



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/2021

BULKCARRIER 100 000 T.P.M

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Sofía Fraga Ludeiro

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

Junio 2021

1 RESUMEN

1.1 Castellano

En este cuaderno se presenta el estudio del peso en rosca y los diferentes centros de gravedad de cada partida, así como el centro de gravedad global con los criterios de seguridad establecidos para ello.

1.2 Gallego

Neste caderno presentase o estudio do peso en rosca e dos diferentes centros de gravidade de cada partida, así coma o centro de gravidade global cos criterios de seguridades establecidos pra elo.

1.3 Inglés

In this notebook presents the study of the the screw weight and the different centers of gravity of each batch, as weel as the global center of gravity with the safety criteria established for it.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 202/2021**

Bulkcarrier 100 000 T.P.M

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 2

**“ESTUDIOS DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DEL PESO EN
ROSCA”**



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2020-2021

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE: Bulkcarrier

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS y MARPOL

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 100 000 T.P.M Grano/ mineral

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en servicio al 85% MCR +15% y 15.000 millas a la velocidad de servicio

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotillas de accionamiento hidráulico

PROPULSIÓN: Motor dual fuel diésel y lng con hélice de paso fijo

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 13 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

Lo habitual en este tipo de buques

Ferrol, 2 Octubre 2020

ALUMNO/A: **D^a SOFÍA FRAGA LUDEIRO**

Índice

1 Resumen	2
1.1 Castellano.....	2
1.2 Gallego	2
1.3 Inglés.....	2
2 RPA	4
3 Introducción	8
4 Cálculo preliminar del peso en rosca	9
5 Primera Estimación de peso en Rosca y centros de gravedad.....	11
6 Peso de la Estructura PS	12
6.1 Peso del Acero	12
6.1.1 Peso del acero por el método de J.L. García Garcés.....	12
6.1.2 Peso del acero mediante ecuación de Murray específica para bulkcarrier	12
6.1.3 Peso del acero mediante ecuación de Watson	12
6.1.4 Media de los resultados obtenidos.....	13
6.2 Peso de diversos componentes del peso en Rosca	13
6.2.1 Peso de la amurada.....	13
6.2.2 Peso de brazolas de escotilla	13
6.3 Centro de gravedad y representación gráfica de PS	13
6.3.2 Resumen Pesos y centros de gravedad	14
7 Peso de la maquinaria	15
7.1 Peso del motor principal.....	15
7.2 Peso de la maquinaria propulsora restante	15
7.3 Peso de la maquinaria restantes.....	15
7.4 Peso de los polines.....	15
7.5 Peso de hélice	16
7.6 Peso de la línea de ejes.....	16
7.7 Peso piezas de respeto	16
7.8 Peso de una instalación de aguas residuales	16
7.9 Peso del generador de agua dulce	16
7.10 Centro de gravedad y representación gráfica de la Maquinaria.....	17
7.10.2 Resumen de pesos y centros de gravedad de la maquinaria	17
8 Peso del Equipo.....	18
8.1 Peso de la protección anticorrosiva	18
8.1.1 Peso de la pintura del buque, (Pi).....	18

8.1.2	Peso de la protección catódica del casco	18
8.2	Peso del equipo de fondeo y amarre	18
8.3	Peso del equipo de navegación	19
8.4	Peso del equipo de gobierno	19
8.5	Pesos del equipo de salvamento y contraincendios	19
8.5.1	Pesos del equipo de salvamento, PL	19
8.5.2	Peso del equipo contra incendios, PIN	19
8.6	Peso del equipo de emergencia.....	20
8.7	Peso de la instalación eléctrica.....	20
8.8	Aire Acondicionado.....	20
8.9	Instalación de Incinerador	20
8.10	Tuberías y bombas de Cámara de máquinas.....	20
8.1	Centro de gravedad del equipo y representación gráfica	21
8.1.1	Pintura y protección catódica.....	21
8.1.2	Equipo de navegación	21
8.1.3	Equipo de gobierno.....	21
8.1.4	Equipo de fondeo y amarre.....	21
8.1.5	Equipo de Salvamento y Contraincendios.....	21
8.1.6	Instalación de aguas Residuales	21
8.1.7	Generador de agua dulce	21
8.1.8	Incinerador.....	22
8.1.9	Tubos y bombas en la cámara de máquinas.....	22
8.1.10	Aire acondicionado	22
8.2	Resumen de pesos de equipo y centro de gravedad	22
9	Pesos de la habilitación	24
9.1	Peso de tuberías y bombas de casco	24
9.2	Peso de los tecles en la cámara de máquinas	24
9.3	Portillos y ventanas.....	25
9.4	Escaleras exteriores	25
9.5	Centro de gravedad y representación gráfica de la Habilitación.....	25
9.5.1	Habilitación.....	25
9.5.2	Tecles en la cámara de máquinas	25
9.5.3	Chimenea	25
9.5.4	Tuberías y bombas del casco	25
9.5.5	Escaleras exteriores	25
9.5.6	Portillos y ventanas.....	26
9.5.7	Resumen de Pesos y centros de gravedad de la Habilitación.....	26

10 Márgenes considerados en los pesos y C.G	27
10.1 Representación gráfica del centro de gravedad del rosca.....	27
11 Comprobación del peso en rosca.....	28
11.1 Posibles soluciones	28
12 Carga Útil.....	29
12.1 Tripulación y pasaje	29
12.2 Pertrechos	29
12.3 Consumos.....	29
12.3.1 Combustible.....	30
12.3.2 Aceite	31
12.3.3 Agua dulce.....	31
12.3.1 Capacidad de aguas grises y negras	31
12.3.2 Víveres	32
12.3.3 Peso total de consumos.....	32
12.4 Carga útil	32
13 Bibliografía.....	33

3 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este cuaderno es realizar la estimación del peso en rosca y situación del centro de carena del buque de estudio.

Como ya se ha mencionado en el cuaderno 1 el peso en rosca se desglosa en:

- Estructura del acero
- Equipo de habilitación
- Maquinaria

La suma de estos resultados con el respectivo margen de seguridad forma el peso en rosca del buque proyecto.

Para estos cálculos se tiene en cuenta las características principales del buque que son las reflejadas en la siguiente tabla:

Parámetros de forma del buque	
Eslora entre Perpendiculares	241 m
Manga	38 m
Calado	15,15 m
Puntal	21 m
Desplazamiento (Δ)	119786 t
Superficie Mojada	14483,269 m ²
Coefficiente de Bloque	0,838
Coefficiente Prismático	0,845
Coefficiente de la Maestra	0,996
Coefficiente de Flotación	0,908
Velocidad	15 nudos
Semi ángulo de entrada	36°
Potencia al 85 % MCR	20291,8 Kw
RPM	87 rpm

4 CÁLCULO PRELIMINAR DEL PESO EN ROSCA

Para atingir este apartado se basará en las fórmulas obtenidas en el libro "Proyectos de buques y artefactos" del profesor Fernando Junco.

