



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado/Máster
CURSO 2019/20

REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Miguel Burgos Torres

TUTORAS/ES

Luis Manuel Carral Couce

FECHA

DICIEMBRE 2020



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2019-2020

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE: BUQUE REMOLCADOR ROMPEHIELOS 90 TPF, PARA OPERACIONES DE PUERTO Y OPERACIONES ROMPEHIELOS

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: BUREAU VERITAS, MARPOL, SOLAS Y REGLAMENTOS STANDARD PARA ESTE TIPO DE BUQUE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 90 TPF

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 12 NUDOS EN CONDICIONES DE SERVICIO, 85% MCR + 15% MM

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: LO HABITUAL EN ESTE TIPO DE BUQUES

PROPULSIÓN: DIÉSEL ELÉCTRICA MDO CON DOS HÉLICES AZIPODS

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 6 TRIPULANTES

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: LOS HABITUALES EN ESTE TIPO DE BUQUES.

Ferrol, 10 Setiembre 2019

ALUMNO/A: **D. MIGUEL BURGOS TORRES**



Escola Politécnica Superior

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

REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 2

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

Índice:

1. INTRODUCCIÓN	5
2. CÁLCULO DEL PESO DEL ACERO Y CENTRO DE GRAVEDAD.	6
Método mediante expresiones genéricas.	6
Método de Watson.....	6
Método de SV. Harvald y Juncher.....	7
Peso de la estructura de acero.	7
Posición del centro de gravedad de la estructura de acero.	8
3. CÁLCULO DEL PESO DE LA MAQUINARIA Y SU CENTRO DE GRAVEDAD.	9
Pesos de los motores principales:	9
Pesos de los propulsores:.....	11
Pesos de instalación de equipos contraincendios en cámara de máquinas:	12
Pesos de los tecles en cámara de máquinas:.....	12
Pesos de las piezas de respeto:	13
4. CÁLCULO DEL PESO DE EQUIPOS Y SU CENTRO DE GRAVEDAD.	14
Peso de equipos de amarre y fondeo:	14
Pesos de equipos de navegación:	15
Pesos de los equipos de salvamento y contraincendios:	15
Pesos de los cierres diversos y accesos:	16
Pesos de la instalación eléctrica:	17
Pesos de las tuberías y bombas:.....	18
Pesos de la pintura y protección catódica.....	18
5. PESOS DE LA HABILITACIÓN.	20
6. CUADRO DE DESGLOSE DEL PESO EN ROSCA DEL BUQUE.....	22
7. COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO DEL BUQUE.	24
8. CONCLUSIONES DEL PESO EN ROSCA.....	25
<i>ANEXO I: Gráfica</i>	<i>27</i>
<i>ANEXO II: Disposición general “RT Emotion”</i>	<i>29</i>
<i>ANEXO III: Plano de centros de gravedad</i>	<i>31</i>

1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se dispone a calcular el desplazamiento final del buque proyecto. Para realizar dicho cálculo se dividirá en dos etapas. En la primera etapa, se calcula el peso en rosca del buque, así como su centro de gravedad, y en la segunda etapa, se obtendrá el peso muerto con más detalle que el calculado en el cuaderno 1.

La primera etapa del cálculo del peso en rosca se desglosará en:

- Estructura del acero
- Maquinaria
- Equipos
- Habilitación

Las medidas del centro de gravedad tanto longitudinal como vertical del peso en rosca del buque, se hallarán mediante la diversa formulación en función del método correspondiente, o medidas directamente sobre el plano del buque base dispuesto en el ANEXO. En cuanto a las medidas longitudinales del centro de gravedad de elementos bajo cubierta se toman como referencia las del buque base “*RT Emotion*”.

En la segunda etapa del cálculo de desplazamiento, el valor del peso muerto viene dado del cuaderno 1.

Finalmente se calculará el desplazamiento del buque proyecto con los datos calculados en las dos etapas.

Características principales	
Lpp	38 m
B	12,5 m
D	6,65 m
T	5,27 m
BHP	6000 kW
Desplazamiento	1308,6
Cb	0,52
Cm	0,98
Cp	0,53
Velocidad (m/s)	6,17
Velocidad (kn)	12
L	40,36 m

2. CÁLCULO DEL PESO DEL ACERO Y CENTRO DE GRAVEDAD.

Se realizará una clasificación de los distintos métodos de cálculo de pesos de la estructura referida a la etapa del proyecto en el que se encuentra el buque.

En el buque proyecto se le incrementará un 8% el peso del acero debido a su condición de rompehielos. A continuación, se explican los diferentes métodos:

Método mediante expresiones genéricas.

En este apartado se obtiene el peso del acero para el buque proyecto mediante la fórmula genérica, aplicada en el cuaderno anterior.

$$PS = K \cdot L \cdot B \cdot D \cdot \frac{L^{0,5}}{D}$$
$$PS = 1,08 \cdot 0,094 \cdot 38 \cdot 12,5 \cdot 6,65 \cdot \frac{38^{0,5}}{6,65}$$
$$PS = 766,56 t$$

Método de Watson.

Para calcular el peso del acero del buque por este método, se basa en un número bidimensional y un factor dependiente del tipo de buque, cuya expresión es:

$$PS = k \cdot E^{1,35} \cdot (1 + 0,5 \cdot (CB_{80\%D} - 0,7))$$

Donde:

$$E = LPP \cdot (B + D) + 0,85 \cdot LPP \cdot (D - T) + 1,45 \cdot LPP - 11$$

$$CB_{80\%D} = Cb + (1 - Cb) \cdot \frac{0,8 \cdot D - T}{3 \cdot T}$$

$$K = 0,044 \text{ (Remolcadores)}$$

Sustituyendo los valores de las dimensiones del buque proyecto:

$$E = 38 \cdot (12,5 + 6,65) + 0,85 \cdot 38 \cdot (6,65 - 5,27) + 1,45 \cdot 38 - 11$$

$$E = 816,37$$

$$CB_{80\%D} = 0,52 + (1 - 0,52) \cdot \frac{0,8 \cdot 6,65 - 5,27}{3 \cdot 5,27}$$

$$CB_{80\%D} = 0,56$$

Finalmente, sustituyendo estos valores en la ecuación se obtiene un resultado de:

$$PS = 0,044 \cdot 816,37^{1,35} \cdot (1 + 0,5 \cdot (0,56 - 0,7))$$

$$PS = 349,5 t$$

Método de SV. Harvald y Juncher.

