



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2021/2022**

---

*ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL. 200 TPF.*

*CUADERNO 2 CALCULO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DEL PESO EN ROSCA Y DE SUS PARTIDAS CORRESPONDIENTES*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA/O**

Raúl Fernández Garda

**TUTORAS/ES**

Marcos Míguez González

**FECHA**

Septiembre 2022

## RESUMEN TFG. BUQUE DE APOYO A INSTALACIONES OFFSHORE.

### RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal la realización de un anteproyecto de un buque AHTS. Estos buques se construyen principalmente para servir de apoyo a las plataformas petrolíferas, asegurándolas en su ubicación mediante anclas. También pueden desarrollar otras funciones como proporcionar suministros, prestar servicio de remolque, transportar personas y realizar operaciones de inspección subacuática mediante un ROV.

Además, nuestro buque cuenta con sistemas FIFI I para la lucha contra incendios, un sistema de posicionamiento dinámico DP2 para poder llevar a cabo sus operaciones de anclaje en unas condiciones meteorológicas adversas. Para poder conseguir este nivel de posicionamiento contamos con dos propulsores pods de transmisión eléctrica y tres thrusters de túnel.

Podemos considerar este tipo de buques como una de esas creaciones que no solo ayudan al crecimiento de la industria offshore, sino que a su vez ayudan a prevenir situaciones peligrosas en el mar.

### RESUMO

O principal obxectivo deste proxecto é levar a cabo un anteproxeito dun buque AHTS. Estes buques están construídos principalmente para servir de apoio ás plataformas petrolíferas, fixándoas no seu lugar con áncoras. Tamén poden realizar outras funcións como proporcionar suministros, servizo de remolque, transporte de persoas e realizar operacións de inspección subacuática mediante un ROV.

Ademais, o noso buque conta con sistemas FIFI I para a loita contra incendios, un sistema de posicionamento dinámico DP2 para poder realizar as súas operacións de ancoraxe en condicións meteorolóxicas adversas. Para acadar este nivel de posicionamento, temos dous propulsores pods accionados eléctricamente e tres propulsores de túnel.

Podemos considerar este tipo de buques como unha desas creacións que non só axudan a crecer á industria offshore, senón que tamén axudan a previr situacións perigosas no mar.

### SUMMARY

The main objective of this project is to carry out a preliminary project for an AHTS vessel. These vessels are built primarily to support oil rigs, securing them in place with anchors. They can also perform other functions such as providing supplies, providing towing service, transporting people and perform underwater inspection operations using a ROV.

In addition, our ship has FIFI I system for fire fighting, a DP2 dynamic positioning system to be able to carry out its anchoring operations in adverse weather conditions. In order to achieve this level of positioning we have two electrically driven pods and three tunnel thrusters.

We can consider this type of vessels as one of those developments that not only helps the offshore industry grow, but also prevents dangerous situations at sea.

## REQUISITOS RPA. BUQUE DE APOYO A INSTALACIONES OFFSHORE.



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

*CURSO 2.021 - 2.022*

**PROYECTO NÚMERO:** 2022-GENO-3.

**TIPO DE BUQUE:** Anchor handling tug supply vessel (AHTS).

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**

DNV GL, SOLAS y MARPOL. AHTS, DK, E0, DPS 2, F(M), FIFI I.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Material de fondeo, abastecimiento a plataformas petrolíferas y capacidad de remolque. 200 TPF.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** velocidad de servicio de 15 kn y una autonomía de 4000 mn a la velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Los habituales en este tipo de buques.

**PROPULSIÓN:** Diésel-eléctrica. Propulsión de tipo pod.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 20 tripulantes.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:**

- Sistema de recuperación y lanzamiento de un ROV.

Ferrol, septiembre 2022

ALUMNO/A: **D. Raúl Fernández Garda**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

CURSO 2021/2022

---

*ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL. 200 TPF.*

---

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

**CUADERNO II**

**Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca**

Raúl Fernández Garda

# Índice

Resumen TFG. Buque de apoyo a instalaciones offshore.....	2
Requisitos RPA. Buque de apoyo a instalaciones offshore.....	3
Resumen de las características principales del buque.....	6
1 Introducción.....	7
2 Cálculo del peso en rosca.....	8
2.1 Peso de aceros.....	8
2.1.1 Método de Watson.....	8
2.2 Peso de maquinaria.....	9
2.2.1 Peso de los diésel generadores.....	9
2.2.2 Peso de tanques de servicio de CCMM.....	10
2.2.3 Peso de los tecles de CCMM.....	10
2.2.4 Peso de la instalación contraincendios de CCMM.....	10
2.3 Peso de la habilitación y equipos del buque.....	11
2.3.1 Peso de la protección anticorrosiva.....	11
2.3.2 Protección catódica.....	11
2.3.3 Peso del equipo de amarre y fondeo.....	11
2.3.4 Peso del equipo de navegación.....	12
2.3.5 Peso del equipo de exhaustación.....	12
2.3.6 Peso del equipo de salvamento.....	12
2.3.7 Peso del equipo de carga y manipulación de la carga.....	12
2.3.8 Peso del equipo de investigación.....	13
2.3.9 Peso de la instalación eléctrica.....	13
2.3.10 Peso de los cierres y accesos.....	13
2.3.11 Peso de bombas y tuberías.....	14
2.3.12 Peso de las hélices de proa.....	14
2.3.13 Peso de las hélices de popa.....	14
2.3.14 Peso del equipo de remolque.....	14
2.3.15 Peso de la habilitación.....	15
2.4 Resumen del peso en rosca.....	17
3 Cálculo del peso muerto.....	18
3.1.1 Consumos.....	18
3.1.2 Tripulación y pasaje.....	20
3.1.3 Pertrechos.....	20
3.1.4 Carga útil.....	21
4 Cálculo del desplazamiento.....	22
Anexo.....	23
I. Plano disposición de los pesos en el buque y justificación del centro de gravedad sobre la disposición general.....	23

## RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE

Las dimensiones principales de nuestro buque son las obtenidas en los Cuaderno I, II y III.

