



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado/Máster**  
**CURSO 2017/2018**

---

*PETROLERO SUEZMAX 148.000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA/O**

Pablo Martínez Martínez

**TUTORAS/ES**

Vicente Díaz Casás

**FECHA**

DICIEMBRE 2016

El buque proyecto es un buque para transporte de petróleo crudo y derivados como la nafta por ejemplo. Este buque petrolero pertenece a la clase SUEZMAX, lo que significa que sus dimensiones están ajustadas al máximo a las de Canal de Suez.

La carga y descarga se realiza mediante bombas de pozo profundo, lo que significa que no posee una cámara de bombas sino que cada tanque dispone de su propia bomba. En esta zona de carga posee un sistema de lucha contra incendios por espuma.

O buque proxecto é un buque para transporte de petróleo crudo e derivados como a nafta por exemplo. O buque petrolero pertence á clase SUEZMAX, o cal significa que as súas dimensións están axustadas ó máximo as do Canle de Suez.

A carga e descarga realízase mediante bombas de pozo profundo, o que significa que non posee una cámara de bombas senón que cada tanque dispón da súa propia bomba. Nesta zona de carga o buque posee un sistema de loita contra incendios por espuma.

The Project ship is for transport of oil-crude and naftas. This oil-crude tanker belongs to the class of SUEZMAX, which means that dimensions are adjusted for the Suez Canal to the maximum.

The cargo system are formed by deep well pumps and that means that this vessel haven't got a chamber of pumps. In cargo area it has a fire protection system by foam.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO/MÁSTER  
CURSO 2017/2018**

---

*PETROLERO SUEZMAX 148.000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**CUADERNO 2**

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

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR

---



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

*CURSO 2.016-2017*

**PROYECTO NÚMERO 17-12**

**TIPO DE BUQUE:** Petrolero Suezmax 148000 TPM

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** DNV, MARPOL, SOLAS, CONVENIO DE LINEAS DE CARGA TIER 3

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 148000 TPM. Transporte de petróleo CRUDOS Y DERIVADOS.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15,8 nudos con 85%MCR+ 15% margen de mar

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Bombas de carga y descarga en los tanques de carga. Calefacción en tanques de carga.

**PROPULSIÓN:** Motor diésel directamente acoplado.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 30 personas

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

Ferrol, 10 Setiembre 2016

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> PABLO MARTÍNEZ MARTÍNEZ**



**Fernando Junco Ocampo**

## Contenido

1 INTRODUCCIÓN .....	7
2 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL ACERO.....	8
2.1 PESO DEL ACERO: .....	8
2.1.1 Método de Sv. Aa. Harvald y J.Juncher.....	8
2.1.2 Método para petroleros con doble fondo y doble casco: .....	9
2.1.3 Método D.G. Watson y A.W.Gilfillan .....	9
2.2 CENTRO DE GRAVEDAD DEL ACERO .....	11
2.2.1 Método J.L.García Garcés:.....	11
3 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO .....	13
3.1 PROTECCIÓN ANTICORROSIVA.....	13
3.1.1 Pintura del buque.....	13
3.1.2 Protección catódica .....	14
3.1.3 Peso de protección catódica para tanques de lastre:.....	14
3.2 EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO .....	15
3.3 EQUIPO DE NAVEGACIÓN .....	15
3.4 EQUIPO DE GOBIERNO.....	15
3.5 EQUIPO DE SALVAMENTO.....	16
3.6 GRÚAS DE CARGA Y DESCARGA .....	16
3.7 POLÍN GRÚAS DE C/D .....	17
3.8 EQUIPO BOMBAS DE C/D.....	17
3.9 CHIMENEA Y GUARDACALOR .....	18
3.10 SIST. CONTRAINCENDIOS POR ESPUMA EN TANQUES DE CARGA .....	18
3.11 HÉLICE.....	19
3.12 INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	19
3.13 PUERTAS DE ACERO DE LA HABILITACIÓN.....	20
3.14 PORTILLOS Y VENTANAS .....	21
3.15 ESCALERAS EXTERIORES.....	21
3.16 BARANDILLAS DE CUBIERTA .....	22
3.17 BARANDILLAS DE LA HABILITACIÓN .....	22
3.18 ESCOTILLAS DE REGISTRO DE TANQUES DE CARGA Y LASTRE .....	23
4 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA HABILITACIÓN .....	25
4.1 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 1:.....	26

4.2 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 2: .....	26
4.3 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 3: .....	27
4.4 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 4: .....	28
4.5 HABILITACIÓN DEL PUENTE DE MANDO: .....	29
5 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA .....	30
5.1 MOTORES DIESEL LENTOS: .....	30
5.2 PESO MAQUINARIA RESTANTE .....	30
5.3 PESO LÍNEA DE EJES.....	31
5.4 TANQUES NO ESTRUCTURALES DE CÁMARA DE MÁQUINAS.....	32
5.5 TECLES Y ESCALERAS CÁMARA DE MÁQUINAS: .....	33
6 COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO .....	35

## 1 INTRODUCCIÓN

En este documento se calcula el peso en rosca del buque así como la posición de su centro de gravedad, para ello se va a dividir dicho peso en tres partidas principales que son:

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

El cálculo del peso en rosca, está entre las mayores dificultades que se encuentran en el proceso de diseño de cualquier buque. No solamente supone un riesgo técnico, sino que también implica un riesgo económico ya que el peso muerto suele ser una característica contractual sujeta a fuertes penalizaciones por defecto, que vienen motivadas por el exceso del peso en rosca. Ello obliga a tomar unos coeficientes de seguridad o márgenes para reducir ambos riesgos.

