



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2019/ 2010

PSV 8500 TPM

CLEAN DESIGN; FIFI III; DYNPOS AUTR; SF; E0; SPS; SUPPLY VESSEL; OIL
RECOVERY; ICE C

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

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO: PABLO FERNÁNDEZ CARBAJALES

TUTOR: FERNANDO LAGO RODRÍGUEZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2020

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO Nº 1920/ 09

Requerimientos previstos de actividad (RPA) del buque proyecto:

Título del proyecto: PSV 8500 TPM

Clasificación, cota y reglamentos de aplicación: DNV, SPS, SUPPLY VESSEL, SF, EO, ICE C, DYNPOS AUTR, CLEAN DESIGN, FIFI III

Velocidad y autonomía: 15 nudos en condiciones de servicio, 5000 millas

Sistemas y equipos de carga/ descarga: los habituales en este tipo de buques

Propulsión: diésel – eléctrica, propulsores Voith Schneider

Tripulación y pasaje: 38 personas más 12 (personal especial), según SPS

Ferrol, 31 de octubre de 2019

ALUMNO/A: PABLO FERNÁNDEZ CARBAJALES

El buque a proyectar se trata de un buque diseñado para prestar apoyo y suministro a las plataformas petrolíferas del Mar del Norte, tanto carga líquida como carga seca. Además, presenta la posibilidad de extinguir fuegos exteriores al buque (FIFI III) y recoger vertidos de hidrocarburos en alta mar (OIL RECOVERY).

The vessel to be projected is a vessel designed to provide support and supply to the oil rigs in the North Sea, both liquid and dry cargo. In addition, it has the possibility of extinguishing fires outside the ship (FIFI III) and collecting hydrocarbon spills in the seas (OIL RECOVERY).

O buque que se proxecta é un buque diseñado para proporcionar apoio e subministración ás plataformas petrolíferas do mar do Norte, tanto carga líquida como seca. Ademais, ten a posibilidade de extinguir incendios fora do buque (FIFI III) e recoller derrames de hidrocarburos en alta mar (OIL RECOVERY).

ÍNDICE

1. Presentación (página 5)
2. Introducción (página 6)
3. Cálculo del peso en rosca del buque (páginas 7 – 19)
4. Márgenes considerados en el peso en rosca (PR) y en los centros de gravedad (CG). Análisis de los resultados obtenidos (páginas 20 – 21)
5. Comprobación del peso muerto (PM) y de la carga útil (página 22)
6. Anexos

1. Presentación

El buque proyecto se trata de un PSV (Platform Supply Vessel) destinado a prestar apoyo y suministro a las plataformas petrolíferas del Mar del Norte, con una capacidad de 8500 TPM, condición fijada en la RPA, además de una velocidad de servicio de 15 nudos. En cuanto a la operatividad del mismo puede suministrar la siguiente carga:

- Diesel oil
- Agua dulce para consumo
- Cemento seco
- Salmuera
- Otros elementos en la cubierta principal (carga seca) como brocas de perforación, cables etc.

También está diseñado para recoger los siguientes productos de la plataforma:

- Barro de perforación

Se ha dotado también la posibilidad de que el buque tenga la capacidad de recoger vertidos de hidrocarburos derramados en alta mar, lo que se conoce como Oil Recovery.

Las cotas de clase que aplican en el diseño del buque proyecto son las siguientes:

- DNV: buque diseñado bajo dicha sociedad de clasificación, se seguirán las normas y recomendaciones que sean de aplicación.
- SPS (special pourpuse ship)
- Supply vessel: buque diseñado para prestar apoyo.
- SF: buque diseñado teniendo en cuenta factores restrictivos en estabilidad en averías
- E0: maquinaria desatendida
- ICE C: buque diseñado para navegar en zonas con presencia de una capa fina de hielo
- DYNPOS AUTR: buque diseñado con la capacidad de mantener la posición sin moverse.
- CLEAN DESIGN: buque que dota de un diseño limpio en cuanto a contaminación
- FIFI III: buque diseñado con la posibilidad de luchar contra fuegos exteriores.
- OIL RECOVERY: buque dotado de la capacidad de recoger y almacenar vertidos de hidrocarburos en alta mar

Las cotas de clase comentadas se irán desarrollando a lo largo de los 13 cuadernos de los que consta el TFG.

