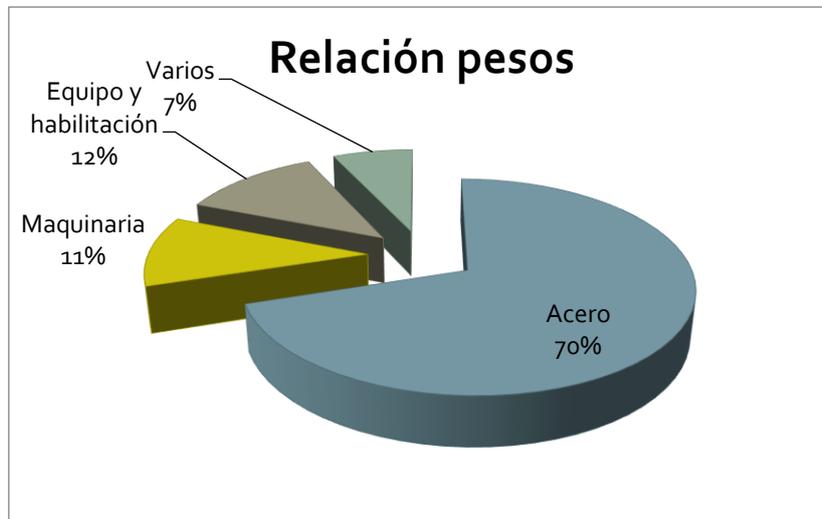


Ilustración 1. Desglose peso en rosca

El peso en rosca final del buque, sin margen, será de 9 677,01 toneladas. Como el peso muerto es de 40 000 toneladas, obtendremos pues finalmente el desplazamiento de nuestro buque:

$$\Delta = PM + PR = 40\,000 + 9\,677,01 = 49\,677 \text{ t}$$

5. MÁRGENES CONSIDERADOS EN EL PESO Y EN LOS C.D.G.

Para compensar los errores en las estimaciones que hemos realizado, consideraremos un margen en el peso en rosca del 4%.

$$PR = 9\,677 \cdot 104\% = 10\,064\,t$$

De la misma manera, tendremos en cuenta una pequeña variación en la posición del centro de gravedad, considerando en el caso del X_G un margen de 1 m y en el caso del K_G 0,5 m.

$$K_G = 11,30 + 0,5 = 11,80\,m$$

$$X_G = 67,65 + 1 = 68,65\,m$$

Finalmente, comprobamos que el valor del desplazamiento obtenido tras la realización de todos los cálculos oportunos de 10 064 toneladas es similar al obtenido en el *Cuaderno 1* de 10 379,25 toneladas.

	Peso Rosca (t)	KG (m)	XG (m)
Sin margen	9 677,01	11,30	67,65
Con margen	10 064,10	11,80	68,65

7. COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO Y CARGA ÚTIL

Para el desarrollo de este buque, el peso muerto será un dato de proyecto, por tanto, permanecerá invariable.

El peso muerto se descompondrá en cuatro partidas básicas:

- Carga útil.
- Tripulación.
- Pertrechos.
- Consumos.

7.1. Carga útil

Siguiendo el libro “*Proyectos de Buques y Artefactos*”, la carga útil de nuestro barco será la diferencia existente entre el desplazamiento y la suma de las demás partidas.

7.2. Pesos fijos

7.2.1. Tripulación

Teniendo en cuenta que este buque tiene una tripulación de 20 personas y que se suelen considerar 125 kg por persona, obtendremos el siguiente peso:

$$P_{trip} = 20 \text{ personas} \cdot 125 \text{ kg/persona} = 2,5 \text{ t}$$

7.2.2. Pertrechos

Se consideran pertrechos todos aquellos elementos no consumibles que el Armador añade como repuestos o necesidades adicionales al buque tales como pinturas, estachas y cabos, algunos cargos del mecánico, contraamaestre...

Este valor depende del tamaño de buque y estándar del Armador y varía entre 10 y 100 toneladas, para nuestro buque consideraremos:

$$P_{pert} = 40 \text{ t}$$

7.3. Pesos variables

Tendremos en cuenta que el dato de partida serán las 12 000 millas de autonomía estipuladas en la RPA.

$$\text{Autonomía} = \frac{12.000 \text{ millas}}{15 \text{ nudos}} = 800 \text{ horas} = 33,3 \text{ días} \approx 33 \text{ días}$$

7.3.1. Consumos líquidos

La capacidad de los tanques que se presenta a continuación es el resultado de las constantes vueltas a la espiral de diseño, por lo que la información detallada de los cálculos se encontrará debidamente indicada en el *Cuaderno 4*.

