



Escola Politécnica
Superior de Ferrol

CUADERNO 2: CÁLCULO DE PESOS

FAST FERRY CATAMARÁN 950 PAX Y 250 COCHES

Trabajo de fin de grado 14-03

Escuela politécnica superior - Universidade da Coruña.



Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Carlos Fernández Baldomir

c.faldomir@udc.es baldomirr@gmail.com (+34)618477004

RPA:



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

ANTEPROYECTO Y PROYECTO FIN DE CARRERA

CURSO 2.013-2014

PROYECTO NÚMERO 14-03

TIPO DE BUQUE: Fast-Ferry catamarán de 950 pax. y 250 vehículos.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, MARPOL, COLREG, ILO, CODIGO DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 950 pasajeros y 250 vehículos.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 38kn al 100% MCR y 10% Margen de mar.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: 2 rampas para vehículos a popa.

PROPULSIÓN: 4 Waterjets, planta propulsora dual LNG-DIESEL.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30 tripulantes, 950 pasajeros.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Dos propulsores de proa (uno en cada casco).

Ferrol, Febrero de 2.014

ALUMNO: D Carlos Fernández Baldomir.

Contenido

RPA:.....	1
Presentación	4
Cálculo del peso en rosca del buque	5
Peso de la estructura de aluminio	5
Formulación tradicional.....	5
Método alternativo para catamaranes	7
Resultados obtenidos mediante formulación	8
Centro de gravedad de la estructura.....	9
Peso y centro de gravedad de la maquinaria	12
Peso de la maquinaria	12
Centro de gravedad de la maquinaria	12
Peso y centro de gravedad de los equipos.....	14
Peso y centro de gravedad de la pintura del buque	14
Peso y centro de gravedad de la protección catódica del casco.....	14
Peso y centro de gravedad del equipo de fondeo y amarre:	15
Peso y centro de gravedad del equipo de navegación:.....	16
Peso y centro de gravedad del equipo de gobierno:	16
Peso y centro de gravedad de los equipos de salvamento:	18
Peso del equipo contraincendios:	21
Peso y centro de gravedad de la instalación eléctrica:	21
Peso de las tuberías y las bombas del casco:	22
Peso y centro de gravedad de la habilitación:.....	22
Peso y centro de gravedad de las rampas de coches:.....	23
Peso y centro de gravedad de las chimeneas:	24
Peso en rosca final.....	25
Comprobación del peso en rosca	25
Croquis de los centros de gravedad	26
Comprobación del desplazamiento del buque.....	27
Peso del pasaje	27
Peso de la carga	27
Peso del combustible.....	28
Peso de aceite.....	32

Peso de agua dulce	32
Peso de los víveres.....	32
Peso de la tripulación y pertrechos	32
Peso muerto total.....	33
Comparación del peso muerto con los buques de la base de datos.....	33
Comprobación del desplazamiento.....	33

Presentación

En este cuaderno se calculará el peso en rosca del buque proyecto y la localización de su centro de gravedad. También se comprobará el desplazamiento del buque mediante el cálculo del peso muerto.

Las características principales del buque son las siguientes:

B(m)	26,3
Lpp (m)	83,16
Loa (m)	92,4
Bcasco (m)	5,5
T (m)	4
D (m)	7,65
BHP (Kw)	32000
CB	0,6
CM	0,909
CP	0,68
Δ (t)	2288
Fn	0,66
Autonomía (millas)	1200
Peso en Rosca (t)	1352
Superficie mojada (m ²)	1669,188
Area de la maestra (m ²)	39,439
Area de la flotacion (m ²)	652,702

Cálculo del peso en rosca del buque

Peso de la estructura de aluminio

Dado que el buque proyecto cuenta con un casco tipo catamarán, se considera que el peso de la estructura podría diferir del peso calculado por las fórmulas típicas que se pueden encontrar en referencias bibliográficas para buques ferry convencionales.

Para este apartado primero se calculará el peso de la estructura por la formulación más común y posteriormente se calculará mediante una fórmula que se ha adaptado específicamente para catamaranes.

Se comprobará el resultado y se elegirá la mejor opción.

Formulación tradicional

Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillan:

Este método ha sido usado en el cuaderno 1 para la estimación preliminar de pesos. El método está pensado para el cálculo de peso de acero, pero indica una correlación entre el peso de acero y aluminio que permite hacer el cálculo para nuestro buque, que cuenta con estructura de aluminio.

Se sigue la fórmula para el cálculo del peso de aceros, posteriormente se

$$PST = K * E^{1,36} * (1 + 0,5 * (CB80D - 0,7))$$

Con un valor de $K=0,031$ de acuerdo con el "Practical Ship Design" de D.G.M. Watson para buques "RoRo Ferries".

Con el valor de E:

$$E = Lpp * (B + D) + 0,85 * Lpp * (D - T) + 0,85 * 1,45 * Lpp - 11$$

Dando un valor de $E=3172,7806$

Y CB80D:

$$CB80D = CB + \frac{(1 - CB) * (0,80 * D - T)}{3 * T}$$

$$CB80D = 0,64597$$

Se calcula el peso equivalente del acero:

$$PST = 1743$$

El libro indica que para buques de aluminio se sustituye el valor del peso de acero de forma que 1 tonelada de aluminio equivalga a 2,9 toneladas de acero:

$$PAL = WST/2,9$$

$$PAL = 601t$$

Resultando por este método un peso de aluminio de 601 toneladas.

Método de Sv. Aa. Harvald y J. Juncher

Se trata de un método sencillo para el cálculo del peso de la estructura del acero:

$$WST = Cs * (Lpp * B * D + Sup) = 1623,85t$$

Donde:

$$Cs = Cso + 0,064 * e^{-0,5*u-0,10*u^{2,45}} = 0,0853$$

$$Cso = 0,0584$$

$$u = \text{Log}_{10} * \left(\frac{DISW}{100} \right) = 1,33$$

$$Sup = 0,8 * B * (1,45 * Lpp - 11) = 2305,60$$

Se usa la misma conversión acero-aluminio que se ha utilizado en el método anterior:

$$PAL = WST/2,9$$

$$PAL = 559,94t$$

Mediante este método se obtiene un peso de aluminio de 559,94 toneladas.

Método de A. Osorio

Se deduce la fórmula siguiente:

$$WST = \left(\frac{Lpp}{10} \right)^{1,376} * \left(\frac{B * D}{100} \right)^{0,7449} * (0,0542 - 0,017 * CB) * 1000$$

$$WST = 1381$$

Utilizando la conversión acero-aluminio:

$$PAL = WST/2,9$$

$$PAL = 476,5t$$

Mediante este método se obtiene un peso de aluminio de 476,5 t.

Peso de la estructura de aluminio:

Tras haber calculado el peso de aluminio por tres métodos distintos se calculará la media de los tres valores obtenidos para determinar el peso calculado mediante la formulación convencional:

$$Pal = ((476,5 + 559,94 + 601)/3) = 545,81t$$

Por lo tanto se estima el peso de la estructura de aluminio del buque en **545,81t**

Método alternativo para catamaranes

Se usará el método de Watson, sacado del libro “Proyecto de buques y artefactos” de Fernando Junco en el tomo “Cálculo del desplazamiento” y se adaptará a catamaranes, de la forma que se explica a continuación:

Se calcula el numeral de equipo necesario para este método:

$$NE = L * (B + T) + 0,85 * L * (D - T) + 0,85 * (ls * hs) + 0,75 * (lc * hc)$$

Como es un catamarán se hará lo siguiente:

1. Primero se calculará el numeral de equipo para un patín (sin superestructura).0

$$NE = 83,16 * (5,5 + 4) + 0,85 * 83,16 * (7,65 - 4) + 0,85 = 1048$$

Con esto se obtiene:

$$Wsto = K * E^{1,36}$$

$$Wsto = 0,036 * 1048^{1,36} = 461t$$

2. Este valor se corrige por el coeficiente de bloque de forma que:

$$Wst = Wsto * (1 + 0,5 * (Cb - 0,7))$$

$$Wst = 461t * (1 + 0,5 * (0,57 - 0,7)) = 431t$$

Se obtiene un peso de acero por patín de 431 toneladas.

3. Se hace la conversión acero-aluminio:

$$Wal = Wst/2,9 = 148t$$

Obteniéndose un peso de 148 toneladas de aluminio por patín. Por lo tanto el peso de los patines es de: 297,2t.

