



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2019/20

Buque Portacontenedores Postpanamax 11000 TEUS

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Manuel García Pensado

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

SEPTIEMBRE 2020

Resumen

En este trabajo se va a desarrollar el proyecto de un buque portacontenedores postpanamax con capacidad para 11000 TEUS.

Nuestro buque estará propulsado por un motor diésel directamente acoplado y dispondrá de generación eléctrica de gas en zonas portuarias con el fin de reducir la contaminación.

La tripulación estará formada por un total de 30 tripulantes y todos ellos dispondrán de camarotes individuales.

El buque no contará con sistemas de carga y descarga propios, a excepción de una pequeña grúa para el abastecimiento de víveres.

En sus cubiertas se dispondrán dos TEUS en sentido longitudinal, o un FEU si fuera el caso, porque las guías de nuestro buque estarán adaptadas a dicho propósito.

Resumo

Neste traballo irase desenvolvendo o proxecto dun buque portacontenedores postpanamax con capacidade para 11000 TEU's.

O noso buque estará propulsado por un motor diésel directamente acoplado e disporá de xeración eléctrica de gas en zonas portuarias coa fin de reducir a contaminación.

A tripulación estará formada por un total de 30 tripulantes e todos eles disporán de camarotes individuais.

O buque non contará con sistemas de carga e descarga propios, a excepción dunha pequena grúa para o abastecemento de viveres.

Nas súas cubertas disporanse os TEU's en sentido lonxitudinal, ou un FEU se fora o caso, porque as guías do noso buque estarán adaptadas a dito propósito.

Summary

In this work, the project of a post-Panamax container ship with capacity for 11000 TEUS will be developed.

Our ship will be powered by a directly coupled diesel engine and will have electric gas generation in port areas in order to reduce pollution.

The crew will be available for a total of 30 crew members and all of them will have individual cabins.

The ship does not have its own loading and unloading systems, with the exception of a small crane for supplying food.

On its decks two TEUS will be arranged longitudinally, or in FEU if applicable, because the guides of our ship are adapted to this purpose.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

*Buque Portacontenedores Postpanamax 11000
TEUS*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Documento

**CUADERNO 2: ESTUDIO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD
DEL PESO EN ROSCA**

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.019-2020

PROYECTO NÚMERO 192024

TIPO DE BUQUE: BUQUE PORTACONTENEDORES POSTPANAMAX

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV-GL, SOLAS Y MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 11000 TEUS

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: Velocidad servicio 20 kn, 85% MCR, 10%MM, 14.000 millas de autonomía.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: SIN GRUAS

PROPULSIÓN: Motor diésel directamente acoplado, Generación eléctrica a Gas en zonas portuarias

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: LOS HABITUALES EN ESTE TIPO DE BUQUE

Ferrol, 12 Setiembre 2020

ALUMNO/A: **D^a MANUEL GARCÍA PENSADO**

Tabla de contenido

1	Introducción	6
2	Cálculo del peso en rosca	7
2.1	Primera aproximación del peso en rosca	7
2.2	Peso estructural	8
2.2.1	Cálculo del peso de acero	8
2.2.2	Peso de la amurada reforzada	9
2.3	Peso de maquinaria	9
2.3.1	Peso de maquinaria propulsora	9
2.3.2	Peso de maquinaria auxiliar	10
2.3.3	Peso de los tanques de LNG	12
2.3.4	Peso la hélice	13
2.3.5	Peso de la línea de ejes	14
2.3.6	Peso de la instalación eléctrica	14
2.3.7	Peso de la instalación contraincendios de la cámara de máquinas	15
2.3.8	Peso de piezas de respeto, cargas de cámara de máquinas y líquidos en circuitos incluidos	15
2.3.9	Peso de tecles de la cámara de máquinas	15
2.3.10	Peso de tanques varios en cámara de máquinas	16
2.3.11	Peso de tuberías y bombas en cámara de maquinas	16
2.4	Peso de habilitación	16
2.4.1	Cálculo preliminar del peso de habilitación	16
2.4.2	Peso de equipos y armamento	17
2.4.3	Peso de la protección anticorrosión	17
2.4.4	Peso del equipo de fondeo y amarre	18
2.4.5	Peso de equipo de amarre de popa	20
2.4.6	Peso de equipo de navegación	20
2.4.7	Peso de equipo de gobierno	20
2.4.8	Peso del equipo de salvamento	20
2.4.9	Peso de tuberías y bombas en el casco	21
2.4.10	Peso del aire acondicionado	21
2.4.11	Peso de trincas de los contenedores	21
2.4.12	Peso de guías en buques portacontenedores	22
3	Desglose general de pesos y centros de gravedad	23
4	Centros de gravedad sobre la disposición general	25

1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno realizaremos un estudio más detallado del peso en rosca del buque, desglosando cada una de las partidas que lo conforman.

Para los cálculos de los diferentes pesos hemos utilizado la formulación expuesta en el libro “Proyectos de buques y artefactos: cálculo del desplazamiento” del profesor Fernando Junco Ocampo.

