



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster
CURSO 2017/2018

BUQUE BULKCARRIER DE 44.500 T.P.M.

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA

Lucía Cachaza Vázquez

TUTORAS/ES

Luis Manuel Carral Couce

FECHA

SEPTIEMBRE 2018



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2017/2018

BUQUE BULKCARRIER DE 44.500 T.P.M.

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 2

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

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
PROYECTO FIN DE MASTER

CURSO 2.017-2.018

PROYECTO NÚMERO 18-03

TIPO DE BUQUE: Bulkcarrier

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: ABS SOLAS
MARPOL. DOBLE CASCO

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 44.500 T.P.M. Grano, mineral, carbón

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en servicio AL 85% MCR +15%. MM
15.000 millas a la velocidad de servicio.

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

PROPULSIÓN: Motor diesel acoplado a una hélice de paso fijo

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 28 personas

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de buque

Ferrol, Octubre de 2.017

ALUMNO: D^a Lucía Cachaza

ÍNDICE

1 Introducción	5
2 Cálculo preliminar del peso en rosca	6
3 Cálculo desglosado del peso en rosca y estimación de c.d.g	7
3.1 Peso de aceros	7
3.2 Peso de la maquinaria	8
3.3 Peso del equipo y habilitación	8
4 Resumen peso en rosca y c.d.g	19
5 Justificación centros de gravedad	20
6 Márgenes considerados en el peso y en los c.d.g	21
7 Comprobación del peso muerto y carga útil	22
7.1 Carga útil	22
7.2 Tripulación	22
7.3 Pertrechos	22
7.4 Consumos	22
8 Referencias	24
ANEXO I. Gráfica para la determinación del peso en rosca	25
ANEXO II. Gráfica para determinación del numeral de equipo.	26
ANEXO III. Buque de referencia "Pacific Endeavor"	27

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este cuaderno es realizar la estimación del peso en rosca y situación del centro de gravedad del mismo.

El peso en rosca del buque se descompondrá en tres grupos:

- Peso del acero.
- Peso de la maquinaria.
- Peso del equipo y la habilitación.

Una vez obtenidas todas las partidas anteriores se sumarán para obtener así el peso en rosca y se añadirá un margen de seguridad por aquellas partidas no recogidas.

Para ello nos basamos en las características principales que hemos obtenido en el *Cuaderno 1*:

$$DWT = 44.500 \text{ t}$$

$$L_{pp} = 180,14 \text{ m}$$

$$B = 29,66 \text{ m}$$

$$D = 16,13 \text{ m}$$

$$T = 12,07 \text{ m}$$

2 CÁLCULO PRELIMINAR DEL PESO EN ROSCA

A continuación, haremos un cálculo preliminar del peso en rosca del buque y de la posición de su centro de gravedad a través de la expresión y el gráfico obtenidos del libro "Proyectos de buque y artefactos".

1ª Estimación (*Proyectos de buques y artefactos, Fernando Junco Ocampo*)

- Cálculo del peso en rosca

$$PR = 0,0254 \cdot L^{1,5} \cdot B \cdot D^{0,5} + 8,0 \cdot BHP^{0,49963} + 0,11994 \cdot (L \cdot B)^{0,99983}$$
$$PR = 8836,17 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

$$KR = 0,9764 D^{0,83292} = 9,897 \text{ m}$$

$$XR = 0,43912 L = 79,10 \text{ m}$$

2º Estimación (*Proyectos de buques y artefactos, Fernando Junco Ocampo*)

En el gráfico adjunto en el Anexo I, se muestran las características del peso en rosca de una serie de buques construidos en Japón, China y Corea a partir de 1980. Los datos están sacados de la publicación del *LR Technical Association Paper Nº2 Session 1996-1997*.

Debemos de calcular previamente el valor de $L_{pp} \cdot B \cdot D$, para poder entrar en la gráfica.

$$L_{pp} \cdot B \cdot D = 180,14 \cdot 29,66 \cdot 16,13 = 86181,82 \text{ m}$$

Como podemos observar, entrando en la tabla obtenemos un valor del peso en rosca de aproximadamente 9050 t.

3 CÁLCULO DESGLOSADO DEL PESO EN ROSCA Y ESTIMACIÓN DE C.D.G

El peso en rosca (WR) del buque está integrado por la suma de todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo: carga, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías. A efectos se desglosa el peso en rosca en tres partidas: Peso estructural o de acero (WST), peso de la maquinaria, (WQ) y peso del equipo y la habilitación (WH), de modo que:

$$WR = WST + WQ + WH$$

Por lo tanto, podemos desglosar el peso en rosca en las siguientes partidas:

- Peso de aceros.
- Peso de la maquinaria propulsora.
- Peso de equipos y habilitación.

Además de calcular el peso, estaremos también para cada uno de estos apartados el centro de gravedad.