4. Ahora se calcula de nuevo el numeral de equipo suponiendo la hipótesis de que fuera el barco de tan solo una carena y añadiendo superestructura:

$$NE = [83,16 * (26,3 + 4) + 0,85 * 83,16 * (7,65 - 4)] + 0,85 * (85 * 12,2)$$

$$NE = 3659t$$

5. Con esto se obtiene un peso para el buque monocasco:

$$Wsto = K * E^{1,36}$$

$$Wsto = 0,036 * 3659^{1,36} = 2526,24t$$

$$Wst = Wsto * (1 + 0,5 * (Cbp - 0,7))$$

$$Wst = 2526,24t * (1 + 0,5 * (0,57 - 0,7)) = 2362t$$

6. Se calculara el peso de la carena del barco monocasco supuesto en la hipótesis anterior para restárselo a este y así obtener el valor del peso de la obra muerta.

$$NE = [83,16 * (26,3 + 4) + 0,85 * 83,16 * (7,65 - 4)] = 2777$$

Con esto se obtiene:

$$Wsto = K * E^{1,36}$$

$$Wsto = 0,036 * 2777^{1,36} = 1736t$$

$$Wst = Wsto * (1 + 0,5 * (Cbp - 0,7))$$

$$Wst = 1736t * (1 + 0,5 * (0,57 - 0,7)) = 1623t.$$

7. El peso de acero de la supuesta obra muerta sería el resultado de restar el peso del casco calculado en el apartado 5 y la carena calculada en el apartado 6:

$$Wsts = 2362 - 1623 = 739 t$$

Que tras aplicar la conversión acero-aluminio sale un peso de aluminio de la obra muerta de:

$$Wals = \frac{Wsts}{2,9} = 254t$$

8. Se calcula el peso total del buque sumando el peso de los patines obtenido en el apartado 3 al peso de la obra muerta obtenido en el apartado 7:

$$Walc + Wals = 297,2 + 254 = 551,2 t$$

Mediante este método se obtiene un peso de la estructura de aluminio de **551,2 toneladas**.

Resultados obtenidos mediante formulación

Comparando ambos métodos de cálculo mediante formulación se obtiene un valor muy similar con una variación de tan solo un 1%.

- Formulación tradicional: 545,81 toneladas.
- Método alternativo para catamaranes: 551,2 toneladas.

Entre los dos valores se elige el segundo método, ya que es el que ha sido calculado con la fórmula específica para buques del tipo catamarán.

Por lo tanto se define el peso de la estructura de aluminio como **551,2 toneladas**.

Centro de gravedad de la estructura

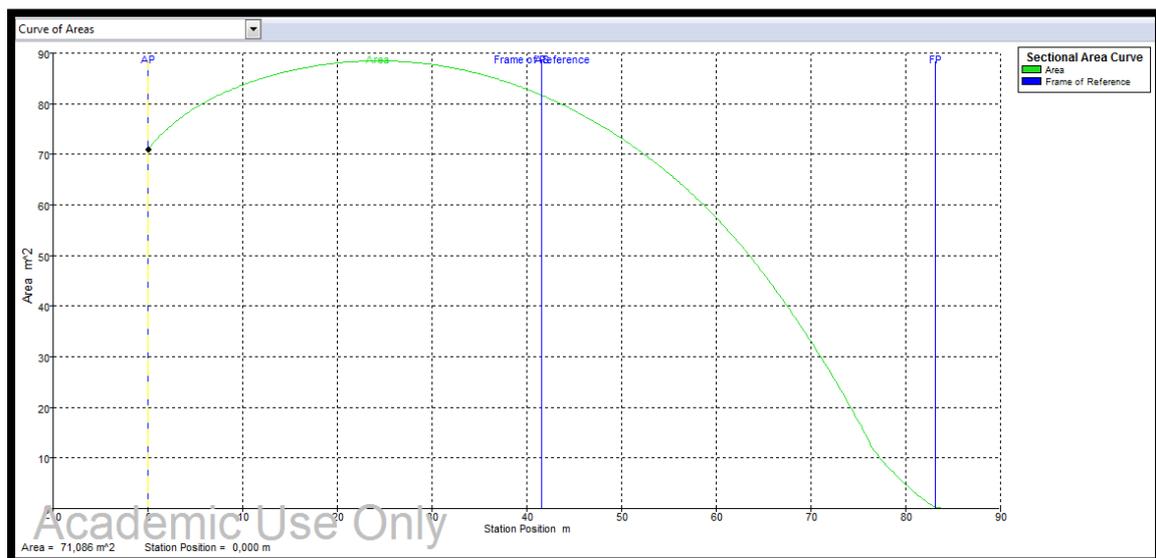
Centro de gravedad longitudinal, peso longitudinal continuo

Para el cálculo del centro de gravedad longitudinal (medido desde la perpendicular de popa) se puede usar la siguiente fórmula:

$$XG = XB = \left(\frac{Lpp}{2} \right) + \frac{20 * (CB - 0,625)}{100} * Lpp = 40,21$$

A la vista de los resultados no se considera adecuada, ya que se ha calculado el XB en el cuaderno 3 (diseño de formas) obteniéndose un valor de 31 metros y no coincide con lo que se ha calculado en esta fórmula. Además se considera que el centro de gravedad longitudinal de la estructura no coincide con el centro de carena, ya que la forma de la carena y de la obra muerta del buque difieren bastante, al tratarse de un buque catamarán. Debido a esto se procederá a calcular el centro de gravedad longitudinal mediante el peso longitudinal continuo.

Se calcula, a partir de las formas obtenidas en el cuaderno 3, la curva de áreas perteneciente al puntal del buque. El centro de áreas de esta curva corresponde con el centro de gravedad que se va a calcular mediante el peso continuo.



Se exportan los valores de áreas por sección longitudinal obtenidos en esta curva a Excel y se calcula el peso continuo. El Excel del cálculo del peso continuo se adjunta en los anexos.

A continuación voy a explicar el procedimiento que he seguido:

1. La tabla realizada a partir de la curva de áreas presenta el siguiente aspecto:

X (m)	Area (m ²)	A=Area/Am	dx (m)	dWc (t)
-0,000205	0	0	0	0
-0,000205	0,017539	0,00019829	0,000203	4,0252E-08
-0,000002	73,997492	0,83657234	0,000001	8,3657E-07
-0,000001	71,085861	0,80365514	0,000002	1,6073E-06
0,000001	71,085861	0,80365514	0,092409	0,07426497
0,09241	71,275998	0,80580472	1E-06	8,058E-07

En ella se indican varios valores:

- X: Posición longitudinal de la sección.
 - Área: Area de la curva de áreas en esa sección.
 - A: Relación entre el área de cada sección respecto al área de la maestra (mayor área de todas las secciones calculadas).
 - Dx: Distancia entre una sección y la siguiente.
 - dWc: producto de multiplicar el peso longitudinal (supuesto como 1 para empezar el cálculo) por A y Dx. Es el peso del volumen que hay entre dos secciones contiguas.
2. Se realiza la siguiente tabla:

Sección	Masa de sección	Brazo long.	Limite anterior	Limite posterior	Mom long.
S1	0	-0,000205	-0,000205	-0,000205	0
S2	4,0252E-08	-0,0001035	-0,000205	-0,000002	-4,1661E-12
S3	8,36572E-07	-0,0000015	-0,000002	-0,000001	-1,2549E-12
S4	1,60731E-06	0	-0,000001	0,000001	0
S5	0,074264968	0,0462055	0,000001	0,09241	0,00343145
S6	8,05805E-07	0,0924105	0,09241	0,092411	7,4465E-08

Donde:

- Masa de sección: corresponde al dWc calculado en el apartado anterior.
 - Brazo longitudinal: es la posición del centro de esa sección, resultado de restar el límite anterior y límite posterior de cada sección.
 - Momento longitudinal: producto de la masa de sección por el brazo longitudinal.
3. El peso longitudinal continuo se obtiene suponiendo Wcont como 1 y viendo el ratio entre el valor resultante de la suma de todas las Wcont y el valor del peso de la estructura de aluminio calculado en este cuaderno:

Am	88,45319	m ²		PC Total	61,967299
W continuo	1	t/m		PC Real	551,2
				Ratio	8,89501413

El ratio es de 8,895, por lo que se procederá a sustituir el Wcont a 8,895 t/m. Tras sustituir ese valor el Excel se actualizará solo.