Antes de comenzar es importante definir qué se entiende como peso en rosca. El peso en rosca se divide en tres grandes partidas el PS peso estructural, PQ peso de maquinaria y PE que es el peso de habilitación y equipo.

$$PR = PS + PQ + PE$$

Este apartado se va a distribuir en los siguientes apartados:

1. Elementos de la estructura

- a. Fondos y doble fondos (incluye pozos de sentinas)
- a. Mamparos transversales
- b. Mamparos longitudinales
- c. Tanques estructurales
- d. Cubiertas intermedias
- e. Bloque de popa (incluye codastes y arbotantes)
- f. Bloque de proa (incluye caja de cadenas)
- g. Forro exterior (incluye quillas de balance)
- h. Cubierta superior
- i. Toldilla
- j. Ciudadela
- k. Castillo
- l. Plataformas
- m. Brazolas de escotilla de bodegas de carga
- n. Troncos de acceso
- o. Cajas de mar
- p. Amuradas
- q. Cubiertas de habilitación
- r. Mamparos exteriores de habilitación
- s. Guarda calor
- t. Mamparos interiores de acero
- u. Chimenea
- v. Casetas de chigres

2. Elementos de maquinaria

- a. Maquinaria propulsora
- b. Línea de ejes, reductores, chumaceras y bocinas
- c. Hélices
- d. Sistemas de combustible
- e. Sistemas de aceite
- f. Sistemas de aire comprimido de arranque y de control
- g. Sistemas de refrigeración (incluye generados de agua dulce)
- h. Sistema de generación de vapor principal
- i. Sistemas de generación de vapor auxiliar
- j. Sistemas de generación de agua caliente
- k. Grupos electrógenos principales
- l. Grupos electrógenos de socorro, de puerto y de emergencia
- m. Sistema de lastre
- n. Sistemas de sentinas

- o. Sistemas de blandeo y contra incendios
 - p. Sistemas sanitarios de alimentación y descarga
 - q. Sistemas de telemando en cámara de máquinas
 - r. Pisos y techos en cámara de máquinas
 - s. Ventilación mecánica
 - t. Pañoles y taller en cámara de máquinas
 - u. Transformadores
- Elementos del equipo y de la habilitación
 - o Elementos de madero del casco
 - o Protección anticorrosiva y cementados
 - o Equipo de amarre y fondeo
 - o Equipo de navegación
 - o Equipo de gobierno
 - o Equipo de salvamento y conraincendios
 - o Equipo de carga y manipulación
 - o Acondicionamiento de bodegas y tanques de carga
 - o Cierres diversos y accesos
 - o Habilitación

5 PRIMERA ESTIMACIÓN DE PESO EN ROSCA Y CENTROS DE GRAVEDAD

La primera estimación del peso en rosca y de los centros de la gravedad se lleva a cabo con una fórmula empírica sacada del libro anteriormente mencionado:

1. Peso de la estructura

$$PR = 0.0254 * L^{1.5} * B * D^{0.5} + 8 * BHP^{0.49963} * 0.11994 * (L * B)^{0.9983}$$

$$PR = 0.0254 * 241^{1.5} * 38 * 21^{0.5} + 8 * 20291.8^{0.49963} + 0.11994 * (241 * 38)^{0.9983}$$

$$\mathbf{PR = 18765.19 t}$$

2. KG

$$KG = 0.9764 * D^{0.83292}$$

$$KG = 0.9764 * 21^{0.83292}$$

$$\mathbf{KG = 12.33 m}$$

3. XR

$$XG = 0.43912 * L$$

$$XG = 0.43912 * 241$$

$$\mathbf{XG = 105.83 m}$$

6 PESO DE LA ESTRUCTURA PS

Para la determinación de la estructura se utilizarán diversas fórmulas empíricas que vienen recogidas en el libro "Proyecto básico del buque mercante", de no obtener las fórmulas de dicho libro se indicará. La finalidad de utilizar diversas fórmulas es obtener el resultado más ajustado y fiable posible.

6.1 Peso del Acero

En este apartado se va a determinar el peso del acero mediante una serie de fórmulas empíricas obtenidas en el libro anteriormente mencionado. Para ello se harán diferentes estimaciones para finalmente compararlas y mediante una media aritmética obtener un valor final.

6.1.1 Peso del acero por el método de J.L. García Garcés

La fórmula se encuentra en el "Proyecto básico del buque mercante" página 619.

$$PS = 0.02432 * LPP^{1.5} * B * D^{0.5}$$

$$PS = 0.02432 * 241^{1.5} * 38 * 21^{0.5}$$

$$PS = 15844.64 t$$

6.1.2 Peso del acero mediante ecuación de Murray específica para bulkcarrier

$$PS = 32.76596 * 10^{-3} * Lpp^{1.65} * \left(B + D + \frac{T}{2} \right) * (0.5 * CB + 0.4)$$

$$PS = 32.76596 * 10^{-3} * 241^{1.65} * \left(38 + 21 + \frac{15.15}{2} \right) * (0.5 * 0.838 + 0.4)$$

$$PS = 15531.11 t$$

6.1.3 Peso del acero mediante ecuación de Watson

Siguiendo el libro de "Proyectos de Buques y Artefactos" del profesor Fernando Junco Ocampo, esta fórmula se basa en un buque estándar.

$$Ps = K * E^{1.36} * (0.65 + 0.5 * Cbp)$$

$$PS = 0.03 * 9000^{1.36} * (0.65 + 0.5 * 0.8605)$$

$$PS = 7674.7 t$$

Donde:

- K=0.03 (valor medio indicado en el libro anteriormente mencionado)
- E= 9000 (valor medio tomado entre 15000 y 3000)
- Cbp=0.8438

$$Cbp = Cb + (1 - Cb) * \left(\frac{0.8 * D - T}{3 * T} \right) = 0.8438$$

El resultado obtenido en este apartado no se tendrá en cuenta en la media aritmética al haber mucha diferencia entre el resultado obtenido en este apartado en comparación con los dos anteriores.

6.1.4 Media de los resultados obtenidos

Como se ha explicado en los apartados anteriores, el peso de la estructura final se definirá de manera aritmética de los resultados de las expresiones anteriores.

$$PS \text{ media} = \frac{15844.64 + 15217.59}{2}$$

$$Ps \text{ media} = 15531.12 \text{ t}$$

6.2 Peso de diversos componentes del peso en Rosca

Las fórmulas indicadas a continuación forman parte de la formulación establecida en el programa de peso de Lindenau-Hollenbach.