---

<b>TPF</b>	200
<b>BHP / kW</b>	27.952 CV / 20.844 kW
<b>L</b>	79,00 m
<b>B</b>	21,40 m
<b>T</b>	8,19 m
<b>D</b>	9,10 m
<b>Cb</b>	0,704
<b>CM</b>	0,986
<b>CP</b>	0,714
<b>Fn</b>	0,277
<b><math>\Delta</math></b>	11.633,80 t

## 1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este cuaderno vamos a realizar un estudio sobre los pesos que llevamos en el buque y dónde están situados para poder calcular sus respectivos centros de gravedad. Para el cálculo contaremos con la documentación proporcionada en la asignatura de Proyectos del Buque y Artefactos Mariños I.

Existen elementos de los que solo podemos obtener su peso mediante el catálogo del equipo que se instale en el buque como son las hélices de proa, los propulsores de popa y los winches y cabrestantes de trabajo entre otros equipos. Por desgracia, no siempre tenemos esta información disponible o los fabricantes no están dispuestos a compartir la información técnica, es por esto por lo que para determinados equipos realizaremos las correspondientes estimaciones de pesos.



## 2 CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA

Según el libro “Cálculo del desplazamiento” de Fernando Junco Ocampo se desglosa el peso en rosca como la suma de tres partidas: Peso estructural, PS, peso de la maquinaria PQ, y peso del equipo y habilitación PE.

$$PR = PS + PQ + PE$$

### 2.1 Peso de aceros

#### 2.1.1 Método de Watson

Según D.G.M. Watson se propone un método para calcular el peso de acero de un buque, basándose en un buque estándar,  $Wst$ , con coeficiente de bloque de 0,7 para un calado al 80% del puntal a través del numeral de equipo del Lloyd's con la siguiente expresión.

$$E (Lloyd's) = L * (B + T) + 0,85 * L * (D - T) + 0,85 * \sum (ls * hs) + 0,75 * \sum (lc * hc)$$

Si seguimos el método por el libro de F. Junco obtenemos la expresión final del peso de aceros:

$$Wst = K * E^{1.36} * (0,65 + 0,5 * Cbp)$$

Siendo:

- K: es un coeficiente del peso de la estructura que se encuentra en la tabla 9.4.29 del libro de referencia. Los valores se encuentran en 0,041 y 0,051 por lo que escogeremos un valor intermedio que será de 0,046.
- E: es el valor del numeral de equipo expresado anteriormente.
- lc y hc: determinan la longitud y altura de las casetas que se encuentran por encima de la cubierta a la que se mide el puntal. Nuestro buque no cuenta con casetas.
- ls y hs: determinan la longitud y altura de las superestructuras que se encuentran por encima de la cubierta a la que se mide el puntal.

Para este cálculo recurriremos al plano adjunto al cuaderno 6 dónde tenemos la superficie lateral exacta de nuestra superestructura.

$$\sum (ls * hs) = 759 + 70 = 829 m^2$$

Por tanto, el número de equipo será el siguiente:

$$E = 79 * (21,40 - 8,19) + 0,85 * 79 * (9,10 - 8,19) + 0,85 * 829 + 0$$

$$E = 1809,35$$

- Cbp se define como el coeficiente de bloque al 80% del puntal y se calcula con la siguiente fórmula:

$$Cbp = Cb + (1 - Cb) * \left( \frac{0,8 * D - T}{3 * T} \right)$$



$$Cbp = 0,704 + (1 - 0,704) * \left( \frac{0,8 * 9,10 - 8,19}{3 * 8,19} \right) = 0,6904$$

Con todos estos datos podemos calcular el peso de los aceros y conseguimos lo siguiente:

$$Pst = 0,046 * 1809,35^{1.36} * (0,65 + 0,5 * 0,6904)$$

$$Pst = 1232,82 t$$

Una vez calculado el peso de acero debemos de calcular el KG y el XG.

- Por la fórmula de J. L. García Garcés.

$$KG \text{ acero} = 1,019 * D^{0,81790} = 1,019 * 9,10^{0,81790} = 6,20 m$$

- Por la fórmula de Taggart.

$$KG \text{ acero} = (0,725 - 0,0007218 * Lpp) * D = (0,725 - 0,0007218 * 79) * 9,10$$

$$KG \text{ acero} = 6,08 m$$

Realizamos una media entre las medidas obtenidas.

$$KG \text{ acero} = \frac{6,20 + 6,08}{2} = 6,14 m$$

El centro de gravedad longitudinal lo calcularemos por la fórmula de J. L. García Garcés.

$$XG \text{ acero} = 0,44653 * Lpp + 0,614 = 0,44653 * 79 + 0,614 = 35,90 m$$

## 2.2 Peso de maquinaria

### 2.2.1 Peso de los diésel generadores.

Como ya disponemos de la información preliminar de la potencia que necesita nuestro buque para el avance según los cuadernos 1 y 3 y además conocemos el balance eléctrico del cuaderno 11, ya podemos asegurar que nuestro buque llevará instalado cuatro diésel generadores MAN 9L32/44CR que nos proporcionarán a la salida del generador 5.211 kW cada uno, a 50 Hz y 750 rpm.

En definitiva, el peso del conjunto diésel generador será el siguiente:

$$Pqp = 4 * 91 t \text{ (peso de cada generador diésel eléctrico en seco)} = 364 t$$

También deberemos de calcular el peso de los equipos restantes (sin incluir la maquinaria auxiliar). En nuestro caso seguiremos la siguiente expresión:

$$Pqr = k * VE^l + h * Ej * (j * L + 5)$$

Donde:

- Los valores de K, l, h, j se obtienen de la figura 9.5.2 del libro de F. Junco.
- VE define el volumen de la cámara de máquinas. Este valor será de:  
 $VE 18,20 m \text{ (Eslora)} * 18 m \text{ (manga)} * 4,20 m \text{ (puntal)} = 1375,92 m^3$
- EJ se define como la longitud de la línea de eje, que para nosotros es 0.

Entonces:

$$Pqr = 0,0295 * 1375,92^1 = 40,59 t$$

Entonces nuestro peso final de la maquinaria será de:

$$Pq = Pqp + Pqr = 364 + 40,59 = \mathbf{404,59 t}$$

Ahora que tenemos el peso deberemos de sacar en dónde está situado para poder realizar la estimación del rosca.