Mediante este método el peso del acero del buque se obtiene con la siguiente fórmula:

$$PS = C_s \cdot (LPP \cdot B \cdot D + Sup)$$

Donde:

$$C_s = C_{so} + 0,0064 \exp(-0,50 \cdot u - 0,1 \cdot u^{2,45})$$

$$u = \log\left(\frac{DESPL}{100}\right)$$

$$Sup = 0,8 \cdot B \cdot (1,45 \cdot LPP - 11)$$

Sustituyendo valores obtenemos:

$$C_{so} = 0,0892 \text{ (remolcadores)}$$

$$u = 1,1168$$

$$C_s = 0,0892 + 0,0064 \exp(-0,5 \cdot 1,1168 - 0,1 \cdot 1,1168^{2,45})$$

$$C_s = 0,0924$$

$$Sup = 441$$

$$PS = 0,0924 \cdot (38 \cdot 12,5 \cdot 6,65 + 441)$$

$$PS = 332,66 \text{ t}$$

Peso de la estructura de acero.

Se obtiene como peso de la estructura de acero del buque, el valor medio según los métodos calculados:

MÉTODO	PESO ACERO
Genérico	766,56
Watson	349,53
Sv Harvald y Juncher	332,66
Valor Medio	482,92

El peso del acero se le añadirá un 8% por la cota de rompehielos.

$$PS = 1,08 \cdot 482,92$$

$$PS = 521,51 \text{ t}$$

Posición del centro de gravedad de la estructura de acero.

Para el cálculo del centro de gravedad de la estructura del acero se utilizan las fórmulas obtenidas del libro “Cálculo del desplazamiento”, de Fernando Junco.

Formulación J.L. García Garcés:

Este método propone diferentes fórmulas para diversos tipos de buques. Para el del proyecto, se utilizan las siguientes fórmulas.

- $X_{G_{JLGARCÍA}} = 0,447 \cdot LPP + 0,614$
- $Y_{G_{JLGARCÍA}} = 0$
- $K_{G_{JLGARCÍA}} = 1,019 \cdot D^{0,817}$

La posición del centro de gravedad de la estructura del acero tiene como resultado los siguientes:

POSICIÓN	m
XG	17,6
YG	0
KG	4,79

Debido a que la fórmula utilizada no es particular para el buque que se realiza como buque proyecto, se decide tomar como XG, la mitad de la eslora entre perpendiculares.

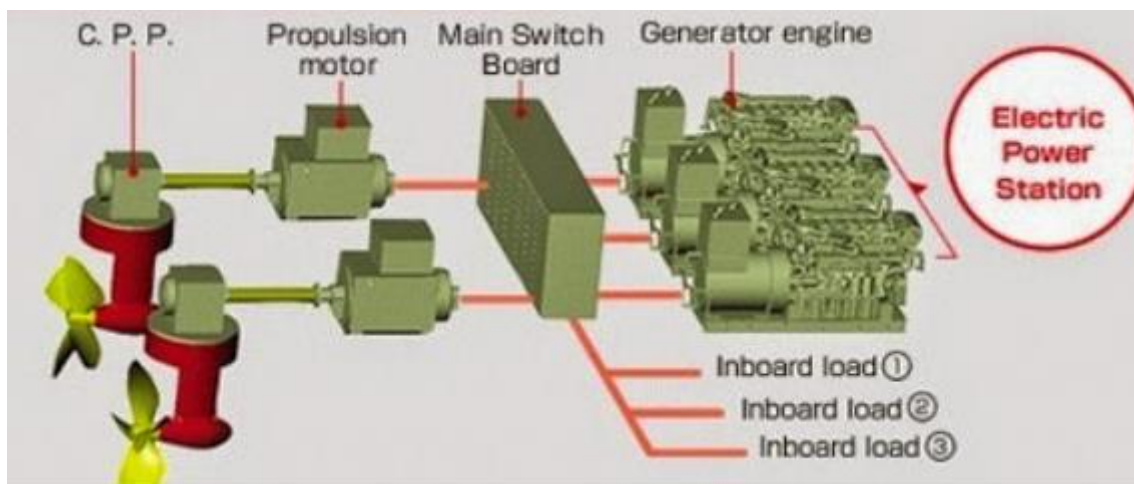
POSICION	m
XG	19
YG	0
KG	4,79

3. CÁLCULO DEL PESO DE LA MAQUINARIA Y SU CENTRO DE GRAVEDAD.

El peso de la maquinaria se descompone en diversos componentes, lo que permite determinarla de una manera más detallada.

El buque proyecto dispone de una propulsión diésel-eléctrica, lo que significa que los motores principales serán generadores, y los motores eléctricos serán los encargados del movimiento de las hélices, mediante una reductora.