2. Introducción

El objetivo del presente cuaderno es conocer el peso en rosca del buque proyecto, así como las coordenadas del centro de gravedad de dicho peso en rosca. Este estudio es importante para conocer los pesos fijos que lleva el buque, conociendo el desplazamiento podremos determinar el peso muerto (PM) del buque, que como se había fijado en la RPA del proyecto debe ser al menos de 8500 TPM:

$$\Delta = PM + PR$$

El peso en rosca (PR), objeto de estudio en este cuaderno, se puede dividir a su vez en diferentes partidas. Se dividirá en los siguientes grupos:

- Peso de aceros
- Peso de la maquinaria propulsora
- Peso de los equipos restantes

$$PR = P \text{ ACEROS} + P \text{ MAQUINARIA PROP.} + P \text{ EQUIPOS}$$

Cabe destacar que este estudio se trata de una fase preliminar, para tener una aproximación del peso en rosca del buque proyecto, que será importante una buena definición del mismo a la hora de analizar las condiciones de carga estipuladas y los criterios de estabilidad, como se verá en el Cuaderno 5. También es importante para el estudio que se hará en el Cuaderno 8 sobre la resistencia longitudinal del buque.

Dicha aproximación se realizará empleando formulación, basada en datos relativos a una multitud de buques en funcionamiento. Se seguirá la formulación existente en el libro "Cálculo del desplazamiento de un buque" de Fernando Junco.

A continuación, se muestran las dimensiones principales obtenidas en el Cuaderno 1, que serán el punto de partida para el estudio del peso en rosca (PR):

L	106,7 m	Cp	0,695
Lpp	95,337 m	Fr	0,252
B	25,4 m	Cb	0,689
D	11,5 m	Cm	0,992
T	8,5 m	Δ	14505

Tabla comparativa de las dimensiones y características principales del buque proyecto obtenidas en el Cuaderno 1

Algunos valores del centro de gravedad de diferentes equipos se han aproximado teniendo en cuenta una idea de la disposición general del buque, basándose en el croquis preliminar del Cuaderno 1.

3. Cálculo del peso en rosca del buque

En este apartado se desglosará el peso en rosca del buque proyecto mediante formulación, como se ha comentado anteriormente en el punto anterior. Inicialmente se hará un estudio preliminar calculando el peso en rosca total, sin desgloses.

- Estudio preliminar del peso en rosca (PR) total, sin desgloses

Para este estudio se recurrirá a la siguiente fórmula, obtenida del libro comentado en la introducción del cuaderno, que nos dará una idea de este valor en función de las características principales del buque:

$$PR = 0,14 \times LBD + 0,03 \times BHP + 0,045 \times LBD$$

Esta fórmula se emplea para buques de suministro a plataformas petrolíferas, como es el caso del buque proyecto.

Donde:

- BHP = 4720 Kw, valor aproximado, obtenido en el Cuaderno 1
- L = eslora entre perpendiculares (Lpp) = 95,4 m
- B = manga máxima del buque = 25,4 m
- D = puntal a la cubierta continua más alta, es decir, a la cubierta principal de carga = 11,5 m
- Se aplicará, además, un margen del 10 %

Conociendo todos los valores comentados, ya podemos conocer el peso en rosca:

$$PR = 5293 \text{ t}$$

Ahora, calcularemos la posición del centro de gravedad:

$$X_{rosca} = 0,41699 \times Lpp$$

$$X_{rosca} = 40 \text{ m}$$

$$Z_{rosca} = 0,64193 \times D + 1,021109$$

$$Z_{rosca} = 8,4 \text{ m}$$

Una vez hechos todos los cálculos necesarios, ya nos podemos hacer una idea del valor total del peso en rosca, así como del centro de gravedad del mismo. A continuación, se desglosará dicho peso en rosca en las partidas ya comentadas, para tener una mejor aproximación.

- **Estudio desglosado del peso en rosca (PR) en diferentes partidas**

Como ya se ha comentado, se dividirá en las tres partidas siguientes:

- Peso de aceros
- Peso de la maquinaria propulsora
- Peso de los equipos restantes

A su vez, se irá detallando con más detalle cada una de las partidas anteriores. Todos los cálculos se realizarán mediante formulación.

- **Peso de aceros:**

Para el cálculo del peso del acero de la estructura se seguirá el método de Watson. La fórmula empleada es la siguiente:

$$P_{\text{acero}} = k \times E^{1,36} \times (0,65 + 0,5 \times C_{bp}^{80\%} D)$$

Donde:

- k = coeficiente adimensional, se tomará 0,045, valor medio para este tipo de buques
- $E = L \times (B + T) + 0,85 \times (D - T) + F_s$
- F_s = factor de superestructura. Este factor se calculará mediante la siguiente fórmula: $F_s = 0,85 \times (l_s \times h_s) + 0,75 \times (l_c \times h_c)$, obtenida también del libro "Cálculo del desplazamiento". Se considera que una superestructura llega al costado cuando su dimensión en manga es igual o superior al 75 % de la manga del buque, el resto son casetas. Se trata de una superestructura ya que su manga es prácticamente igual a la manga del buque, por tanto, superior al 75 %.
- $l_s = 21$ m
- $h_s = 12$ m
- Conocidos los valores anteriores, se obtiene un factor de superestructura de 214,2
- $C_{bp} = C_b \times ((1 - C_b) \times ((0,8 \times D) - T)) / (3 \times T)$