El peso en rosca puede desglosarse en 3 partidas principales: peso estructural, peso de maquinaria y el peso del equipo y habilitación.

$$PR = PS + PQ + PE$$

Las dimensiones que utilizaremos en dichos cálculos serán las obtenidas en el cuaderno 1 correspondientes a la alternativa más favorable.

Dimensiones	
L_{oa}	342,62 m
L_{PP}	326 m
B	47 m
D	28 m
T	16 m
C_B	0,671
Δ	172205 t
F_N	0,1817
C_M	0,992
C_P	0,677
C_F	0,827
Velocidad (kn)	20
TEU's totales	11000
TEU's cubierta	6168
TEU's bodega	4840
Tripulación	30

Para el cálculo de los pesos y centros de gravedad hemos empleado el libro “Proyectos de buques y artefactos: cálculo del desplazamiento” de Fernando Junco.

2 CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA

2.1 Primera aproximación del peso en rosca

Para una estimación preliminar del peso en rosca aplicamos una formulación específica para buques portacontenedores:

$$PR = 0,02144 \times L^{1,5} \times B \times D^{0,5} + 7,9999 \times BHP^{0,49855} + 0,03775 \times L \times B \times D$$

$$ZR = 0,64193 \times D + 1,02109$$

$$XR = 0,41699 \times L$$

Donde:

PR: peso en rosca del buque (ton)

ZR = posición vertical del centro de gravedad del peso en rosca (m)

XR = posición longitudinal del centro de gravedad del buque en rosca (m)

BHP = 48800 BHP

L= 326 m

B = 47 m

D = 28 m

Los resultados de esta primera estimación son:

$$\mathbf{PR = 49321 \text{ ton}}$$

$$\mathbf{ZR = 19 \text{ m}}$$

$$\mathbf{XR = 136 \text{ m}}$$

En esta primera fase comprobamos que los valores obtenidos para el peso en rosca aumentan considerablemente en comparación a las estimaciones iniciales calculadas en el cuaderno 1, donde obteníamos un peso en rosca = 37511 ton.

2.2 Peso estructural

2.2.1 Cálculo del peso de acero

Para calcular el peso de acero utilizaremos diferentes formulaciones y posteriormente realizaremos la media de los resultados obtenidos.

Recordemos que las dimensiones de nuestro buque son:

$$L_{PP} = 326 \text{ m}$$

$$B = 47 \text{ m}$$

$$D = 28 \text{ m}$$

$$T = 16 \text{ m}$$

$$C_B = 0,671$$

- Chapman: $PS_1 = 0,03 \times L^{1,759} \times B^{0,712} \times D^{0,374} = 0,03 \times 326^{1,759} \times 47^{0,712} \times 28^{0,374}$
 $PS_1 = 42623 \text{ ton}$

- Miller: $PS_2 = 8400 \times (L \times B \times D)^{0,9/10^5} \times (0,675 + C_B/2) \times (0,00585 \times (L/D - 8,3)^{1,8} + 0,939)$

$$PS_2 = 30862 \text{ ton}$$

- Watson: $PS_3 = K \times E^{1,35} \times (1 + 0,5 \times (C_{B80\%D} - 0,7))$

$$K = 0,034$$

$$E = L_{PP} \times (B+D) + 0,85 \times L_{PP} \times (D - T) + 1,45 \times L_{PP} - 11 = 28236,9$$

$$C_{B80\%D} = C_B + (1 - C_B) \times ((0,8 \times D - T)/(3 \times T)) = 0,7368$$

$$PS_3 = 35318 \text{ ton}$$

- J.L.García Garcés: $PS_4 = 0,01665 \times L^{1,5} \times B \times D^{0,5} \times (1 + C_B)$

$$PS_4 = 40728 \text{ ton}$$

$$PS_{TOTAL} = (PS_1 + PS_2 + PS_3 + PS_4)/4 = 37382 \text{ ton}$$

Cálculo del centro de gravedad del acero:

- Kupras: $KG_1 = ZS - \text{corrección} = 13,8 - 0,056$
 $ZS = 0,01 \times D \times (46,6 + 0,135 \times (0,81 - C_B) \times (L^2/D^2)) + ((L/B) - 6,5) \times 0,008 \times D = 13,8$
 $\text{Corrección} = - 0,002 \times 28 = - 0,056$

$$KG_1 = 13,74 \text{ m}$$

- Taggaet: $KG_2 = (0,725 - 0,0007218 \times L) \times D$

$$KG_2 = 13,71 \text{ m}$$

- J.L. García Gracés: $KG_3 = 0,52207 \times D + 1,1717 = 15,78 \text{ m}$

$$KG = (KG_1 + KG_2 + KG_3)/3 = 14,41 \text{ m}$$

$$XG (\text{J.L. García Gracés}) = 0,37009 \times L + 5,924 = 126,57 \text{ m}$$

2.2.2 Peso de la amurada reforzada

En buques portacontenedores, debido a las formas de U de su estructura nos veremos obligados a instalar refuerzos que permitan soportar los elevados esfuerzos a los que se ve sometida.