3.1 Peso de aceros

- Cálculo del peso

Una vez conocidos los valores de los coeficientes necesitamos calcular de forma aproximada el peso de aceros del buque. Para ello se hará el cálculo del peso de aceros por varios métodos para bulkcarriers:

Según el Método de J.L. García Garcés (*El proyecto básico del buque mercante*, página 619) para graneleros de Lpp entre 75 y 280 m, obtenemos que:

$$WST = 0,02432 \times Lpp^{1,5} \times B \times D^{0,5}$$

$$WST = 7004,34 \text{ t}$$

Mediante la Ecuación de Murray específica para bulkcarriers (*Proyecto de buques y artefactos* página 7-77):

$$Mst = WST = 32,76596 \times 10^{-3} \cdot L^{1,65} \cdot (B + D + T/2) (0,5 \cdot C_B + 0,4)$$

$$WST = 7203,024 \text{ t}$$

Calculando una media aritmética sobre los anteriores valores, obtenemos que el valor del peso del acero laminado es= 7.104 t de acero

- Cálculo del centro de gravedad

Podemos calcular la posición longitudinal y vertical del centro de gravedad del peso de aceros a partir de las expresiones de J. L. García Garcés (página 619):

$$KG = 0,41635 \cdot D + 1,7306 = 0,41635 \cdot 16,13 + 1,7306$$

$$XG = 0,48245 \cdot L + 0,117 = 0,48245 \cdot 180,14 + 0,1117$$

$$KG = 8,45 \text{ m}$$

$$XG = 87,02 \text{ m (referido a la perpendicular de popa)}$$

$$\text{PESO DEL ACERO} = 7104 \text{ t}$$

3.2 Peso de la maquinaria

El peso de la maquinaria propulsora se descompone en peso del motor (Mmp) y peso restante (WRP). Es decir:

- Cálculo del peso

1. Peso del motor principal

Para estimar la potencia propulsora se utilizará la fórmula de Watson (*El proyecto básico del buque mercante, página 596*).

Basado en la relación que hay entre el peso de la maquinaria con la potencia y las revoluciones de la máquina propulsora.

$$Mmp = 12(MCR/rpm)^{0,84} = 12(12290/110)^{0,84} = 630 \text{ t}$$

2. Peso resto de la maquinaria

La expresión propuesta es (*Proyecto básico del buque mercante, página 621*):

$$WRP = K_m \times MCO^{0,7} = 401 \text{ t}$$

El coeficiente K_m depende del tipo de buque y en nuestro caso $\rightarrow K_m = 0,56$

Se obtiene el siguiente valor para el peso de la maquinaria:

$$\text{PESO DE LA MAQUINARIA PROPULSORA} = 1031 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

Como no conocemos la distribución exacta de la Cámara de Máquinas estimamos que la posición vertical y longitudinal del centro de gravedad es la siguiente:

$$KG = 0,17 \cdot T + 0,36 \cdot D$$

$$KG = 7,86 \text{ m}$$

$$XG = 17,5 \text{ m}$$

$$\text{PESO DE LA MAQUINARIA PROPULSORA} = 1031 \text{ t}$$

3.3 Peso del equipo y habilitación

Según el libro "*El Proyecto Básico del Buque Mercante*", se puede hacer un cálculo preliminar del peso del equipo y habilitación según la siguiente fórmula:

$$W_{\text{equipo}} = K_e \cdot L_{pp} \cdot B \rightarrow W_{\text{equipo}} = 1121,27 \text{ t}$$

Donde:

$$K_e = 0,39 - 0,001 \cdot L_{pp} = 0,210$$

Este peso, siguiendo fórmulas del libro del profesor Fernando Junco, se puede subdividir a su vez en varias partidas:

PESO DE LA PINTURA Y PROTECCIÓN CATÓDICA

- Cálculo del peso

Para calcular el peso de la pintura del buque hemos de interpolar entre las siguientes expresiones página 9-68 del libro *Proyectos y Artefactos*. Cálculo de desplazamiento:

$$P_{PI} = 0,008 \cdot PS \text{ (buques con PA menor de 2.000 t)}$$

$$P_{PI} = 0,006 \cdot PS \text{ (buques con PA mayor de 12.000 t)}$$

$$P_{PI} = 0,007 \cdot PS = 49,73 \text{ t}$$

El peso de la protección catódica del casco (incluyendo timón y hélice) por ánodos de sacrificio puede estimarse a partir de la siguiente expresión:

$$P_{cc} = 0,0004 \cdot S_m \cdot a \cdot y \rightarrow P_{cc} = 3,07 \text{ t}$$

Donde:

Si se desconoce el tipo de ánodos y el número de años se usarán los siguientes valores;

$$a = 1 \text{ (Zinc)}$$

$$y = 2 \text{ años}$$

$$S_m = L_{pp} \cdot T \cdot (1,7 + C_b/T) = 3842,21 \text{ m}^2$$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición del centro de gravedad de la pintura junto a la protección catódica se estima de forma aproximada a partir de las siguientes expresiones:

$$KG = 115\% \cdot D = 18,5 \text{ m}$$

$$XG = -4,68 + XG_{hab} = -4,86 + 18,5 = 13,64 \text{ m}$$

PESO DEL EQUIPO DE NAVEGACIÓN

- Cálculo del peso

El peso de los equipos que integran este concepto es muy reducido y se recomienda tomar el peso del equipo de navegación, PN, como:

$$PN = 2 \text{ t}$$

Expresión obtenida en el libro *Proyectos y Artefactos*. Cálculo de desplazamiento, página 9-70.