El peso en rosca y la posición de su centro de gravedad no se conocen exactamente hasta la puesta a flote del buque, y es la realización de la experiencia de estabilidad la que proporciona definitivamente estos valores. No obstante, si se tiene en cuenta que la elaboración del proyecto sigue un proceso iterativo, a medida que se progresa en la definición y construcción del buque se puede ir calculando el peso en rosca con mayor precisión y en consecuencia reduciendo los márgenes que se vayan adoptando en etapas previas.

En este documento se va a emplear el mismo sistema de referencia que se ha venido usando a lo largo de todo el proyecto, donde el origen de coordenadas se encuentra en la intersección de la perpendicular de popa con la línea de base dentro del plano de crujía.

Los sentidos positivos de los ejes son: Las abscisas (sentido de la eslora del buque) hacia proa, las ordenadas (sentido de la manga) hacia babor y las alturas hacia el sentido creciente del puntal del buque.

En cuanto a las unidades, para los pesos se utilizarán las toneladas métricas y para las coordenadas de los centros de gravedad los metros.

Partiendo de las dimensiones y características obtenidas en el Cuaderno 1:

## 2 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL ACERO

Para esta parte se considerarán los siguientes elementos:

- Fondos y doble fondos (incluyendo los pozos de sentinas).
- Mamparos transversales.
- Mamparos longitudinales.
- Tanques estructurales.
- Cubiertas intermedias.
- Bloque de popa.
- Bloque de proa.
- Forro exterior.
- Cubierta superior.
- Cajas tomas de mar.
- Amurada y barandillas.
- Cubiertas de habilitación.
- Guardacalor.
- Mamparos interiores de acero.
- Chimenea.
- Casetas de cubierta.

### 2.1 PESO DEL ACERO:

#### 2.1.1 Método de Sv. Aa. Harvald y J.Juncher.

Método general y sencillo obtenido del capítulo 3.7 del libro “El proyecto básico del buque mercante”, para estimar el peso de la estructura de diversos tipos de buques en función de sus características principales, que se resume a continuación:

$$P_{acero1} = Cs(Lpp * V * D + Sup)$$

Siendo:

- Cs calculado por:

$$Cs = Cso + 0,064 * e^{-0,5 * \log\left(\frac{\Delta}{100}\right) - 0,1 * \log\left(\frac{\Delta}{100}\right)^{2,25}}$$

Con Cso de 0,0752 para petroleros:

$$Cs = Cso + 0,064 * e^{-0,5 * \log\left(\frac{185400}{100}\right) - 0,1 * \log\left(\frac{185400}{100}\right)^{2,25}}$$

$$Cs = 0,0782$$



- Sup estimado por:

$$\begin{aligned}Sup &= 0,8 * B * (1,45 * Lpp - 11) \\Sup &= 0,8 * 45,3 * (1,45 * 273,5 - 11) \\Sup &= 13973,238\end{aligned}$$

Con lo que el valor del peso de la estructura es:

$$\begin{aligned}P_{acero1} &= 0,0782(273,5 * 48,3 * 24 + 13973,238) \\P_{acero1} &= \mathbf{25885,3 t}\end{aligned}$$

### *2.1.2 Método para petroleros con doble fondo y doble casco:*

Se ha procedido a un análisis de los pesos deducidos de las informaciones publicadas sobre buques recientemente construidos para obtener, por regresión, una fórmula que proporcione el peso aproximado de estos buques en función de sus dimensiones principales. Los buques analizados en el Capítulo 3.7 “El proyecto básico del buque mercante” tienen pesos muertos entre 45000 y 3000000 t, por lo que el presente petrolero se encuentra entre esos rangos.

El peso total del acero de estos buques, incluyendo superestructuras y casetas, se puede estimar por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}P_{acero2} &= 0,0658 * Lpp^{1,7} * B^{0,102} * D^{0,886} \\P_{acero2} &= 0,0658 * 273,5^{1,7} * 45,3^{0,102} * 24^{0,886} \\P_{acero2} &= \mathbf{22534,2 t}\end{aligned}$$

### *2.1.3 Método D.G. Watson y A.W. Gilfillan*

En el Capítulo 3.7 “El proyecto Básico de Buque Mercante”, se propone un método para el cálculo del peso del buque basándose en el peso del acero de un buque estándar. Este peso se calcula a través del antiguo numeral de equipo del Lloyd’s y de un coeficiente (k) dependiendo del tipo de buque de que se trate, el peso se calcula como:

$$P_{acero3} = K * E^{1,36} * [1 + 0,5 * (Cb80D - 0,7)]$$

Siendo:

- E: antiguo numeral de equipo del Lloyd's, que se calcula de la siguiente forma:

$$E = Lpp * (B + D) + 0,85 * Lpp * (D - T) + Fs = 20717,14$$

- Fs es un factor en función de la superestructura del buque y se obtiene de la siguiente manera:

$$Fs = 0,85 * \sum(l_s * h_s) + 0,75 * \sum(l_c * h_c) = 299$$

Donde  $l_s$  y  $h_s$  son la longitud y altura respectivamente de las superestructuras de nuestro buque, que en mi caso serían el guardacalor, la habitación y el puente de gobierno.