4. Se obtiene la suma de los pesos de todas las secciones y la suma de los momentos longitudinales de todas las secciones. El centro de gravedad se obtiene al dividir el momento longitudinal entre el peso total:

PESO TOTAL	MOMENTO LONGITUDINAL TOTAL	XG
551,199125	18517,57532	33,5950739

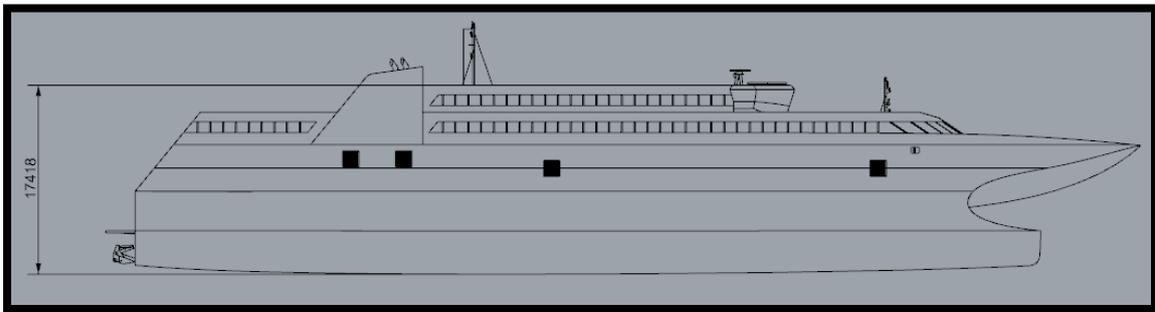
Por lo tanto se obtiene el valor del centro de gravedad longitudinal de la estructura de aluminio en **33,6m**.

Centro de gravedad vertical

Para el cálculo del centro de gravedad vertical (medido desde la línea de base):

$$KG = 0,01 * Dcs * \left(46,6 + 0,135 * (0,81 - CB) * \frac{L^2}{Dcs^2} \right) + \left(\frac{L}{B} - 6,5 \right) * 0,008 * Dcs$$

Se considera el puntal a la cubierta superior, medido sobre un croquis del buque proyecto realizado en rhinoceros, como 17,418 metros



$$KG = 0,01 * 17,418 * \left(46,6 + 0,135 * (0,81 - 0,6) * \frac{83,16^2}{17,418^2} \right) + \left(\frac{83,16}{26,3} - 6,5 \right) * 0,008 * 17,418$$

$$KG = 7,76m$$

Finalmente los datos resultantes para el cálculo de pesos de la estructura de aluminio son:

ESTRUCTURA DE ALUMINIO	
PESO	551,2 t
XG	33,6 m
KG	7,76 m

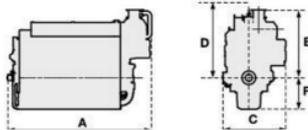
Peso y centro de gravedad de la maquinaria

Peso de la maquinaria

Tras haber hecho la predicción de potencia en el cuaderno 6, se han seleccionado como motores propulsores cuatro Wärtsilä 16V34DF de 8000kw de potencia cada uno.

Wärtsilä 34DF		IMO Tier III, EPA T2/T3	
Cylinder bore	340 mm	Fuel specification:	
Piston stroke	400 mm	Fuel oil	700 cSt/50°C
Cylinder output	500 kW/cyl		7200 sR1/100°F
Speed	750 rpm	ISO 8217	
Mean effective pressure	22.0 bar	category ISO-F-DMX, DMA & DMB	
Piston speed	10.0 m/s	BSEC 7280 kJ/kWh at ISO cond. BSGC 7200kJ/kWh at ISO cond.	

Dimensions (mm) and weights (tonnes)							Rated power	
Engine type	A	B	C	D	F	Weight	Engine type	kW
6L34DF	5 325	2 550	2 380	2 345	1 155	35	6L34DF	3 000
8L34DF	5 960	2 550	2 610	2 345	1 155	44	8L34DF	4 000
9L34DF	6 870	2 550	2 610	2 345	1 155	49	9L34DF	4 500
12V34DF	6 865	2 435	2 900	2 120	1 210	61	12V34DF	6 000
16V34DF	7 905	2 570	3 325	2 120	1 210	77	16V34DF	8 000



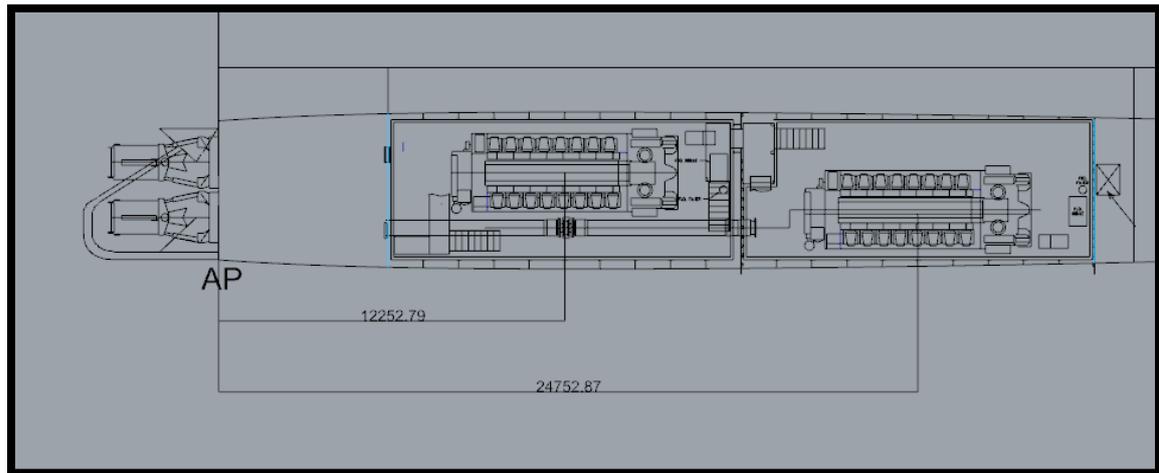
Cada uno de los motores elegidos tiene un peso de 77 toneladas. Por lo que el peso total de la maquinaria principal será de 308 toneladas.

$$77 * 4 = 308 \text{ t}$$

Centro de gravedad de la maquinaria

Para calcular el centro de gravedad longitudinal de la maquinaria he hecho un croquis con la colocación de los motores en la cámara de máquinas del buque basándome en la distribución del compartimentado calculada en el anteproyecto.

Estimando que el XG de cada motor se encuentra en el punto medio de su longitud, se puede medir la distancia desde la perpendicular de popa a los centros de gravedad longitudinales de cada uno de los motores.



A partir de este dato, y recordando que van dos motores alojados en cada patín, se calcula el centro de gravedad longitudinal de la maquinaria:

MOTOR	PESO	XG	MOMENTO
1	77	12,26	944,02
2	77	24,75	1905,75
3	77	12,26	944,02
4	77	24,75	1905,75
TOTAL	308	18,505	5699,54

Se estima un centro de gravedad longitudinal de los motores de 18,5 metros desde la perpendicular de proa.

El centro de gravedad vertical de la maquinaria se obtiene mediante formulación:

$$KG = 0,17 * T + 0,36 * D$$

$$KG = 0,17 * 4 + 0,36 * 7,65 = 3,43m$$

Finalmente, los resultados para el cálculo de pesos de la maquinaria principal son:

MAQUINARIA	
PESO	308 t
XG	18,505 m
KG	3,43 m

Peso y centro de gravedad de los equipos

Peso y centro de gravedad de la pintura del buque

Para obtener el valor estimado del peso de la pintura se usan las siguientes fórmulas:

$$P_i = 0,008 * PAL \text{ si } PAL < 4138t$$

$$P_i = 0,006 * PAL \text{ si } PAL > 4138t$$

*La fórmula original venía expresada en función del peso de acero, pero se le ha aplicado la conversión acero-aluminio que se ha visto en el cálculo del peso de la estructura ($Pal=Ps/2,9$) para adaptarla al buque proyecto.

El peso de aluminio estimado anteriormente es de 545,8t; menor que 4138t, por lo que se usará la primera fórmula:

$$P_i = 0,008 * 551,2 = 4,4t$$

Resultando un peso de la pintura total de 4,37t.

Se estima el centro de gravedad de la pintura en el mismo punto que el centro de gravedad de la estructura de aluminio, ya que la pintura está repartida por todo el casco. De forma que:

PINTURA	
PESO	4,37 t
XG	33,6 m
KG	7,76 m

Peso y centro de gravedad de la protección catódica del casco

El peso de la protección catódica se estima para una protección por ánodos de Zinc, que da una constante $a=1$ y tiene periodo $y=2$ años.

Para el cálculo de dicha protección se usará la fórmula:

$$P_{cc} = 0,0004 * S_m * a * y$$

Se usará el valor de superficie mojada calculado en el cuaderno 3

$$S_m = 1669,188 \text{ m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación

$$P_{cc} = 0,0004 * 1669,188 * 1 * 2 = 1,33t$$

El peso de la protección catódica es de 1,33 toneladas.