$$P = 1,05 \times (6 - 0,0021875 \times L^2 + 1,1125 \times L) \times (L_B/1000)$$

Donde:

$$L = 326 \text{ m}$$

$$L_B = 2 \times L_{PP} = 652 \text{ m}$$

$$P (\text{amurada reforzada}) = 93,24 \text{ ton}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (\text{amurada}) = 160 \text{ m}$$

$$KG (\text{amurada}) = 27 \text{ m}$$

2.3 Peso de maquinaria

En el siguiente apartado calcularemos el peso de los motores, tanto el generador principal como el de los 5 motores auxiliares que satisfarán la demanda eléctrica a bordo.

En el caso de los motores auxiliares, hemos escogido unos equipos de características similares al los que dispone el buque base, con 5 motores y una potencia de 21270 kW.

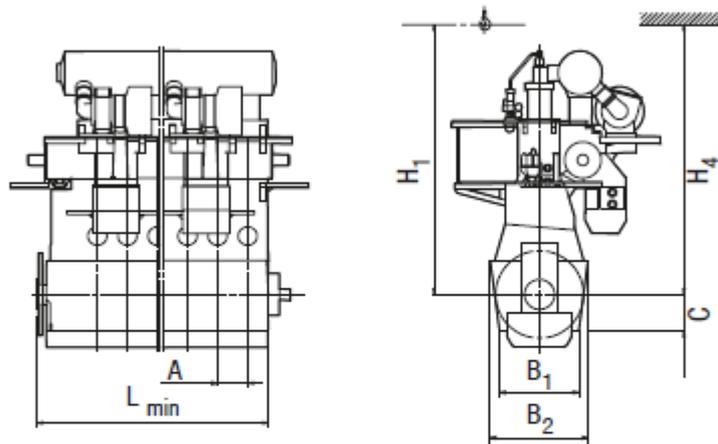
2.3.1 Peso de maquinaria propulsora

El motor seleccionado en el cuaderno 6 fue el S90ME-C10.5 de 8 cilindros con una potencia de 48800 kW. Como se muestra a continuación, su peso es de 1446 t.

Tier II Tier III

MAN B&W S90ME-C10.5

Engine Dimensions



Specifications

Dimensions:	A	B ₁	B ₂	C	H ₁	H ₄			
mm	1,590	5,160	5,450	1,900	15,000	14,875			
Cylinders:	5	6	7	8	9	10	11	12	
L _{min}	mm	10,312	11,902	13,492	16,135	17,725	19,315	20,905	22,495
Tier II									
Dry mass:	t	953	1,104	1,255	1,446	1,626	1,771	1,942	2,088

Peso del motor = 1446 t

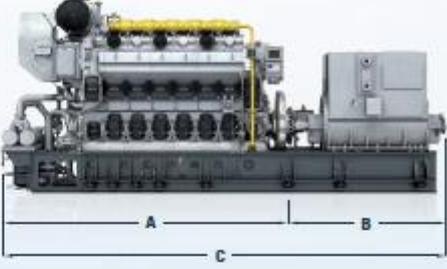
2.3.2 Peso de maquinaria auxiliar

Como se mencionó anteriormente, nuestro buque dispone de 5 motores auxiliares de la marca MAN que proporcionen una potencia total de 21270 kW (potencia del buque base) y llevan acoplado el alternador (equipos GENSET).

El modelo seleccionado será el MAN 8L35/44DF de 7 cilindros, con una potencia por unidad de 4240 kW y un peso de 94 t. Como llevaremos 5 motores a bordo, el peso de los motores auxiliares será de 470 t.

Peso motores auxiliares = 470 t





Dimensions*

Cyl. No.	6	7	8	9	10	
A	6,270	6,900	7,480	8,110	8,690	mm
B**	3,900	4,100	4,400	4,600	4,800	mm
C**	10,170	11,000	11,880	12,710	13,490	mm
W	2,858	3,108	3,108	3,108	3,108	mm
H	4,631	4,867	4,867	4,867	4,867	mm
Dry mass**	85	94	103	110	118	t

Output

Speed	750	750	720	720	rpm
Frequency	50	50	60	60	Hz
	Eng.	Gen.***	Eng.	Gen.***	
MAN 6L35/44DF	3,180	3,069	3,060	2,953	kW
MAN 7L35/44DF	3,710	3,580	3,570	3,445	kW
MAN 8L35/44DF	4,240	4,092	4,080	3,937	kW
MAN 9L35/44DF	4,770	4,603	4,590	4,429	kW
MAN 10L35/44DF	5,300	5,115	5,100	4,922	kW

Para la fijación del centro de gravedad recurrimos a la disposición general del buque base, por lo que el centro de gravedad del peso de la maquinaria lo centraremos en el centro de la cámara de máquinas.

$$XG (PQ) = 60 \text{ m}$$

$$KG (PQ) = 15 \text{ m}$$

2.3.3 Peso de los tanques de LNG

En las RPA's del proyecto se especifica que para la estancia en puerto debemos usar LNG. A continuación, realizaremos el cálculo del peso de los tanques que debemos instalar a bordo. Recordemos que para la estancia en puerto emplearemos los motores auxiliares, los cuales tienen un consumo de 7515 kJ/kWh.