6.2.1 Peso de la amurada

$$Pb = (6 - 0.0021875 * L^2 + 1.125 * L) * \frac{lb}{1000}$$

$$Pb = (6 - 0.0021875 * 254^2 + 1.125 * 254) * 254 * \frac{2}{1000}$$

$$Pb = 72.33 \text{ t}$$

6.2.2 Peso de brazolas de escotilla

El peso de las brazolas se estima mediante los datos del buque de referencia ya que no se tiene especificado el volumen de las escotillas a estas alturas de proyecto.

$$Pb = Ve * 0.090$$

$$Pb = 234 * 0.09 * 7$$

$$Pb = 147.42 \text{ t}$$

6.3 Centro de gravedad y representación gráfica de PS

Se ha supuesto que el peso de la estructura se reparte uniformemente sobre el total.

Se puede calcular las posiciones de los centros de gravedad de la estructura como una primera aproximación, tanto de la posición longitudinal como de la posición vertical aplicando las siguientes fórmulas empíricas:

6.3.1.1 KG Estructura

- De manera empírica,

$$KG = 0.41635 * D + 1.7306$$

$$KG = 0.41635 * 21 + 1.7306$$

$$KG = 10.4739 \text{ m}$$

- Se supone que el peso de la estructura se repartirá equitativamente, por tanto,

$$KG = \frac{D}{2} = 10.5 \text{ m}$$

6.3.1.2 XG Estructura

- DE manera empírica,

$$XG = 0.48245 * L + 0.117$$

$$XG = 0.48245 * 241 + 0.117$$

$$XG = 116.38 \text{ m}$$

(referido sobre la perpendicular de popa)

- Razonadamente al igual que se explica en el apartado del KG se puede suponer que el centro de gravedad de la estructura recaerá en el centro de la misma, por tanto,

$$XG = \frac{L}{2} = 120.5 \text{ m}$$

Cabe destacar que al final se tomará el valor que esté más a proa bien sea mediante la fórmula empírica ahora utiliza o el resultado al aplicar los momentos para cada uno de los pesos.

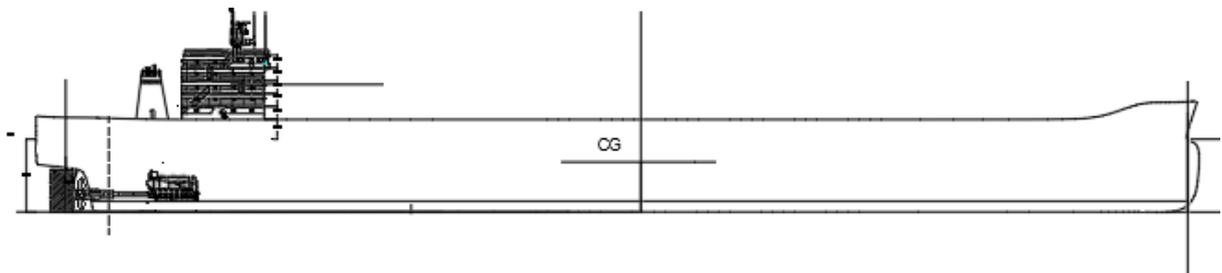
6.3.2 Resumen Pesos y centros de gravedad

Estructura PS					
Elemento	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	Mom XG(t*m)	Mom KG (t*m)
Acero	15540.40	120.5	10.5	1871499,816	163076,7475
Amurada	72.33	120.5	10.5	8716,38	759,52
Brazolas	147.42	120.5	10.5	17764.11	1547,91
Total	15750.87			1897980,305	165384,18
PS final	15750,87	120.5	10.5		

Se indica como intersección el centro de gravedad de la estructura en el croquis del buque proyecto.

Que coincide con:

XG=120.5 m y KG= 10.5 m



7 PESO DE LA MAQUINARA

7.1 Peso del motor principal

En el cuaderno 6 se estableció el tipo de motor principal a utilizar y por tanto se usará el peso establecido en el catálogo, 681 t en seco, esto quiere decir sin combustibles ni aceites.

$$PQ = 681 t$$

7.2 Peso de la maquinaria propulsora restante

El peso de la maquinaria restante puede estimarse mediante la siguiente fórmula que viene recogida en "Proyecto básicos del buque Mercante" esta fórmula se encuentra recogida en la página 621.

$$PQPR = Km * MCO^{0.7}$$
$$PQPR = 0,56 * 20291,8^{0.7}$$
$$PQRP = 579.84 t$$

Donde:

- El valor de Km depende del tipo de buque, para graneleros este valor es de 0.56
- MCO= 20291,8 Kw, valor obtenido en el cuaderno 6

7.3 Peso de la maquinaria restantes

$$PQR = k * VE^l + h * EJ * (j * L + 5)$$
$$PQR = 0.0295 * 9205.5^1 + 1 * 0 * (0.0164 * 241 + 5)$$
$$PQR = 271.56 t$$

Donde:

- K, l, h, j son valores proporcionados en el libro de Proyectos y Artefactos del buque.
- K= 0.0295
- L=1
- H=1
- VE= volumen de la cámara de máquinas obtenida del Cuaderno 7

$$VE = 25.5 * 9.5 * 38 = 9205.5 m^3$$

- EJ: Longitud de línea de ejes fuera de máquinas

$$EJ = 0$$

La longitud de línea de ejes de fuera de la cámara de máquinas es 0 ya que como se muestra en el buque de referencia este valor es 0.

7.4 Peso de los polines

$$Ppolin = (a + b) * MCR/1000$$
$$Ppolin = (1.14 + 0.5) * 20291,8/1000$$

$$P_{polin} = 9,11 t$$

Donde:

$$a = 0,00381 * (MCR/1000)^{0,5} - 0,164 * (MCR/1000) + 3,26$$

$$a = 1,40$$

$$b = 0,5 \text{ RPM} < 100$$

7.5 Peso de hélice

$$P_h = 0,080 * D^3$$

$$P_h = 31,76 t$$

Dónde;

- D: Es el diámetro de la hélice que se ha fijado en el cuaderno 3 con un valor de 7,350 m

7.6 Peso de la línea de ejes

Debido a la situación de la cámara de máquinas, justo al lado de la hélice, esta longitud va a ser cero. Esto viene a dado al deseo de diseñar la cámara de máquinas a semejanza del buque de referencia.