Conocidos todos los valores anteriores obtenemos un peso de aceros de:

$$P_{\text{acero}} = 3492 \text{ t}$$

La altura del centro de gravedad del peso de aceros se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Z_{\text{acero}} = \frac{0,01 \times D \times (46,6 + (0,135 \times (0,81 - C_b) \times L^2) / D^2) + (L/B - 6,5) \times 0,008 \times D}{C}$$

Donde:

- $C = 0,001 \times D \times (2 - (L/60))$ para buques con $L < 120$ m

Conocidos todos los datos obtenemos:

$$Z_{\text{acero}} = 5,245 \text{ m}$$

La posición longitudinal del centro de gravedad del peso del acero se estima en la mitad de la eslora del buque, por tanto:

$$X_{\text{acero}} = 48 \text{ m}$$

Suponemos, por ser el buque simétrico respecto a crujía, que el centro de gravedad del peso del acero se encuentra en la línea de crujía, por tanto:

$$Y_{\text{acero}} = 0 \text{ m}$$

- **Peso de la maquinaria propulsora:**

El peso de la maquinaria propulsora viene determinado por la siguiente expresión:

$$P_{\text{maquinaria propulsora}} = QP + RP$$

El término QP se refiere a los motores principales, que se dimensionarán con detalle en sucesivos cuadernos. Se estimarán unas 50 t.

En cuanto al término RP, viene determinado por la siguiente expresión:

$$RP = c \times BHP^d$$

Donde:

- $c = 0,59$
- $d = 0,7$
- $BHP = 4720$

Conocidos todos los valores obtenemos que $RP = 220 \text{ t}$. Por tanto, el peso de la maquinaria propulsora será de $P_{\text{maquinaria propulsora}} = 270 \text{ t}$.

En cuanto a la posición del centro de gravedad, irá situado en la cámara de máquinas del buque proyecto, que se situará con detalle en el Cuaderno 4. Se aproxima a la mitad del buque, por tanto:

$$X_{\text{maquinaria propulsora}} = 50 \text{ m}$$

$$Z_{\text{maquinaria propulsora}} = 6 \text{ m}$$

Dentro de este cálculo de la maquinaria propulsora se incluirán las siguientes partidas:

- Peso de los polines:

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\text{Peso de los polines} = (a + b) \times (\text{MCR (HP)} / 1000)$$

Donde:

$$- a = 0,00135 \times (\text{MCR (KW)} / 1000)^{0,5} - 0,071 \times (\text{MCR (KW)} / 1000) + 2,07$$

$$- b = - 0,5$$

Ya podemos conocer el peso de los polines y su centro de gravedad:

$$\text{Peso de los polines} = 6,44 \text{ t}$$

$$X \text{ polines} = 50 \text{ m}$$

$$Z \text{ polines} = 6 \text{ m}$$

- Peso del sistema de combustible:

La fórmula a emplear será la siguiente:

$$\text{Peso del sistema de combustible} = a \times (\text{MCR (KW)} / 1000) + b$$

El tipo de combustible que usa el buque es diésel oil. Calculamos el peso y el centro de gravedad:

$$\text{Peso del sistema de combustible} = 6,04 \text{ t}$$

$$X \text{ sistema de combustible} = 46 \text{ m}$$

$$Z \text{ sistema de combustible} = 6 \text{ m}$$

- Peso de piezas de respeto en cámara de máquinas y líquidos en circuitos incluidos en el peso en rosca:

La fórmula a emplear para este cálculo es la mostrada a continuación:

$$\text{Peso piezas respeto} + \text{líquidos en circuitos} = a \times \text{MCR (KW)} + b \times \text{MCR (KW)}^{0,7}$$

Conocidos todos los valores procedemos al cálculo:

$$\text{Peso piezas respeto} + \text{líquidos en circuitos} = 60,5 \text{ t}$$

X piezas respeto + líquidos en circuitos = 46 m

Z piezas respeto + líquidos en circuitos = 6 m

- Peso de los equipos restantes:

En este apartado se desglosarán los equipos principales del buque proyecto. Hay que recordar que se trata de un estudio básico, lo ideal sería avanzar en el proyecto e ir definiendo equipos. Una vez se hayan definido la mayoría de los equipos evaluar de nuevo el peso en rosca, obteniendo unos resultados mucho más reales y coherentes.

Para el cálculo de estos pesos y su centro de gravedad se han usado también las fórmulas del libro “Cálculo del desplazamiento”.