Como la protección catódica está repartida por toda la carena se estima que su centro de gravedad coincide con el centro de carena, calculado en el cuaderno 3. De modo que:

PROTECCIÓN CATÓDICA	
PESO	1,33 t
XG	31,675 m
KG	2,222 m

Peso y centro de gravedad del equipo de fondeo y amarre:

Para calcular el peso de equipo de amarre y fondeo se usa el numeral del equipo, que se calcula por la siguiente fórmula:

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

$$NE = 2139,87^{\frac{2}{3}} + 2 * 26,3 * 16,7 + \frac{900}{10} = 1134,47$$

El factor Ap es el área lateral del buque por encima del francobordo de verano, esta se estima a partir de los planos de la disposición general obtenidos en el cuaderno 1.

Se obtiene un numeral de equipo de:

$$NE = 1134,47t$$

Se entra en la gráfica 9.5.5 del libro “Proyecto de buques y artefactos” del profesor Fernando Junco, para valores de NE inferiores a 1500t, con el valor del numeral de equipo y se obtiene un peso estimado de 65 toneladas.

$$\underline{PAF = 65t}$$

Se estima que el peso del amarre y fondeo está repartido en la zona de proa y de popa a partes iguales, ya que a proa va el equipo de fondeo y estaciones de amarre y a popa va la mayor parte del equipo de amarre. La altura del peso se estima en la cubierta principal.

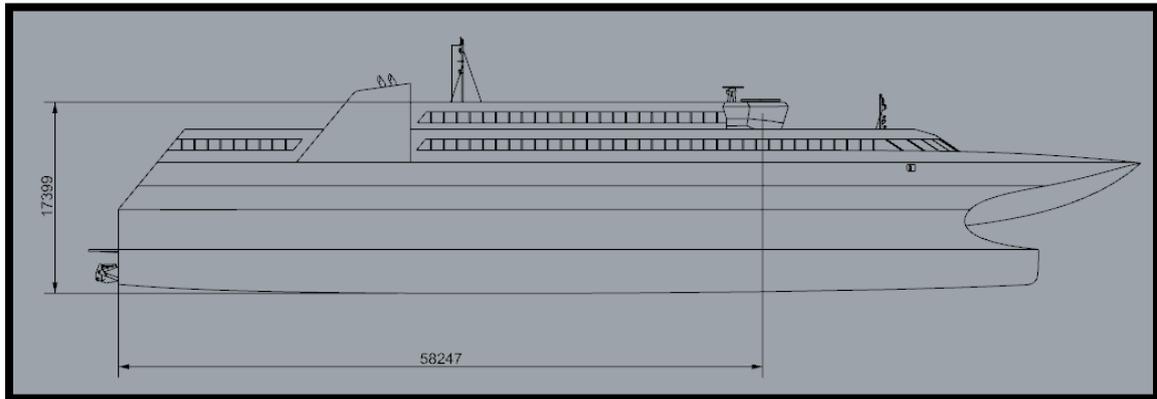
AMARRE Y FONDEO	
PESO	65 t
XG	41,58 m
KG	7,65 m

Peso y centro de gravedad del equipo de navegación:

Se define según el libro de “proyecto de buques y artefactos” del profesor Fernando Junco como constante e igual a 2, de forma que:

$$PN = 2t$$

Su centro de gravedad se estima en el puente de mando del buque, medido sobre el croquis de la disposición de cubiertas.



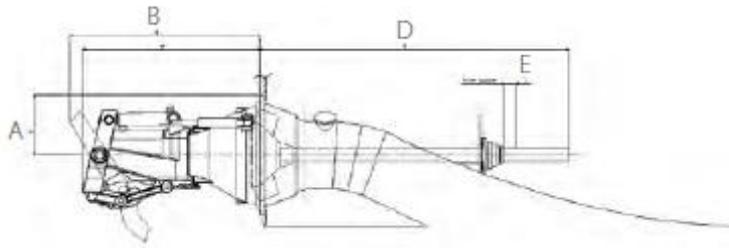
EQUIPO DE NAVEGACIÓN	
PESO	2 t
XG	58,247 m
KG	17,399 m

Peso y centro de gravedad del equipo de gobierno:

El equipo de gobierno del buque son los propios waterjets, de forma que para calcular el peso no podemos seguir ninguna fórmula de las que se disponen en la bibliografía (ya que estas están desarrolladas para timón).

En el cuaderno 6 se han elegido los propulsores Rolls-Royce Kamewa S3-112 cuyas dimensiones principales vienen dadas por la tabla.

Waterjet	Dimensions (mm)				Power range (kW)*	Weight (kg)		
	A	B	D (typical)	E (typical)		Steerable	Booster	EW**
S3-45	410	1318	2450	100	800 - 1790	725	453	577
S3-50	500	1455	2110	100	1000 - 2580	1004	600	750
S3-56	550	1630	2310	100	1200 - 3440	1385	865	1040
S3-63	600	1782	2510	100	1400 - 4300	1882	1172	1490
S3-71	650	2005	2600	100	1500 - 5100	2550	1596	2130
S3-80	700	2269	2800	100	1800 - 6500	3565	2180	3050
S3-90	800	2527	3180	100	2000 - 8500	4820	2940	4340
S3-100	900	2785	3560	100	2500 - 10000	6090	3700	5950
S3-112	1000	3119	3910	100	4000 - 12500	8360	5240	8370
S3-125	1100	3487	4020	100	5000 - 16000	11720	7460	11630
S3-140	1232	3906	4503	100	6000 - 20000	16210	10360	16341
S3-160	1400	4462	5180	100	7000 - 26000	23670	10550	24400
S3-180	1600	5020	5770	100	8000 - 33000	33100	12650	34740
S3-200	1760	5580	6432	100	10000 - 41000	44720	28840	47633



El peso del equipo es la suma de las dos piezas, el “Booster” y el “Stearable”, así como el peso del agua en el conducto. Aunque el peso del agua en el conducto no es una partida del peso en rosca, se tendrá en cuenta en este cuaderno para dejarlo definido, ya que en las formas no se ha modelado el conducto del propulsor de forma que:

$$P_{wj} = 8,36 + 5,24 + 8,37 = 21,97 \text{ t por waterjet}$$

Como el buque cuenta con 4 waterjets, se estima:

$$P_{wjs} = 21,97 * 4 = 87,88 \text{ t}$$

El centro de gravedad vertical de los waterjets se encuentra a 2 metros sobre la línea de base (plano donde se sitúa el centro de los waterjets).

Se calcula el centro de gravedad longitudinal mediante las medidas de las distintas zonas del propulsor y los pesos de dichas zonas obtenidos en la tabla de datos:

Elemento	Longitud (m)	XG (m)	Peso	Momento
Stearable	3,119	-1,5595	8,36	-13,03742
Booster	3,91	1,955	5,24	10,2442
EW	3,91	1,955	8,37	16,36335
TOTAL		0,618	21,97	13,57013

En resumen, el peso y centro de gravedad del equipo de gobierno es de:

EQUIPO DE GOBIERNO	
PESO	87,88 t
XG	0,618 m
KG	2 m

Peso y centro de gravedad de los equipos de salvamento:

El peso del equipo de salvamento se estima mediante el libro “proyecto de buques y artefactos” del profesor Fernando Junco de la forma siguiente:

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

Siendo N el número de pasajeros.

$$PL = 9,5 + (950 - 35) * 0,1 = 104t$$

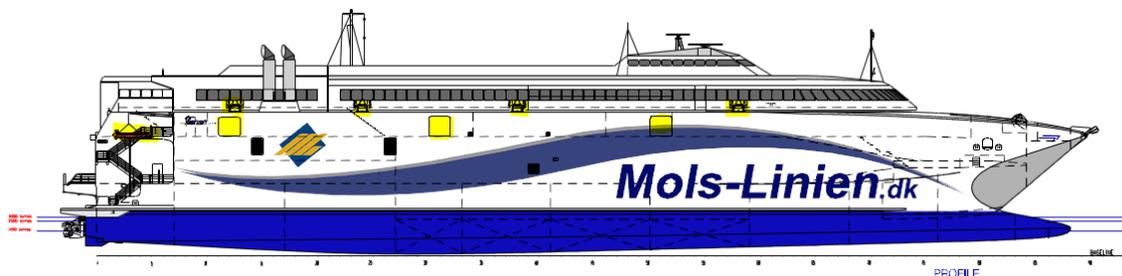
Se obtiene un peso:

$$\underline{PL=104t}$$

Analizando el resultado, consideramos que 104 toneladas de equipo de salvamento en un buque cuya estructura pesa aproximadamente 510 toneladas es un valor desproporcionado que debe de ser comprobado, ya que las fórmulas utilizadas tienen en cuenta medios de salvamento con botes rígidos y pescantes que en realidad no llevan este tipo de buques.