Fuel consumption at 85% MCR

- SFOC: 175.5 g/kWh (liquid fuel operation)
- SFGC: 7515 kJ/kWh (gas operation)

En base a que este tipo de buques no realiza largas estancias en puerto, realizaremos los cálculos para una estancia de 3 días.

Tiempo en puerto = 3 días = 72 horas

Consumo de LNG = 7515 kJ/kWh

ρ (LNG) = 450 kg/m³

Potencia total (5 motores) = 21200 kW

PCI (LNG) = 10600 Kcal/kg = 44350,4 kJ/kg

1 Kcal = 4,184 kJ

$$\text{Consumo} = \frac{7515}{44350,4} = 0,169 \text{ kg/kWh}$$

$$\text{Volumen necesario LNG} = \frac{0,169 \times 21200 \times 72}{450} = 573,3 \text{ m}^3$$

La opción que consideramos mas satisfactoria es la instalación de 2 tanques verticales situados a popa del guardacalor, con el fin de ocupar el menor espacio posible. La capacidad de los tanques es de 300 m³ por unidad, por lo que cubriremos ampliamente las necesidades de gas.

A continuación, se muestra el catalogo de la marca MAN con las características de los tanques seleccionados.

Examples of MAN Cryo tank sizes (Length, height and diameter can be altered)

Type	Volume	Diameter	Length, incl. coldbox	Weight
Horizontal	30 m ³	3.6 m	8.8 m	26 tons
Horizontal	75 m ³	3.6 m	14.8 m	40 tons
Horizontal	115 m ³	4.2 m	14.5 m	50 tons
Horizontal	125 m ³	3.6 m	19.9 m	55 tons
Horizontal	201 m ³	5.3 m	15.5 m	80 tons
Horizontal	234 m ³	5.5 m	16.9 m	95 tons
Horizontal	300 m ³	5.5 m	16.9 m	115 tons
Vertical	86 m ³	4.5 m	8.6 m (height)	45 tons
Vertical	230 m ³	6.4 m	10.8 m (height)	95 tons
Vertical	300 m ³	6.4 m	13.5 m (height)	115 tons
Vertical	400 m ³	6.9 m	16.9 m (height)	175 tons



$$P_{LNG} = 2 \times 115 = 230 \text{ t}$$

Como hemos dicho anteriormente, los tanques estarán situados a popa de la habitación, por lo que su centro de gravedad será el siguiente:

$$XG (LNG) = 54 \text{ m}$$

$$KG (LNG) = 35 \text{ m}$$

2.3.4 Peso la hélice

Como hemos visto en el cuaderno 6, nuestra hélice es de 4 palas y su peso será el siguiente:

$$P_H = 0,08 \times Dp^3 = 83 \text{ t}$$

Donde D es el diámetro del propulsor obtenido en el cuaderno 3 era de 10,13 m.

El centro de gravedad de la hélice se ha medido sobre la disposición general.

$$\mathbf{XG \text{ (hélice)} = 5 \text{ m}}$$

$$\mathbf{KG \text{ (hélice)} = 7 \text{ m}}$$

2.3.5 Peso de la línea de ejes

$$P_{EJES} = L_{EJE} \times 0,081 \times (((n \times MCR)/n') \text{rpm})^{2/3}$$

Donde:

L_{EJE} : longitud de la línea de ejes medida sobre la disposición general del buque base. ($L_{EJE} = 70 \text{ m}$)

n : número de motores principales. ($n = 1$)

n' : número de propulsores ($n' = 1$)

rpm = 84 rpm (revoluciones del motor seleccionado)

$$\mathbf{Pejes = 145,23 \text{ t}}$$

Los centros de gravedad se obtendrán a partir de la disposición general:

$$\mathbf{XG \text{ (ejes)} = 30 \text{ m}}$$

$$\mathbf{KG \text{ (ejes)} = 7 \text{ m}}$$

2.3.6 Peso de la instalación eléctrica

$$P_{IE} = L_C + (P_m/1000)$$

Donde:

L_C : longitud de los cables (Km).