- Cálculo del centro de gravedad

$$- KG = 22,5 \text{ m}$$

$$- XG = 15 \text{ m}$$

PESO DEL EQUIPO DE GOBIERNO

- Cálculo del peso

El peso del equipo de gobierno, PG, se calcula, siendo A el área del timón en m² y v la velocidad en pruebas a plena carga en nudos, expresión que obtenemos del libro *Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento (página 9-70)*.

$$PG = 0,0224 \cdot A \cdot v^{2/3} + 2$$

Donde

$$A = \text{área del timón (m}^2\text{)} \rightarrow A = L \cdot T \cdot (1,1 + 2,5 \cdot B^2 / L^2) / 100 = 38,6 \text{ m}^2$$

$$v = \text{velocidad en pruebas del buque (kn)} \rightarrow v = 1,06 \cdot v_s = 1,06 \cdot 15 = 15,90 \text{ kn.}$$

$$PG = 0,0224 \cdot 38,6 \cdot 15,90^{2/3} + 2$$

$$PG = 7,4 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición vertical y longitudinal del centro de gravedad se mide de forma aproximada en el plano de la disposición general, de esta forma obtenemos:

$$KG = 4,2 \text{ m}$$

$$XG = 0 \text{ m}$$

PESO DEL EQUIPO DE FONDEO Y AMARRE

- Cálculo del peso

Para calcular el peso del equipo de fondeo y amarre deberíamos conocer el valor del numeral de equipo y la potencia de amarre. Sin embargo, no disponemos de estos datos.

Como desconocemos el numeral de equipo se puede calcular de forma aproximada auxiliándonos de la tabla 9.5.5 del volumen 9 de los apuntes de *Proyectos y Artefactos del profesor Fernando Junco*.

Podemos obtener el numeral de equipo a partir de una gráfica que para bulkcarriers relaciona L-NE, de esta forma determinamos

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

Donde:

DE: Desplazamiento al calado máximo (t)

B: manga (m)

h: altura total, incluidas las casetas con manga mayor de B/4, desde el calado de verano hasta la cubierta más alta (m)

A_p: área lateral del buque (en perfil) por encima de la línea de francobordo de verano (m²).

De este manera obtenemos que para nuestro buque NE=2100

Con este valor entramos en otra gráfica y obtenemos un peso aproximado → P_{af}=140 t.

- Cálculo del centro de gravedad

Teniendo en cuenta que el lugar de almacenamiento de las estachas será la popa y que en la proa se ubicarán las anclas, el molinete y chigres de amarre podemos considerar de forma aproximada que la posición longitudinal del centro de gravedad está próxima a la mitad de la eslora del buque:

$$KG = 12 \text{ m}$$

$$XG = 90 \text{ m}$$

PESO DEL EQUIPO DE SALVAMENTO Y CONTRAINCENDIOS

- Cálculo del peso

a) Para calcular el peso del equipo de salvamento podemos usar la siguiente expresión (página 9-71 del libro *Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento*):

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

Donde

n=número de personas a bordo (28 personas) o 35, el valor que sea mayor.

$$\text{PL} = 9,5 \text{ t}$$

El peso del equipo contraincendios responde a:

$$\text{PI} = 0,0025 \cdot \text{VE} + 1$$

$$\text{VE} = 0,5 \cdot \text{LM} \cdot \text{B} \cdot \text{D} = 4664,55 \text{ m}^3$$

$$\text{PI} = 12,6 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición del centro de gravedad la estimamos a partir del plano de disposición general y obtenemos los siguientes resultados:

$$KG = 22,8 \text{ m}$$

$$XG = 22,9 \text{ m}$$

PESOS VARIOS

- Peso de portillos y ventanas:

$$\text{P}_{ov} = 0,12 \cdot n = 3,36 \text{ t}$$

n: número de tripulantes (28)

- Planchada:

$$\text{Per} = 0,3 \cdot (\text{D} - 0,6 \cdot \text{T}) = 2,7 \text{ t}$$

- -Escala real:

$$0,15 \cdot ES = 3 \text{ t}$$

ES: longitud de la escala real en m

- Peso barandillas (Buques sin amurada en cubierta superior)

$$PB = 0,245 \cdot (NH + 2) + 0,03 \cdot L$$

$$PB = 7,36 \text{ t}$$

NH = 6 (número de cubiertas de alojamientos)

- Cálculo del centro de gravedad

La posición vertical y longitudinal del centro de gravedad se estima aproximadamente en:

$$KG = 17,00 \text{ m}$$

$$XG = 85,20 \text{ m}$$

PESO DE LA HABILITACIÓN

- Cálculo del peso

En este cuaderno haremos una primera aproximación de la habilitación de nuestro buque a proyectar, la cual se estudiará más detalladamente en el *Cuaderno 7*, viéndose esta aproximación modificada. Suponemos en principio que dispone de 5 niveles con las siguientes superficies:

- Cubierta principal: 292 m²
- Cubierta Toldilla: 340 m²
- Cubierta primera: 235 m²
- Cubierta segunda: 203 m²
- Cubierta tercera: 262 m²
- Puente de gobierno: 175 m²
- Total: 1507 m²

Para una ocupación de 28 tripulantes el buque dispone de camarotes individuales con aseo privado y camarotes dobles con aseo privado. Además se ha considerado de forma aproximada una superficie total de comedores y salones de 100 m², una cocina de 23 m², una gambusa seca de 35,20 m², una gambusa refrigerada de 35,20 m², una zona de lavadero/secadero de 33 m² y zonas de ocio que se estudiarán de forma detallada en el *Cuaderno 7 Disposición general*.