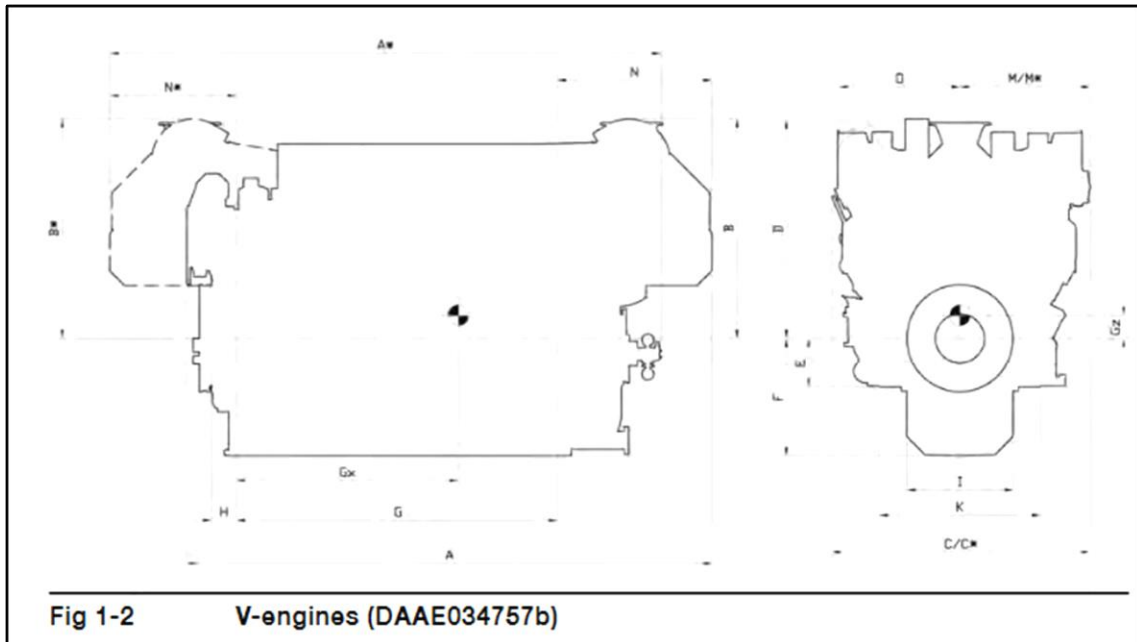
A continuación, se muestra un esquema simplificado de nuestra planta propulsora:



Pesos de los motores principales:

Para cubrir la potencia necesaria para el buque proyecto, se han elegido dos motores del fabricante Wärtsilä. Se eligieron los motores Wärtsilä 12V26.

Una vez ya realizada la estimación de potencia con las dimensiones reales del buque, se emplearán 2 motores 12V26, cuyas dimensiones y pesos se muestra a continuación:



Engine	A*	A	B*	B	C*	C	D	E	F _{wet}	F _{dry}	G
W 12V26	5442	5314	2034	2034	2552	2602	2060	460	1110	800	3035
W 16V26	6223	6025	2151	2190	2489	2763	2060	460	1110	800	3875

Engine	H	I	K	M*	M	N*	N	O	Weight	
									dry sump	wet sump
W 12V26	235	1010	1530	1364	1238	1433	1698	1148	28.7	29.0
W 16V26	235	1010	1530	1248	1248	1383	1626	1160	36.1	37.9

Genset 26, Rated power				
Engine type	60 Hz		50 Hz	
	325 kW/cyl, 900 rpm		340 kW/cyl, 1000 rpm	
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
6L26	1 950	1 870	2 040	1 960
8L26	2 600	2 495	2 720	2 610
9L26	2 925	2 810	3 060	2 940
12V26	3 900	3 745	4 080	3 915
16V26	5 200	4 990	5 440	5 220

El peso de cada motor individualmente es de 60 toneladas, por lo que el peso final de los motores principales es de:

$$\text{Motores } 12V26 = 60 \cdot 2$$

$$\text{Peso motores principales} = 120 \text{ t}$$

CENTRO DE GRAVEDAD DEL MOTOR PRINCIPAL:

En la primera espiral del proyecto, se empleó el buque base “RT Emotion” para la localización del centro de gravedad del generador. Una vez realizado el compartimentado básico, se medirá directamente sobre el plano de disposición general del buque, con el objetivo de realizar el desarrollo de los datos con la mayor exactitud posible.

Para todos los componentes ubicados en la cámara de máquinas, el centro de gravedad se ubica en el centro de la cámara de máquinas, por lo tanto, el centro de gravedad de los motores principales es el siguiente:

- XG = 21,8 m
- YG = 0 m
- KG = 3,86 m

Pesos de los propulsores:

El buque proyecto consta de una propulsión eléctrica. Esto significa que, además de los motores principales, debe contar con motores eléctricos. En el buque proyecto se ha escogido un propulsor que lleva incorporado el motor eléctrico.

Los propulsores seleccionados para el buque a proyectar son dos hélices azimutales de la marca ABB, modelo AziPod ICE.

	Azipod ICE	Azipod VI1600	Azipod VI2300
	[ton]	[ton]	[ton]
Propulsion Module (excluding propeller)	35–56	118–123	220–245
Steering Module	19–24	97	140
SRU (Slip Ring Unit)	1.8	3	4
CAU (Cooling Air Unit)	N / A	8,5	10
HPU (Hydraulic Power Unit)	4.2	4.5	4.5
OTU (Oil Treatment Unit)	N / A	2x0.3	2x0.3
GTU+AIU+LBU+ACU	0.02 (LBU only)	0.5	0.5
Propeller	5–10	14–18	36–40

El peso del motor (estimado en 45 toneladas) más el peso del propulsor (estimado en 7 toneladas) es de 52 toneladas.

$$\text{Propulsores} = 2 \cdot 52$$

$$\text{Peso propulsores} = 104 \text{ t}$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS PROPULSORES:

El centro de gravedad de los propulsores junto con los motores eléctricos correspondientes será obtenido mediante el plano de disposición general del buque. Los propulsores van alojados en unos compartimentos situados en la popa del buque. Por lo tanto, el centro de gravedad de los propulsores es de:

- XG = 4,2 m
- YG = 0 m
- KG = 5 m

Pesos de instalación de equipos contraincendios en cámara de máquinas:

El peso de la instalación de equipos contraincendios dentro de la cámara de máquinas se calcula mediante la fórmula obtenida en el libro de *“Cálculo de desplazamiento”* de Fernando Junco.

$$P_{IM} = 0,125 \cdot (0,0046 \cdot MCR + 0,0088 \cdot L \cdot B)$$

$$P_{IM} = 4 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS EQUIPOS CONTRAINCENDIOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS:

El centro de gravedad de los equipos contraincendios en cámara de máquinas se estima en el centro de la cámara de máquinas.