Para portacontenedores $L_C = 1,82 + 0,268 \times L + 0,000597 \times L^2$

$$L = 326 \text{ m}$$

$$L_C = 152,6 \text{ m} = 0,1526 \text{ km}$$

P_m : potencia del motor propulsor (Kw). $P_m = 48800 \text{ Kw}$

$$\mathbf{Pie = 49 \text{ t}}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$\mathbf{XG \text{ (PQ)} = 60 \text{ m}}$$

$$\mathbf{KG \text{ (PQ)} = 15 \text{ m}}$$

2.3.7 *Peso de la instalación contraincendios de la cámara de máquinas*

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

Donde:

$$P_M = 48800 \text{ Kw}$$

$$L = 326 \text{ m}$$

$$B = 47 \text{ m}$$

$$P_{IM} = 45$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (PQ) = 60 \text{ m}$$

$$KG (PQ) = 15 \text{ m}$$

2.3.8 *Peso de piezas de respeto, cargas de cámara de máquinas y líquidos en circuitos incluidos*

$$P_{VARIOS} = a \times MCR + b \times MCR^{0,7}$$

Donde:

$$a = 0,0109$$

$$b = 0,07525$$

$$MCR = 48800 \text{ Kw}$$

$$P_{VARIOS} = 676 \text{ t}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (PQ) = 60 \text{ m}$$

$$KG (PQ) = 15 \text{ m}$$

2.3.9 *Peso de tecles de la cámara de máquinas*

$$P_{TM} = 0,047 \times L_{CM} \times B \times 0,6$$

Donde:

$$L_{CM} = 30 \text{ m}$$

$$B = 47 \text{ m}$$

$$P_{TM} = 39,7 \text{ t}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (PQ) = 60 \text{ m}$$

$$KG (PQ) = 15 \text{ m}$$

2.3.10 Peso de tanques varios en cámara de máquinas

$$\text{Como } P_M > 736 \text{ Kw: } P_{TV} = a + b \times P_M$$

$$a = 1,2$$

$$b = 0,0009$$

$$P_M = 48800 \text{ Kw}$$

$$P_{TV} = 45,12 \text{ t}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (PQ) = 60 \text{ m}$$

$$KG (PQ) = 15 \text{ m}$$

2.3.11 Peso de tuberías y bombas en cámara de maquinas

$$\text{Como } P_m > 736 \text{ Kw: } P_{TBM} = 0,00981 \times P_M = 392,4 \text{ t}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (PQ) = 60 \text{ m}$$

$$KG (PQ) = 15 \text{ m}$$

2.4 Peso de habilitación

2.4.1 Cálculo preliminar del peso de habilitación

En esta primera estimación utilizaremos la formulación reflejada en el libro "Proyectos de buques y artefactos: cálculo del desplazamiento" del profesor Fernando Junco Ocampo.

Datos:

$$L = 326 \text{ m}$$

$$B = 47 \text{ m}$$

$$D = 28 \text{ m}$$

$$P_{e3} (\text{buques cargueros}) = 0,065$$

- $P_{E1} = 277 + 0,115 \times L \times B = 2039 \text{ t}$
- $P_{E2} = P_{e3} \times L^{1,3} \times B^{0,8} \times D^{0,3} = 7111 \text{ t}$
- Recurriendo a la gráfica 9.5.12 para la eslora de 326 m obtenemos una relación $P_{E3}/(L \times B)$ de aproximadamente 0,3. Por lo que $P_{E3} = 4596,6 \text{ t}$
- Schenneekluth: $P_{E4} = K_o \times L \times B$
 $0,34 < K_o < 0,38$ ($K_o = 0,36$)

$$P_{E4} = 5515,92 \text{ t}$$

$$PE_{TOT} = (PE_1 + PE_2 + PE_3 + PE_4)/4 = 4815,63 \text{ t}$$

El centro de gravedad del peso de equipos y habilitación es el siguiente:

$$XG (\text{equipo y hab.}) = 200 \text{ m}$$

$$KG (\text{equipo y hab.}) = 35 \text{ m}$$

2.4.2 Peso de equipos y armamento

Los siguientes pesos se han obtenido del libro "Proyectos de buques y artefactos: cálculo del desplazamiento" del profesor Fernando Junco Ocampo.

Subpavimentado, $P_{sp} = 28 \text{ Kg/m}^2$

Aislamiento acústico, $P_{aa} = 16 \text{ Kg/m}^2$

Pavimento PVC, $P_{pvc} = 0,8 \text{ Kg/m}^2$

Moqueta, $P_{mq} = 0,2 \text{ Kg/m}^2$

Techos, $P_t = 17 \text{ Kg/m}^2$

Mamparos, $P_{manp} = 26 \text{ Kg/m}^2$

Aislamiento = 8 Kg/m^2

Con estos datos obtenemos 96 Kg/m^2

La superficie de habilitación se estimará a partir de la disposición general del buque base

$$\text{Sup. Hab.} = 4874 \text{ m}^2$$

Peso de aseos: considerando que cada camarote tiene asea privado

$$P_a = 30 \times 500 \text{ Kg/u} = 15 \text{ t}$$

Peso de cabinas: considerando 30 cabinas, $P_{cab} = 30 \times 0,37 = 10,8 \text{ t}$

$$P_{HAB} = ((96 \times 4874)/1000) + 15 + 10,8 = 494 \text{ ton}$$

El centro de gravedad del peso de equipos y habilitación es el siguiente:

$$XG (\text{habilitación}) = 200 \text{ m}$$

$$KG (\text{habilitación}) = 35 \text{ m}$$

2.4.3 Peso de la protección anticorrosión

- Peso de la pintura del buque: como el peso de acero del buque es mayor a 12000 ton usaremos la siguiente expresión:

$$P_i = 0,006 \times P_S = 0,006 \times 37382 = 224,3 \text{ t}$$

- Peso de protección catódica del casco

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

Donde:

S_m : superficie mojada del buque, calculada mediante la fórmula siguiente:

$$S_m = L \times T \times (1,7 + C_B/T) = 326 \times 16 \times (1,7 + 0,671/16) = 9086 \text{ m}^2$$

Como se desconocen el tipo de ánodo y el número de años que se usarán emplearemos los siguientes valores:

$$a = 1$$

$$y = 2$$

$$P_{cc} = 7,4 \text{ t}$$

El centro de gravedad del peso de la protección anticorrosión es el siguiente:

$$\mathbf{KG \text{ (protec. Anticorr.)} = 170 \text{ m}}$$

$$\mathbf{XG \text{ (protec. Anticorr.)} = 16 \text{ m}}$$

2.4.4 Peso del equipo de fondeo y amarre

Para el cálculo del peso de fondeo y amarre necesitaremos conocer el numeral de equipo, que se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 \times B \times h + 0,1 \times A_p$$

Donde:

h : altura total, incluidas con manga mayor a $B/4$, desde el calado de verano hasta la cubierta más alta.

$$h = h(\text{francobordo}) + h(\text{superestructura}) = 12 + 30 = 42 \text{ m}$$

A_p : área por encima del calado de verano. La estimaremos a partir de la disposición general. ($A_p = 4670 \text{ m}^2$)

$$\Delta = 172205 \text{ t}$$

$$EN = 172205^{2/3} + 2 \times 47 \times 42 + 0,1 \times 4670 = 7510$$

Una vez obtenido el valor de EN utilizaremos la gráfica 9.5.6 del libro "Proyectos de buques y artefactos: cálculo del desplazamiento" del profesor Fernando Junco Ocampo.

$$\mathbf{P_{AF} = 550 \text{ t}}$$

Para comprobar que este valor se ajusta a lo estipulado por el DNV-GL tendremos que ir con nuestro numeral de equipo a la normativa DNVGL-RU-SHIP-Pt3Ch11, donde para nuestro NE se estipulan lo siguiente:

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)		Mooring lines ¹⁾²⁾⁴⁾ (guidance)			
		Number	Mass per anchor kg	Total length	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
				m	VL K1 mm	VL K2 mm	VL K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
1390 to 1479	B	2	4320	550	66	58	50	200	836	4	180	352
1480 to 1569	C	2	4590	550	68	60	52	220	888	5	190	352
1570 to 1669	D	2	4890	550	70	62	54	220	941	5	190	362
1670 to 1789	E	2	5250	577.5	73	64	56	220	1024	5	190	384
1790 to 1929	F	2	5610	577.5	76	66	58	220	1109	5	190	411
1930 to 2079	G	2	6000	577.5	78	68	60	220	1168	5 ³⁾	190 ³⁾	437 ³⁾
2080 to 2229	H	2	6450	605	81	70	62	240	1259			
2230 to 2379	I	2	6900	605	84	73	64	240	1356			
2380 to 2529	J	2	7350	605	87	76	66	240	1453			
2530 to 2699	K	2	7800	632.5	90	78	68	260	1471			
2700 to 2869	L	2	8300	632.5	92	81	70	260	1471			
2870 to 3039	M	2	8700	632.5	95	84	73	260	1471			
3040 to 3209	N	2	9300	660	97	84	76	280	1471			
3210 to 3399	O	2	9900	660	100	87	78	280	1471			
3400 to 3599	P	2	10500	660	102	90	78	280	1471			
3600 to 3799	Q	2	11100	687.5	105	92	81	300	1471			
3800 to 3999	R	2	11700	687.5	107	95	84	300	1471			
4000 to 4199	S	2	12300	687.5	111	97	87	300	1471			
4200 to 4399	T	2	12900	715	114	100	87	300	1471			
4400 to 4599	U	2	13500	715	117	102	90	300	1471			
4600 to 4799	V	2	14100	715	120	105	92	300	1471			
4800 to 4999	W	2	14700	742.5	122	107	95	300	1471			
5000 to 5199	X	2	15400	742.5	124	111	97	300	1471			
5200 to 5499	Y	2	16100	742.5	127	111	97	300	1471			
5500 to 5799	Z	2	16900	742.5	130	114	100	300	1471			
5800 to 6099	A*	2	17800	742.5	132	117	102	300	1471			
6100 to 6499	B*	2	18800	742.5	137	120	107	300	1471			
6500 to 6899	C*	2	20000	770		124	111	300	1471			
6900 to 7399	D*	2	21500	770		127	114	300	1471			
7400 to 7899	E*	2	23000	770		132	117	300	1471			

Como nuestro NE = 7393 decidiremos escoger el intervalo EN = 7400-7899, para el que se establece:

- 2 anclas de 23 t cada una
- Longitud del cable = 770 m (K₂ =132 mm). Para esta longitud de cable buscamos en el catálogo de la empresa “TRILLO ANCLAS&CADENAS” (ANEXO 2) y obtenemos un peso de 386 Kg/m. multiplicando por la longitud que necesitamos tendremos un peso de cable de 297,4 t.