Disponemos de los pesos aproximados de varios elementos que forman parte de esta partida:

$$\text{Subpavimento} = 28 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{subpav}} = 28 \cdot 1507 = 42,2 \text{ t}$$

$$\text{Aislamiento antiacústico} = 16 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{aislam}} = 16 \cdot 1507 = 24,1 \text{ t}$$

$$\text{Pavimento PVC} = 4 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{pav}} = 4 \cdot 1507 = 6,0 \text{ t}$$

$$\text{Techos} = 17 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{techos}} = 100 \cdot 17 = 1,7 \text{ t}$$

$$\text{Apartamento (3 con despacho)} = 0,797 \text{ t/unidad} \rightarrow P_{\text{pto}} = 0,797 \cdot 3 = 2,4 \text{ t}$$

$$\text{Cabina sencilla} = 0,360 \text{ t/unidad} \rightarrow P_{\text{cabinas}} = 0,360 \cdot 16 = 5,7 \text{ t}$$

$$\text{Cabina doble (+2 triples)} = 0,41 \text{ t/unidad} \rightarrow P_{\text{cab doble}} = 0,41 \cdot 6 = 2,5 \text{ t}$$

$$\text{Comedores y salones} = 120 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{comedores}} = 120 \cdot 100 = 12 \text{ t}$$

$$\text{Cocina} = 200 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{cocina}} = 200 \cdot 23 = 4,6 \text{ t}$$

$$\text{Gambuza seca} = 60 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{gs}} = 60 \cdot 35,20 = 2,1 \text{ t}$$

$$\text{Gambuza frigorífica} = 190 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{gf}} = 190 \cdot 35,20 = 6,7 \text{ t}$$

$$\text{Lavadero y secadero} = 150 \text{ kg/m}^2 \rightarrow P_{\text{lavad/sec}} = 150 \cdot 33 = 5 \text{ t}$$

Otros pesos de habilitación (incluye ventanas, mobiliario de cocina, mobiliario fuera de cabinas,...)

$$P_{\text{otros}} = (10,5 \cdot S_h + 200 \cdot (N_A + N_{\text{CI}} + 2N_{\text{CI}})) / 1000$$

Donde

S_h = Superficie de habilitación (m^2)

N_A = Número de apartamentos

N_{CI} = Número de cabinas individuales

$2 \cdot N_{\text{CI}}$ = Número de cabinas dobles

$$P_{\text{otros}} = (10,5 \cdot 1507 + 200 \cdot (3 + 16 + 2 \cdot 6)) / 1000 = 22,24 \text{ t}$$

Sumando todas las partidas obtenemos el siguiente peso aproximado

$$P_{\text{hab}} = 137,24 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

De modo aproximado podemos considerar que el peso de la habilitación se reparte por igual en los distintos niveles de la superestructura, de esta forma obtenemos:

$$KG = 22,3 \text{ m}$$

$$XG = 18,5 \text{ m}$$

PESO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- Cálculo del peso

Para calcular el peso de la instalación eléctrica, como el buque tiene una eslora superior a 60 m, podemos aplicar la siguiente expresión:

$$P_{\text{IE}} = I_c + (P_m / 1000)$$

$$P_m = 10447 / 0,85 = 12290 \text{ HP} = 9045,44 \text{ Kw}$$

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

$$I_c = 1,82 + 0,268 \cdot 174,81 + 0,000597 \cdot 180,14^2 = 69,47 \text{ m}$$

$$P_{\text{IE}} = 9,115 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

Como no se disponen de datos que nos indiquen la posición del centro de gravedad de la instalación eléctrica, tomaremos como valores aproximados los siguientes:

$$KG = 147\% \cdot D = 23,7 \text{ m}$$

$$XG = 4,7 + XG_{hab} = 23,2 \text{ m}$$

PESO DE LA HÉLICE

- Cálculo del peso

Como el buque dispone de una hélice de paso fijo podemos aplicar la siguiente expresión, obtenida del libro de *Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento* (pág. 9-47):

$$P_h = 0,080 \cdot D_h^3$$

Donde

D_h = Diámetro de la hélice, para hélices de paso fijo (m)

El diámetro de la hélice que se considera es la del buque de referencia, ya que el cálculo para la hélice de nuestro buque se realizará más adelante, su valor es $D_h = 6,5 \text{ m}$. De esta forma obtenemos

$$P_h = 21,97 \text{ t.}$$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición longitudinal y vertical del centro de gravedad se mide de forma aproximada en la disposición general del buque:

$$KG = 6,3 \text{ m}$$

$$XG = 3,9 \text{ m}$$

PESO DE BRAZOLAS DE ESCOTILLAS

- Cálculo del peso

Se calcula a través de la siguiente fórmula obtenida del libro *Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento* (página 9-46):

$$P_b = 0,090 \cdot V_e$$

$$P_b = 43,47 \text{ t}$$

V_e : Volumen de las escotillas = 483 m^3

Como disponemos de 7 escotillas: $P_b = 7 \cdot 43,47 = 304,29 \text{ t}$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición del centro de gravedad la estimamos a partir del plano de disposición general y obtenemos los siguientes resultados:

$$KG = 17,5 \text{ m}$$

$$XG = 95,2 \text{ m}$$

PESO DE LAS TAPAS DE ESCOTILLA

- Cálculo del peso

Para realizar una estimación preliminar de las tapas de escotilla recurriremos al método de la sociedad de clasificación Lloyd's Register of Shipping, según la cual:

$$W_{47}=a_{47}\cdot A^{b_{47}}$$

Donde:

W_{47} : peso en toneladas de las tapas de escotillas

a_{47} : coeficiente de regresión obtenido de los criterios de la Lloyd's Register→0,247

b_{47} : índice de regresión obtenido de la Lloyd's Register→1

A: área de la tapa de escotilla (m²)

Teniendo en cuenta las dimensiones de las escotillas calculamos el área de las mismas y posteriormente el peso:

$$A_{\max}=l\cdot b=14,0\cdot 15,2=212,80\text{ m}^2$$

$$W_{47}=0,247\cdot 212,80^1= 53,6\text{ t}$$

Peso total, como contamos con 7 escotillas será: $W_{\text{total}}= 375,2\text{t}$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición del centro de gravedad la estimamos a partir del plano de disposición general y obtenemos los siguientes resultados:

$$KG = 18,5\text{ m}$$

$$XG = 95,2\text{ m}$$

PESO DE TUBERÍAS Y BOMBAS EN EL CASCO

- Cálculo del peso

Podemos calcular el peso de las tuberías y bombas en el casco a partir de la siguiente expresión (*página 9-48. Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento*):

$$P_{\text{TBC}} = 0,0047L\sqrt{L\cdot B}$$

donde:

L: eslora entre perpendiculares (m)

B: manga (m)

$$P_{\text{TBC}} = 61,9\text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición longitudinal y vertical del centro de gravedad de las tuberías y bombas en el casco se estima a partir de la disposición general:

$$KG = 6,3 \text{ m}$$

$$XG = 3,5 \text{ m}$$

PESO DEL EQUIPO DE LA CHIMENEA

- Cálculo del peso

Para calcular el peso del equipo de la chimenea podemos aplicar la siguiente expresión (*página 9-49. Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento*):

$$P_{EC} = 0,0034 \cdot L \cdot B$$

Donde:

L: eslora entre perpendiculares (m)

B: manga (m)

$$P_{EC} = 18,17 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

Para calcular la posición del centro de gravedad la estimo de forma aproximada a partir de la disposición general:

$$KG = 29,6 \text{ m}$$

$$XG = 9,8 \text{ m}$$

PESO DE TECLES EN LA CÁMARA DE MÁQUINAS

- Cálculo del peso

Para calcular el peso de los tecles en la cámara de máquinas podemos usar la siguiente expresión obtenida en la *página 9-49 del libro Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento*:

$$P_{TM} = 0,047 \cdot l_m \cdot B \cdot 0,60$$

Donde

l_m = eslora de la cámara de máquinas (m)

B=manga (m).

La eslora de la cámara de máquinas se mide de forma aproximada en la disposición general del buque de referencia obteniendo $l_m = 19,5 \text{ m}$.

$$PTM = 16,31 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

La posición longitudinal y vertical del centro de gravedad de los tecles en la cámara de máquinas se estima a partir de la disposición general:

$$KG = 7 \text{ m}$$

$$XG = 17,7 \text{ m}$$

PESO DEL AIRE ACONDICIONADO

- Cálculo del peso

Para estimar el peso del aire acondicionado podemos aplicar la siguiente expresión *página 9-50 del libro Proyectos y Artefactos. Cálculo de desplazamiento:*

$$P_{AA} = 0,020 \cdot S_h = 0,020 \cdot 993,5$$

$$P_{AA} = 19,9 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

Como no conocemos la posición exacta de su centro de gravedad, estimamos su ubicación en la zona de habilitación del plano de disposición general, de esta forma obtenemos:

$$KG = 22,3 \text{ m}$$

$$XG = 18,5 \text{ m}$$

PESO DEL GRUPO DE EMERGENCIA

- Cálculo del peso

Para calcular el peso del grupo de emergencia, que dispondrá de una potencia de unos 1000 kVA, podemos aplicar la siguiente expresión:

$$P_{GE} = (7,45 \cdot (KVA-30) + 765) / 1000$$

$$P_{GE} = (7,45 \cdot (1000-30) + 765) / 1000$$

$$P_{GE} = 8 \text{ t}$$

- Cálculo del centro de gravedad

Se considera que el grupo de emergencia estará ubicado en la cámara de máquinas del buque, como no conocemos su posición exacta tomaremos unas coordenadas cercanas a las del centro de la Cámara de Máquinas, de esta forma obtenemos:

$$KG = 6,8 \text{ m}$$

$$XG = 17,7 \text{ m}$$

Obtenemos así un peso del equipo y habilitación más detallado de:

$$W_{EQUIP} = 1.130,17 \text{ t}$$

Siendo este un valor muy próximo al calculado mediante formulación directa previamente en el *apartado de Peso del equipo y habilitación* (1121,27 t).

En la siguiente tabla se recoge el peso y la posición del centro de gravedad de cada una de las partidas incluidas en los equipos.