- XG = 21,8 m
- YG = 0 m
- KG = 3,86 m

Pesos de los tecles en cámara de máquinas:

El peso de los tecles instalados en la cámara de máquinas se calcula mediante la fórmula obtenida del libro de *“Cálculo de desplazamiento”* de Fernando Junco. La longitud de la cámara de máquinas es de 15,85 m.

$$P_T = 0,047 \cdot L_{maquinas} \cdot B \cdot 0,6$$

$$P_T = 5,9 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS TECLES EN CÁMARA DE MÁQUINAS:

El centro de gravedad de los tecles de cámara de máquinas son los siguientes:

- XG = 21,8 m
- YG = 0 m
- KG = 3,86 m

Pesos de las piezas de respeto:

En esta partida están incluidos los pesos de las piezas de respeto, cargos de cámara de máquinas y líquidos en circuitos incluidos en el peso en rosca.

$$P \text{ var} = a \cdot MCR + b \cdot MCR^{0,7}$$

Donde el MCR es la potencia instalada en el buque en KW y los coeficientes a y b son los siguientes:

	a	b
MCR (kW) < 736	0,0262	0
MCR (kW) > 736	0.0109	0.07525

Con estos datos el peso de las piezas de respeto es el siguiente:

$$Pvar = 98,93 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS PIEZAS DE RESPETO:

El centro de gravedad de las piezas de respeto se localiza en el punto:

- XG = 21,8 m
- YG = 0 m
- KG = 3,86 m

4. CÁLCULO DEL PESO DE EQUIPOS Y SU CENTRO DE GRAVEDAD.

La última partida en la que se desglosa el peso en rosca es en la de equipo y habilitación. Para tener un valor más exacto de los pesos de equipo y habilitación, se desglosará en distintas partes. Los valores del centro de gravedad se obtendrán mediante la medición en el plano de disposición general del buque proyecto adjuntado en el ANEXO.

Peso de equipos de amarre y fondeo:

Para calcular el peso del equipo de fondeo y amarre lo primero que se calcula es el numeral de equipo, NE. El peso de los elementos de fondeo se obtiene entrando directamente en la curva que se muestra en el libro de “Cálculo de desplazamiento” del profesor Fernando Junco.

El numeral de equipo se obtiene mediante la siguiente formula:

$$NE = DE^{2/3} + 2 \cdot B \cdot h + \frac{A}{10}$$

Donde:

- DE = Desplazamiento al calado máximo en t.
- B = Manga del buque.
- h = Altura total, incluidas las casetas con manga superior a B/4, desde el calado de verano.
- A = Área lateral del buque por encima del francobordo de verano. El área es de 210 m².

Por lo tanto:

$$NE = 1308,6^{\frac{2}{3}} \cdot 2 \cdot 12,5 \cdot 11,4 \cdot \frac{210}{10}$$

$$NE = 414,24$$

Entrando en la gráfica de pesos de amarre y fondeo del libro añadida en el ANEXO, se obtiene un peso de 6 toneladas las cuales distribuimos en proa y popa de la siguiente manera:

$$P. proa = 6 \cdot 0,8 = 4,8 t$$

$$P. popa = 6 \cdot 0,2 = 1,2 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS EQUIPOS DE FONDEO Y AMARRE:

Para el cálculo de gravedad de los equipos de amarre y fondeo, cabe destacar que el equipo de proa se dispone a 0,02L de la perpendicular de proa, mientras que, en popa, se situará a 0,02L de la perpendicular de popa. El centro de gravedad vertical se encuentra por debajo de la cubierta principal.

En proa:

- XG = 36,5 m
- YG = 0 m
- KG = 6,9 m

En popa:

- XG = 2,5 m
- YG = 0 m
- KG = 6,1 m

Pesos de equipos de navegación:

El peso de los equipos de navegación es muy reducido y, por lo tanto, se recomienda tomar como valor:

$$P_{nav} = 1.5 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS EQUIPOS DE NAVEGACIÓN:

El centro de gravedad de los componentes que integran este concepto se considera en mitad del puente de gobierno.

- XG = 19 m
- YG = 0 m
- KG = 11,8 m

Pesos de los equipos de salvamento y contraincendios:

Para el peso del equipo de salvamento se calcula en función del número de personas a bordo, si el valor de la tripulación es menor a 35, se tomará este valor para el cálculo. Para este cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

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

$$PL = 9,5 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS EQUIPOS DE SALVAMENTO

El centro de gravedad de estos equipos se toma en la mitad de la eslora del buque y a la altura de la cubierta principal:

- XG = 19 m
- YG = 0 m
- KG = 6,65 m

Para el peso de los equipos contraincendios utilizamos la siguiente fórmula:

$$P_{in} = 0,0025 \cdot VE + 1$$

Donde:

- VE = es el volumen de la cámara de máquinas
El área es de 142 m² y tiene una altura de 6 metros.

$$VE = 142 \cdot 6 = 852 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el peso de los equipos contraincendios es de:

$$Pin = 3,13 \text{ t}$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS EQUIPOS CONTRAINCENDIOS

El centro de gravedad de los equipos contraincendios se toma a popa de la habitación y en la cubierta principal.

- XG = 12,35 m
- YG = 0 m
- KG = 6,65 m

Pesos de los cierres diversos y accesos:

En estos pesos se incluyen los pesos de las puertas de acero, portillos y ventanas, escaleras exteriores, etc.

- NC = número de casetas de chigres o frigoríferos = 0
- NH = número de cubiertas de alojamientos = 2
- N = número de tripulantes = 6

- Para el peso de las puertas de acero:

$$P = 0,56 \cdot (NH + 1) + 0,28 \cdot NC$$

$$P = 1,68 \text{ t}$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS PUERTAS DE ACERO

Se considera su centro de gravedad en el 75% de la eslora total y al 65% de la altura total.

- XG = 28,5 m
- YG = 0 m
- KG = 10,4 m

- Para el peso de los portillos y ventanas:

$$P = 0,12 \cdot n$$

$$P = 0,72 \text{ t}$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS PORTILLOS Y VENTANAS

Se considera su centro de gravedad en el 75% de la eslora total y al 65% de la altura total.