7.7 Peso piezas de respeto

$$P_{vario} = a * MCR + b * MCR$$

$$P_{vario} = 0,0109 * 20291,8 + 0,07525 * 20291,8$$

$$P_{vario} = 1748,13 t$$

Donde los valores de a y b vienen reflejados en la tabla que se adjunta más abajo.

	a	b
MCR (Kw) < 736	0,0262	0
MCR (Kw) > 736	0,0109	0,07525

7.8 Peso de una instalación de aguas residuales

El peso de la instalación de aguas residuales se hará tal que:

$$P_{ir} = 1,1519 * C$$

$$P_{ir} = 1,625 * 1,1519$$

$$P_{ir} = 1,87 t$$

Donde:

-C es la capacidad de tonelada de agua por día, que se había establecido previamente en el cuaderno 1 que tenía el valor de 1,625

7.9 Peso del generador de agua dulce

$$G_{gua dulce} = 1,45 * (44,85 * c + 600,6) * \left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$G_{gua\ dulce} = 1,45 * (44,85 * 1,69 + 600,6) * \left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$G_{gua\ dulce} = 6,6\ t$$

7.10 Centro de gravedad y representación gráfica de la Maquinaria

Para estimar el centro de gravedad de la maquinaria se va a suponer que recae en el centro de la cámara de máquinas para facilitar los cálculos, en este caso se ha decidido imitar la posición de la cámara de máquinas del buque base situado a popa del barco.

7.10.1.1 KG maquinaria

$$KG = 0.17 * T + 0.36 * D$$

$$KG = 0.17 * 15.15 + 0.36 * 21$$

$$KG = 10.14\ m$$

7.10.1.2 XG maquinaria

En este apartado no se ha utilizado ninguna fórmula debido a la posición particular de la cámara de máquinas del buque base, por tanto, se ha aplicado una aproximación de tal manera que, si la cámara de máquinas del buque base se encuentra a 44 metros teniendo de referencia la perpendicular de proa, en el buque proyecto se encontrará a 33 metros.

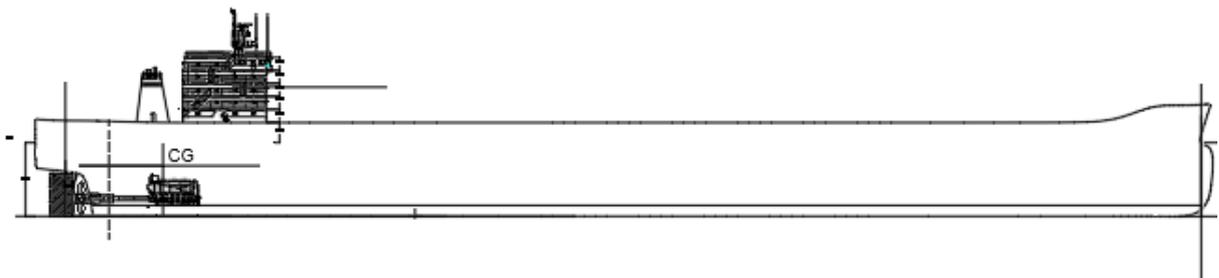
$$XG = 11,25\ m$$

7.10.2 Resumen de pesos y centros de gravedad de la maquinaria

MAQUINARIA					
Elemento	Peso	XG(m)	KG (m)	Mom XG (tm ²)	Mom KG (tm ²)
Motor	681	11,25	10,14	7661,25	6905,34
Maquinaria propulsora restante	579,84	11,25	10,14	6523,26	5879,63
Resto de maquinaria	271,56	11,25	10,14	3055,07	2753,64
Polín	9,11	11,25	10,14	102,57	92,44
Hélice	31,76	11,25	10,14	357,35	322,1
Respeto	1748,14	11,25	10,14	19666,55	17726,12
Total	2107,19			37582,97	27995,15
Maquinaria	3321,428	11,25	10,14		

Se indica como intersección el centro de gravedad de la maquinaria.

Que coincide con **XG=11,25 m y KG=10,5 m**



8 PESO DEL EQUIPO

Para este apartado seguiremos el libro de "Proyectos del buque y Artefactos" del profesor Fernando Junco Ocampo.

8.1 Peso de la protección anticorrosiva

8.1.1 Peso de la pintura del buque, (P_i)

Para buques mayores de 12 000, como es este caso la fórmula a seguir es la siguiente, donde se utilizará el peso del acero hallado en los apartados anteriores que equivale a 15750,87 t.

$$P_i = 0,006 * P_s$$

$$P_i = 93,18 t$$

8.1.2 Peso de la protección catódica del casco

Debido a que se desconoce el tipo de ánodos a utilizar y el número de años que se plantea, la superficie mojada ha sido encontrada en el cuaderno posterior 3, se aproximará mediante la fórmula siguiente:

$$P_{cc} = 0,0008 * S_m$$

$$P_{cc} = 0,0008 * 14483,269$$

$$P_{cc} = 5,79 t$$

8.2 Peso del equipo de fondeo y amarre

Para este apartado utilizaremos unos cálculos preliminares al no tener las medidas definitivas del buque a proyectar.

8.2.1.1 Numeral de equipo

Para definir este tipo de equipos es necesario calcular el numeral de Equipo, que viene definido por la sociedad de clasificación previamente establecido para este proyecto, el DNV.

$$NE = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 * B * H + \frac{A}{10}$$

$$NE = 12963.04$$

Cabe destacar que las medidas utilizadas en el castillo son orientativas al no tenerlas diseñadas en el buque proyecto se han tomado como referencia las del buque base.

Una vez obtenido el numeral de equipo se utilizarán las gráficas aportadas en la bibliografía para definir aproximadamente el peso del equipo de amarre y fondeo.

- Peso por ancla: 38.5 t que viene preindicada en la sociedad de clasificación
- Peso de elementos de amarre y fondeo: 310 t, peso aproximado obtenido de manera gráfica según bibliografía.

8.3 Peso del equipo de navegación

Como se indica en la bibliografía mencionada al principio de este apartado, debido a que el peso de los equipos que integran este concepto es muy reducido y se recomienda tomar el peso del equipo de navegación tal como:

$$PN = 2 t$$

8.4 Peso del equipo de gobierno

Se calcula siendo A el área del timón en metros cuadrados y v la velocidad en pruebas a plena carga en nudos. Debido a que en este caso no conocemos ni el área del timón ni la velocidad estas se aproximan mediante fórmulas empíricas obtenidas de la propia bibliografía.

$$PG = 0,0224 * A * v^{\frac{2}{3}} + 2$$

$$PG = 10,9 t$$

Además, al ignorar la velocidad esta se estima, como se ha explicado a priori tal que:

$$v = 1,06 * v_s$$

$$v = 15,9 \text{ nudos}$$

El área del timón también es desconocida y la fórmula que se utiliza para obtener un valor cercano al real es:

$$A = L * T * \frac{1.1 + 25 + \frac{B^2}{L^2}}{100}$$

$$A = 241 * 15,15 * \frac{1.1 + 25 + \frac{38^2}{241^2}}{100}$$

$$A = 62,85$$

Siendo L, T y B medidas predefinidas de nuestro buque.