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

XG (amarre) = 300 m
KG (amarre) = 30 m

2.4.5 Peso de equipo de amarre de popa

Se estima un peso del 20% del peso del equipo de amarre principal, por lo que obtenemos:

$$P_{AF\ POPA} = 0,2 \times 550 = 110 \text{ ton}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (\text{amarre popa}) = 2 \text{ m}$$

$$KG (\text{amarre popa}) = 30 \text{ m}$$

2.4.6 Peso de equipo de navegación

Emplearemos el valor recomendado por el libro "Proyectos de buques y artefactos: cálculo del desplazamiento" de Fernando Junco.

$$P_N = 2 \text{ ton}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (\text{eq. Nav.}) = 200 \text{ m}$$

$$KG (\text{eq. Nav.}) = 40 \text{ m}$$

2.4.7 Peso de equipo de gobierno

$$P_G = 0,0224 \times A \times v^{2/3} + 2$$

Donde:

A: área del timón, que obtenemos a partir de la siguiente fórmula.

$$A = (L \times T \times (1,1 + 25 \times B^2/L^2))100 = 84,5 \text{ m}^2$$

v: velocidad en pruebas del buque.

$$v = 1,06 \times V_s = 1,06 \times 20 = 21,2 \text{ nudos}$$

$$P_G = 16,5 \text{ ton}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (\text{gobierno}) = 0 \text{ m}$$

$$KG (\text{gobierno}) = 10 \text{ m}$$

2.4.8 Peso del equipo de salvamento

$$P_L = 9,5 + (n - 35) \times 0,1 = 9,5 + (35 - 35) \times 0,1$$

$$P_L = 9,5 \text{ ton}$$

Donde n es igual al número de tripulantes si es mayor a 35, de no ser así $n = 35$.

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$\begin{aligned} \mathbf{XG (salv)} &= \mathbf{200 \text{ m}} \\ \mathbf{KG (salv)} &= \mathbf{32 \text{ m}} \end{aligned}$$

2.4.9 *Peso de tuberías y bombas en el casco*

$$P_{TBC} = 0,0047 \times L \times \text{RAIZ}(L \times B) = 0,0047 \times 326 \times \text{RAIZ}(326 \times 47)$$

$$\mathbf{P_{TBC} = 190 \text{ t}}$$

Los centros de gravedad se han estimado en el centro geométrico del buque:

$$\begin{aligned} \mathbf{XG (tub y bom)} &= \mathbf{170 \text{ m}} \\ \mathbf{KG (tub y bom)} &= \mathbf{16 \text{ m}} \end{aligned}$$

2.4.10 *Peso del aire acondicionado*

$$P_{AA} = 0,02 \times S_H$$

Donde S_H es la superficie de la habitación estimada anteriormente, $S_H = 4874 \text{ m}^2$.

$$\mathbf{P_{aa} = 97,5 \text{ ton}}$$

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base, que estimaremos en el centro de gravedad de la habitación:

$$\begin{aligned} \mathbf{XG (aire acond.)} &= \mathbf{200 \text{ m}} \\ \mathbf{KG (aire acond.)} &= \mathbf{40 \text{ m}} \end{aligned}$$

2.4.11 *Peso de trincas de los contenedores*

$$P_{TR} = 0,04 \times (N_{cb} + N_{cc}) = 0,04 \times (11000)/2$$

$$\mathbf{P_{TR} = 220 \text{ ton}}$$

Donde N_{cb} y N_{cc} son el número de TEUs en bodega y en cubierta respectivamente.

$$N_{cb} = 4832 \text{ TEUS}$$

$$N_{cc} = 6168 \text{ TEUS}$$

Los centros de gravedad se han estimado en el centro del buque:

$$\begin{aligned} \mathbf{XG (trincas)} &= \mathbf{170 \text{ m}} \\ \mathbf{KG (trincas)} &= \mathbf{16 \text{ m}} \end{aligned}$$

2.4.12 *Peso de guías en buques portacontenedores*

$$P_{\text{GUIAS}} = 0,25 \times N_{\text{CB}} = 0,25 \times 4832$$

$$P_{\text{GUIAS}} = 1542 \text{ t}$$

Donde N_{CB} son el número de contenedores bajo cubierta.