Así mismo  $l_c$  y  $h_c$  son la longitud y altura de las casetas, que en el caso del buque proyecto no lleva.

Superestructuras:

- Guardacalor:  $l_g = 10,5 m$  ,  $h_g = 4,5 m$
- Habitación:  $l_h = 17,6 m$  ,  $h_h = 17,3 m$

Casetas: no lleva por tanto  $l_c$  y  $h_c$  son 0.

- $Cb80D = Cb + (1 - Cb) * \frac{0,8 * D - T}{3T} = 0,892$
- K es un coeficiente que depende del tipo de buque y su valor se obtiene (por interpolación) de la siguiente tabla:

Tipo	K	E
Granelero	0,029-0,032	3000 - 15000
Granelero abierto	0,033-0,040	6000 - 13000
Petrolero casco sencillo	0,029-0,035	1500-40000
Quimiquero	0,036-0,037	1900 - 2500
Carga general	0,029-0,037	2000 - 7000
Cestero	0,027-0,032	1000 - 2000
Frigorífico	0,032-0,035	5000
Portacontenedor	0,033-0,040	6000 - 13000
Ro-Ro	0,038	4300 - 8800
Remolcador	0,044	350 - 450

Como mi buque es un petrolero de doble casco y no aparece en la tabla, el libro me dice que debemos incrementar el valor obtenido para petrolero de casco sencillo en un 15%.

Por interpolación, obtengo un K de:

- $K=0,0316$ , aplicando el incremento del 15% quedaría  $K=0,0363$
- 

Con lo que el peso de acero en este punto será:

$$P_{acero3} = 0,0363 * 20717,14^{1,36} * [1 + 0,5 * (0,892 - 0,7)]$$

$$P_{acero3} = 29507 \text{ t}$$

Haciendo la media aritmética de los resultados calculados para los distintos métodos, obtenemos el peso total del acero que será:

	Peso Acero (t)
Método de Sv.Aa. Harvald y J. Juncher	25885,3
Método para petroleros de doble fondo y doble casco	22534,2
Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfilan	29507
<b>Peso Acero final</b>	<b>25975,5</b>

## 2.2 CENTRO DE GRAVEDAD DEL ACERO

En este apartado se va a calcular la posición del centro de gravedad de la partida de aceros suponiendo que la distribución de peso es simétrica respecto al plano de crujía y por lo tanto  $YG = 0$ .

Debido a la ausencia de formulación e información acerca del cálculo del centro de gravedad para petroleros, utilizaremos la formulación existente para graneleros ya que su disposición general es similar a la de los petroleros.

### 2.2.1 Método J.L.García Garcés:

$$KG = 0,41635 * D + 1,7306; \quad KG = 11,723 \text{ m}$$

$$XG = 0,4825 * Lpp + 0,117; \quad XG = 132,1 \text{ m}$$

<b>Peso y cdg Acero</b>		
<b>PS (t)</b>	<b>XG (m)</b>	<b>KG (m)</b>
<b>25975,5</b>	132,1	11,723

### 3 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO

Se tienen en cuenta dentro de esta partida los siguientes elementos:

- Protección anticorrosiva.
- Equipo de amarre y fondeo.
- Equipo de navegación.
- Equipo de gobierno.
- Equipo de salvamento.
- Equipo de contraincendios.
- Equipos de la carga.
- Cierres y accesos.
- Habilitación completa incluyendo la electricidad.

Para la estimación del peso de los equipos del buque, utilizo el libro de Fernando Junco “Proyectos de buques y artefactos: Cálculo del desplazamiento”, que indica una serie de fórmulas.

#### 3.1 PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

##### 3.1.1 Pintura del buque

El peso de la pintura del buque “ $P_{pintura}$ ” se obtiene como porcentaje del peso del acero.

Hay dos fórmulas, una para buque menores de 2000 Tm de peso de acero y otra para mayores de 2000 Tm que es la que voy a utilizar para mi buque:

$$P_{pintura} = 0,006 * PS = 0,006 * 27358 = 164,15 \text{ t}$$

El centro de gravedad de la pintura es el mismo que el del acero estructural, que ya he calculado anteriormente:

	Peso y C.D.G. de la pintura		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>164,15</b>	<b>132,1</b>	<b>0</b>	<b>11,723</b>

### 3.1.2 Protección catódica

Se supone una protección por ánodos de sacrificio de aluminio de alto rendimiento y dos años protección siendo el peso del sistema igual a:

$$P_{cat} = 0,0004 * Sm * a * y = 2 \text{ t}$$

- $a = \frac{3,5}{12}$
- $Sm = Lpp * T * \left(1,7 + \frac{Cb}{T}\right) = 8473 \text{ m}^2$
- $y = 2 \text{ años}$

Como los ánodos de sacrificio están repartidos a lo largo del casco, también tomaremos como centro de gravedad de la protección catódica, el mismo que el del acero estructural.