El valor de KG lo obtenemos del libro "*Proyecto básico del buque mercante*".

$$KG = 0,17 * T + 0,363 * D$$
$$KG = 0,17 * 8,19 + 0,363 * 9,10 = \mathbf{4,70 m}$$

Para el valor del centro de gravedad lo obtendremos situándonos en el plano de vista longitudinal del buque y seleccionaremos un punto intermedio de la cámara de máquinas.

$$XG = \mathbf{42,70 m}$$

### 2.2.2 Peso de tanques de servicio de CCMM.

En este apartado se realizará una estimación de los pesos de los tanques en los cuales almacenamos los fluidos necesarios para que los diésel generadores y los equipos del buque funcionen correctamente.

$$Ptv = a + b * MCR$$
$$Pt ccmm = 1,2 + 0,0009 * (5211 * 2) = \mathbf{10,58 t}$$
$$KG = \mathbf{5,60 m}$$
$$XG = \mathbf{42,70 m}$$

### 2.2.3 Peso de los tecles de CCMM.

Para el cálculo del peso de estos tecles en cámara de máquinas realizaremos una estimación de estos relacionando la manga del buque con la eslora de la cámara de máquinas.

$$Pt = 0,047 * Lm * B * 0,6$$
$$Pt = 0,047 * 18,20 * 21,4 * 0,6 = \mathbf{10,98 t}$$
$$KG = \mathbf{5,60 m}$$
$$XG = \mathbf{42,70 m}$$

### 2.2.4 Peso de la instalación contraincendios de CCMM.

Tendremos en cuenta el volumen de la cámara de máquinas calculado anteriormente.

$$PI = 0,0025 * VE + 1$$
$$PI = 0,0025 * 1375,92 + 1 = \mathbf{4,44 t}$$
$$KG = \mathbf{5,60 m}$$
$$XG = \mathbf{42,70 m}$$

## 2.3 Peso de la habilitación y equipos del buque

### 2.3.1 Peso de la protección anticorrosiva

Como nuestro buque tiene más de 1000 Tm de peso de acero deberemos de interpolar entre las dos propuestas de cálculo del libro de F. Junco. Nos quedaría la siguiente expresión.

$$Pi = 0,00725 * Pst = 0,00725 * 1232,82 = \mathbf{8,93 t}$$

$$XG = \frac{2}{3} * Ltotal = \frac{2}{3} * 79 = \mathbf{52,60 m}$$

$$KG = (\text{se le añade el 30\% del puntal}) = 9,1 * 1,3 = \mathbf{11,83 m}$$

### 2.3.2 Protección catódica

El peso de la protección catódica del casco, instalada en la zona de los propulsores y sobre las toberas de los azipods, seguirá la siguiente fórmula:

$$Pcc = 0,0004 * Sm * A * Y$$

Donde:

- SM es la superficie mojada del casco.
- A se utilizará el valor de 1 por ser ánodos de zinc
- Y será de 2 años.

$$Pcc = 0,0008 * Sm = 0,0008 * 2686,2 = \mathbf{2,15 T}$$

$$XG = 0,5 * Lwl = 0,5 * 84,84 = \mathbf{42,42 m}$$

$$KG = 0,5 * T = 0,5 * 8,19 = \mathbf{4,1 m}$$

### 2.3.3 Peso del equipo de amarre y fondeo

Lo primero que debemos de hacer es calcular el numeral de equipos. Esto es parte del Cuaderno 12 pero resumiéndolo se puede decir que mediante el DNV GL tenemos la siguiente fórmula:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 BH + 0,1 A$$

Los datos que necesitaremos son los siguientes:

- El desplazamiento será a la línea de carga de verano  $D = 8,19$ .  
Este será de 10914 t.
- La manga es la de trazado  $B = 21,40 m$
- La altura H desde la línea de flotación hasta la cubierta más alta es de 14,91 m.
- El área lateral será de 829 m<sup>2</sup>.

Con estos datos obtenemos lo siguiente:

$$EN = 10914^{2/3} + 2 * 21,40 * 14,91 + 0,1 * 829$$

$$EN = 1213,08$$

Una vez aquí obtenemos la siguiente información:

- Peso de la cadena del ancla: 51 T
- Elementos de fondeo: 72,5 T
- Elementos de amarre y fondeo: 95 T

Obtenemos un total del peso de los equipos de amarre y fondeo de **218,5 T**

EL XG lo deberemos de situar en una zona cercana a proa por ser aquí donde se concentran la mayor parte del peso de estos equipos por no decir que su totalidad. Es por esto por lo que nuestro XG será:

$$XG = 72,1 m$$

Para calcular el KG supondremos que es un aumento del 50% del puntal de nuestro buque. Nuestro valor del KG será:

$$KG = 9,7 * 1,5 = 14,55 m$$

### 2.3.4 Peso del equipo de navegación

El peso de los equipos que integran este concepto es muy reducido por lo que se recomienda escoger PN como 2 T según dicta el libro "Cálculo del desplazamiento del buque". Sus valores de posición longitudinal y vertical serán los correspondientes al puente de mando.

$$XG = 56 m$$

$$KG = 24,5 m$$

### 2.3.5 Peso del equipo de exhaustación.

Este peso se determinará con la siguiente expresión.

$$Pc = 0,0034 * Lpp * B = 0,0034 * 79 * 21,40 = 5,75 t$$

$$XG = 52,50 m$$

$$KG = 14,70 m$$

### 2.3.6 Peso del equipo de salvamento.

Se define el peso del equipo de salvamento como PL.

$$PL = 9,5 + (n - 35) * 0,1$$

Siendo:

- n como el número de personas a bordo o 35, el que sea mayor, como nuestra tripulación es de 20 escogeremos el valor 35.
- Si los botes son de tipo cerrado aumentaremos el peso en 3,5 T por bote. En nuestro buque esto no sucede ya que estos no son obligatorios.

$$PL = 9,5 + (35 - 35) * 0,1 = 9,5 t$$

$$XG = 49 m$$

$$KG = 12,5 m$$

### 2.3.7 Peso del equipo de carga y manipulación de la carga

El buque consta de dos grúas situadas en los costados del buque sobre unos railes que permiten el deslizamiento de estas en toda la eslora del área destinada a la carga sobre la cubierta principal. También permiten cargar y descargar material desde esta cubierta al puerto.