	PESO(t)	XG(m)	KG(m)	MOM.XG	MOM.KG
Pintura y prot. catódica	52,8	13,64	18,5	720,192	976,8
Equipo navegación	2	15	22,5	30	45
Equipo gobierno	7,4	0	4,2	0	31,08
Equipo amarre/fondeo	140	90	12	12600	1680
Salvamento y contrain.	22,1	22,9	22,8	506,09	503,88
Varios	16,42	85,2	17	1398,984	279,14
Habilitación	137,24	18,5	22,3	2122,135	2558,033
Brazolas	304,29	95,2	17,5	22790,88	4189,5
Tapas	375,2	95,2	18,5	35719,04	6941,2
Tuberías y bombas	61,9	3,5	6,3	216,65	389,97
Chimenea	18,17	9,8	29,6	178,066	537,832
Tecles	16,31	17,7	7	288,687	114,17
Hélice	21,97	3,8	6,3	1744,86	138,411
Instalación eléctrica	9,1	23,2	23,7	211,12	215,67
Grupo de emergencia	8	17,7	6,8	141,6	54,4
Aire acondicionado	19,9	18,5	22,3	368,15	443,77
<u>TOTAL</u>	1125,38			79035,45	19098,86

Tabla 1 Peso de equipos y habilitación

A partir de los datos anteriores obtenemos los centros de gravedad siguientes:

$$\mathbf{XG = 70,23 \text{ m}}$$

$$\mathbf{KG = 17 \text{ m}}$$

$$\mathbf{PESO \text{ DE EQUIPOS Y HABILITACIÓN} = 1125,38 \text{ t}}$$

4 RESUMEN PESO EN ROSCA Y C.D.G

La posición longitudinal y vertical del centro de gravedad del PESO EN ROSCA se obtiene de los siguientes datos:

	PESO(t)	XG(m)	KG(m)	Mom.XG	Mom.KG
ACEROS	7104,00	87,02	8,45	618190,1	60028,8
MAQUINARIA	1031,00	17,50	7,86	18042,50	8103,66
EQUIPOS Y HABILITACIÓN	1125,38	70,23	16,9	79035,45	19098,36
TOTAL	9260,38			715268	87263,92

Tabla 2 Peso en rosca

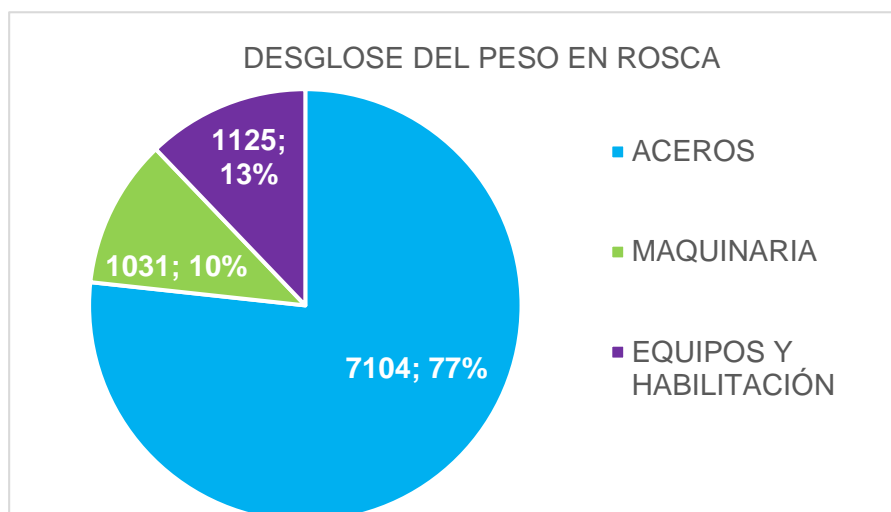
A partir de los datos anteriores obtenemos los centros de gravedad siguientes:

$$XG = 77,25 \text{ m}$$

$$KG = 9,40 \text{ m}$$

Analizando los resultados que hemos obtenido tenemos las siguientes proporciones:

- Acero: 77%
- Equipos: 13%
- Maquinaria: 10%



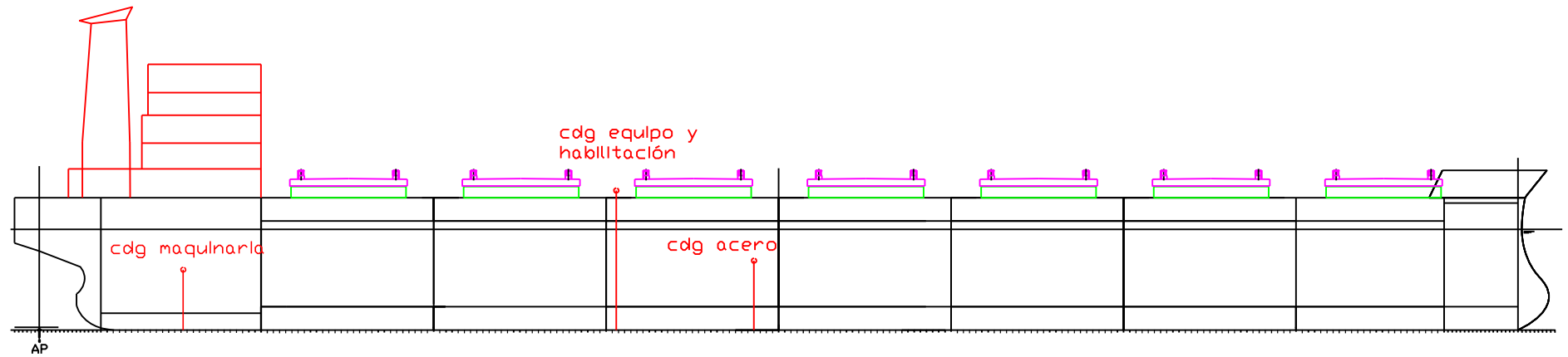
El peso en rosca final del buque (sin margen) queda en 9260,38 toneladas.

El peso muerto es de 44.500 toneladas.