TANQUE		CAPACIDAD	
		m ³	ton
HFO	Sedimentación	89,02	87,24

	Uso diario	133,53	130,86	
	Almacenamiento	1 651,11	1 618,09	
Diésel	Reserva	Uso diario	66,77	56,08
		Almacenamiento	111,28	93,47
	Emergencia	4,50	4,00	
LNG		144,00	59,00	
Aceite	Almacenamiento	32,79	30,16	
	Cilindros	Almacenamiento	35,26	32,44
		Servicio	5,90	5,43
Agua	Dulce	195,85	195,85	
	Técnica	47,48	47,48	
Misceláneos	Refrigeración eje	67,00	67,00	
	Reboses aceite	24,40	22,44	
	Reboses HFO	16,23	15,91	
	Lodos	22,54	22,54	
	Aguas aceitosas	16,17	14,76	
	Sentinas	8,73	7,97	
	Aguas residuales	152,06	152,06	
TOTAL CONSUMOS LÍQUIDOS		2 824,62	2 662,80	

7.3.2. Víveres

Para calcular el peso de esta partida, estimaremos un consumo por tripulante y día de 5 kg.

$$P_{viveres} = (5 \text{ kg/persona} \cdot 33 \text{ días} \cdot 20 \text{ tripulantes}) \cdot 110\% = 3,63 \text{ t}$$

7.3.3. Resumen pesos variables

$$P_{consumos} = P_{comb \text{ líquidos}} + P_{viveres} = 2 663 + 3,63 = 2 666,63 \text{ toneladas}$$

7.4. Peso muerto total

Obtenemos finalmente el valor de la carga útil, ya que como se mencionó anteriormente, el peso muerto es un dato estipulado de la RPA del buque proyecto.

	Peso (t)
Carga útil	37 690,50
Tripulación	2,50
Pertrechos	40,00
Consumos	2 267,00
Peso muerto	40 000,00

8. NUEVO DESPLAZAMIENTO

El peso en rosca del buque en este punto del proyecto será de 10 064,10 toneladas. Como el peso muerto es de 40 000 toneladas, obtendremos pues el desplazamiento de nuestro buque:

$$\Delta = PM + PR = 40\,000 + 10\,064,10 = 50\,064,10\ t$$

ANEXO I

Características peso rosca

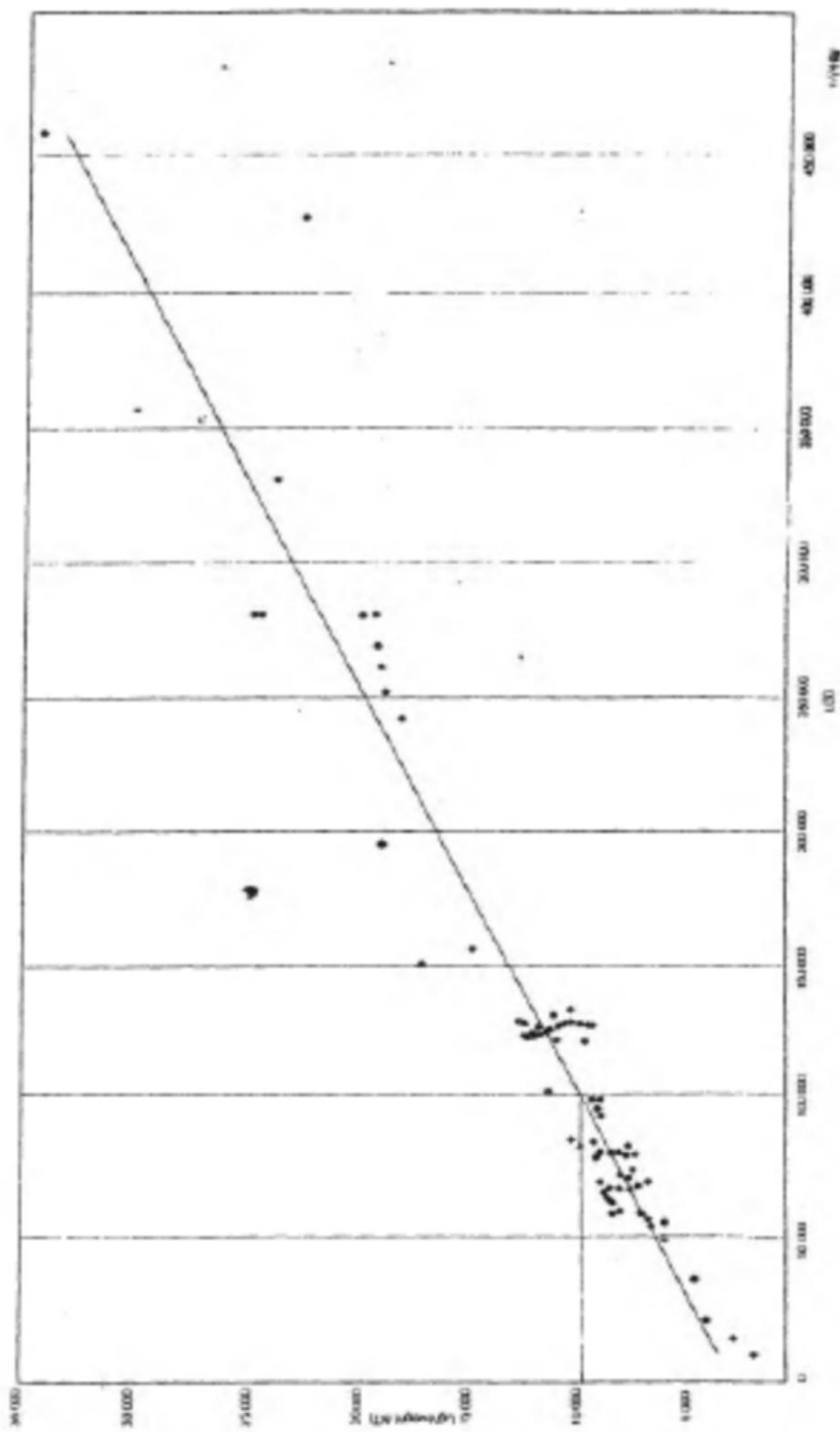


Fig 9.3.2

(BULKCARRIERS)