Para calcular el peso estimaremos un equipo de salvamento y calcularemos su peso en base a los datos del fabricante, de una forma preliminar, ya que esto realizará con más detalle cuando se haga el cuaderno 7.

Basándonos en los buques de la base de datos podemos observar que sus medios de salvamento están compuestos por sistemas de evacuación marina con balsas hinchables (MES) y por dos botes rápidos de rescate:



El buque debe de disponer de medios de salvamento con capacidad de desalojar al a la totalidad del pasaje por cada banda. Buscando entre diversos fabricantes encontramos un sistema MES con capacidad para 565 personas de la casa Viking. Como el buque cuenta con 950 pasajeros y 30 tripulantes es necesario instalar dos equipos MES de este modelo por cada banda.

Este sistema está diseñado para ser instalado entre 5 y 20 metros sobre la flotación. En el buque proyecto se instalará a 11,95 metros sobre la línea de base; 7,95 metros sobre la flotación, por lo que cumple con las características disponibles.

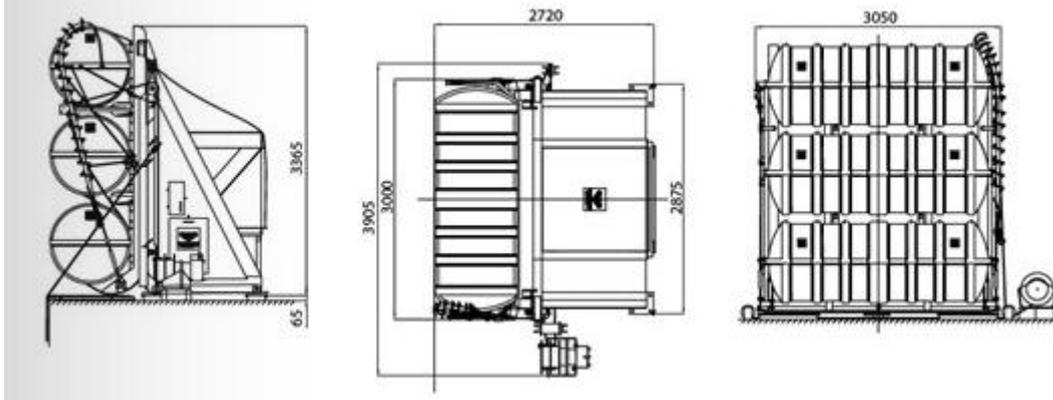
3 x 101 person liferafts with emergency A pack

The system can be built into an open recess on the vessel's side or installed free on deck. The system can be installed free on deck without any additional covering.

System type 3.12 includes 3 x 101 person liferafts, all containing emergency A packs.

Dimensions

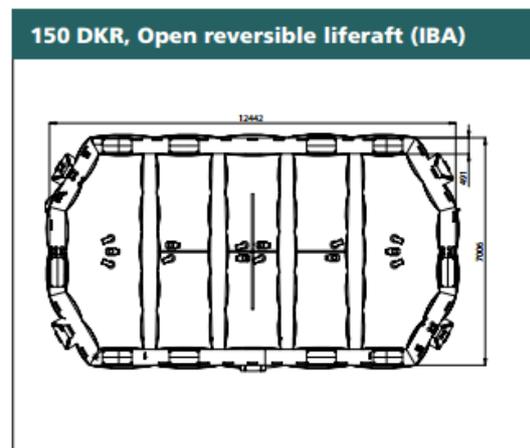
Length: 3000 mm
 Height: 3365 mm
 Depth: 2720 mm
 Weight: 4400 kg



Cada sistema pesa 4,4 toneladas y cuenta con balsas con capacidad para 303 personas. Es necesario añadir más balsas para cubrir las 980 personas por cada banda se añaden 3 balsas salvavidas con capacidad para 150 personas cada una que puedan ser estibadas junto a los sistemas de evacuación.

150 DKR, Open reversible liferaft (IBA)

Approx. size of container in mm				Approx. weight kg
	A	B	C	Pack type HSC
150 DKR	2006	1047	1055	490



Cada una de estas balsas tiene un peso de 490 kg.

Por último se añaden los botes de rescate rápido con sus pescantes.

Davit:	
▪ Execution	: Hydraulic pivoting A-frame davit "accumulated power"
▪ Drawing reference	: X X X X X X X X X X X X X X X X
▪ Safe Working Load (SWL)	: 30 kN
▪ Application	: Rescue boat handling
▪ Outreach/Radius	: ± 4040 mm
▪ Maximum system height	: ± 4170 - 4370 mm
▪ Lowering height	: Approx. 20 m
▪ Trim/list conditions	: 10°/20°
▪ Lowering speed	: As per SOLAS regulations (S = 0.4 + 0.02H)
▪ Recovery speed	: ≥ 18 m/min
▪ Total weight (wet)	: Approx 2010 kg

Weight:	fully equipped without persons:	435 kg
	Launching weight with 6 persons:	930 kg

Cada pescante pesa 2010kg, mientras que cada uno de los botes de rescate pesa 435kg

Sumando el total de pesos del equipo de salvamento:

$$435 + 2010 + 490 * 3 + 4400 * 2 = 12,715 t$$

En cada banda hay 12,715 toneladas, por lo que en el buque en total habrá 24,5 toneladas. Un peso que difiere bastante del calculado mediante formulación.

Como el equipo de salvamento va a estar distribuido a lo largo de todo el buque, se estimará de forma aproximada que el centro de gravedad longitudinal coincide con el centro de gravedad de la estructura del buque, mientras que el centro de gravedad vertical coincide con la altura de la primera cubierta de pasaje, que es donde se estibarán los medios de salvamento.

SALVAMENTO	
PESO	24,5 t
XG	33,6 m
KG	11,95 m

Peso del equipo contraincendios:

El peso del equipo contra incendios se define mediante la fórmula:

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

Siendo VE el volumen estimado de la cámara de máquinas.

Este dato se calcula con los planos hechos en el compartimentado del anteproyecto, estimándose un resultante de 893 metros cúbicos por cada cámara de máquinas

$$VE = 893 * 2 = 1786m^3$$

$$PI = 0,0025 * 1786 + 1 = 5,465t$$

El centro de gravedad está situado en el mismo punto que el centro de gravedad de la cámara de máquinas.

CONTRAINCENDIOS	
PESO	5,46 t
XG	18,505 m
KG	3,43 m

Peso y centro de gravedad de la instalación eléctrica:

Se utiliza para este apartado la fórmula definida para buques RO-RO de más de 60 metros de eslora. Se define la longitud de cable con la siguiente fórmula:

$$Lc = 9,82 + 0,26L + 0,000597 * L^2$$

$$Lc = 9,82 + 0,26 * 83,16 + 0,000597 * 83,16^2 = 35,57Km$$

De forma que se calcula el peso de la instalación eléctrica con la fórmula siguiente, partiendo de la potencia de los motores:

$$Pie = lc + \frac{Pm}{1000}$$

$$Pie = 35 + \frac{32000}{1000} = 67t$$

Dado que la instalación eléctrica está repartida uniformemente por todo el casco del buque se estima que el centro de gravedad de la instalación se encuentra en el mismo punto que el centro de gravedad de la estructura.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
PESO	67 t
XG	33,6 m
KG	7,76 m

Peso de las tuberías y las bombas del casco:

Se define el peso de las tuberías y bombas por medio de la fórmula siguiente:

$$Ptbc = 0,0047 * L * \sqrt{LB}$$

$$Ptbc = 0,0047 * 83,16 * \sqrt{83,16 * 26,3} = 18,28t$$

Se obtiene un peso de 18,28 toneladas.

Al estar las tuberías repartidas por todo el buque el centro de gravedad se estimará en el mismo punto que el peso de la estructura del buque.

TUBERÍAS Y BOMBAS	
PESO	18,28 t
XG	33,6 m
KG	7,76 m

Peso y centro de gravedad de la habilitación:

La habilitación del buque proyecto consta principalmente de salas de butacas, cafeterías, zonas de ocio y lavabos. No dispone de camarotes.