- Polín de una grúa de cubierta:

La fórmula que nos da el peso es la siguiente:

$$P = (h + D/3) \times 1,5 \times (0,00125 \times Mt + 0,5625)$$

Donde:

- h = altura sobre cubierta, se estima en 9,9 m por encima de la línea de base.
- Mt = momento de la grúa, que da un valor de 31,3 tm

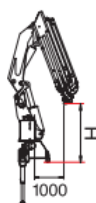
Conocidos estos valores se obtiene:

$$P \text{ polín grúa} = 12,1 \text{ t}$$

Los datos del momento de la grúa se han obtenido del siguiente modelo:

MODELS	LIFTING MOMENT	MAX VERTICAL REACH		SLEWING ANGLE	SLEWING TIME	MAX WORKING REEL	WORKING PRESSURE	CRANE WEIGHT WITHOUT STABILIZERS	WEIGHT OF STABILIZERS	OIL TANK CAPACITY	OIL FLOW	DIMENSIONS
		m	mm									
HC331 E1	31,3	9,9	15,8	400	25	4	305	3050	540	160	45	2500x2355x1170
HC331 E2	-	11,8	18,1	400	25	4	305	3280	540	160	45	2500x2355x1170
HC331 E3	-	13,8	20,4	400	25	4	305	3500	540	160	45	2500x2355x1170
HC331 E4	-	15,8	22,7	400	25	4	305	3730	540	160	45	2500x2355x1170
HC331 E5	-	18,1	24,8	400	25	4	305	3900	540	160	45	2500x2355x1170
HC331 E6	-	20,4	24,8	400	25	4	305	4060	540	160	45	2500x2405x1170
HC331 E7	-	22,7	24,8	400	25	4	305	4180	540	160	45	2500x2490x1300
HC331 E8	-	25,0	27,4	400	25	4	305	4300	540	160	45	2530x2550x1300
HC331 E4 J4	-	25,7	27,5	400	25	4	305	4570	540	160	45	2535x2585x1170
HC331 E5 J4	-	28,0	29,8	400	25	4	305	4740	540	160	45	2545x2585x1170

ACCESSORIES	ACCESSOIRES
One-shot lubrication	Lubrification centrale
Pivoting stabilizer legs	Béquilles pivotantes
Manual extensions	Rallonges mécaniques
Supplementary elements activation (1)	Activation éléments supplémentaires (1)
Winch	Treuil
Oil cooler	Refroidisseur huile
Top seat	Poste de manoeuvre en haut
ZUBEHOERE	ACCESORIOS
Sammelschmierung	Lubrificação central
Drehbare Abstützbeine	Cilindros estabilizadores articulados
Mechanische Ausleger	Extensões mecánicas
Zusätzliche Ausrüstungselemente (1)	Ativadores de elementos complementares (1)



- HC 331 E2 = 2795
- HC 331 E3 = 2795
- HC 331 E4 = 2675
- HC 331 E5 = 2565
- HC 331 E6 = 2450
- HC 331 E7 = 2290
- HC 331 E8 = 2150



En cuanto a las coordenadas del centro de gravedad se estima lo siguiente:

$$X \text{ grúa} = 65,6 \text{ m}$$

$$Z \text{ grúa} = 16 \text{ m}$$

- Peso de los grupos diésel generadores y el grupo generador de emergencia:

La fórmula que da cuenta del peso de los diésel generadores es la siguiente:

$$P \text{ diésel generadores} = (7,45 \times (Kva - 30) + 765) / 1000$$

Donde:

- Kva = 4340

Conocidos los datos obtenemos el peso:

$$P \text{ grupos diésel generadores y de emergencia} = 32,87 \text{ t}$$

En cuanto al centro de gravedad se estima lo siguiente:

$$X \text{ grupos generadores} = 45 \text{ m}$$

$$Z \text{ grupos generadores} = 6 \text{ m}$$

- Peso de la instalación de aguas residuales:

La fórmula empleada es la siguiente:

$$P \text{ instalación de aguas residuales} = 1,1519 \times C1 + 0,2725$$

Donde:

- C1 = capacidad (toneladas/ día), se estima en 2 toneladas/ día, para 50 tripulantes

Ya podemos conocer el peso y la situación del centro de gravedad:

$$P \text{ instalación de aguas residuales} = 2,58 \text{ t}$$

$$X \text{ instalación de aguas residuales} = 40 \text{ m}$$

$$Z \text{ instalación de aguas residuales} = 8,3 \text{ m}$$

- Peso de los VOITH SCHNEIDER:

Para conocer una idea aproximada del peso del equipo propulsor del buque proyecto lo que se ha hecho es mirar un buque de la base de datos, para saber qué modelo llevan instalado, obteniéndose los siguientes datos aproximados:

$$Peso\ VOITH\ SCHNEIDER = 108\ t$$

$$X\ VOITH\ SCHNEIDER = 2,5\ m$$

$$Z\ VOITH\ SCHNEIDER = 6\ m$$

- Peso del generador de agua dulce:

La fórmula empleada es la siguiente:

$$P\ generador\ de\ agua\ dulce = 1,45 \times (44,85 \times C + 600,6) \times (1/1000)$$

Donde:

- C = capacidad (toneladas/ día), se estima de uno 10 t/ día

Ya podemos conocer el peso y el centro de gravedad:

$$P\ generador\ de\ agua\ dulce = 1,52\ t$$

$$X\ generador\ de\ agua\ dulce = 50\ m$$

$$Z\ generador\ de\ agua\ dulce = 8,3\ m$$

- Peso de la instalación eléctrica:

La fórmula empleada para conocer el peso de la instalación eléctrica es la siguiente:

$$Peso\ de\ la\ instalación\ eléctrica = l_c + P_m/1000; \text{ si } L > 60\ m$$

Donde:

- l_c = longitud de cables en km, se estima una longitud de 45 km de cables, obtenida mediante la media.
- P_m = potencia estimada de los motores propulsores = 3472 Kw

Conocidos ambos datos procedemos a calcular tanto el peso como el centro de gravedad:

$$\text{Peso de la instalación eléctrica} = 48,472 \text{ t}$$

$$X \text{ instalación eléctrica} = 40 \text{ m}$$

$$Z \text{ instalación eléctrica} = 6 \text{ m}$$

- Peso de la chimenea:

La fórmula que da cuenta del peso de la chimenea viene dada en función de la eslora entre perpendiculares del buque (95,4 m) y de la manga del mismo (25,4 m), como se muestra a continuación:

$$\text{Peso de la chimenea} = 0,0034 \times L \times B$$

Por tanto, conocemos su valor:

$$\text{Peso de la chimenea} = 8,24 \text{ t}$$

$$X \text{ chimenea} = 71,4 \text{ m}$$

$$Z \text{ chimenea} = 26 \text{ m}$$

- Peso de las tuberías y bombas del casco:

El peso de las tuberías y bombas del buque proyecto viene dado en función de la eslora entre perpendiculares y la manga, lo mismo que ocurría con el peso de la chimenea. La fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{Peso de las tuberías y bombas} = 0,0047 \times L \times L^{0,5} \times B^{0,5}$$

Conocidos ambos valores, obtenemos lo siguiente:

$$\text{Peso de las tuberías y bombas} = 111,2 \text{ t}$$

$$X \text{ tuberías y bombas} = 48 \text{ m}$$

$$Z \text{ tuberías y bombas} = 10 \text{ m}$$

Se ha supuesto un centro de gravedad igual al calculado para los aceros del casco.

- Peso de los tecles en cámara de máquinas:

El peso de los tecles en cámara de máquinas viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Peso de los tecles en cámara de máquinas} = 0,047 \times l_m \times B \times 0,6$$

Donde:

- l_m = eslora de la cámara de máquinas, se ha estimado en 11 m
- $B = 25,4$ m

Conocidos los datos anteriores podemos calcular el peso y el centro de gravedad:

$$\text{Peso de los tecles en cámara de máquinas} = 7,9 \text{ t}$$

$$X \text{ tecles en cámara de máquinas} = 50 \text{ m}$$

$$Z \text{ tecles en cámara de máquinas} = 2,5 \text{ m}$$

- Peso del sistema contra incendios en cámara de máquinas:

La fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{Peso sistema contra incendios en c.ma} = 0,125 \times (0,0046 \times P_m + 0,0088 \times L \times B)$$

Donde:

- P_m = potencia en Kw = 3472
- $L = 95,4$ m
- $B = 25,4$ m

Ya podemos conocer el peso y el centro de gravedad:

$$\text{Peso del sistema contra incendios en c.ma} = 4,66 \text{ t}$$

$$X \text{ sistema contra incendios en c.ma} = 50 \text{ m}$$

$$Z \text{ sistema contra incendios en c.ma} = 6 \text{ m}$$

- Peso de tanques varios no estructurales en cámara de máquinas:

El peso de dichos tanques viene dado por la siguiente expresión:

Peso de tanques no estructurales en c.ma = a + b x MCR

Donde:

- a = 1,2, ya que MCR > 736 Kw
- b = 0,0009, ya que MCR > 736 Kw

Estos valores han sido obtenidos del libro que se está empleando para el desglose del peso en rosca. Conocemos ya el peso de estos tanques no estructurales y de su centro de gravedad:

Peso tanques no estructurales en c.ma = 4,32 t

X tanques no estructurales en c.ma = 50 m

Z tanques no estructurales en c.ma = 6 m

- Peso de las tuberías y bombas en cámara de máquinas:

La fórmula que da cuenta del peso de las tuberías y las bombas en la cámara de máquinas es la siguiente:

Peso tuberías y bombas en la c.ma = 0,00981 x Pm: ya que Pm > 736 Kw

Conocido el valor de Pm, calculamos el peso y el centro de gravedad:

Peso tuberías y bombas en c.ma = 34,1 t

X tuberías y bombas en c.ma = 50 m

Z tuberías y bombas en c.ma = 6 m

- Peso de la habilitación:

Hay que tener en cuenta los 50 tripulantes que puede albergar el buque proyecto, los cuales se muestran a continuación. En el cuaderno 7 la distribución se puede ver modificada, que será lo más probable, recordar que estamos haciendo un análisis básico del peso en rosca.