8.5 Pesos del equipo de salvamento y contraincendios

Para este apartado se utilizará el libro "buques y Artefactos" libro 6, página 140.

8.5.1 Pesos del equipo de salvamento, PL

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

$$PL = 9,5 + (13 - 35) * 0,1$$

$$PL = 7,3 t$$

8.5.2 Peso del equipo contra incendios, PIN

$$Pin = 0,0025 * VE + 1$$

$$Pin = 0,0025 * 9859,065 + 1$$

$$Pin = 25,647 t$$

8.6 Peso del equipo de emergencia

Para estimar el peso del equipo de emergencia haremos una estimación ya que en esta fase del proyecto no sabemos cuanta potencia será necesaria, por tanto, se supondrá una potencia necesaria de 1000 KVA.

$$P_{emer} = \frac{7,45 * (KVA - 30) + 765}{1000}$$

$$P_{emer} = \frac{7,45 * \left(\frac{856}{0.8} - 30\right) + 765}{1000}$$

$$P_{emer} = 8,51 t$$

8.7 Peso de la instalación eléctrica

Como el buque proyecto tiene una eslora mayor a 60 m, se puede utilizar la siguiente fórmula para una primera aproximación:

$$P_{ie} = I_c + \left(\frac{P_m}{1000}\right)$$

$$P_{ie} = 124,95 t$$

Donde

P_m es la potencia del motor que tiene un valor de 15246 KW al 100% de servicio

$$I_c = 1.82 + 0.268 * L * 0.000597 * L^2 = 101,08 m$$

8.8 Aire Acondicionado

$$P_{aa} = 0.020 * S_b$$

$$P_{aa} = 37 t$$

Donde,

- S_b es la superficie de la habitación en m^2 , y equivale a 1853.94 m^2 este resultado fue obtenido del "Cuaderno 7"

8.9 Instalación de Incinerador

$$P_{ii} = (1857 + 638,9 * c - 33C^2) * \left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$P_{ii} = 2,8 t$$

Donde,

- C es la capacidad T/día, que se tomará como 125d t/ día que se establece para 41 días y un total de 13 tripulantes

8.10 Tuberías y bombas de Cámara de máquinas

$$P_{tbm} = 0,00981 * PM$$

$$P_{tbm} = 199,06 t$$

Donde,

- PM : es la potencia de la máquina propulsora, que en este caso equivale a 20291,8 Kw

8.1 Centro de gravedad del equipo y representación gráfica

8.1.1 Pintura y protección catódica

Este centro de gravedad se estima mediante una serie de fórmulas.

$$KG = 115\% * D = 2.415 m$$

$$XG = -4.68 + XG \text{ hab} = 17.82 m$$

8.1.2 Equipo de navegación

Se estima mediante el plano buque base

$$KG = 20 m$$

$$XG = 14 m$$

8.1.3 Equipo de gobierno

Medidas extrapoladas del buque base en ausencia de los planos reales del buque proyecto.

$$KG = 5.1 m$$

$$XG = 0$$

8.1.4 Equipo de fondeo y amarre

En este caso debido a la posición dispersa de los elementos que forman el equipo de fondeo y amarre repartidas entre los extremos de popa y proa se determina que de forma aproximada el centro de gravedad de este equipo estará situado en la mitad de la eslora del buque.

$$KG = 11.5 m$$

$$XG = 127 m$$

8.1.5 Equipo de Salvamento y Contraincendios

Las estimaciones de los centros de gravedad de este apartado deberían de hacerse teniendo en cuenta el plano de disposición general el cual se desconoce por el momento. Por tanto, se ha tomado la decisión de estimar en función de barcos similares la posición de los mismos.

$$KG = 23 m$$

$$XG = 23 m$$

8.1.6 Instalación de aguas Residuales

La instalación de aguas residuales se situará en la cubierta principal en la habitación y por tanto tendrá la siguiente coordenada

$$KG = 21 m$$

$$XG = 11.25m$$

8.1.7 Generador de agua dulce

El generador de agua dulce se situará en la cámara de máquinas y por tanto se establece como centro de gravedad el centro de la misma.

$$KG = 10.5 m$$

$$XG = 11.25 m$$

8.1.7.1 Equipo de Emergencia

El equipo de emergencia se encontrará en la cámara de máquinas y por tanto para facilitar los cálculos supondremos que se encuentra en el centro de la misma

$$XG = 11.25 \text{ m}$$

$$KG = 10.5 \text{ m}$$

8.1.8 Incinerador

El incinerador irá situado en la cubierta principal, en la parte de la habitación, para facilitar los cálculos, se situará en el centro de la habitación:

$$XG = 11.25 \text{ m}$$

$$KG = 21 \text{ m}$$

8.1.9 Tubos y bombas en la cámara de máquinas

Como su nombre indica estas irán situadas en la cámara de máquinas, tal que sus coordenadas son las siguientes:

$$XG = 11.25 \text{ m}$$

$$KG = 10.5 \text{ m}$$

8.1.10 Aire acondicionado

El aire acondicionado se encontrará en la habitación y por tanto se establece que:

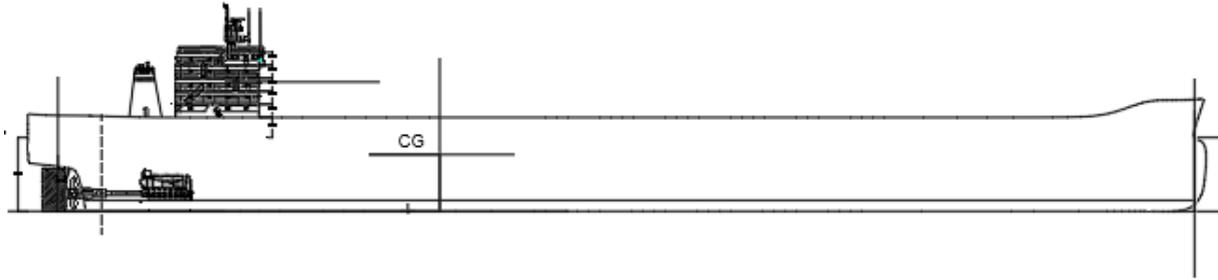
$$XG = 11.25 \text{ m}$$

$$KG = 34.5 \text{ m}$$

8.2 Resumen de pesos de equipo y centro de gravedad

EQUIPO					
Nombre	Peso total (t)	KG (m)	XG (m)	Mom. KG (t*m)	Mom XG (T*m)
Pintura	93,18	2,415	122,32	225,045912	1660,58722
Catódica	5,79	2,415	122,32	13,9908379	103,236741
Navegación	2	20	14	40	28
Amarre	310	11,5	127	3565	39370
Gobierno	10,9	5,1	0	53,37	0
Salvamento	7,3	23	23	167,9	167,9
Contra Incendio	25,64	23	23	589,89	589,89
I. Aguas Residuales	1,87	11,5	127	39,41	21,11
Generados Agua	6,6	10.5	11.25	69,31	74,26
E. Emergencia	8,51	10.5	11.25	83.91	89.9
Instalación eléctrica	114.47	11.5	127	1436,98	15869,29
Incinerador	2,8	21	11.25	58,87	31,54
Tubos y bombas CM	199,06	10.5	11.25	2090,16	2239,45
ACC	37,7	34.5	11.25	1279,22	417,14
Total	835,72			9720,77	60668,18
Habilitación		11.63	72.59		

Por tanto, se obtiene que **KG=11.63 m** y el **XG= 72.59 m**



Se adjunta croquis del plano del buque proyecto señalizando el centro de gravedad de cada partida.

9 PESOS DE LA HABILITACIÓN

En función de los datos obtenidos en el cuaderno 7 se procede a calcular una primera aproximación del peso de la habitación, para ello se seguirán las indicaciones recogidas en el libro de Fernando Junco Ocampo "Buques y Artefactos".

La superficie total de la habitación es de 1853.945 m², esto comprende las 4 cubiertas existentes, el puente de gobierno y las diferentes zonas que conforman la cámara de máquinas, se precede al cálculo y desglose del mismo;

- Subpavimento: se establece una media de 28 kg/m²

$$28 * \frac{1853.945}{1000} = 51.9 t$$

- Aislamiento acústico: se establece una media de 16 kg/m²

$$16 * \frac{1853.945}{1000} = 24 t$$

- Techos: se establece una media de 17 kg/m²

$$17 * \frac{1853.945}{1000} = 25.5 t$$

- Mamparos= 26 kg/m²

$$0.026 * 90 = 166.85 t$$

Se estima de manera aproximada la cantidad de mamparos presentes en la habitación, como se tienen cinco cubiertas se establecen 90 mamparos.

- Aseos: 500 kg/ u

$$500 * 28 \text{ unidades} = 14 t$$

La habitación cuenta con 28 aseos, bien en las zonas comunes o en los camarotes para un total de 13 tripulantes, esta información se ha obtenido del "Cuaderno 7".

- Cabina sencilla: 0.36 t

La habitación cuenta con 15 camarotes para trece tripulantes por tanto se obtiene:

$$0.36 * 15 = 5.4 t$$

9.1 Peso de tuberías y bombas de casco

$$Ptbc = 0.0047 * L * \sqrt{L * B}$$

$$Ptbc = 0.0047 * 241 * (241 * 38)^{\frac{1}{2}}$$

$$Ptbc = 108.39t$$

9.2 Peso de los tecles en la cámara de máquinas

$$Ptm = 0.047 * lm * B * 0.6$$

$$Ptm = 0.047 * 22.5 * 38 * 0.6$$

$$Ptm = 24.11 t$$

9.3 Portillos y ventanas

$$Pov = 0.12 * n$$

$$Pov = 9.72 t$$

Donde

- N es el número de ventanas y portillos, que equivale a 81

9.4 Escaleras exteriores

$$Pescaleras\ ext = 0.8 * NH + 0.6$$

$$Pescaleras = 4.6 t$$

Donde,

- NH: es el número de cubiertas de alojamiento, que en este caso equivale a 5

9.5 Centro de gravedad y representación gráfica de la Habilitación

9.5.1 Habilitación

Debido a que no disponemos de información concreta sobre la distribución ni la cantidad de camarotes, comedores, salones, aseos para realizar el cálculo del centro de gravedad de la habilitación las medidas aquí reflejadas se han obtenido del plano del buque de referencia.

$$XG=8.625\ m$$

$$KG= 34.5\ m$$

9.5.2 Tecles en la cámara de máquinas

Los tecles se situarán en el centro de la cámara de máquinas.

$$XG = 11.25\ m$$

$$KG = 10.5\ m$$

9.5.3 Chimenea

El centro de gravedad se aproxima mediante el plano del buque de referencia y se considera que se re.

$$XG = 9.5\ m$$

$$KG = 15\ m$$

9.5.4 Tuberías y bombas del casco

Se considera que al estar repartidas a lo largo de todo el barco su posición del centro de gravedad se encontrará en el centro del mismo.

$$XG = 120.5\ m$$

$$KG = 10.5\ m$$

9.5.5 Escaleras exteriores

Ya que la colocación de las escaleras es simétrica a ambas bandas de la habilitación se supone;

$$XG = 8.625m$$

$$KG = 34.5 \text{ m}$$

9.5.6 Portillos y ventanas

El peso se distribuye uniformemente por toda la habilitación por tanto suponemos que su centro de gravedad se encontrará en el centro de la habilitación:

$$XG=8.625 \text{ m}$$

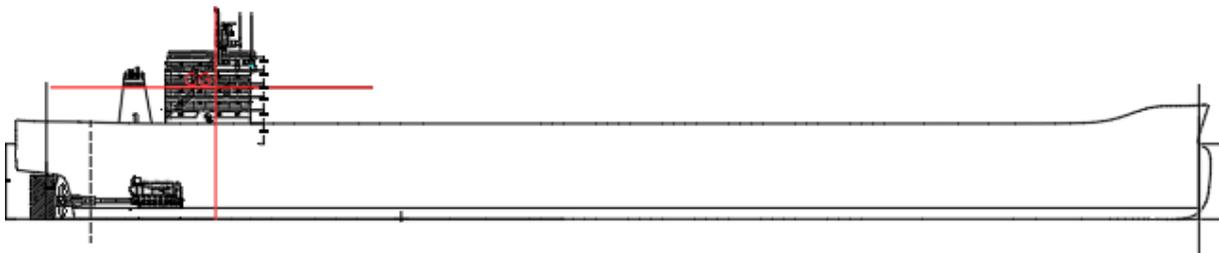
$$KG= 34.5 \text{ m}$$

9.5.7 Resumen de Pesos y centros de gravedad de la Habilitación

HABILITACIÓN					
Elemento	Peso total (t)	XG (m)	KG (m)	Mom XG (t*m)	Mom KG (T*m)
Sub pavimento	51	8.625	34.5	1449,00	630.00
Aislamiento acústico	24	8.625	34.5	828,00	360.00
Techos	25,5	8.625	34.5	879,75	382.5
Mamparos	39	8.625	34.5	1345,50	585.00
Aseos	2,5	8.625	34.5	86,25	37.5
Cabina doble	2,46	8.625	34.5	84,87	36.9
Cabina sencilla	0,36	8.25	34.5	12,42	5.40
Tuberías y bombas	121,826106	120.5	10.5	15471,92	1401.0
peso chimenea	35,4076	9,5	15	336,37	531.11
Peso tecles cm	26,0145	11,25	10,5	292,66	273,15
portillos	1,56	8.625	15	53,82	23.40
Suma	472.71			16334.20	12679.85
Habilitación		34.55	26.82		