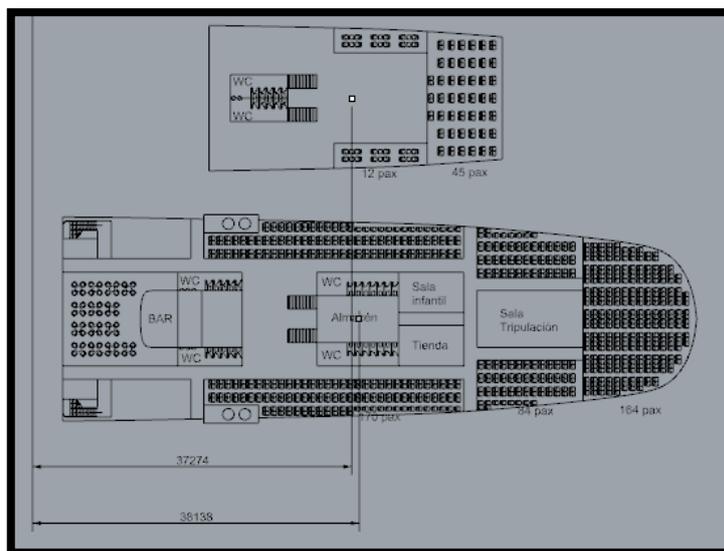
Mediante el libro de “proyecto de buques y artefactos” se calcula el peso usando un valor intermedio al indicado entre pasillos y salones (80 y 120t/m², sacando como valor 100t/m²), ya que el buque no dispone de una habilitación con camarotes como para las que están pensadas las fórmulas del libro.

Las áreas de la habilitación son de 554 metros cuadrados la cubierta superior y 1562 metros cuadrados la cubierta inferior.

$$Area = 1562 + 554 = 2116 m^2$$

$$PA = \text{Área} * 100 = 211,6t$$

Para estimar el centro de gravedad se calcula el centro de área de ambas cubiertas y se saca el valor de centro de área total.



CUBIERTA	XG (m)	Área (m2)	Momento
Cubierta S	37,274	554	20649,796
Cubierta I	38,138	1562	59571,556
TOTAL	37,912	2116	80221,352
CUBIERTA	KG (m)	Área (m2)	Momento
Cubierta S	15,4	554	8531,6
Cubierta I	12,4	1562	19368,8
TOTAL	13,185	2116	27900,4

Por lo tanto, el peso y centro de gravedad de la habilitación resulta:

HABILITACIÓN	
PESO	211,6 t
XG	37,91 m
KG	13,185 m

Peso y centro de gravedad de las rampas de coches:

Según el libro "proyecto de buques y artefactos" se define el peso de las rampas como:

$$Pr = [0,17 + 0,075 * \ln(lrp)] * brp$$

$$Pr = [0,17 + 0,075 * \ln(10)] * 3 = 1,026t$$

El buque lleva dos rampas a popa, por lo que:

$$Pr=2*1,026= \underline{2,052t}$$

El centro de gravedad longitudinal de las rampas está situado sobre la perpendicular de popa, ya que sobre ella es donde se repliegan.

El centro de gravedad vertical se sitúa a 2,5 metros sobre la cubierta principal, ya que las rampas tienen una longitud de 10 metros, pero se repliegan en dos módulos de forma que una vez replegadas tienen 5 metros de puntal.

RAMPAS	
PESO	2 t
XG	0 m
KG	10,15 m

Peso y centro de gravedad de las chimeneas:

Se define el peso de las chimeneas según el libro de “Proyecto de buques y artefactos” como:

$$Pch = 0,0034 * L * B$$

$$Pch = 0,0034 * 83,16 * 26,3 = 7,44t$$

El centro de gravedad longitudinal de las chimeneas se sitúa en el centro de gravedad longitudinal de la cámara de máquinas, calculado en el apartado del peso de la maquinaria.

El centro de gravedad vertical se estima a mitad del puntal a la cubierta superior.

CHIMENEAS	
PESO	7,44 t
XG	18,5 m
KG	8,7 m

Peso en rosca final

Una vez se han estimado todas las partidas del peso en rosca, calculamos el peso y centro de gravedad total del buque. Primero agrupamos el peso de todos los equipos:

PESO DE LOS EQUIPOS					
EQUIPO	PESO (t)	XG (m)	KG (m)	MOM. L. (t.m)	MOM. V. (t.m)
PINTURA	4,37	33,6	7,76	146,832	33,9112
PROTECCIÓN CATÓDICA	1,33	31,675	2,222	42,12775	2,95526
EQUIPO DE FONDEO	65	41,58	7,65	2702,7	497,25
EQUIPO DE NAVEGACIÓN	2	58,247	17,399	116,494	34,798
EQUIPO DE GOBIERNO	87,88	0,618	2	54,30984	175,76
SALVAMENTO	24,5	33,6	11,95	823,2	292,775
CONTRAINCENDIOS	5,46	18,505	3,43	101,0373	18,7278
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	67	33,6	7,76	2251,2	519,92
TUBERÍAS Y BOMBAS	18,28	33,6	7,76	614,208	141,8528
HABILITACIÓN	211,6	37,91	13,185	8021,756	2789,946
RAMPAS	2	0	10,15	0	20,3
CHIMENEAS	7,44	18,5	8,7	137,64	64,728
TOTAL	496,86	30,21	9,24	15011,50	4592,92

Con el peso y centro de gravedad de equipos ya calculado, sumándole el peso de la maquinaria y el de la estructura de aluminio se saca el peso en rosca del buque.

PESO EN ROSCA					
TÉRMINO	PESO (t)	XG (m)	KG (m)	MOM. L. (t.m)	MOM. V. (t.m)
ESTRUCTURA	551,2	33,6	7,76	18520,32	4277,312
MAQUINARIA	308	18,5	3,43	5698	1056,44
EQUIPOS	496,86	30,21	9,24	15011,50	4592,92
TOTAL	1356,06	28,93	7,32	39229,82	9926,68

Se estima un peso en rosca de 1356,06 toneladas. Si se aplica un margen de un 5% el peso en rosca pasaría a ser:

$$1356,06 + 1356,06 * \frac{5}{100} = 1423,86t$$

Comprobación del peso en rosca

Para comprobar que esta está bien estimada voy a comprobar el peso en rosca de los buques de la base de datos con características similares al buque proyecto, con el objetivo de ver si el peso en rosca en este tipo de buques no difiere mucho del valor calculado.

En los casos en los que no se disponga de suficientes datos, se supone un coeficiente de bloque de 0,59 (similar al del buque proyecto) para poder calcular el desplazamiento a partir de las características principales.

Bentago Express

Tiene un peso muerto de 708 toneladas. El desplazamiento del buque es de 1.700t, por lo que el peso en rosca se estima en 992 toneladas.

Buquebus Francisco

Tiene un peso muerto de 450 toneladas y un desplazamiento de 1516 toneladas, por lo que se estima el peso en rosca en 1066 toneladas.

Adnan Menderes

Su peso muerto es de 755 toneladas y su desplazamiento se calcula en 2140 toneladas. El peso en rosca es de 1385t.

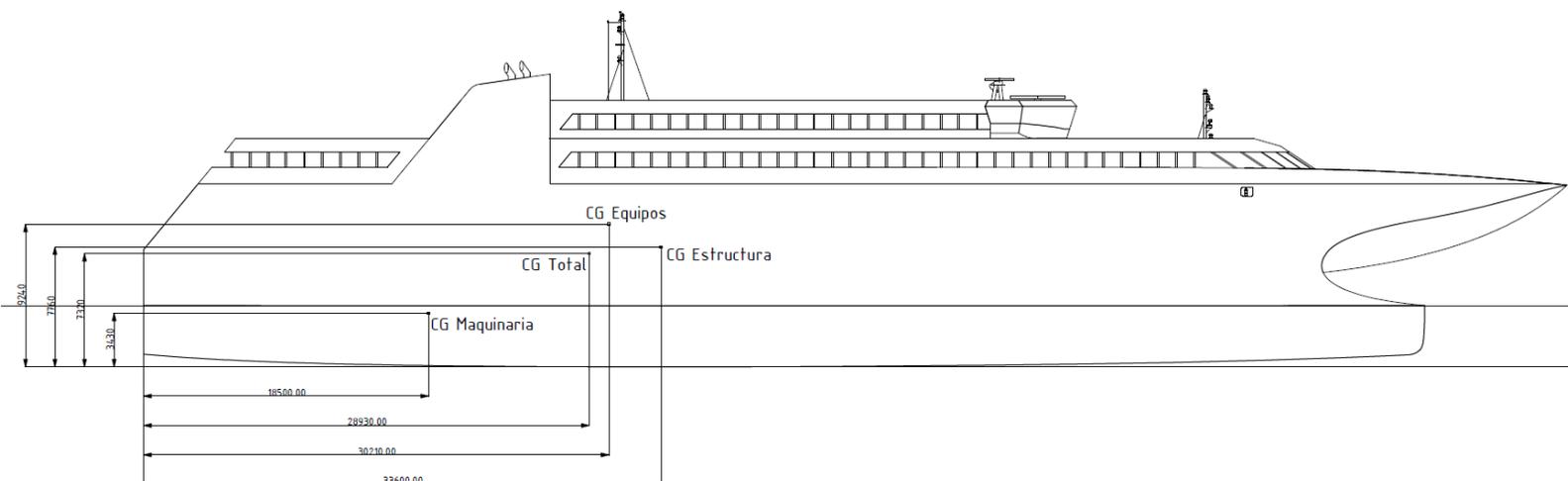
Villum Clausen

Desplaza 1904 toneladas con un peso muerto de 485t, resultando un peso en rosca de 1419 toneladas.