Denominación	Nº hab	Espacio
Camarote simple	2	40 m2
Camarote doble	24	360 m2
Área total camarotes		400 m2
Tripulación	50	600 m2
Pasillos y servicios		40 m2
Espacios públicos		40 m2
Área total + servicios		680 m2

- Camarote de oficiales- 135 kg/m2

Peso cam. Oficiales= 5,4 t

- Camarote de tripulación- 160 kg/m2

Peso cam. Tripulación= 57,6 t

- Pasillos y servicios- 80 kg/m2

Peso pasillos y servicios= 4,2 t

- Aseo público (9udc, buque base similar)- 300 kg/m2

Peso aseo público= 9 x 300 kg/m2 x 3m2= 5,4 t

- Espacios públicos- 120 kg/m2

Peso espacios públicos= 120 kg/m2 x 680 m2= 81,6 t

Ya podemos conocer el peso y el centro de gravedad total de la habitación:

$$Peso \text{ habitación} = 300 \text{ t}$$

$$X \text{ habitación} = 76,4 \text{ m}$$

$$Z \text{ habitación} = 17,5 \text{ m}$$

- Peso del aire acondicionado:

La fórmula que nos da una idea del peso del aire acondicionado es la siguiente:

$$Peso \text{ del aire acondicionado} = 0,02 \times Sh$$

Donde:

- Sh = superficie de la habitación = 500 m2

Ya podemos conocer el valor:

$$\text{Peso del aire acondicionado} = 10 \text{ t}$$

$$X \text{ aire acondicionado} = 76,4 \text{ m}$$

$$Z \text{ aire acondicionado} = 17,5 \text{ m}$$

- Peso de los equipos de salvamento:

La fórmula que emplearemos es la siguiente:

$$\text{Peso de los equipos de salvamento} = 9,5 + (n - 35) \times 0,1$$

Donde:

- $n = \text{número de tripulantes} = 50$

Calculamos el valor:

$$\text{Peso de los equipos de salvamento} = 13 \text{ t}$$

$$X \text{ equipos de salvamento} = 76,4 \text{ m}$$

$$Z \text{ equipos de salvamento} = 18,5 \text{ m}$$

- Peso de la pintura del casco:

A continuación, se calculará el peso de la pintura del casco, que varía en función del peso del acero como se muestra:

$$\text{Peso de la pintura} = 0,008 \times P \text{ acero}$$

Donde:

- $P \text{ acero} = 3492 \text{ t}$

Ya podemos conocer el peso de la pintura:

$$\text{Peso de la pintura del casco} = 21 \text{ t}$$

El centro de gravedad se asume el mismo que el centro de gravedad del acero:

$$X \text{ pintura del casco} = 48 \text{ m}$$

$$Z \text{ pintura del casco} = 8,4 \text{ m}$$

- Peso de la cadena de anclas:

La fórmula a emplear es la siguiente:

$$\text{Peso de la cadena del ancla} = 0,0215 \times d^2 \times lca$$

Donde:

- d = diámetro de la cadena en mm
- lca = longitud de la cadena en m

Calculamos su valor:

$$\text{Peso de la cadena del ancla} = 2,15 \text{ t}$$

$$X \text{ cadena de ancla} = 88 \text{ m}$$

$$Z \text{ cadena de ancla} = 10,7 \text{ m}$$

4. Márgenes considerados en el peso en rosca (PR) y en los centros de gravedad (CG). Análisis de los resultados obtenidos.

En este apartado se estudiará el peso en rosca desglosado por formulación en el apartado anterior, así como su centro de gravedad total. El objetivo de este apartado es conocer el punto de aplicación del peso en rosca calculado.