- XG = 28,5 m
- YG = 0 m
- KG = 10,4 m

- Para el peso de las escaleras exteriores:

$$P = 0,8 \cdot NH + 0,6$$

$$P = 2,2 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS ESCALERAS EXTERIORES

El centro de gravedad de las escaleras exteriores se considera a proa de la habitación, en la cubierta principal.

- XG = 29,3 m
- YG = 0 m
- KG = 10,4 m

Pesos de la instalación eléctrica:

Según el libro de “*Proyectos de buques y artefactos*” de Fernando Junco, para el peso de esta partida, al ser el buque menor de 60 m de eslora, se debe utilizar la siguiente fórmula.

$$P = \sqrt{\frac{L}{60}} \cdot Lc + \frac{Pot}{1000}$$

Donde:

$$Lc = 1,82 + 0,268 \cdot L + 0,000597 \cdot L^2$$

$$L = 12,87 km$$

Por lo tanto, el peso de la instalación eléctrica:

$$Peso I. eléctrica = 15,2 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El centro de gravedad de la instalación eléctrica se toma a proa de la habitación y a un 147% del puntal.

- XG = 29 m
- YG = 0 m
- KG = 9,77 m

Pesos de las tuberías y bombas:

En esta partida podemos dividir las tuberías y bombas en la zona del casco y en la cámara de máquinas.

- Tuberías y bombas del casco

Se calcula este peso con la siguiente fórmula:

$$P = 0,0047 \cdot L \cdot \sqrt{L} \cdot B$$

$$P = 13,76 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS TUBERÍAS Y BOMBAS EN EL CASCO

El centro de gravedad de dichos pesos se sitúa en la sección media y a un 60% del puntal.

- XG = 19 m
- YG = 0 m
- KG = 4 m

- Tuberías y bombas en la cámara de máquinas

Se calcula este peso mediante la siguiente fórmula:

$$P = 0,0098 * Pot$$

$$P = 59 t$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS TUBERÍAS Y BOMBAS EN CÁMARA DE MÁQUINAS

El centro de gravedad de estos pesos se sitúa en el centro de la cámara de máquinas

- XG = 21,8 m
- YG = 0 m
- KG = 3,86 m

Pesos de la pintura y protección catódica.

El peso de la protección catódica utilizada en el casco del buque se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = 0,0004 \times Sm \times a \times Y$$

Donde

- Sm es la superficie mojada del casco en m². Siendo 307,1 m²
- Y es el número de años de protección
- a = 6,5 / 12 para ánodos de magnesio
a = 3,5 / 12 para ánodos de alto rendimiento de aluminio
a = 5 / 12 para ánodos de aluminio de bajo rendimiento

Se estima un uso de 6 años y una protección catódica y aluminio de alto rendimiento, estimándola en 8.

$$P = 0,0004 \times 307,1 \times 8 \times 6 = 5,9 \text{ t}$$

El peso de la pintura se calcula como el 6% del peso total de acero del buque.

$$P = 0,006 \times PS = 0,006 \times 521,55 = 3,13 \text{ t}$$

CENTRO DE GRAVEDAD DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA Y PINTURA

El centro de gravedad de la protección catódica y la pintura, de manera aproximada, lo podemos situar en el mismo punto que la del acero.

- XG = 19 m
- YG = 0 m
- KG = 4,79 m

5. PESOS DE LA HABILITACIÓN.

Para la obtención del peso de la habitación no se utilizará la formulación usada hasta ahora del libro “*Proyecto de Buques y artefactos*”, sino que se realizará el cálculo a partir de las superficies de la habitación. Las superficies de cada compartimento serán medidas en el plano de disposición general del buque proyecto.

Mediante la siguiente tabla, se calcula el peso por compartimento.

Tipo de espacio	Peso (kg*m ²)
Camarote	135
Comedores	120
Salones	120
Pasillos	80
Pañol	60
Escalera	80
Oficina	200
Cocina	200
Aseos	200
Gambuza seca	60
Gambuza frig.	190
Lavandería	150
Puente	140

A continuación, se muestra una tabla en la que se dispone de los diversos espacios que compone cada cubierta del buque junto con la superficie en metros cuadrados y su respectivo centro de gravedad:

Cubierta A							
	S (m ²)	P(kg*m ²)	Kg	t	XG	YG	KG
Camarotes	32,1	135	4333,5	4,33	20,3	0	7,9
Despachos	18	200	3600	3,60	20,3	0	7,9
Cocina	9	200	1800	1,80	20,3	0	7,9
Gambuza seca	5	60	300	0,30	20,3	0	7,9
Gambuza frigorífica	3,4	190	646	0,65	20,3	0	7,9
Lavandería	6,6	150	990	0,99	20,3	0	7,9
Escaleras	4,2	80	336	0,34	20,3	0	7,9
Comedor	15,7	120	1884	1,88	20,3	0	7,9
Sala Aire acond.	6	1000	6000	6,00	20,3	0	7,9
Paños	8,7	60	522	0,52	20,3	0	7,9
Aseo	3,1	200	620	0,62	20,3	0	7,9
Pasillo	21	80	1680	1,68	20,3	0	7,9
				22,71	20,3		7,9

Cubierta B

	S (m ²)	P(kg*m ²)	Kg	t	XG	YG	KG
Camarotes	56,4	135	7614	7,61	31,25	0	5
Sala de estar	16,3	120	1956	1,96	31,25	0	5
Pasillo	6,4	80	512	0,51	31,25	0	5
Escalera	5	80	400	0,40	31,25	0	5
				10,48	31,25		5

Puente

	S (m ²)	P(kg*m ²)	Kg	t	XG	YG	KG
Puente	34	140	4760	4,76	19	0	11,8
Escaleras	2,1	80	168	0,17	19	0	11,8
				4,93	19		11,8

El centro de gravedad de la habitación se estima en el centro de cada cubierta para una disposición equilibrada de pesos.

6. CUADRO DE DESGLOSE DEL PESO EN ROSCA DEL BUQUE.

A continuación, se muestra una tabla resumen con el desglose de todos los pesos calculados anteriormente con su respectivo centro de gravedad.