El desplazamiento es la suma de ambas partidas:

$$\Delta = PM + PR = 44.500 + 9.260,38 = 53760,38 \text{ t}$$

5 JUSTIFICACIÓN CENTROS DE GRAVEDAD



6 MÁRGENES CONSIDERADOS EN EL PESO Y EN LOS C.D.G.

Para compensar los errores en las estimaciones que hemos realizado consideramos un margen en el Peso en Rosca del 5%:

$$PR = 9723,40 \text{ t} \approx 9724 \text{ t}$$

De la misma forma tenemos en cuenta una pequeña variación en la posición del centro de gravedad, consideramos en el XG un margen de un 1 m y KG le aplicamos un margen de 0,5 m:

$$XG = 78,25 \text{ m}$$

$$KG = 9,90 \text{ m}$$

Finalmente comprobamos que el valor del desplazamiento es del orden del que habíamos estimado en el *Cuaderno 1* ($\Delta = 53739,43 \text{ t}$):

$$\Delta = PM + PR = 44500 + 9724 = 54224 \text{ t}$$

Recogemos a continuación una tabla resumen del peso en rosca sin margen y con margen.

	PESO(t)	XG(m)	KG(m)
ACEROS	7104,00	87,02	8,45
MAQUINARIA	1031,00	17,50	7,86
EQUIPOS Y HABILITACIÓN	1125,38	70,23	17,00
PESO EN ROSCA SIN MARGEN	9260,38	77,25	9,40
PESO EN ROSCA CON MARGEN	9724	78,25	9,90

Tabla 3 Peso en rosca sin margen y con margen

7 COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO Y CARGA ÚTIL

En este buque el Peso Muerto es un dato de proyecto, por lo que debe permanecer invariable. Las distintas partidas que integran el peso muerto se pueden descomponer en:

- Carga útil
- Tripulación y pasaje
- Pertrechos
- Consumos

7.1 Carga útil

Como nos dice el libro *Proyectos de Buques y Artefactos. Cálculo del desplazamiento*, cuando el peso muerto de nuestro proyecto, es un dato, debe calcularse la carga útil por diferencia con el resto de las partidas.

7.2 Tripulación

Este buque tiene una tripulación de 28 personas.

Se considera un peso de 125 kg por persona, por ello se estima que el peso de la tripulación asciende a $\rightarrow 3,5$ t.

7.3 Pertrechos

Se consideran pertrechos todos aquellos elementos no consumibles que el Armador añada como repuestos o necesidades adicionales al buque tales como pinturas, estachas y cabos adicionales, algunos cargos del carpintero, contra maestre...

Este valor depende del tamaño de buque y estándar del Armador y varía entre 10 t y 100 t, para nuestro buque se considera un valor de $\rightarrow 40$ t.

7.4 Consumos

Los consumos son cargas variables durante la navegación y en general dependen de la autonomía del buque. En nuestro caso la autonomía viene establecida por las RPAs.

$$T_{\text{nav}} = \frac{\text{autonomía}}{\text{velocidad}} = \frac{15000}{15} = 1000 \text{ horas} = 41,67 \text{ días} = 42 \text{ días}$$

- Combustible:

Este buque usará dos tipos de combustible, fuel y gasoil. Nos basamos en las capacidades de tanques del buque de referencia "Pacific Endeavor" y calcularemos las capacidades de estos tanques para nuestro buque en el *Cuaderno 4* de este mismo proyecto:

- Tanque de fuel: 1.600 m^3
- Tanque de gasoil: 120 m^3

Las densidades aproximadas de estos productos son las siguientes:

- $\rho_{\text{FO}} = 0,98 \text{ t/m}^3$
- $\rho_{\text{DO}} = 0,85 \text{ t/m}^3$

De esta forma se obtienen los siguientes pesos:

$$P_{\text{FO}} = 1632,7 \text{ t}$$

$$P_{DO} = 141,2 \text{ t}$$

- Aceite:

El buque dispone de dos tipos de aceite, para la lubricación de los motores e hidráulico para el accionamiento de escotillas y otros equipos. Se realiza el cálculo de forma más detallada en próximos apartados de este mismo proyecto, pero como primera aproximación y partiendo de buque similares tomamos el peso del aceite como:

$$P_{oil} = 129 \text{ t}$$

- Agua dulce:

Dentro de este apartado se incluye tanto el agua sanitaria como la de servicios.

Para el consumo de agua dulce (potable y técnica), se estableció en las clases de Métodos computacionales aplicado al proyecto del buque un valor de 135 litros de agua por persona y día.

$$V_{AD} = V_{\text{persona}} \cdot N_{\text{tripulantes}} \cdot \text{Autonomía}$$

$$V_{AD} = 0,135 \cdot 28 \cdot 42 \cdot (1/\rho_{\text{agua dulce}}) = 159 \text{ m}^3$$

En lo relativo al agua de servicios se considerará la misma cantidad que para el agua sanitaria, de esta forma la capacidad total de agua dulce es:

$$\text{Capacidad agua dulce} = 318 \text{ m}^3$$

- Víveres:

Para calcular el peso de esta partida estimamos un consumo por tripulante de 5 kg/día. De esta manera, y teniendo en cuenta que la autonomía del buque a la velocidad de servicio implica 42 días de navegación y aplicándole un margen de un 10%, el peso de la partida de víveres será:

$$P_{\text{viveres}} = (5\text{kg/persona día} \cdot 42 \text{ días} \cdot 28 \text{ tripulantes}) + 10\% = 6,5 \text{ t}$$

En la siguiente tabla se recoge un resumen de pesos de las partidas que engloban el peso muerto:

	PESO(t)
Carga útil	42229,10
Tripulación y pasaje	3,50
Pertrechos	40,00
Consumos	2227,40
TOTAL PESO MUERTO	44500

Tabla 4 Desglose peso muerto

De esta forma comprobamos que tiene una carga útil y un peso muerto que cumple con los requerimientos establecidos.