El valor de peso en rosca de los buques de la base de datos ronda valores cercanos entre las 1000 y 1400 toneladas, por lo que se puede concluir que el valor estimado de 1423 toneladas en el buque proyecto se ajusta a la realidad.

Croquis de los centros de gravedad

A continuación se presentará un croquis con la posición de los centros de gravedad de las distintas partidas del rosca calculadas en este cuaderno:



Comprobación del desplazamiento del buque

En el cuaderno 3 se ha realizado el diseño de formas del buque con 2288 toneladas de desplazamiento.

Como ya se ha determinado el peso en rosca, ahora se va a determinar el peso muerto del buque y comprobar si la suma de ambos es igual o inferior al desplazamiento definido.

El peso muerto del buque se compone de distintas partidas: peso del pasaje, peso de la carga (vehículos) y peso de consumos (combustible, aceite, agua dulce, etc.)

Peso del pasaje

El buque ha sido diseñado con el objetivo de dar capacidad para 950 pasajeros. Para estimar el peso medio de cada pasajero he decidido consultar las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística. De ellas obtenemos que:

Peso medio de la población por países, sexo, periodo y edad.

Unidades:kg (población mayor de 15 años)

	2001
	Total
España	
Total	70,2

El peso medio de una persona en España es de 70,2kg (base de datos de 2001).

Dejando un margen de seguridad de un 10%, se estima que el peso por pasajero es de 77,2 kg.

Al ser un ferry de viajes cortos el pasaje no suele llevar grandes cantidades de equipaje, pero aun así se va a dejar un margen de aproximadamente 10kg por persona.

Finalmente se estima un total de 90kg por persona con equipaje a bordo.

Para los 950 pasajeros se calcula:

$$90 * 950 = 85.500kg$$

En total, el peso del pasaje se estima en 85,5 toneladas.

Peso de la carga

La capacidad de carga del buque proyecto es de 250 coches. Se estima el peso promedio de cada coche en 1,5 toneladas

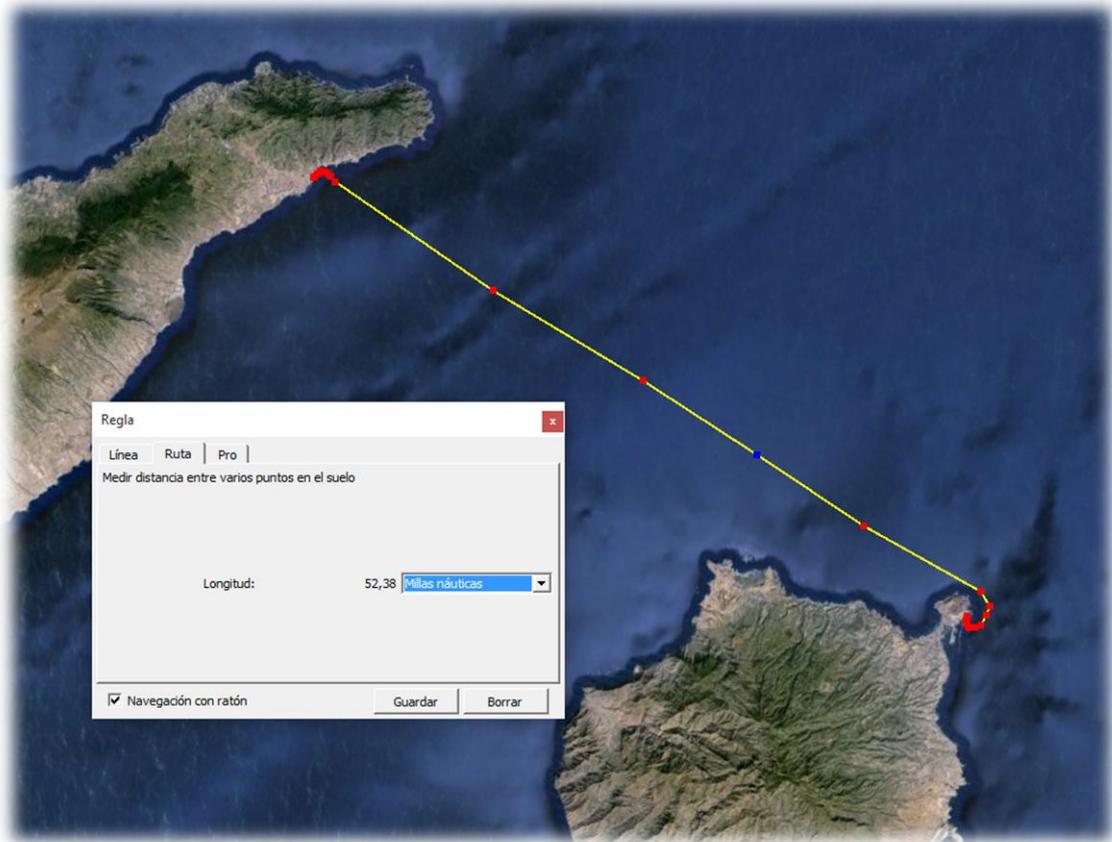
$$1,5 * 250 = 375t$$

El peso de la carga total es de 375 toneladas.

Peso del combustible

En este apartado se procederá a calcular el combustible que va a cargar el buque en condiciones de servicio. Para ello va a ser necesario definir la ruta para la que se diseña el buque y después definir el itinerario que se desea seguir.

El buque ha sido proyectado con el objetivo de cubrir la ruta Santa Cruz de Tenerife – Las Palmas de Gran Canaria, una ruta cuya distancia se calcula en aproximadamente 53 millas.



El itinerario que ofrece la naviera que opera actualmente esa ruta consta de:

- Lunes a viernes: 6 trayectos ida y vuelta diarios.
- Sábados: 5 trayectos ida y vuelta.
- Domingos: 4 trayectos ida y vuelta.

Resumiendo: el trayecto que se ha planificado se recorre 39 veces ida y 39 veces vuelta a la semana, es decir, que la línea opera un total de 78 viajes semanales (con distintos buques).

Como no sabemos a cada cuanto tiempo recarga un buque similar sus tanques, vamos a consultar la capacidad de combustible del Bentago Express, buque de la base de datos que realiza la misma ruta que el buque proyecto:

Tankage

Fuel Oil - 174,880 litres (plus 392,856 litres
in long range tanks)
Fresh Water - 5,000 litres
Sewage - 5,000 litres
Lube Oil - 2 x 465 litres
ER Oily Water - 2 x 150 litres
Genset Fuel Oil - 2 x 850 litres

Normalmente, sin tanques extra, el Bentago Express carga 174.880 litros de combustible diésel, lo que vienen siendo unas 146 toneladas.

Basándonos en su planta propulsora de 28.800kW formada por cuatro motores de 7.200kW (que, tras mirar varios modelos en el mercado, estimamos que presentan un consumo de 180g/kWh), nos sale que el buque tiene una autonomía para 28 horas de navegación, lo que vienen siendo unos 19 viajes.

Con 28 horas de navegación, si se sigue un itinerario de 6 viajes al día, la autonomía del buque daría para día y medio de servicio, pero como tener que parar la actividad a mitad de jornada sería indeseable, se va a buscar una autonomía que nos dé 2 jornadas enteras de navegación en esas condiciones, es decir, 24 trayectos.

Por lo tanto se va a proyectar el buque de forma que disponga de autonomía para 24 trayectos Tenerife-Gran Canaria (1272 millas).

Como se ha calculado y explicado en el cuaderno 6 de predicción de potencia, el buque tiene dos formas de navegar.