Se indica en el buque proyecto la posición aproximada de la habilitación que coincide con

$$XG=34.5 \text{ m y } KG=26.82 \text{ m}$$



10 MÁRGENES CONSIDERADOS EN LOS PESOS Y C.G

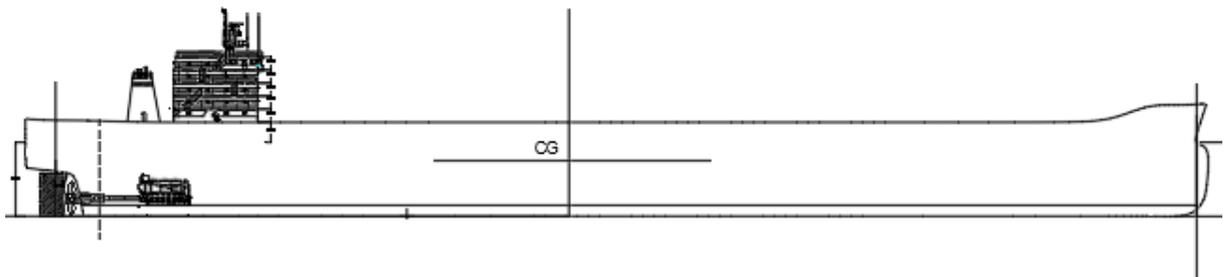
En este apartado se puede apreciar los valores finales de cada partida con sus respectivos centros de gravedad, así como el peso y el centro de gravedad final sin el margen de seguridad.

Resumen de las partidas					
Partida	Peso	KG (m)	XG (m)	Mom KG (m*t)	Mom KG (m*t)
Acero	15750,87	120,50	10,50	1897980,31	165384,18
Equipo	835,72	72,59	11,63	60668,18	9720,77
Maquinaria	3321,43	120,50	10,50	37366,08	27799,65
Habilitación	472,71	34,55	26,82	16334,20	12679,85
Total	20379,10			2012565,66	215779,96
CG final		10,57	98,65		

COMPARATIVA		
Peso inicial	KG inicial	XG inicial
20398,06	10.91	104.70
margen	KG margen	XG margen
1021 t	0.5 m	1 m
Peso con margen 5%	KG con margen	XG con margen
21420,06	10,57	98,65 m
Peso final	Kg final	XG final
21420 t	10.6	99,7 m

10.1 Representación gráfica del centro de gravedad del rosca

Se representa el Rosca total mediante una intersección de rectas en el plano del buque proyecto, este centro de gravedad.



11 COMPROBACIÓN DEL PESO EN ROSCA

En este apartado se pretende comprobar la validez y exactitud de los cálculos realizados hasta el momento.

$$\Delta = 119786 \text{ t}$$

Este es el desplazamiento obtenido del Cuaderno 3, a continuación, se dispone a comprobar que esta condición se cumple, previamente se estableció que las TPM del buque son 100 000, siempre añadiendo unos márgenes de seguridad.

$$\Delta_{estimado} = 21420 + 100000 = 121420 \text{ t}$$

Como se puede observar tenemos un exceso de 1634 t que se pueden achacar a las inexactitudes debidas a la utilización de fórmulas genéricas e inexactitud de los cálculos, por tanto damos por óptimos los cálculos.

11.1 Posibles soluciones

En el caso de querer mantener el margen el margen del 5 % intacto para futuros cálculos, una posible solución sería aumentar el calado, que es la dimensión más barata de modificar como se ha indicado en las clases de "Proyectos del buque I".

$$T_2 = 15.5 \text{ m}$$

Es decir, hacer un incremento de 35 cm en el calado nos daría un margen más que suficiente para mantener e incluso incrementar el margen de seguridad para posibles errores o adiciones posteriores de equipos.

Estas modificaciones, de considerarse necesarias se reflejarán en el cuaderno 3.

12 CARGA ÚTIL

Se realizará la misma estimación hecha previamente en el Cuaderno 1, pero ahora se espera obtener unos resultados más exactos debido a los resultados obtenidos en este cuaderno, como pueden ser los consumos de los motores.

Las distintas partidas que integran este apartado son:

1. Carga útil
2. Consumos
3. Tripulación y pasaje
4. Pertrechos

12.1 Tripulación y pasaje

La tripulación y pasaje ha sido un dato también pre establecido para este proyecto, se ha estipulado que el número máximo de tripulantes es de 13 personas. Por tanto, siguiendo las recomendaciones del libro "el proyecto básico del buque mercante" se establece que el peso por tripulante es de 125 kg por persona tal que:

$$P_{tr}=125*13=1625 \text{ kg}$$

$$P_{tr}=1.625 \text{ toneladas}$$

12.2 Pertrechos

Los pertrechos son considerados todos aquellos elementos que se añaden a más, como pueden ser repuestos, pinturas, estachas o cabos adicionales. Este dato debe ser aportado por el Armador.

Según el libro que se ha mencionado en el apartado anterior este valor tiene un rango normal de entre 10tm a 100 tm. En este caso se ha seleccionado el siguiente valor:

$$P_{pert}=60 \text{ toneladas}$$

12.3 Consumos

Los consumos son cargas variables que dependen de la autonomía del buque. En este caso la autonomía es de 15 000 millas a una velocidad de servicio de 15 nudos.