- Grúas laterales: será dos grúas modelos tipo PSV 100Tm de Kongsberg. Son unas grúas de raíl articuladas y oscilantes 360° que levantan 10 t cada una hasta una distancia de 10 m y 6 t a una distancia de 16 m.

$$Pg = 20 t$$

$$XG laterales = 11,9 m$$

$$KG laterales = 11,9 m$$

### 2.3.8 Peso del equipo de investigación.

Para las labores de investigación oceanográfica, del fondo marino y de la parte sumergida de las plataformas offshore necesitaremos un ROV. Para ello disponemos de una grúa que lo iza y lo despliega desde su compartimento al exterior. El peso del ROV es información del catálogo del fabricante.

$$Prov = 3,2 t$$

$$XG = 52,50 m$$

$$KG = 11,90 m$$

### 2.3.9 Peso de la instalación eléctrica

Seguiremos la siguiente fórmula sacada del libro de referencia.

$$Pei = \frac{\frac{L * Lc}{60} * BHP}{1000}$$

Donde:

- Lc corresponde a la longitud del cable (de forma aproximada)
- L es la eslora del buque
- BHP es la potencia suministrada por los diésel generadores

$$Pie = \frac{\frac{L * Lc}{60} + BHP}{1000} = \frac{\frac{79 * 25}{60} + (5211 * 4)}{1000} = 20,87 t$$

$$KG = 5,60 m$$

$$XG = 42,70 m$$

### 2.3.10 Peso de los cierres y accesos

Se define lo siguiente:

- NC, número de casetas de chigres.
- NH, número de cubiertas de alojamiento

#### Peso puertas de acero

$$Ppuertas = 0,56 * (NH + 1) + 0,28 * NC$$

$$Ppuertas = 0,56 * (3 + 1) + 0,28 * 0 = 2,24 t$$

$$XG = 0,75 * L = 0,75 * 79 = 59,25 m$$

$$KG = 16 m$$

#### Peso de portillos y ventanas

$$Pportillos = 0,8 * NH + 0,6$$

$$Pportillos = 0,8 * NH + 0,6 = 0,8 * 3 + 0,6 = 3 t$$

$$XG = 0,75 * L = 0,75 * 79 = 59,25 m$$

$$KG = 13,3 m$$

#### Peso de barandillas

$$Pbarandillas = 0,245 * (NH + 2)$$

$$Pbarandillas = 0,245 * (NH + 2) = 0,245 * (3 + 2) = 1,23 t$$

$$XG = 0,75 * L = 0,75 * 79 = 59,25 m$$

$$KG = 23,1 m$$

### 2.3.11 Peso de bombas y tuberías

Seguiremos la siguiente fórmula sacada del libro de referencia.

$$P_{tb} = 0,0047 * L * \sqrt{L * B}$$

Donde:

- L es la eslora del buque.
- B es la manga máxima del buque.

$$P_{bt} = 0,0047 * 79 * \sqrt{79 * 21,40} = 15,26 t$$

El centro de gravedad longitudinal lo vamos a estimar a una distancia desde la perpendicular de popa que se encuentre en la mitad del espacio de carga de los tanques. Suponemos que el centro de gravedad vertical de las tuberías se encuentra a 0,5 metros sobre el doble fondo del buque.

$$XG = 28 m$$

$$KG = 1,40 + 0,50 = 1,90 m$$

### 2.3.12 Peso de las hélices de proa

Las hélices escogidas para la zona de proa, en este caso las dos de los túneles serán el modelo TTC 83 de Kongsberg.

$$P_{thruster\ proa} = 2 * (11,73) = 23,46 t$$

$$XG = 68,60 m$$

$$KG = 2,74 m$$

### 2.3.13 Peso de las hélices de popa

Al igual que con las hélices de proa, en el Anexo I se adjunta las hélices que va a montar este buque. Las principales serán el modelo Azipod DZ1600-R2300 de ABB. El buque también cuenta con un thruster que será el modelo TT CP de Kongsberg.

$$P_{pods} = 100,80 \text{ (peso fuera del agua)} * 2 = 201,60 t$$

$$XG = 0 m$$

$$KG = 3 m$$

$$P_{thruster\ popa} = 7 t$$

$$XG = 11,90 m$$

$$KG = 1 m$$

### 2.3.14 Peso del equipo de remolque

Será un equipo proporcionado por DMT Marine Equipment, exactamente el modelo WTW-E2000KN. La información necesaria es la siguiente.

$$P_{winche\ remolque} = 93,50 t$$

$$XG = 42 m$$

$$KG = 11,90 m$$

El cable de remolque mide 700 m con un peso estimado de 17,04 kg/m, siendo finalmente el peso del carretel entero de 11,93 t.

### 2.3.15 Peso de la habilitación

Nos dirigiremos al libro de referencia para obtener el valor recomendado del peso de cada zona dentro de la habilitación. Estos valores se muestran en la siguiente tabla.

Desglose de pesos "Cálculo del desplazamiento" F. Junco		
Camarote de oficiales	135	kg/m2
Camarote de tripulación	160	kg/m2
Comedores y salones	120	kg/m2
Pasillos (sin mamparos)	80	kg/m2
Aseo individual	250	kg/m2
Aseo público	200	kg/m2
Cocina	200	kg/m2
Oficio	200	kg/m2
Gambuza seca y paños	60	kg/m2
Lavadero y secadero	150	kg/m2
Gambuza frigorífica (95 kg/m3)	190	kg/m2

En la siguiente tabla se muestra la distribución de pesos por cubiertas donde cada lugar en la habilitación está referenciado al desglose de pesos.