- A máximo desplazamiento: Tras haber realizado la predicción de potencia al desplazamiento máximo obtenido del dimensionamiento preliminar (2.288 toneladas) el buque alcanzará una velocidad máxima de 34 nudos. A esa velocidad, la duración estimada del trayecto es de 1,5 horas.
- A 1.906 toneladas de desplazamiento: el buque navega con una velocidad de 38 nudos al 100% del MCR. La duración del trayecto estimada es de 1,39 horas.

En base a esto, estudiaremos las dos alternativas por separado y cogeremos la alternativa que mayor capacidad requiera para completar la autonomía calculada de 24 trayectos:

- A 38 nudos, 24 trayectos son 33,4 horas de navegación.
- A 34 nudos, 24 trayectos son 36 horas de navegación.

Otra consideración que debemos de hacer es que, al tratarse de un buque dual fuel, para calcular los consumos del motor se necesita saber el tiempo de operación con cada uno de los dos tipos de combustible utilizado. Como no existe ningún buque construido de características similares que sea dual fuel para poder tomarlo como referencia, vamos a estimar que la autonomía total venga dada por un 50% de diésel y 50% de LNG.

Para calcular los consumos se va a consultar los la tabla que se obtiene en las características del motor escogido en el cuaderno 6 (wärtsilä 16v34f. En las tablas aparece el consumo para AE (Motor auxiliar), DE (Generador eléctrico) y ME (Motor propulsor):

Wärtsilä 16V34DF		AUX		AUX		DE		DE		ME		ME	
		Gas mode	Diesel mode										
Cylinder output	kW	480		500		480		500		500		500	
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8307	-	8307	-	8307	-	8307	-	8307	-	7515	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.9	187	1.9	188	1.9	185	1.9	186	1.9	186	1.9	188
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	2.6	185	2.6	186	2.6	183	2.6	184	2.6	184	2.4	181
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	3.8	192	3.8	193	3.8	191	3.8	192	3.8	192	3.5	180
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7285	-	7285	-	7285	-	7285	-	7285	-	7285	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7632	-	7632	-	7632	-	7632	-	7632	-	7375	-

Consumo en modo diésel:

Se estima que la mitad de las horas de navegación sean en modo diésel:

- Navegación a 38kn: de las 33,4 horas estimadas, se realizan 16,7 horas en modo diésel.

Para 16,7 horas de navegación con una potencia total de 32.000kW, y un consumo de 188g/kWh.

$$16,7 * 188 * 32.000 = 100,46t \text{ de diesel}$$

- Navegación a 34kn: de las 36 horas estimadas, 18 se hacen en modo diésel.

Para 18 horas de navegación con una potencia total de 32.000kW, y un consumo de 188g/kWh.

$$18 * 188 * 32.000 = 108,28t \text{ de diesel}$$

Consumo en modo gas:

Como se ha comentado en el cuaderno 6, un motor Dual fuel en modo gas consume una pequeña cantidad de diésel. En el caso del motor escogido, esa cantidad es de 1,9 g/kWh:

- Navegación a 38kn: de las 33,4 horas estimadas, se realizan 16,7 horas en modo LNG.

Para 16,7 horas de navegación con una potencia total de 32.000kW, y un consumo de 1,9g/kWh.

$$16,7 * 1,9 * 32.000 = 1,02t \text{ de diesel}$$

- Navegación a 34kn: de las 36 horas estimadas, 18 se hacen en modo LNG. Para 18 horas de navegación con una potencia total de 32.000kW, y un consumo de 1,9g/kWh.

$$18 * 1,9 * 32.000 = 1,14t \text{ de diesel}$$

En cuanto al consumo de LNG, se consumen 7285 kj/kWh. El LNG tiene un poder calorífico de 53,6kJ/g, entonces, el consumo de LNG será:

$$\frac{7285}{53,6} = 135,9/kWh$$

- Navegación a 38kn: de las 33,4 horas estimadas, se realizan 16,7 horas en modo LNG.

Para 16,7 horas de navegación con una potencia total de 32.000kW, y un consumo de 135,9g/kWh.

$$16,7 * 135,9 * 32.000 = 72,6t \text{ de LNG}$$

- Navegación a 34kn: de las 36 horas estimadas, 18 se hacen en modo LNG. Para 18 horas de navegación con una potencia total de 32.000kW, y un consumo de 135,9g/kWh.

$$18 * 135,9 * 32.000 = 78,27t \text{ de LNG}$$

Peso final del combustible

Tras haber calculado la autonomía del buque en las dos condiciones explicadas, se escoge la que mayor consumo, ya que se considera la situación límite. Esto quiere decir que el buque consume mayor cantidad de combustible en la condición de plena carga, que le permite navegar a 34kn.

Para la autonomía de 24 viajes demandada, que hacen un total de 1272 millas se ha calculado que sería necesario que el buque llevara:

- 78,27t de LNG.
- 108,28+1,14=109,42t de Diesel.

Dejando un margen de seguridad, finalmente se estimará que, para cumplir esa autonomía se necesitaran:

- 80 t de LNG.
- 110 t de Diesel.

Peso de aceite

El buque deberá de llevar aceite lubricante suficiente, al menos, para abastecer a los motores en lo que dura su autonomía calculada para el combustible. Esto son 36 horas con el motor funcionando al 100% del MCR.

Consultando en las tablas del motor:

Wärtsilä 16V34DF		AUX		AUX		DE		DE		ME		ME	
		Gas mode	Diesel mode										
Cylinder output	kW	480		500		480		500		500		500	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m ³ /h	38.0 / 45.9		38.0 / 45.9		38.0 / 45.9		38.0 / 45.9		38.0 / 45.9		38.0 / 45.9	
Oil volume, wet sump, nom.	m ³	3.9		3.9		3.9		3.9		3.9		3.9	
Oil volume in separate system oil tank	m ³	8		8		8		8		8		8	
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.4		0.4		0.4		0.4		0.4		0.4	

Se sale un consumo de aceite de 0,4g/kWh. Para cumplir la autonomía se necesitan:

$$0,4 * 32.000 * 36 = 0,46t$$

Peso de agua dulce

Para estimar el agua dulce usaremos los datos del Bentago Express, que es un buque que realiza una actividad similar a la del buque proyecto.

Tankage

Fuel Oil - 174,880 litres (plus 392,856 litres in long range tanks)

Fresh Water - 5,000 litres

Sewage - 5,000 litres

Lube Oil - 2 x 465 litres

ER Oily Water - 2 x 150 litres

Genset Fuel Oil - 2 x 850 litres

Se llevarán 5.000 litros de agua dulce a bordo, lo que es equivalente a 5 toneladas.

Peso de los víveres

Al tratarse de un buque de viajes de día en el que no hay un servicio de cocina ni existen almacenes para viajes largos, se considerará que el peso de los víveres es de 0t.

Peso de la tripulación y pertrechos

El buque cuenta con 30 tripulantes. Se estima que cada tripulante tiene un peso similar al del pasaje, por lo que, el peso de la tripulación es:

$$90 * 30 = 2,7 t$$

Peso muerto total

Sumando todas las partidas del peso muerto que se han calculado, se obtiene el valor del peso muerto final.

PESO MUERTO	
PARTIDA	PESO (t)
Pasaje	85,5
Coches	375
Combustible diésel	110
Combustible LNG	80
Aceite	0,46
Agua	5
Viveres	0
Tripulación	2,7
TOTAL	658,66

El valor de peso muerto obtenido es de 658 toneladas.

Comparación del peso muerto con los buques de la base de datos

Vamos a comprobar el peso muerto de los buques de la base de datos que lleven un pasaje aproximado de 950 personas y una carga aproximada de 250 coches:

- Bentago express: 708 toneladas.
- Bonanza express: 802 toneladas.
- Jean de la vallete: 850 toneladas.
- Osman Gazi 1: 470 toneladas.
- Virgen del comoroto: 491 toneladas.
- Fjord Cat: 510 toneladas.
- Adnan Menderes: 755 toneladas.

Vemos que el peso muerto está entre unos valores de 470 y 850 toneladas para este tipo de buques, por lo que el calculado para el buque proyecto, de 658 toneladas, se puede considerar como válido.

Comprobación del desplazamiento

El desplazamiento para el que se diseñaron las formas es de 2.288 toneladas. Es necesario que el desplazamiento del buque real sea igual o inferior a ese valor.

El desplazamiento equivale a la suma entre el peso en rosca y el peso muerto, así que:

$$\Delta = PR + PM = 1423,86 + 658,66 = 2.082t$$

El desplazamiento del buque en es de **2.082 toneladas**.