Los centros de gravedad se han estimado en base a la disposición general del buque base:

$$XG (\text{guias}) = 170 \text{ m}$$

$$KG (\text{guias}) = 16 \text{ m}$$

3 DESGLÓSE GENERAL DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

	PESO (t)	XG (m)	KG (m)
PESO DE ACERO	37382,0	126,6	14,4
PESO AMURADA REFORZADA	93,2	160,0	27,0
TOTAL ESTRUCTURA	37475,2	126,7	14,4
P. MOTOR PROPULSOR	1446,0	60,0	15,0
P. MAQUINARIA AUXILIAR	470,0	60,0	15,0
PESO HÉLICE	83,0	5,0	7,0
PESO LÍNEA DE EJES	145,2	30,0	7,0
PESO INSTALACIÓN ELECTRICA	49,0	60,0	15,0
INSTALACION CONTRA INCENDIOS CAM. MAQ.	45,0	60,0	15,0
PIEZAS DE RESPETO, CARGAS CAM. MAQ. Y LIQUIDOS EN CIRCUITOS	676,0	60,0	15,0
TECLES DE CAMARA DE MAQUINAS	39,7	60,0	15,0
TANQUES VARIOS CAMARA DE MAQUINAS	45,1	60,0	15,0
TUBERIAS Y BOMBAS EN CAM. MAQ.	392,4	60,0	15,0
TANQUES DE LNG	130,0	54,0	35,0
TOTAL MAQUINARIA	3621,5	53,7	13,5
PESO HABILITACION	5210,0	200,0	35,0
EQUIPOS Y ARMAMENTO	494,0	200,0	35,0
PROTECCION ANTICORROSIVA	224,3	170,0	16,0
FONDEO Y AMARRE	550,0	300,0	30,0
AMARRE DE POPA	110,0	2,0	30,0
EQUIPO DE NAVEGACIÓN	2,0	200,0	40,0
EQUIPO DE GOBIERNO	16,5	0,0	10,0
EQUIPO DE SALVAMENTO	9,5	200,0	32,0
TUBERIAS Y BOMBAS DEL CASCO	190,0	170,0	16,0
AIRE ACONDICIONADO	97,5	200,0	40,0
TRINCAS DE CONTENEDORES	220,0	170,0	16,0
GUIAS DE CONTENEDORES	1542,0	170,0	16,0
TOTAL HABILITACION	8665,8	195,9	29,9
TOTAL	49762,5	133,4	17,1
MARGEN	2488,12	1,33	0,17
PESO EN ROSCA	52251	135	17

Teniendo en cuenta que el desplazamiento de nuestro buque era de 172205 t, el peso muerto será:

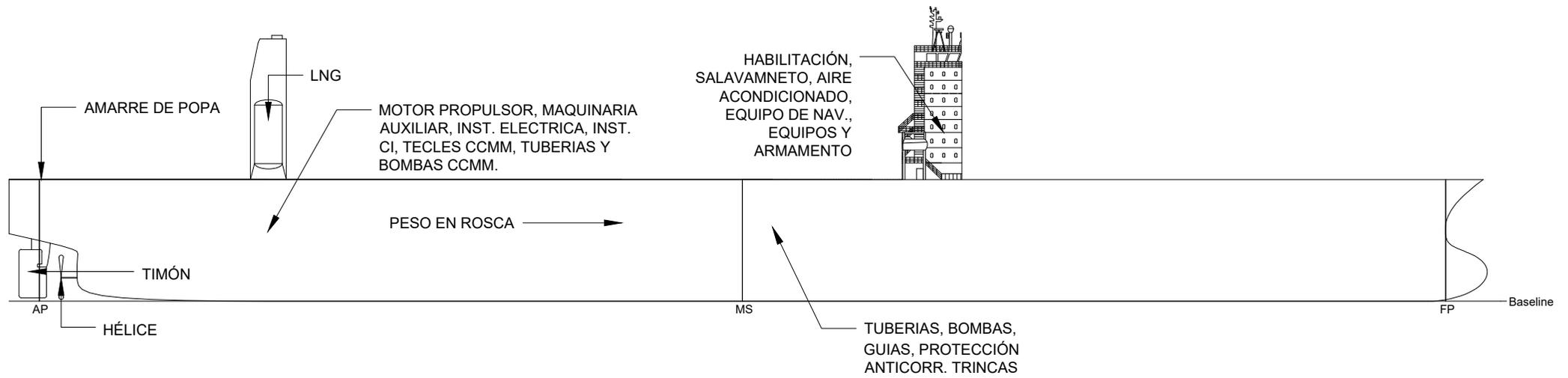
$$\Delta = PR + PM$$

$$\text{Peso Muerto} = 119954 \text{ t}$$

En el cuaderno 1 habíamos obtenido mediante las regresiones de la base de datos, un peso muerto de 128740 t.

La diferencia entre ambos valores es considerable y puede deberse a una base de datos desactualizada como base de la formulación.

4 CENTROS DE GRAVEDAD SOBRE LA DISPOSICIÓN GENERAL



TÍTULO: BUQUE PORTACONTENEDORES POSTPANAMAX DE 1100 TEUS	
PLANO: CENTROS DE GRAVEDAD	CUADERNO: 2
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	AUTOR: MANUEL GARCÍA PENSADO
	ESCALA: 1:75