Cubierta	Espacio	m2	kg/m2	Peso (Kg)
	Contraincendios	24	120	2880
	Aire acondicionado	19	120	2280
	Sala de control	29	120	3480
	Bombas	24	120	2880
	Sala ROV	35	200	7000
	Almacén 1	20	60	1200
Cubierta	Almacén 2	20	60	1200
Principal	Pañol 1	7	60	420
	Pañol 2	6	60	360
	Hospital	34	120	4080
	Sala Salvamento	30	120	3600
	Residuos	20	150	3000
	Lavandería	22	150	3300
	Duchas	22	200	4400
	Vestuarios	290	200	58000
<b>Total</b>				<b>98080</b>
	Comedor oficiales	49	120	5880
	Comedor tripulación	45	120	5400
	Cocina	74	200	14800
Cubierta	Baños	20	200	4000
A	Gambuza cocina	6	190	1140
	Gambuza seca	5	60	300
	Salón	45	120	5400
	Sala de Reuniones	34	120	4080
<b>Total</b>				<b>41000</b>

	Sala Salvamento 2	30	120	3600
	Camarote 1	12	160	1920
	Camarote 2	12	160	1920
	Camarote 3	7	160	1120
	Camarote 4	7	160	1120
Cubierta	Camarote 5	7	160	1120
B	Camarote 6	7	160	1120
	Camarote 7	15	160	2400
	Camarote 8	15	160	2400
	Baños	35	200	7000
	Lavandería	13	150	1950
	Sala de reuniones	35	120	4200
<b>Total</b>				<b>29870</b>
	Camarote 10	10	160	1600
	Camarote 11	10	160	1600
	Camarote 12	10	160	1600
	Camarote 13	10	160	1600
Cubierta	Camarote 14	12	160	1920
C	Camarote 15	12	160	1920
	Camarote 16	12	160	1920
	Camarote 17	12	160	1920
	Aseo público	30	200	6000
	Aseo individual	20	250	5000
<b>Total</b>				<b>25080</b>
	Sala de Reuniones	35	120	4200
	Salón	35	120	4200
	Oficinas	20	120	2400
Cubierta	Aseos	15	200	3000
D	Camarote 18	20	135	2700
	Camarote 19	20	135	2700
	Camarote 20	20	135	2700
	Camarote 21	20	135	2700
<b>Total</b>				<b>24600</b>
	Local DP	80	120	9600
Cubierta	Oficinas	30	120	3600
E	Aseos	15	200	3000
	Generadores emergencia	15	120	1800
<b>Total</b>				<b>18000</b>
	Puente	300	120	36000
<b>Peso total</b>				<b>272630 Kg</b>

La situación del centro de gravedad horizontal XG y del centro de gravedad vertical KG sería en la mitad de la habilitación, en un punto intermedio.

$$Phab = 272,62 t$$

$$XG = 63 m$$

$$KG = 16 m$$



## 2.4 Resumen del peso en rosca

Una vez que se ha realizado el estudio de lo que integra el peso en rosca de nuestro buque lo vamos a mostrar en una tabla para obtener el peso en rosca final y su centro de gravedad. Para los posteriores cálculos escogeremos un valor del rosca 10% superior con una desviación del XG de 1m y del KG de 0,50 m.

Estas variaciones en los cálculos tienen diversos motivos. La variación 10% que afecta al valor final del rosca se debe a que varios pesos de los equipos fueron estimados y el valor real puede ser superior a la aproximación. En cuanto al valor del XG, este varía menos, pero se debe a que la posición de algunos equipos del buque puede sufrir una leve modificación de su posición a lo largo de la eslora del buque y de los distintos cuadernos que conforman este TFG. El valor de KG apenas tiene modificación ya que la disposición de estos equipos en las distintas cubiertas es más fiel al diseño final de nuestro buque como podemos comprobar en el cuaderno 7.

Con todo esto se muestra una tabla donde están representados las partidas del peso en rosca y el valor final que utilizaremos.

Elemento	PESO EN ROSCA				
	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	Peso*XG	Peso*KG
Peso de aceros	1232,82	35,90	6,14	44258,24	7569,51
Peso maquinaria	404,59	42,70	4,70	17275,99	1901,57
Peso tanques de servicio CCMM	10,58	42,70	5,60	451,77	59,25
Peso tecles CCMM	10,98	42,70	5,60	468,85	61,49
Peso containcendios CCMM	4,44	42,70	5,60	189,59	24,86
Peso protección anticorrosiva	8,93	52,60	11,83	469,72	105,64
Peso protección catódica	2,15	42,42	4,10	91,20	8,82
Peso equipo amarre y fondeo	218,50	72,10	14,55	15753,85	3179,18
Peso equipo navegación	2,00	56,00	24,50	112,00	49,00
Peso equipo exhaustación	5,75	52,50	14,70	301,88	84,53
Peso equipo salvamento	9,50	49,00	12,50	465,50	118,75
Peso equipo manipulación de la carga	20,00	11,90	11,90	238,00	238,00
Peso equipo investigación	3,20	52,50	11,90	168,00	38,08
Peso instalación eléctrica	20,87	42,70	5,60	891,15	116,87
Peso puertas acero	2,24	59,25	16,00	132,72	35,84
Peso portillos y ventanas	3,00	59,25	13,30	177,75	39,90
Peso barandillas	1,23	59,25	23,10	72,88	28,41
Peso bombas y tuberías	15,26	28,00	1,90	427,28	28,99
Peso hélices maniobra de proa	23,46	68,60	2,74	1609,36	64,28
Peso hélices de popa	201,60	0,00	3,00	0,00	604,80
Peso hélices maniobra de popa	7,00	11,90	1,00	83,30	7,00
Peso equipo de remolque	93,50	42,00	11,90	3927,00	1112,65
Peso cable remolque	11,93	42,00	11,90	500,98	141,94
Peso habilitación	272,62	63,00	16,00	17175,06	4361,92
<b>Total</b>	<b>2586,15</b>	<b>40,69</b>	<b>7,73</b>	<b>105242,05</b>	<b>19981,29</b>
<b>Margen del peso en rosca</b>	<b>Peso (t)</b>	<b>XG (m)</b>	<b>KG (m)</b>		
10% superior	2844,76	41,69	8,23		

En el siguiente apartado de este cuaderno y teniendo en cuenta los tanques del cuaderno 4 podemos establecer una lista de cuáles son las partidas que dan lugar al peso nuestro de nuestro buque.