	Peso Protección Catódica		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>2</b>	<b>132,1</b>	<b>0</b>	<b>11,723</b>

### 3.1.3 Peso de protección catódica para tanques de lastre:

Además hay que añadir el peso de la protección catódica de los tanques de lastre de los petroleros que se estima con la siguiente expresión:

$$P = 0,001 * At * a * y = 61,1 \text{ t}$$

- $At = 1,2 * V_{lastre} = 61132 \text{ m}^2$
- $V_{lastre} \text{ dato buque base Eagle San Antonio} = 50943,33 \text{ m}^3$
- $a = 1$
- $Y=1$

Como los tanques de lastre están repartidos a lo largo de toda la eslora del buque, también tomaremos como centro de gravedad de la protección catódica, el mismo que el del acero estructural.

### 3.2 EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO

Como carecemos de algunos datos para calcular el numeral de equipo lo estimamos, mediante la gráfica 9.5.6. del libro de Fernando Junco “Proyectos de buques y artefactos: Cálculo del desplazamiento”, obtenemos un NE= 4500.

**P= 350 t**

	Peso Equipo Amarre y Fondeo		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>350</b>	<b>269</b>	<b>0</b>	<b>24</b>

### 3.3 EQUIPO DE NAVEGACIÓN

Según el libro seguido nos recomiendo un peso para el equipo de:

**P = 2 t**

El centro de gravedad se sitúa en el puente de mando:

	Peso y C.D.G. Equipo de navegación		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>2</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>39,8</b>

### 3.4 EQUIPO DE GOBIERNO

El peso del equipo de gobierno, que incluye timón, mecha, servomotor hidráulico, electrobombas hidráulicas y polines, se calcula por:

$$P_{gobierno} = 0,0224 * A_{timón} * v^{2/3} + 2$$

$$A = \frac{[Lpp * T * (1,1 + 25 * \frac{B^2}{L^2})]}{100} = 86,45 \text{ m}^2$$

- V es la velocidad en pruebas a plena carga que se tomará igual al 85% de la velocidad de servicio del buque 15,8 nudos.

Por tanto el peso del equipo de gobierno es:

$$P_{gobierno} = 0,0224 * 86,45 * 15,8^{2/3} + 2$$

$$P_{gobierno} = 13 t$$

La posición del centro de gravedad del equipo de gobierno se encuentra en el cdg de local del servo:

	Peso Equipo de Gobierno		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>13</b>	<b>-1,1</b>	<b>0</b>	<b>18,1</b>

### 3.5 EQUIPO DE SALVAMENTO

Se obtiene a través del número máximo de personas a bordo, que para el buque proyecto es 30, y como lleva botes cerrados se añaden 3,5 t a mayores:

$$P_{salvamento} = 9,5 + (Npers - 35) * 0,1 = 9,5 t$$

$$P_{salvamento} = 9,5 + 3,5 t = \mathbf{12,5 t}$$

El centro de gravedad del equipo de salvamento se sitúa en la zona de cubierta, en ambos costados, donde están situados los botes salvavidas:

	Peso y C.D.G. Salvamento		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>12,5</b>	<b>28,4</b>	<b>0</b>	<b>25</b>

### 3.6 GRÚAS DE CARGA Y DESCARGA

El buque lleva dos grúas para el manejo de las mangueras de C/D, situadas una a babor y otra a estribor, y cada una de ellas tiene una capacidad de 15 t, un alcance de 20 m y son eléctricas. Como desconozco el peso de la grúa, voy al libro de Fernando Junco "Proyectos de buques y artefactos: Cálculo del desplazamiento" y en la Fig.9.5.4 me da una capacidad de elevación de 35 t cada una.

El centro de gravedad de las grúas se sitúa en la zona de la cubierta principal, como son simétricas respecto a crujía, su centro de gravedad estará:

	Peso y C.D.G. grúas Babor y Estribor		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>35</b>	<b>128,1</b>	<b>0</b>	<b>26</b>



### 3.7 POLÍN GRÚAS DE C/D

El peso del polín de cada grúa se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$P_{polin} = 8 * Q * \frac{E}{1000} * P = 4,8 t$$

- Q (capacidad de elevación por grúa)= 15 t
- E (alcance de la grúa)= 20 m
- P (diámetro de polín de la grúa)= 2 m

El centro de gravedad del polín es el mismo que el de las grúas de C/D, salvo la posición vertical que se sitúa 30 cm sobre cubierta.

Peso y C.D.G. polín grúas Babor y Estribor			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>4,8</b>	<b>128,1</b>	<b>0</b>	<b>24,3</b>

### 3.8 EQUIPO BOMBAS DE C/D

El peso del equipo de bombas de C/D, se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$P_{bombas\ C/D} = 0,7 * PM^{0,5} = 278,25 t$$

- PM= 148000 TPM
- 

$$P_{bombas\ C/D} = 0,7 * 148000^{0,5} = 269,3 t$$

Las bombas de carga y descarga del buque son de pozo profundo y su centro de gravedad se encuentra en el centro de los 6 tanques de carga.