A continuación, se muestra la tabla obtenida mediante el programa Excel para calcular el peso en rosca total y la posición de su centro de gravedad. También se puede observar para cada partida en la que se ha desglosado:

Determinación del peso en rosca (PR) y de su centro de gravedad (CG) por desglose					
Denominación	Peso (t)	XG (m)	Momento longitudinal (t*m)	ZG (m)	Momento vertical (t*m)
Peso del acero del casco					
TOTAL acero del casco	3492	48	167616	5,245	18315,54
Peso de la maquinaria propulsora					
Motores propulsores	270	50	13500	6	1620
Polines de los motores	6,44	50	322	6	38,64
Sistema de combustible	6,04	46	277,84	6	36,24
Piezas de respeto + líquidos en circuitos	60,5	46	2783	6	363
TOTAL maquinaria propulsora	342,98	49,22	16882,84	6	2057,88
Peso de los equipos restantes					
Polines de las grúas de carga	12,1	65,6	793,76	16	193,6
Grupos generadores	32,87	45	1479,15	6	197,22
Sistema de aguas residuales	2,58	40	103,2	8,3	21,414
Propulsores VOITH SCHNEIDER	108	2,5	270	6	648
Generador de agua dulce	1,52	50	76	8,3	12,616
Instalación eléctrica	48,472	40	1938,88	6	290,832
Chimenea	8,24	71,4	588,336	26	214,24
Tuberías y bombas del casco	111,2	48	5337,6	10	1112
Tecles de cámara de máquinas	7,9	50	395	2,5	19,75
Sistema contra incendios en cámara de máquinas	4,66	50	233	6	27,96
Tanques no estructurales en cámara de máquinas	4,32	50	216	6	25,92
Tuberías y bombas en cámara de máquinas	34,1	50	1705	6	204,6
Habilitación	300	76,4	22920	17,5	5250
Aire acondicionado	10	76,4	764	17,5	175
Equipos de salvamento	13	76,4	993,2	18,5	240,5
Pintura	21	48	1008	8,4	176,4
Cadena de anclas	2,15	88	189,2	10,7	23,005
TOTAL equipos restantes	722,112	54,02	39010,326	12,23	8833,057
Peso en rosca TOTAL					
PR TOTAL BUQUE PROYECTO	4557,092	49,05	223509,166	6,41	29206,477
Aplicamos los márgenes correspondientes al PR TOTAL: 5 % margen; ZG + 250 mm; XG + 1 m					
PR TOTAL BUQUE PROYECTO	4784,95	50,05	x	6,66	x

A continuación, se mostrarán las tablas resúmenes del peso en rosca, calculado de tres formas distintas. La primera de ellas se corresponde con una estimación preliminar hecha en el presente cuaderno mediante formulación y, la segunda, desglosando el peso en rosca en diferentes partidas, también por formulación. Se analizarán los resultados obtenidos.

Estudio preliminar		
Peso en rosca (PR)	XG	ZG
5293 t	40 m	8,4 m

Tabla con los resultados obtenidos en el presente cuaderno mediante formulación, sin desglosar el peso en rosca

Estudio PR desglosado mediante formulación		
Peso en rosca (PR)	XG	ZG
4785 t	50 m	6,7 m

Tabla con los resultados obtenidos en el presente cuaderno mediante formulación, desglosando para su estudio el peso en rosca en diferentes partidas

Como podemos comprobar en las tablas mostradas, hay una diferencia notable entre los resultados obtenidos por desglose en partidas y los estudios preliminares, aún habiendo aplicado un margen al peso en rosca de un 5 %. Los márgenes aplicados se pueden ver más detalladamente en la tabla Excel que se adjunta en el Anexo. Al desglosar los pesos en partidas podemos suponer que la posición del centro de gravedad empleando este método tendrá una mayor exactitud, pero no el peso total.

Debido a esta diferencia significativa, que puede deberse a que falta algún equipo por introducir o a que las fórmulas empleadas son muy generales. Es por esto que se hará una comparación con el peso en rosca de un buque de la base de datos. El buque base elegido es el "Viking Poseidon", con unas características muy similares al buque proyecto. Lo que se pretende hacer es aplicar un factor de corrección basándose en el buque base, que aumentará el peso en rosca del buque proyecto hasta acercarse a las 5200 t aproximadamente.

Fijándose en la ficha técnica del buque base se ha obtenido un factor de corrección de un 9,7 %, por tanto, teniendo esto en cuenta obtenemos lo siguiente:

$0,097 \times 4785 \text{ t} = \text{supone un incremento de } 465 \text{ t al peso en rosca calculado mediante desglose en partidas}$

$PR \text{ TOTAL buque proyecto} = 5250 \text{ t}$

A continuación, se muestra una tabla en la que se puede observar en valor del PR final del buque proyecto, así como la posición de su centro de gravedad. Serán los datos empleados en cuadernos posteriores:

PR final buque proyecto		
Peso en rosca (PR)	XG	ZG
5250 t	50 m	7 m

Tabla con los resultados finales obtenidos al aplicar la corrección. La coordenada vertical del centro de gravedad se ha redondeado, pasando de 6,6 m a 7 m, una situación más desfavorable cuando estudiemos la estabilidad del buque en el Cuaderno

En el Anexo del presente cuaderno se mostrará el centro de gravedad del peso en rosca sobre el croquis de la disposición general, introducido en el cuaderno anterior.