	PESO t	XG	KG	MOM long	MOM vert
PESO ACERO	521,55	19,00	4,79	9909,50	2498,72
Motores principales	120	21,8	3,86	2616,00	463,20
Propulsores	104	4,2	5	436,80	520,00
Contraincendios en C.M	3,99	21,8	3,86	86,88	15,38
Piezas de respeto	98,93	21,8	3,86	2156,72	381,88
Tecles	5,90	21,8	3,86	128,62	22,77
PESOS MAQUINARIA	332,82	16,30	4,22	5425,02	1403,24
P. Cubierta A	22,71	20,3	7,9	461,04	179,42
P Cubierta B	10,48	31,25	5	327,56	52,41
P. Puente	4,93	19	11,8	93,63	58,15
PESO HABILITACIÓN	38,12	23,14	7,61	882,24	289,98
Equipo amarre y fondeo PR	4,8	36,5	6,9	175,20	33,12
Equipo amarre y fondeo PP	1,2	2,5	6,1	3,00	7,32
Equipo navegación	1,5	19	11,8	28,50	17,70
Equipo salvamento	9,5	19	6,65	180,50	63,18
Equipo contraincendios	3,13	12,35	6,65	38,66	20,81
Puertas acero	1,68	28,5	10,4	47,88	17,47
Portillos y ventanas	0,72	28,5	10,4	20,52	7,49
Escaleras	2,2	29,3	10,4	64,46	22,88
Instalación eléctrica	15,20	29	9,78	440,66	148,54
Tuberías y bombas C.	13,76	19	3,99	261,48	54,91
Tuberías y bombas M.	59,02	21,8	3,86	1286,56	227,80
Pintura y P.Catódica	9,02	19,00	4,79	171,47	43,23
PESO EQUIPOS	121,73	22,34	5,46	2718,89	664,45

PESO EN ROSCA	1014,22
XG	18,67
KG	4,79
MOM long	18935,65
MOM vert	4856,39

Al peso en rosca calculado se le añade un margen del 5%:

PESO EN ROSCA INICIAL	1014,22
MARGEN	5%
PESO EN ROSCA FINAL	1064,93

A la posición longitudinal de buque se le añade un margen de medio metro más.

PESO EN ROSCA FINAL	1064,93
XG	19,17
KG	4,79

7. COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO DEL BUQUE.

Se realiza una estimación del peso muerto del buque basada en los consumos del buque calculados en el Cuaderno 4 del buque proyecto.

Los datos que se obtuvieron fueron los siguientes:

PESO MUERTO	
Peso Consumos	
P.Combustible	152
P.Aceites	2,23
P.Agua Dulce	9,25
Viveres	0,5
Pertrechos	
Pertrechos	20
Tripulación y pasaje	
Tripulación	0,75
PESO MUERTO TOTAL	184,73

El desplazamiento del buque con los pesos calculados será la suma del peso muerto y el peso en rosca:

$$\text{Desplazamiento por pesos} = 1064,93 + 184,73 = 1249,66 \text{ t}$$

El desplazamiento del buque debido a sus formas obtenido en el Cuaderno 4 es de 1308,6 por lo que se aproxima al desplazamiento calculado mediante la distribución de pesos del buque.

8. CONCLUSIONES DEL PESO EN ROSCA.

En el Cuaderno 1, se realizó una aproximación del peso en rosca del buque mediante formulación.

PESO ACERO	
1ª Forma	477,603
2ª Forma	766,56
Total peso acero	622,08
PESO MAQUINARIA	
Peso maquinaria	242,08
PESO EQUIPOS Y HABILITACIÓN	
Peso equipos y habilitación	205,22
PESO EN ROSCA	1069,40

Con este peso en rosca y el peso muerto del buque se obtuvo un desplazamiento de:

$$\text{Desplazamiento} = 152,68 + 1069,4 = 1222 \text{ t}$$

Posteriormente, en el Cuaderno 3, se procede a variar las formas del casco del buque, con lo que ello conlleva, varía el desplazamiento del buque proyecto, dando lugar a un desplazamiento final de:

$$\text{Desplazamiento final} = 1308,6 \text{ t}$$

Por último, se procede a realizar el dimensionamiento del peso en rosca del buque mediante los planos de disposición general y se obtiene un peso con mayor exactitud que el peso calculado en el cuaderno 1.

El peso en rosca obtenido en este cuaderno es de:

PESO EN ROSCA INICIAL	1014,22
MARGEN	5%
PESO EN ROSCA FINAL	1064,93

Junto con el peso muerto, se obtiene un desplazamiento por pesos de:

$$\text{Desplazamiento por pesos} = 1064,93 + 184,73 = 1249,66 \text{ t}$$

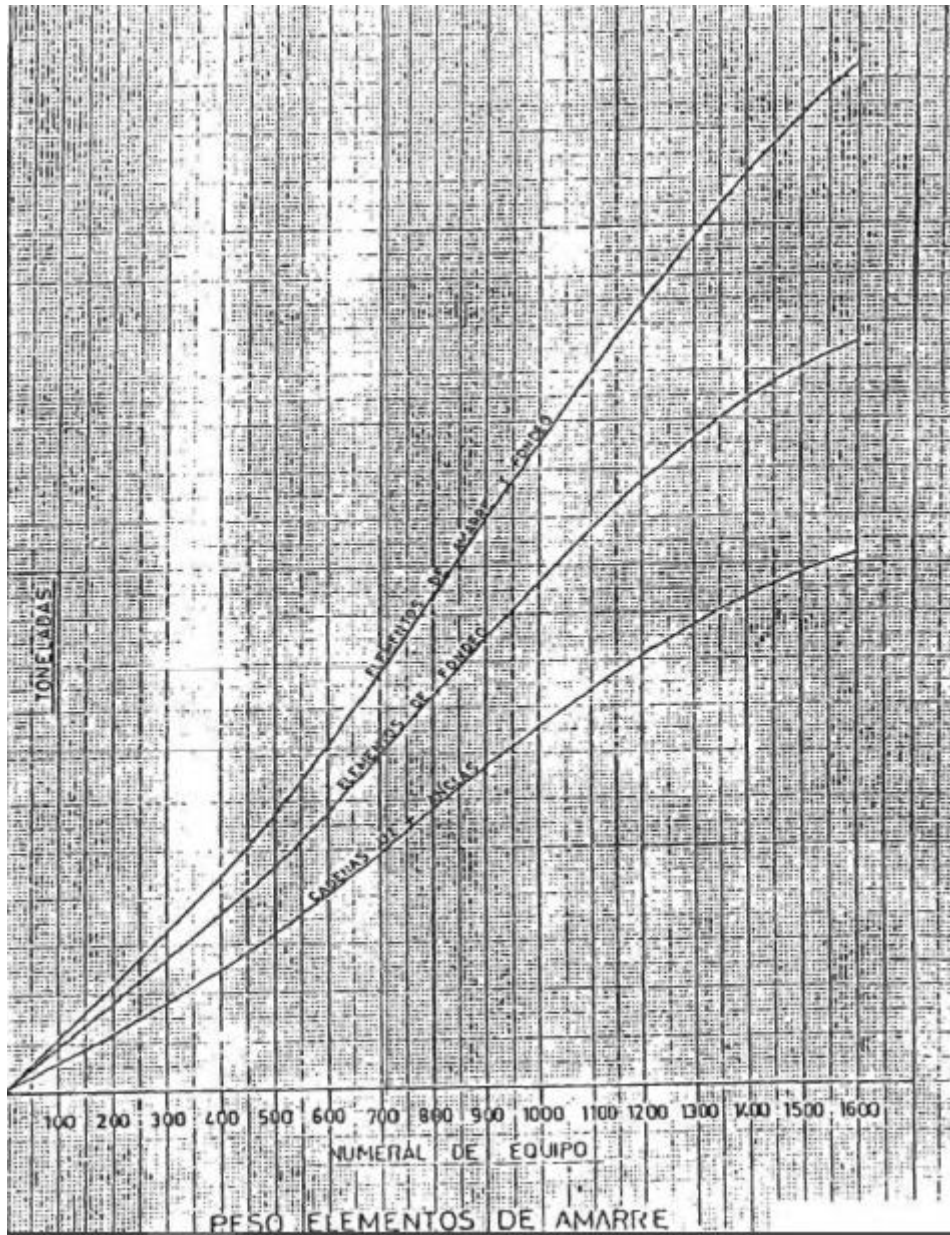
Como se puede apreciar, se observa que los tres desplazamientos obtenidos son muy similares, y sus variaciones dependen de la posible falta de contabilizar algún peso.

Al no coincidir el desplazamiento final con el desplazamiento calculado por pesos, se comprobará cual será la variación de calado que implica en el buque proyecto.

DESPLAZAMIENTO POR PESOS	1249,66
DESPLAZAMIENTO INICIAL	1308,60
T INICIAL	5,27
T POR PESOS	4,94
DIFERENCIA CALADO	0,33

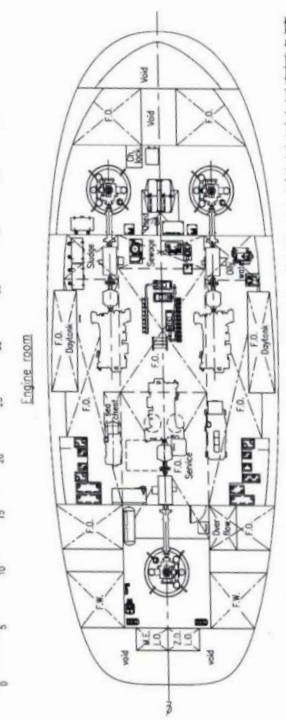
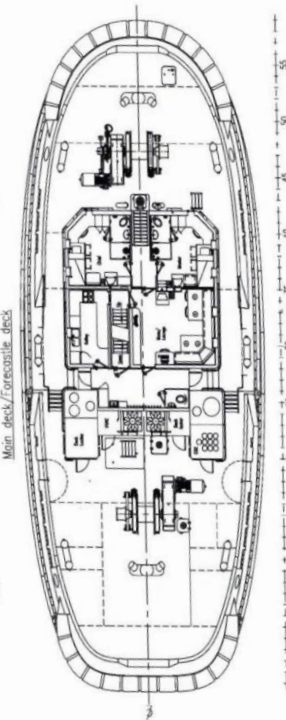
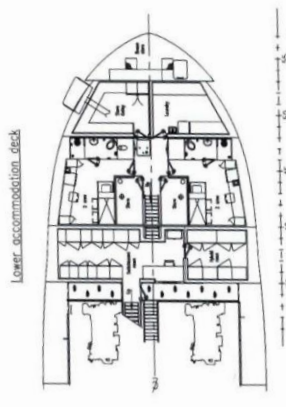
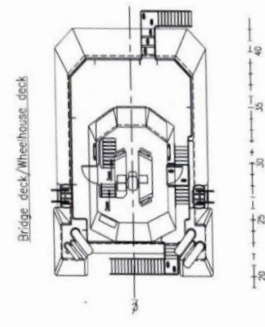
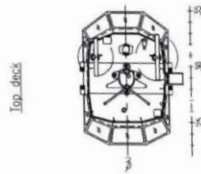
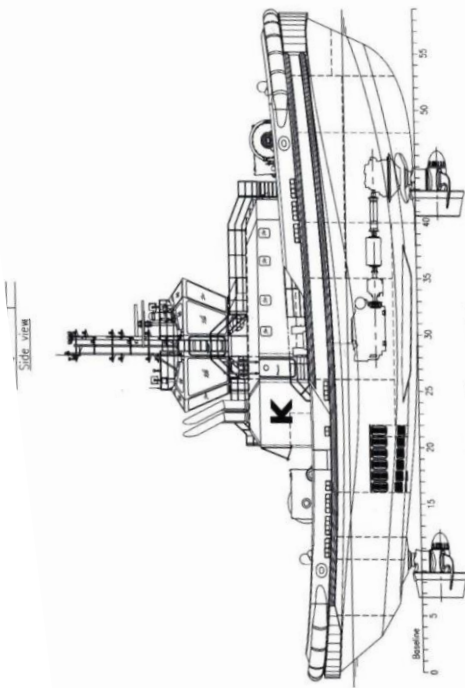
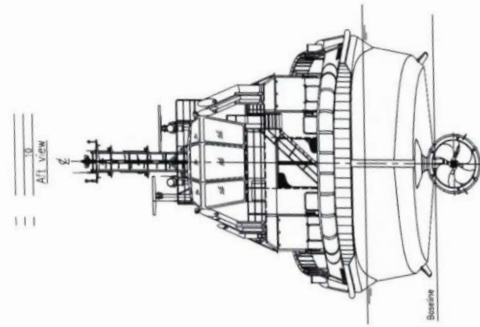
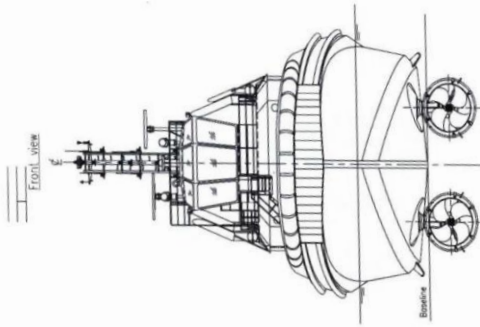
Como se observa, la diferencia de calado es de 0,33 m y no es una gran cantidad, por lo que se estima que el cálculo está bien realizado.