Peso y C.D.G. Escotillas de registro			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>269,3</b>	<b>150,35</b>	<b>0</b>	<b>24</b>

### 3.9 CHIMENEA Y GUARDACALOR

El peso de la chimenea del buque, se puede calcular según la siguiente fórmula:

$$P_{chimenea\_guardacalor} = 0,0034 * Lpp * B$$

$$P_{chimenea\_guardacalor} = 0,0034 * 273,5 * 45,3$$

$$P_{chimenea\_guardacalor} = 42,12 t$$

El centro de gravedad, se sitúa en el centro de gravedad de la estructura que forman la chimenea y el guardacalor:

Peso y C.D.G. Chimenea y Guardacalor			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>42,12</b>	<b>10,9</b>	<b>0</b>	<b>33,27</b>

### 3.10 SIST. CONTRAINCENDIOS POR ESPUMA EN TANQUES DE CARGA

Mediante la siguiente fórmula se puede obtener el peso del equipo C.I.

$$P_{sist\_CI} = (4 * Lpp * B + 1400) * 0,001$$

$$P_{sist\_CI} = (4 * 273,5 * 45,3 + 1400) * 0,001$$

$$P_{sist\_CI} = 51 t$$

El sistema contraincendios es homogéneo por toda la cubierta en la zona de carga, con lo cual el centro de gravedad se situará en el centro de la cubierta principal en la zona de carga a 1,5m sobre esta:

Peso y C.D.G. Sist. Contraincendios			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>51</b>	<b>150,35</b>	<b>0</b>	<b>25,5</b>

### 3.11 HÉLICE

El buque lleva una hélice de paso fijo, por tanto el peso se calcula como:

$$P_{hélice} = 0,08 * D^3$$

- D (diámetro hélice)= 8 m

$$P_{hélice} = 0,08 * 8^3$$

$$P_{hélice} = 41 t$$

El centro de gravedad de la hélice se sitúa en:

	Peso de la Hélice			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)	
<b>41</b>	<b>6,42</b>	<b>0</b>	<b>4,6</b>	

### 3.12 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para buques que tienen una eslora superior a 60 m, el peso se puede calcular:

$$P_{instalación\ eléctrica} = \frac{\frac{L}{60} * lc + PM}{1000}$$

Lc es la longitud de los cables, en km, como no disponemos de este dato podemos calcularlo por la siguiente fórmula para petroleros:

- $lc = 1,82 + 0,268 * Lpp + 0,000597 * Lpp^2 = 120 km$
- PM es la potencia del motor calculada en el CUADERNO 1 del presente proyecto = 18310 kw

$$P_{\text{instalación eléctrica}} = \frac{\frac{273,5}{60} * 120 + 18310}{1000}$$

$$P_{\text{instalación eléctrica}} = 18,857 \text{ t}$$

El centro de gravedad de la instalación eléctrica, se sitúa centrada ligeramente a proa del centro de gravedad de la habitación:

	Peso de la Instalación Eléctrica		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>18,86</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>33,27</b>

### 3.13 PUERTAS DE ACERO DE LA HABILITACIÓN

El peso se calcula:

$$P_{\text{puertas acero}} = 0,56 * (NH + 1)$$

- NH (nº cubiertas alojamientos)= 4

$$P_{\text{puertas acero}} = 0,56 * (4 + 1)$$

$$P_{\text{puertas acero}} = 2,80 \text{ t}$$

El centro de gravedad es homogéneo al de la habitación:

	Peso y C.D.G. Puertas Habitación		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>2,8</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>33,27</b>

### 3.14 PORTILLOS Y VENTANAS

Mediante la siguiente fórmula calculo el peso:

$$P_{portillos\_ventanas} = 0,12 * N$$

- N (nº tripulantes)= 30 personas

$$P_{portillos\_ventanas} = 0,12 * 30$$

$$P_{portillos\_ventanas} = 3,6 t$$

Su centro de gravedad se puede suponer igual al de la habitación:

	Peso y C.D.G. Portillos y Ventanas		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m9)
<b>3,6</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>33,27</b>

### 3.15 ESCALERAS EXTERIORES

Este peso se calcula como:

$$P_{escaleras\ exteriores} = 0,8 * NH + 0,6$$

- NH es el número de alojamientos que en este caso son 4

$$P_{escaleras\ exteriores} = 0,8 * 4 + 0,6$$

$$P_{escaleras\ exteriores} = 3,8 t$$

El centro de gravedad se sitúa de manera homogénea al de la habitación:

	Peso y C.D.G. Puertas Habitación		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m9)
<b>2,8</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>33,27</b>

### 3.16 BARANDILLAS DE CUBIERTA

El buque tiene amurada en la zona de proa, el peso de estas barandillas se puede calcular como:

$$P_{\text{barandillas cubierta}} = 0,03 * L$$

- L es la eslora en metros de la zona de barandilla, que en este caso es 272,2m

$$P_{\text{barandillas cubierta}} = 0,03 * 272,2$$

$$P_{\text{barandillas cubierta}} = 8,17 t$$

Su centro de gravedad se encuentra en:

Peso y C.D.G. Barandillas Cubierta			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>8,17</b>	<b>133</b>	<b>0</b>	<b>24</b>

### 3.17 BARANDILLAS DE LA HABILITACIÓN

Su peso se calcula como:

$$P_{\text{barandillas}} = 0,245 * NH$$

- NH= 4

$$P_{\text{barandillas}} = 0,245 * 4$$

$$P_{\text{barandillas}} = 0,98 t$$

Su centro de gravedad se puede suponer igual al de la habitación:

Peso y C.D.G. Puertas Habitación			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>0,98</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>33,27</b>

### 3.18 ESCOTILLAS DE REGISTRO DE TANQUES DE CARGA Y LASTRE

$$P_{escotilas\ registro} = 0,417 * Nt$$

- $Nt = n^{\circ}\text{tanques de carga} + \text{slop} + \text{tq lastre} = 12 + 2 + 30 = 44$

$$P_{escotilas\ registro} = 0,417 * 44$$

$$P_{escotilas\ registro} = \mathbf{18,348\ t}$$

Su Centro de gravedad se sitúa en:

	Peso y C.D.G. Escotillas de registro		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>18,348</b>	<b>150,35</b>	<b>0</b>	<b>24</b>

**PESO Y CDG DE LOS EQUIPOS:**

	PESOS Y CDG EQUIPOS				
	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	P*XG (t*m)	P*KG (t*m)
Pintura	164,15	132,1	11,723	21684,215	1924,33045
Prot. Catódica	2	132,1	11,723	264,2	23,446
P.Cat. T.lastre	61,1	132,1	11,723	8071,31	716,2753
Eq. Amarre y fondeo	310	183	24	56730	7440
Eq. Navegación	2	27	39,8	54	79,6
Eq. Gobierno	13	-1,1	18,1	-14,3	235,3
Eq. Salvamento	12,5	28,4	25	355	312,5
Grúa BR	35	128,1	26	4483,5	910
Grúa ER	35	128,1	26	4483,5	910
Polín grúa BR	5,1	128,1	24,3	653,31	123,93
Polín grúa ER	5,1	128,1	24,3	653,31	123,93
Bombas C/D	278,25	43	12,5	11964,75	3478,125
Chimenea y guardacalor	42,12	10,9	33,27	459,108	1401,3324
Contrainc. Tanques carga	51	150,35	25,5	7667,85	1300,5
Hélice	41	6,42	4,6	263,22	188,6
Puertas acero	2,8	27	33,27	75,6	93,156
Portillos y ventanas	3,6	27	33,27	97,2	119,772
Escaleras exteriores	3,8	27	33,27	102,6	126,426
Barandillas cubierta	7,935	133	24	1055,355	190,44
Barandillas habilitación	0,98	27	33,27	26,46	32,6046
Escotillas tq carga y lastre	18,348	150,35	24	2758,6218	440,352
<b>Σ</b>	<b>1094,8</b>	<b>111,3</b>	<b>18,4</b>	<b>121888,8</b>	<b>20170,6</b>

Con lo cual, después de estos cálculos, el peso y centro de gravedad de los equipos queda de la siguiente forma:

	PESO Y CDG EQUIPOS			
	PESO (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
	1094,8	111,3	0	18,4



## 4 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA HABILITACIÓN

El peso de la habitación del buque se puede desglosar en:

- Habitación CUBIERTA 1
- Habitación CUBIERTA 2
- Habitación CUBIERTA 3
- Habitación CUBIERTA 4

Para cada compartimento de las cubiertas se considerarán los siguientes peso (información obtenida del libro de Fernando Junco ):

LOCAL	Densidad (t/m <sup>2</sup> )
Camarotes oficiales	0,135
Camarotes tripulacion	0,16
Comedor y salón	0,12
Gimnasio	0,2
Pasillos	0,08
Aseos individuales	0,25
Aseos públicos	0,2
Cocina	0,2
Oficios	0,215
Gambuza y pañoles	0,06
Lavaderos y secaderos	0,15
Gambuza frigorífica	0,19
Salas de control	0,2
Puente	0,14
Oficinas/despachos	0,14
Alerones puente	0,09

#### 4.1 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 1:

Peso habilitación CUBIERTA 1		
	S (m2)	Peso (t)
Enfermería	40	6
Aseo enfermería	3,5	0,7
Sala de control	23,5	4,7
lavandería	36	5,4
Gimnasio	30,5	6,1
Gambuza seca	39,5	2,37
Local cámara frigorífica	10,5	1,995
Máquina Montacargas	5,5	1,1825
<b>Σ</b>	<b>189</b>	<b>28,45</b>

#### 4.2 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 2:

Peso habilitación CUBIERTA 2		
	S (m2)	Peso (t)
Comedor tripulación	43,6	5,232
Cocina	42,2	8,44
Camarote marinero 1	15,8	2,528
Camarote marinero 2	15,8	2,528
Cámarote marinero 3	15,8	2,528
Camarote marinero 4	15,8	2,528
Comedor oficiales	38	4,56
Oficina control de carga	12,5	1,75
Oficina buque y máquinas	12,5	1,75
Aseo Cam. Marinero 1	2,7	0,675
Aseo Cam. Marinero 2	2,7	0,675
Aseo Cam. Marinero 3	2,7	0,675
Aseo Cam. Marinero 4	2,7	0,675
<b>Σ</b>	<b>222,8</b>	<b>34,544</b>