### 3 CÁLCULO DEL PESO MUERTO

En esta sección, realizaremos un estudio de los pesos que forman parte del peso muerto al igual que hemos realizado con el peso en rosca.

Para el peso muerto podemos considerar que este se reparte entre consumos, tripulación, pertrechos y carga útil. A continuación, se hace una estimación del peso muerto que tendrá el buque, ya que este no es un requerimiento de la RPA.

#### 3.1.1 Consumos

Los consumos se dividirán en:

- Combustible
- Aceite
- Agua dulce
- Víveres

Todos los consumos se calcularán para la autonomía de 6000 millas náuticas a la velocidad de servicio de 15 Kn definida en la RPA.

##### Combustible:

Para calcular la cantidad de combustible que debemos llevar a bordo necesitamos conocer el consumo específico de nuestro motor MAN 9L32/44CR que es de 176,5 g/kWh al 85% de carga según el catálogo del fabricante. Este sería una primera estimación donde calculamos el consumo de toda la planta eléctrica trabajando al 85% de MCR. Lo ideal sería analizar el consumo considerando la potencia necesaria en las distintas condiciones de navegación siendo la de referencia la de navegación en aguas libres. Para ello deberíamos tener en cuenta los resultados obtenidos según el balance eléctrico del cuaderno 11.

$$\text{Consumo específico} = 176,5 \frac{g}{kW * h}$$

Por lo que el consumo de combustible será:

$$\text{Consumo HFO o MDO} = \frac{4000 \text{ millas}}{15 \text{ nudos}} * \frac{176,5 g}{kW * h} * (4 * 5211) kW * \frac{1 t}{10^6 g} * 0,85 = 833,90 t$$

A mayores, según el project guide, si tenemos un genset se debe añadir un porcentaje para todas las bombas de lubricación de aceite. Es el siguiente.

$$\text{Percentage addition} = 1,20 * \left( \frac{100\%}{85\%} \right) \% ; \text{ siendo la carga del } 85\%$$

$$\text{Consumo final} = 834 * 1,41 = 1175,94 t$$

Aceite:

Según el project guide, dentro del motor tenemos una cantidad de 5.250 litros de aceite para la lubricación, dato para tener en cuenta porque cuando calculamos el peso de los motores este fue de 91 t en seco. Además, el consumo específico de aceite es de 0,5 g/kWh que si tenemos 5211 kW a 750 rpm el consumo de un motor será de 2,70 kg/h según el project guide.

$$\text{Consumo lubricante} = \frac{4000 \text{ millas}}{15 \text{ nudos}} * 2,70 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,72 \text{ t}$$

Agua dulce:

Para el agua dulce vamos a calcular la utilizada solo para consumo propio y la que entregamos a la plataforma. La estimación la realizaremos con 175 litros por persona y por día además de 400 m<sup>3</sup> para entregar a la plataforma.

Tabla A.1  
Valores guía para el consumo de agua potable en litros por persona/cama y día

Tipo de buque		Grupo de personas embarcado	Consumo de agua cuando esté equipado con	
			sistema de aseos de gravedad	sistema de aseos de vacío
Buque de alta mar	Carguero	Tripulante/cama	220 l	175 l
	Buque de pasaje	Pasajero/cama	270 l	225 l
	Crucero de lujo	Pasajero/cama	–	275 l
	Trasbordador con cabinas	Pasajero/cama	205 l <sup>a</sup>	160 l <sup>a</sup>
		Pasajero sin cama	100 l	55 l
	Trasbordador sin cabinas	Pasajero sin cama	150 l	105 l
Tripulante sin cama		100 l	55 l	

$$\text{Agua consumo} = 175 \text{ litros} * 20 \text{ tripulantes} * 12 \text{ días} = 42000 \text{ L} \rightarrow 42 \text{ t}$$

$$\text{Agua plataforma} = 400.000 \text{ litros} \rightarrow 400 \text{ t}$$

$$\text{Peso agua dulce} = 442 \text{ t}$$

Agua circuito refrigeración de alta y baja temperatura:

Según el project guide un solo motor tendrá en su interior aproximadamente 337 L de agua para el servicio de HT y 78 L de agua para el de LT. En total tendremos lo siguiente.

$$\text{Peso agua refrigeración HT} = 1348 \text{ L} = 1,35 \text{ t}$$

$$\text{Peso agua refrigeración LT} = 312 \text{ L} = 0,32 \text{ t}$$

$$\text{Peso total agua refrigeración} = 1,67 \text{ t}$$

Aguas grises y negras:

Para los tanques de aguas grises y negras se estima una autonomía de tanque de 3 días, correspondiente a la estancia en puerto. Para el cálculo de la capacidad de los tanques de almacén de aguas negras y grises se recurre a la norma UNE-EN ISO 15749-1 2005.

**Tabla 2**  
Cantidad mínima de agua de desecho

Tipo de buque	Cantidad mínima de agua de desecho por persona y día en litros			
	Planta sin vacío		Planta con vacío	
	Aguas negras	Aguas negras y grises	Aguas negras	Aguas negras y grises
Buques de pasaje	70	230	25	185
Buques de alta mar exceptuando los de pasaje	70	180	25	135
Los buques costeros pueden conservar los valores recomendados por las autoridades responsables.				
NOTA – Estos valores son los recomendados. Hay que considerar las posibles variaciones debidas a los reglamentos nacionales o a las recomendaciones de las sociedades de clasificación.				