5. Comprobación del peso muerto (PM) y de la carga útil

En este apartado se comprobará que con el desplazamiento calculado en el Cuaderno 1 (14505 t) a un calado de $T = 8,5$ m, se cumpla que el buque pueda transportar las 8500 TPM estipuladas en la RPA del proyecto. Por tanto:

$$\Delta = PM + PR$$

Donde:

- PM = 8500 t, condición fijada en la RPA.
- PR = 5250 t, calculado en el presente cuaderno

El desplazamiento (Δ) con los valores del peso muerto y peso en rosca determinados será de:

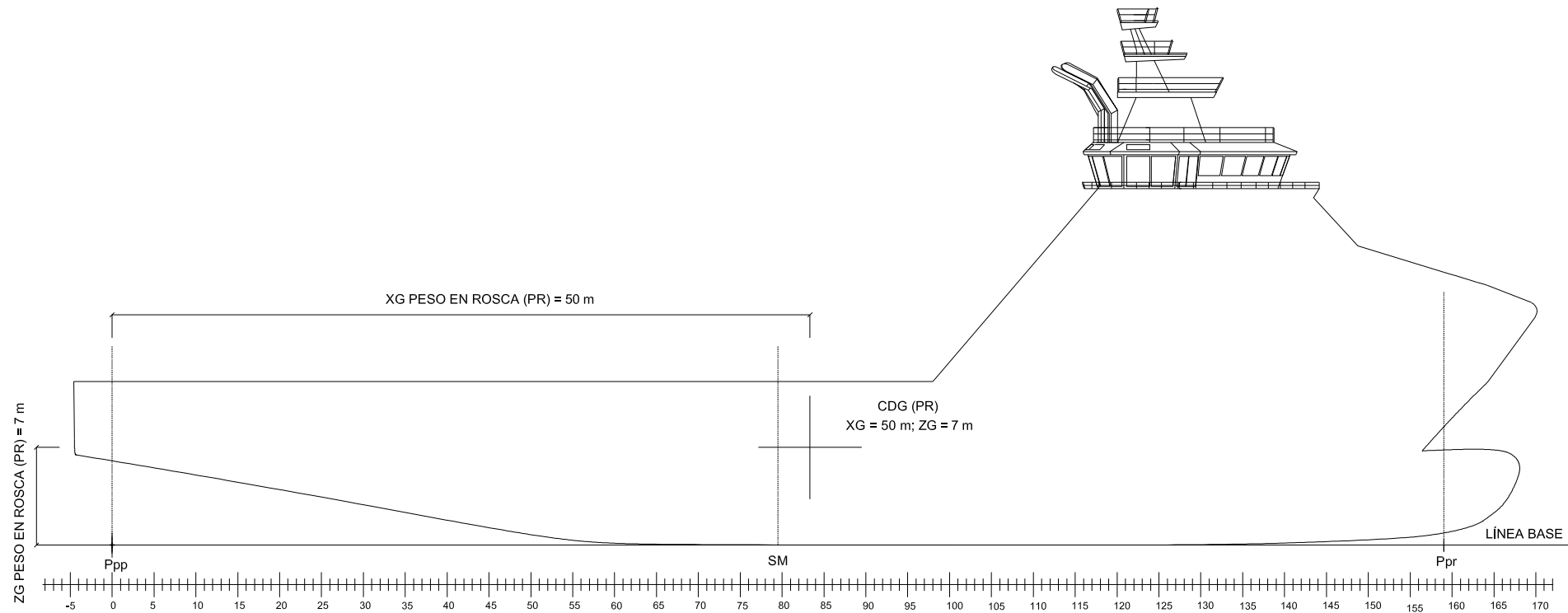
$$\Delta = 8500 t + 5250 t$$

$$\Delta = 13750 t$$

Podemos comprobar como tenemos margen de carga, es decir, se podría cargar el buque con otras 755 t. De todas formas, estos cálculos están siendo realizados sin tener aún definidas las formas del casco, que se harán en el Cuaderno 3. Las formas serán las que determinen la capacidad de la carga, pudiéndose ver ligeramente modificadas. Es decir, es probable que cuando se haga el Cuaderno 3 el buque proyecto no cumpla exactamente con todas las características principales dimensionadas en el Cuaderno 1. Por ejemplo, la manga se puede ver afectada, el calado etc.

ANEXOS

ANEXO 1: Justificación del centro de gravedad (CDG) del peso en rosca (PR) en el croquis de la disposición general



PSV 8500 TPM

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL

ESCALA
1: 400

CROQUIS DEL BUQUE PROYECTO