### 4.3 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 3:

Peso habilitación CUBIERTA 3		
	S (m2)	Peso (t)
P.Canal Suez (x6)	15,8	2,528
Aseo P.Canal Suez (x6)	2,7	0,675
Camarote mecánico (x2)	15,8	2,528
Aseo mecánico (x2)	2,7	0,675
Camarote bombero	15,8	2,528
Aseo bombero	2,7	0,675
Camarote electricista (x2)	15,8	2,528
Aseo electricista (x2)	2,7	0,675
Camarote calderero	15,8	2,528
Aseo calderero	2,7	0,675
Camarote engrasador	15,8	2,528
Aseo engrasador	2,7	0,675
Camarote cocinero (x2)	15,8	2,528
Aseo cocinero (x2)	2,7	0,675
Cam.radiotelegrafista	15,8	2,528
Aseo radiotelegrafista	2,7	0,675
Cam. Maquinista (x2)	20	3,2
Aseo maquinista (x2)	2,7	0,675
Aseo público	6,8	1,36
$\Sigma$	<b>177,5</b>	<b>59,68</b>

#### 4.4 HABILITACIÓN DE LA CUBIERTA 4:

<b>Peso habilitación CUBIERTA 4</b>		
	<b>S (m2)</b>	<b>Peso (t)</b>
<b>Camarote jefe máquinas</b>	20	2,7
<b>Aseo jefe máquinas</b>	2,7	0,0675
<b>Despacho jefe máquinas</b>	13,7	1,918
<b>Camarote práctico</b>	20	2,7
<b>Aseo práctico</b>	2,7	0,675
<b>Camarote 1º oficial puente</b>	20	2,7
<b>Aseo 1º oficial puente</b>	2,7	0,675
<b>Despacho 1º oficial puente</b>	13,7	1,918
<b>Camarote 1º oficial máquinas</b>	20	2,7
<b>Aseo 1º oficial máquinas</b>	2,7	0,675
<b>Camarote jefe cocina</b>	20	2,7
<b>Aseo jefe cocina</b>	2,7	0,675
<b>Camarote 2º oficial puente</b>	20	2,7
<b>Aseo 2º oficial puente</b>	2,7	0,675
<b>Camarote contraestre</b>	20	2,7
<b>Aseo contraestre</b>	2,7	0,675
<b>Camarote armador</b>	20	2,7
<b>Aseo armador</b>	2,7	0,675
<b>Camarote Capitán</b>	20	2,7
<b>Aseo Capitán</b>	2,7	0,675
<b>Despacho capitán</b>	16	2,24
<b>Aseo público</b>	6,8	1,36
<b>Σ</b>	<b>254,5</b>	<b>37,2</b>

#### 4.5 HABILITACIÓN DEL PUENTE DE MANDO:

Peso habilitación PUENTE		
	S (m2)	Peso (t)
Sala equipos eléctricos	14,7	2,94
Local radio	23,8	4,76
Puente	93,5	13,09
Aseo	6,2	1,24
Local baterías	13,5	2,7
Sala derrotas	21,6	4,32
Aleron (x2)	58,8	0,09
$\Sigma$	<b>232,1</b>	<b>29,14</b>

Resumen pesos y centro de gravedad de la habilitación:

PESOS Y CDG HABILITACIÓN						
	S(m2)	Peso(t)	XG(m)	KG(m)	peso-KG	peso-XG
<b>CUBIERTA 1</b>	189	28,45	28	25,78	733,37655	796,6
<b>CUBIERTA 2</b>	222,8	34,544	28	29,36	1014,21184	967,232
<b>CUBIERTA 3</b>	177,5	59,68	28	33,02	1970,73266	1671,04
<b>CUBIERTA 4</b>	254,5	37,2	28	36,51	1358,299785	1041,6
<b>PUENTE</b>	232,1	29,14	28	39,8	1159,772	815,92
$\Sigma$	<b>1075,9</b>	<b>189,02</b>	<b>28,00</b>	<b>33,0</b>	<b>6236,39</b>	<b>5292,392</b>

	HABILITACIÓN		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
189,02	28	0	33

## 5 PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA

### 5.1 MOTORES DIESEL LENTOS:

El motor elegido en el Cuaderno 1. Wartsila RT-flex68/RTA68, con 8 cilindros y 25040 kw de potencia, tiene la siguiente especificación de la que obtengo el peso:

De potencia nominal, dimensiones principales y pesos						
Cyl.	Salida en KW a				Longitud A mm	Peso toneladas
	95 rpm		76 rpm			
	R1	R2	R3	R4		
5	15 650	10 950	12 500	10 950	7 530	386
6	18 780	13 140	15 000	13 140	8 710	439
7	21 910	15 330	17 500	15 330	9 890	496
8	25 040	17 520	20 000	17 520	11 070	552

$$Peso_{motor\ principal} = 552\ t$$

La posición del centro de gravedad es:

Peso y C.D.G. Motor Principal			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>552</b>	<b>24,5</b>	<b>0</b>	<b>14,6</b>

### 5.2 PESO MAQUINARIA RESTANTE

$$PQR = K * MCR^{0,7}$$

Siendo:

- MCR = 25040 Kw
- K es un coeficiente que para petroleros toma un valor de 0,59

$$PQR = 707,8\ t$$

El centro de gravedad del resto de los equipos de la cámara de máquinas se ubicará en el centro de gravedad de la cámara de máquinas:

	<b>Peso y C.D.G. Resto Equipos</b>		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>707,8</b>	<b>24,5</b>	<b>0</b>	<b>14,6</b>