El buque posee un sistema de vacío que se explicará en el Cuaderno 12. Por tanto, el consumo será de 135 L por día y por persona.

$$\text{Aguas grises y negras} = 135 \text{ L} * 3 \text{ días almacenamiento} * 20 \text{ tripulantes}$$

$$\text{Aguas grises y negras} = 8,1 \text{ t}$$

Viveres:

Para los víveres estimaremos una cantidad de 10 kg por persona al día al ser un buque de trabajo que puede llevar personas a bordo distintas de la tripulación.

$$\text{Viveres} = 10 \text{ kg} * 20 \text{ tripulantes} * 12 \text{ días} = 2,4 \text{ t}$$

Sumamos todas las partidas y obtenemos el consumo total.

$$\text{Consumos} = 1175,94 + 5,25 + 0,72 + 442 + 1,67 + 8,1 + 2,4 = 1636,08 \text{ t}$$

### 3.1.2 Tripulación y pasaje

Para calcular el peso de tripulación y pasaje consideraremos 125 kg por tripulante y entre 125 – 200 kg por su pasaje. En las RPA tenemos como tripulación del buque a 20 tripulantes.

$$\text{Tripulación} = 20 \text{ tripulantes} * 200 \text{ kg} = 4 \text{ t}$$

### 3.1.3 Pertrechos

Esta cifra varía bastante dependiendo del tipo de buque y suele oscilar entre 10 y 100 t. para el buque del proyecto se utilizarán 80 t por ser un buque de trabajo.

$$\text{Pertrechos} = 80 \text{ t}$$

### 3.1.4 Carga útil

La carga útil se definía inicialmente en el cuaderno 1 y será desarrollada a lo largo de este apartado y del cuaderno 4. Está compuesta por los suministros que lleva en la cubierta para las plataformas offshore tal como tuberías de perforación, anclas y carga paletizada o en contenedores y los suministros que lleva bajo cubierta. Los datos de Peso, XG y KG los obtenemos del programa Maxsurf Stability y de los datos del Cuaderno 4.

		SUMINISTROS				
Elementos		Peso (t)	XG (m)	KG (m)	Peso*XG	Peso*KG
Bajo cubierta	Chain lockers	2561	32,90	5,25	84256,90	13445,25
	Liquid mud	1129,81	28,00	5,75	31634,68	6496,41
	Brine	463,198	20,30	6,25	9402,92	2894,99
	Dry bulk	697	13,32	6,77	9280,56	4715,21
	Fuel oil	1186,36	57,455	5,173	68162,31	6137,04
	Agua dulce de Suministro	486,2	68,47	6,67	33288,17	3243,44
	Agua dulce de Servicio	124	8,7	7,05	1078,80	874,20
Carga sobre cubierta	FIFI	117,39	17,53	6,00	2058,20	704,22
	Anclas	260,00	0,00	10,00	0,00	2600,00
	Tuberías perforación	15,00	17,50	10,00	262,50	150,00
	Material de cubierta	1,00	42,00	10,00	42,00	10,00
	Contenedores	28,00	28,00	10,00	784,00	280,00
Total		7068,96	33,99	5,88	240251,04	41550,75

Por tanto, los valores que corresponden a la carga útil son los siguientes.

$$\mathbf{Carga\ útil = 7068,96\ t}$$

$$\mathbf{XG = 33,99\ m}$$

$$\mathbf{KG = 5,88\ m}$$

Finalmente, el peso muerto comprenderá la suma de todas las partidas de consumos, tripulación, pertrechos y carga útil.

$$Peso\ muerto = consumos + tripulación + pertrechos + carga\ útil$$

$$\mathbf{Peso\ muerto = 1636,08 + 4 + 80 + 7068,96 = 8789,04\ t}$$

$$\mathbf{XG = 34,24\ m}$$

$$\mathbf{KG = 5,66\ m}$$

PESO MUERTO					
Elementos	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	Peso*XG	Peso*KG
Carga útil	7068,96	33,99	5,88	240251,04	41550,75
Consumos	1636,08	37,10	5,00	60698,57	8180,40
Tripulación	4,00			0,00	0,00
Pertrechos	80,00			0,00	0,00
Total	8789,04	34,24	5,66	300949,60	49731,15

## 4 CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO

El desplazamiento se define por la suma del peso muerto y del peso en rosca de nuestro buque, por lo tanto, sería lo siguiente.

$$\Delta = PR + PM = 2844,76 + 8789,04 = 11.633,80 \text{ t}$$

El centro de gravedad horizontal XG y el centro de gravedad vertical KG los debemos de calcular igual que se ha realizado con el peso muerto y el peso en rosca del buque.

Elementos	DESPLAZAMIENTO				
	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	Peso*XG	Peso*KG
Peso en Rosca	2844,76	41,69	8,23	118611,01	23401,80
Peso Muerto	8789,04	34,35	5,66	301859,60	49731,15
Desplazamiento	11633,80	36,14	6,29	420470,62	73132,95

En el Cuaderno 3, como tenemos diseñadas las formas finales de nuestro buque ya podemos obtener un valor del desplazamiento. Si hacemos caso a eso tenemos que:

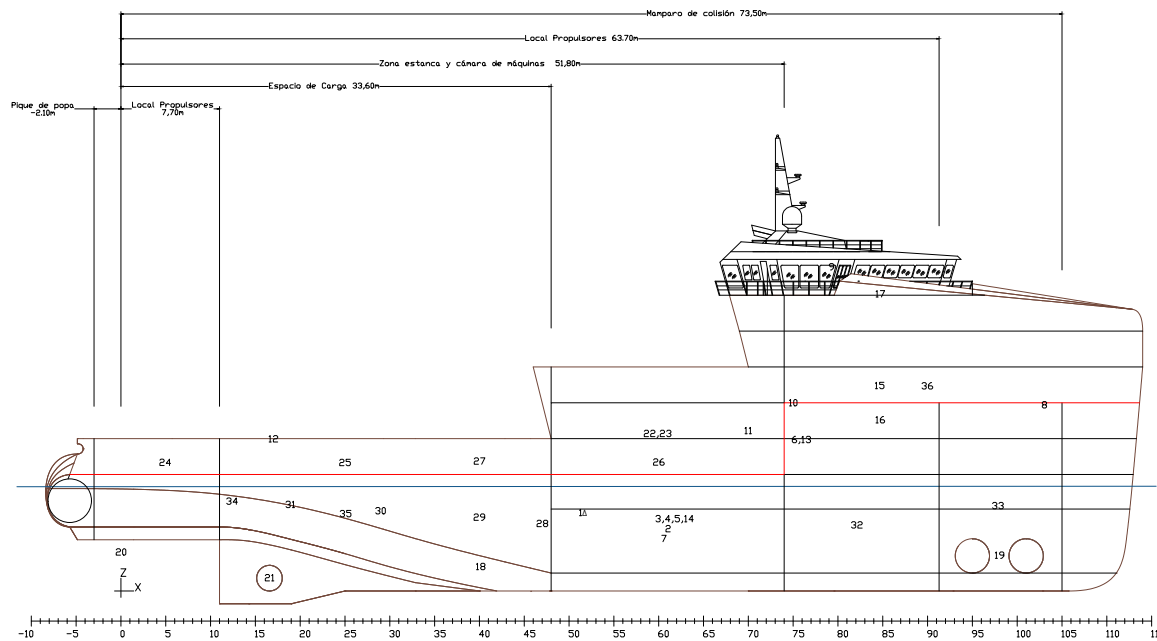
$$\Delta_{\text{alternativa } c3} = 10.914,00 \text{ t} < \Delta_{\text{calculado } c2} = 11.633,80 \text{ t}$$