ANEXO I: Gráfica

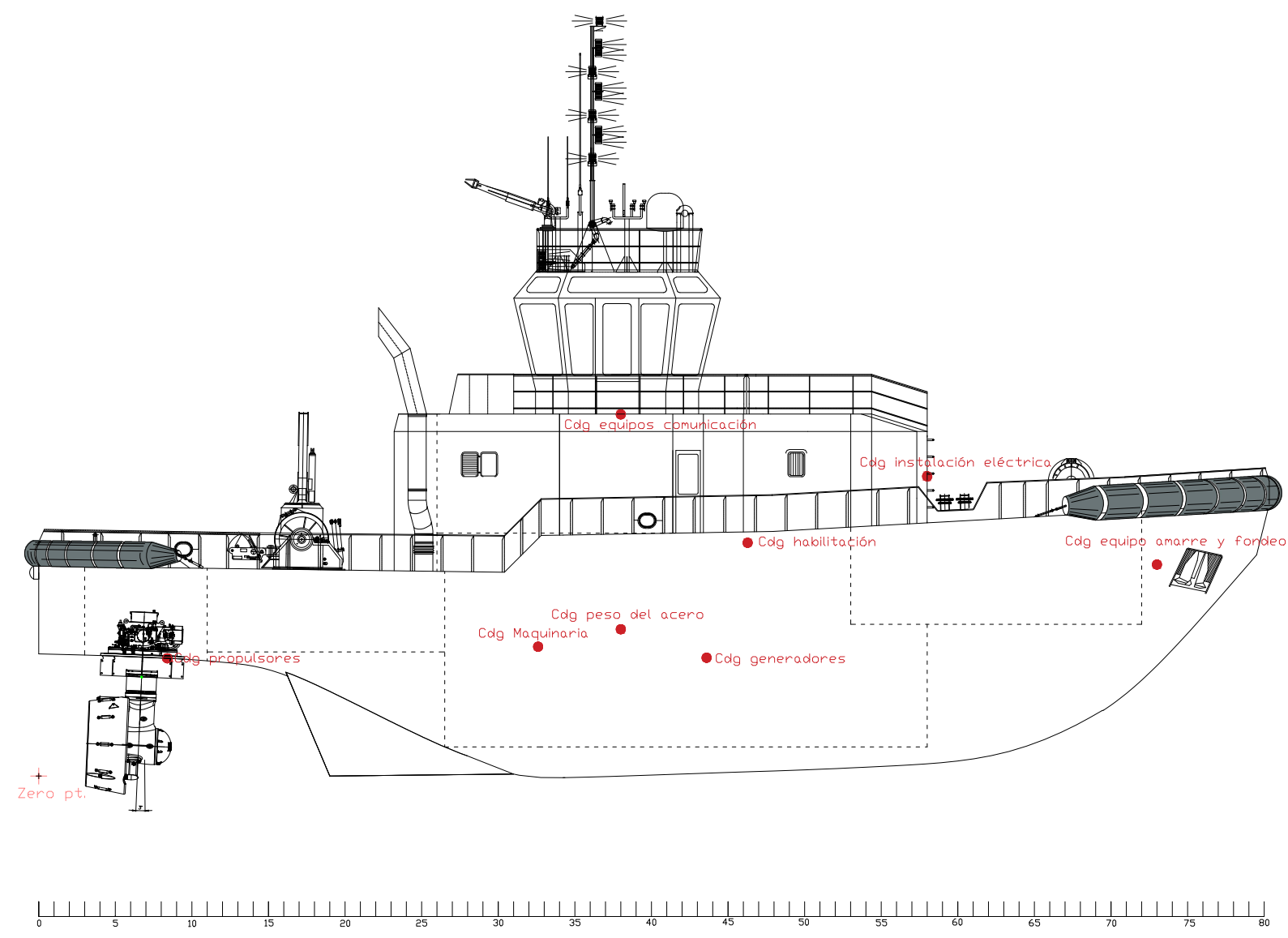


ANEXO II:
Disposición general
“RT Emotion”

Cuaderno 2 – REMOLCADOR ROMPEHIELOS 90 TPF
 Miguel Burgos Torres



ANEXO III: Plano de centros de gravedad



UNIVERSIDADE DE A CORUÑA.					
FORMATO A3	PROYECTO: BUQUE REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF				
ESCALA 1:200	TÍTULO: PLANO DE CENTROS DE GRAVEDAD				
	DIBUJADO	APROBADO	FECHA	HOJA DE	PLANO Nº
	M. Burgos		2020	C2	REVISIÓN 0