Se pueden subdividir en:

- Combustible
- Aceite
- Agua dulce
- Víveres

Antes de empezar a desarrollar los diferentes sub apartados, es conveniente conocer la autonomía en días para tener una visión más completa:

$$Autonomía = \frac{15000}{15} = 1000 \text{ horas} = 41.666 \text{ días}$$

$$Autonomía = 42 \text{ días}$$

12.3.1 Combustible

En cuanto a lo referido a combustible esta partida se dividirá en combustible diésel y LNG, este barco está diseñado para que su combustible principal sea el diésel debido al espacio que se requiere para almacenar el LNG por tanto de manera estimada y teniendo en cuenta que esto es una estimación inicial se establece que para una autonomía de 15000 millas a una velocidad de servicio de 15 nudos el consumo necesario de combustible es el siguiente, obtenido del Cuaderno 4:

12.3.1.1 Consumo diésel

El catálogo se indica que en consumo de diésel equivale a 140 g/KW, por tanto:

$$Consumo \text{ diesel} = 1000 \text{ h} * 140 \frac{\text{g}}{\text{Kw} * \text{h}} * 20291.8 \text{ Kw} * \left(\frac{1}{10^6}\right) * 0.85 = 2414,65 \text{ t}$$

A este valor hay que añadirle un 5% de margen de seguridad por posibles emergencias

$$Consumo \text{ diesel final} = 2328.4 \text{ t} * 1.05 = \mathbf{2535,38 \text{ t}}$$

Aplicando la densidad de 0.87 tn/m³ para diésel obtenemos el **volumen** necesario más:

$$V \text{ Do} = \left(\frac{2535,38}{0.84}\right) = \mathbf{3018 \text{ m}^3}$$

12.3.1.2 Consumo LNG

El combustible LNG se utilizará para maniobrabilidad en el puerto y si fuera necesario para zonas de emisiones reducidas cuya travesía no supere las 600 millas o 40 horas de viaje.

En este caso como se ha decidido establecer depósitos comerciales. Se dispondrán de 2 **depósitos de gas metano del fabricante Wärtsilä**, modelo LNGPac194 cuya disposición se encontrará en la cubierta del buque, tendrán las siguientes características que se recogen en el catálogo:

Type		LNGPac 105	LNGPac 145	LNGPac 194	LNGPac 239	LNGPac 284
Geometric volume	[m3]	105	145	194	239	284
Net volume (90%)	[m3]	95	131	175	215	256
Diameter	[m]	3.5	4.0	4.3	4.3	4.3
Tank length	[m]	16.7	16.9	19.1	23.1	27.1
Tank room	[m]	2.5	2.5	2.7	2.7	3.0
Total length	[m]	19.2	19.4	21.8	25.8	30.1
LNGPac empty weight	[ton]	47	62	77	90	104
Tank full weight	[ton]	92	125	161	195	228
LNGPac max operating weight	[ton]	94	127	164	198	231
Theoretical Max. Autonomy	[MWh]	244	318	427	525	625

* Includes an estimate of the process skid weight.

Se comprueba que por tanto con los depósitos escogidos se dispone de la autonomía suficiente, tal que:

$$\text{Autonomía} = 427 * 10^3 \text{ KWh} * \frac{2 \text{ depósitos}}{20291.8 \text{ Kw}} = 42.08 \text{ horas}$$

Como se observa se dispone de 2 horas adicionales a lo que se proyecta en caso de emergencia o avería.

Por tanto, se obtiene un volumen:

$$\text{Ton LNG} = 161 * 2 = 322 \text{ t}$$

$$\text{Vol LNG} = 175 * 2 = 350 \text{ m}^3$$

12.3.1.3 Consumo total

$$P_{sec} = 1710.86 + 322 = 2032.86 \text{ t}$$

12.3.2 Aceite

En este apartado nos apoyaremos en los cálculos del cuaderno 2, en dicho cuaderno se establecida que el consumo de aceite sería el 3 % del consumo total de combustibles, es decir tanto diésel oil como GNL, por tanto, se obtendría lo siguiente:

12.3.2.1 Tanques de aceite

$$\text{Consumo aceite} = 0.03 * (2391.74 + 390) = 83.45 \text{ t}$$

$$V_{aceite} = \frac{83.45}{0.9} = 92.75 \text{ m}^3 \approx 93 \text{ m}^3$$

12.3.2.2 Tanques de aceite usado

Se ha de disponer del mismo espacio para estos tanques que para los de consumo de aceite limpio, por tanto, es necesario **93 m³**.

12.3.3 Agua dulce

$$\text{Consumo agua} = 125 \text{ litros} * \text{tripulación} * \frac{\text{Autonomia}}{\text{Velocidad} * \text{hora}}$$

$$\text{Consumo agua} = 54166.6 \text{ litros} \approx 55 \text{ m}^3$$

Se establecen 2 tanques diferentes con esta capacidad para tanto agua dulce como agua técnica

12.3.1 Capacidad de aguas grises y negras

Para definir estos tanques utilizaremos se aplicará la normativa UNE_EN_ISO15749-1. En esta regla se recoge la cantidad de desechos de acuerdo con la siguiente:

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 considera las posibles variaciones debidas a los reglamentos nacionales o a las recomendaciones de las sociedades de clasificación.				

Considerando que en el cuaderno 12 se ha establecido un sistema de vacío, será esa la columna que se seleccione, obteniéndose así los valores siguientes.

$$V_{\text{planta vacío}} = 25 + 135 = 160 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}}$$

$$V_{\text{aguas negras y grises}} = V_{\text{planta vacío}} \cdot n_{\text{tripulantes}} \cdot T_{\text{nav}}$$

$$V_{\text{aguas negras y grises}} = 160 \cdot 13 \cdot 42 = 87360 \text{ litros} \approx \mathbf{87.5 \text{ m}^3}$$

12.3.2 Víveres

El peso de los víveres para buques mercantes es de 5 kg por persona y día.

$$P_{\text{viv}} = 5 \cdot 13 \cdot \frac{1t}{1000kg} \cdot 46 \text{ días}$$

$$P_{\text{viv}} = 2.99 t$$

12.3.3 Peso total de consumos

$$P_{\text{consumo}} = P_{\text{sec}} + P_{\text{aceite}} + P_{\text{agua}} + P_{\text{viv}}$$

$$P_{\text{consumo}} = 2032.86 + 74.75 + 6 + 2.99 = 2116.6 t$$

12.4 Carga útil

La carga útil es la diferencia entre el peso muerto establecido en la RPA y la diferencia entre las partidas calculadas en los apartados anteriores tal que:

JUSTIFICACIÓN DE LA CARGA	
Tipo de tanque	Toneladas
Peso Muerto	100 000
Consumos	3863,552
Total	96136.48

13 BIBLIOGRAFÍA

- 1." Proyecto básico del buque mercante"
- 2." Proyectos y artefactos marinos" Fernando Junco Ocampo
3. Apuntes de la asignatura Proyectos del buque I