Analizando los resultados podemos observar que el desplazamiento que obtenemos al diseñar las formas en el cuaderno 3 es menor que el calculado en el cuaderno 2. La diferencia entre ambos es de 719,80 t. Esta diferencia es aceptable ya que al calcularlo manualmente se tienen en cuenta todas las partidas mientras que en las formas diseñadas se ha reducido parte del volumen de carena para mejorar la instalación de los propulsores.

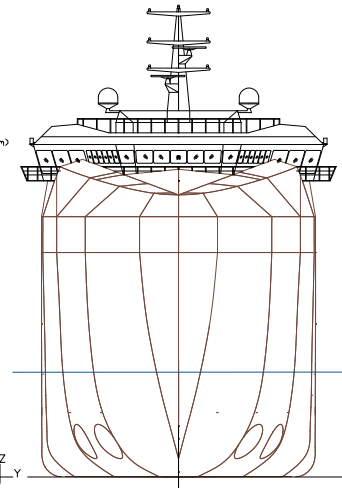
Aún faltan por incluir en nuestro cálculos los tanques que tienen una relación directa con la cámara de máquinas y que sirven para el servicio de los motores como pueden ser los de sedimentación, uso diario y aceite lubricante entre otros. Además, puede ser necesario aumentar otros elementos auxiliares relacionados con la maniobra de manipulación de las anclas que aún no estuviesen considerados en este cuaderno. Por tanto, consideraremos como correcto el desplazamiento de 11.633,80 t.

## ANEXO

- I. **Plano disposición de los pesos en el buque y justificación del centro de gravedad sobre la disposición general.**



WHEELHOUSE TDP (25,9m)  
 BRIDGE DECK (23,1m)  
 D DECK (20,3m)  
 C DECK (17,5m)  
 B DECK (14,7m)  
 A DECK (11,9m)  
 MAIN DECK (9,1m)  
 TWEEN DECK (6,4m)  
 DF (1,4m)  
 BASE LINE



ELEMENTOS DEL BUQUE Y TANQUES PRINCIPALES				
nº Elemento	Elemento	Peso (t)	XG (m)	KG (m)
1	Peso de aceros	1232,82	35,90	6,14
2	Peso maquinaria	404,59	42,70	4,70
3	Peso tanques de servicio CCMM	10,58	42,70	5,60
4	Peso techos CCMM	10,98	42,70	5,60
5	Peso contenedores CCMM	4,44	42,70	5,60
6	Peso protección anticorrosiva	8,93	52,60	11,83
7	Peso protección catódica	2,15	42,42	4,10
8	Peso equipo amarre y fondeo	218,50	72,10	14,55
9	Peso equipo navegación	2,00	56,00	24,50
10	Peso equipo exhaustación	5,75	52,50	14,70
11	Peso equipo salvamento	9,50	49,00	12,50
12	Peso equipo manipulación de la carga	20,00	11,90	11,90
13	Peso equipo investigación	3,20	52,50	11,90
14	Peso instalación eléctrica	20,87	42,70	5,60
15	Peso puertas acero	2,24	59,25	16,00
16	Peso portillos y ventanas	3,00	59,25	13,30
17	Peso barandillas	1,23	59,25	23,10
18	Peso bombas y tuberías	15,26	28,00	1,90
19	Peso hélices maniobra de proa	23,46	68,00	2,74
20	Peso hélices de popa	201,60	0,00	3,00
21	Peso hélices maniobra de popa	7,00	11,90	1,00
22	Peso equipo de remolque	93,50	42,00	13,90
23	Peso cable remolque	41,50	42,00	14,90
24	Anclas	260,00	3,50	10,00
25	Tuberías perforación	15,00	17,50	10,00
26	Material de cubierta	1,00	42,00	10,00
27	Contenedores	28,00	28,00	10,00
28	Chain sockets	2661,0000	32,00	5,24
29	Liquid mud	1129,8100	28,00	5,75
30	Brine	461,1980	20,30	6,25
31	Dry bulk	697,0000	13,32	6,77
32	Fuel oil	1186,3600	57,4500	5,1730
33	Agua dulce de suministro	486,2000	48,97	6,67
34	Agua dulce de servicio	124,0000	8,7000	7,0000
35	JBI	117,3900	17,53	6,00
36	Peso habitación	272,62	63,00	16,00

DESPLAZAMIENTO					
Elementos	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	Peso*KG	Peso*KG
Peso en Rosca	2844,76	41,69	8,23	118611,01	23401,80
Peso Muerto	8789,04	34,35	5,66	303859,60	49731,15
Desplazamiento	11633,80	36,14	6,28	420470,62	73132,95

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 85,68 m.  
 ESLORA ENTRE PERPENDICULARES \_\_\_\_\_ 79,00 m.  
 MANGA DE TRAZADO \_\_\_\_\_ 21,40 m.  
 PUNTA A LA CUB. PRINCIPAL \_\_\_\_\_ 9,10 m.  
 CALADO DE DISEÑO \_\_\_\_\_ 8,19 m.

PROYECTO: ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL

### C2. Justificación de los pesos en el buque.

Autor: Raúl Fernández Garda	Universidade da Coruña
Tutor: Marcos Míguez González	Escola Politécnica Superior
Plano I	Escala 1:15
	Trabajo Fin de Grado. 2022-GENO-3