### 5.3 PESO LÍNEA DE EJES

$$P = 6,5 * 0,081 * \left( 1 * \frac{MCR}{rpm} \right)^{\frac{2}{3}} = 21,45 t$$

- MCR= 25040 kw
- Rpm= 95

Su cdg estará en:

XG= **10,3** m

KG= **5,2** m

#### 6.1. TUBERÍAS Y BOMBAS DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

El peso de las tuberías y bombas de la cámara de máquinas se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Peso_{tuberías y bombas} = 0,00981 \cdot PM$$

Siendo PM la potencia del motor principal (25040 kW).

$$Peso_{tuberías y bombas} = 0,00981 \cdot 25040$$

$$Peso_{tuberías y bombas} = 245,6 t$$

El centro de gravedad se sitúa en el centro de la cámara de máquinas:

	<b>Peso y C.D.G. Tuberías y Bombas</b>		
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>245,6</b>	<b>24,5</b>	<b>0</b>	<b>14,6</b>

## 5.4 TANQUES NO ESTRUCTURALES DE CÁMARA DE MÁQUINAS

El peso de estos tanques se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$P_{\text{tanques no estruct.}} = 1,2 + 0,0009 \cdot PM$$

$$P_{\text{tanques no estruct.}} = 1,2 + 0,0009 \cdot 25040$$

$$P_{\text{tanques no estruct.}} = 23,7 \text{ t}$$

El centro de gravedad de los tanques no estructurales se ubica en el centro de la cámara de máquinas respecto a la posición longitudinal, la posición vertical varía tal que:

Peso y C.D.G. Tanques no estruct.			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>23,7</b>	<b>24,5</b>	<b>0</b>	<b>17,5</b>

### 6.2. CONTRA INCENDIOS DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

El peso del sistema contra incendios en cámara de máquinas se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P_{\text{contra incendios}} = 0,125 \cdot (0,0046 \cdot PM + 0,0088 \cdot Lpp \cdot B)$$

$$P_{\text{contra incendios}} = 0,125 \cdot (0,0046 \cdot 25040 + 0,0088 \cdot 273,5 \cdot 45,3)$$

$$P_{\text{contra incendios}} = 28 \text{ t}$$

El centro de gravedad se sitúa en el centro de la cámara de máquinas:

Peso y C.D.G. Contra incendios			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>28</b>	<b>24,5</b>	<b>0</b>	<b>14,6</b>



## 5.5 TECLES Y ESCALERAS CÁMARA DE MÁQUINAS:

El peso se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P_{tecles y escaleras CM} = 0,047 \cdot Lcm \cdot B \cdot 0,6$$

$$P_{tecles y escaleras CM} = 0,047 \cdot 30 \cdot 45,3 \cdot 0,6$$

$$P_{tecles y escaleras CM} = 38,3 t$$

El centro de gravedad se sitúa en el centro de gravedad de la cámara de máquinas:

<b>Peso y C.D.G. Tecles y Escaleras</b>			
Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
<b>38,3</b>	<b>24,5</b>	<b>0</b>	<b>14,6</b>

### 6.3. PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD TOTAL DE LA MAQUINARIA

	PESO Y CDG MQUINARIA					
	Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)	p*XG	p*KG
<b>Motor Principal</b>	552	24,5	0	14,6	13524	8059,2
<b>Maquinaria restante</b>	707,8	24,5	0	14,6	17341,1	10333,88
<b>Línea de ejes</b>	21,45	10,3	0	5,2	220,935	111,54
<b>Tuberías y bombas</b>	245,6	23,28	0	10,35	5717,568	2541,96
<b>Tanques no estructurales</b>	23,7	24,5	0	17,5	580,65	414,75
<b>Contraincendios</b>	28	24,5	0	14,6	686	408,8
<b>Tecles y Escaleras</b>	38,3	24,5	0	14,6	938,35	559,18
	<b>1616,9</b>	<b>24,1</b>	<b>0,0</b>	<b>13,9</b>	<b>39008,6</b>	<b>22429,3</b>

PESO EN ROSCA TOTAL:

	PESO ROSCA TOTAL					
	Peso (t)	XG (m)	YG (m)	KG (m)	peso*XG	peso*KG
<b>Acero</b>	25975,5	132,1	0	11,723	3431363,55	304510,787
<b>Equipos</b>	1094,8	111,3	0	18,4	121849,014	20143,952
<b>Habilitación</b>	189,02	28	0	33	5292,504	6236,39284
<b>Maquinaria</b>	2386,45	23,28	0	10,35	55561,935	24707,54
<b>Σ</b>	<b>29645,8</b>	<b>122</b>	<b>0,0</b>	<b>12,0</b>	<b>3614067,0</b>	<b>355598,7</b>

Al peso en rosca le aplico un margen del 10%, el cual se le añade quedando un rosca final de:

$$PR_{con\ margen} = 32610,4\ t$$

## 6 COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO

Se debe comprobar que con los pesos anteriormente calculados cumple con la especificación del proyecto, 148000 t de peso muerto.

Siendo el desplazamiento del buque,  $\Delta=194672$  t:

$$PM = \Delta - PR$$

$$PM = 194672 - 32610,4 = 162062 \text{ t}$$

Como es mayor a 148000 t cumple con las especificaciones del proyecto.