8 REFERENCIAS

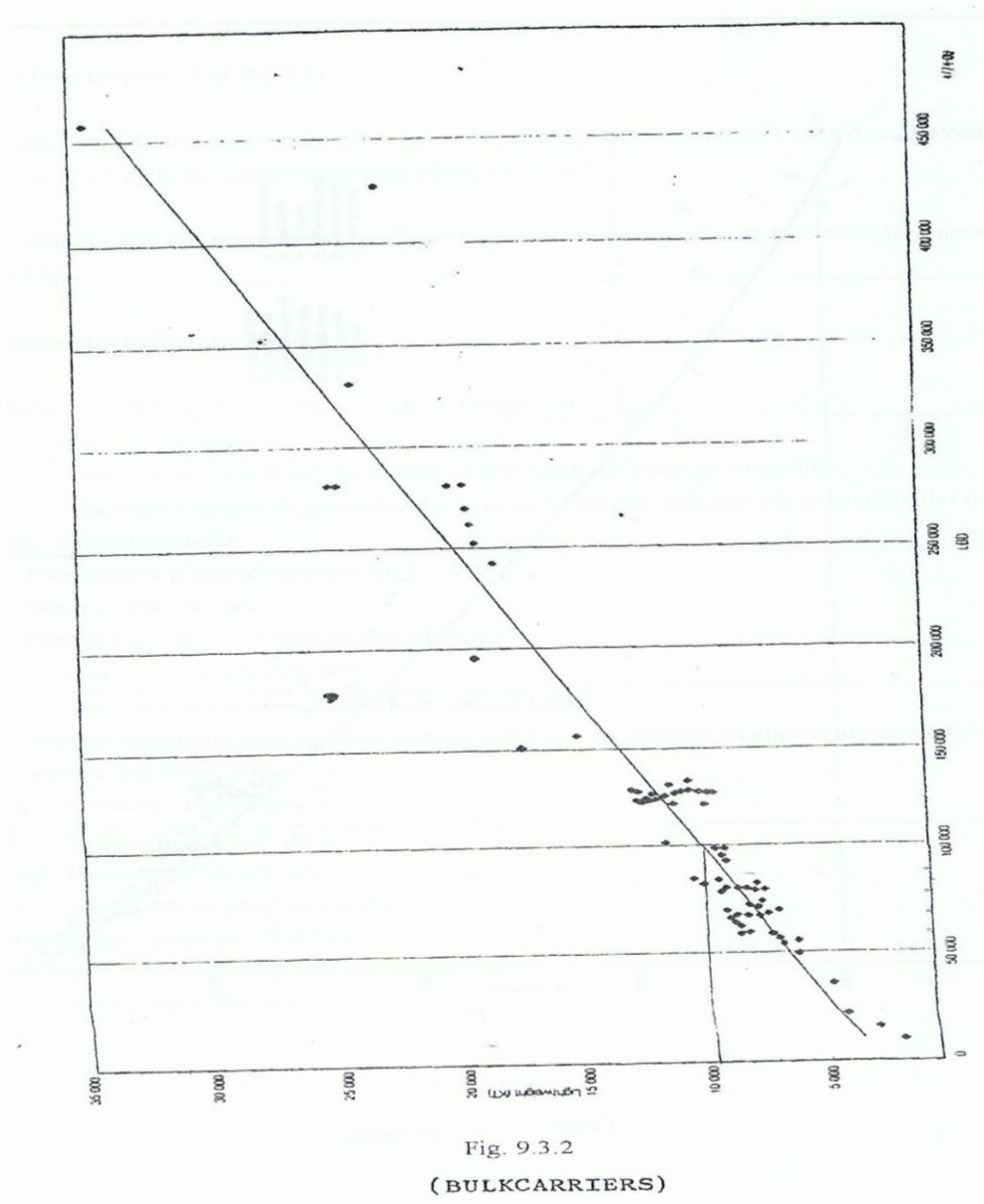
Significant ships of 1992. Pacific Endeavor. [England]: Warwick Printing Co. Ltd., 1992. Pág. 87-88.

Junco Ocampo, Fernando. Proyectos de buques y artefactos. Cálculo del desplazamiento. (P.T.U. U.D.C.; Ingeniería Naval y Oceánica; EPS.).ISBN: 84-96474-30-5.

Alvariño, Ricardo; Azpiroz, Juan José; Meizoso, Manuel. El Proyecto Básico Del Buque Mercante. Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales (edit.). Madrid: 1997. ISBN: 84-921750-2-8.

Desplazamiento. Cálculo Iterativo del peso en rosca y peso muerto. Prof. Manuel Meizoso Fernández, José Luis García Garcés. ETSIN.

ANEXO I. GRÁFICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO EN ROSCA



ANEXO II. GRÁFICA PARA DETERMINACIÓN DEL NUMERAL DE EQUIPO.

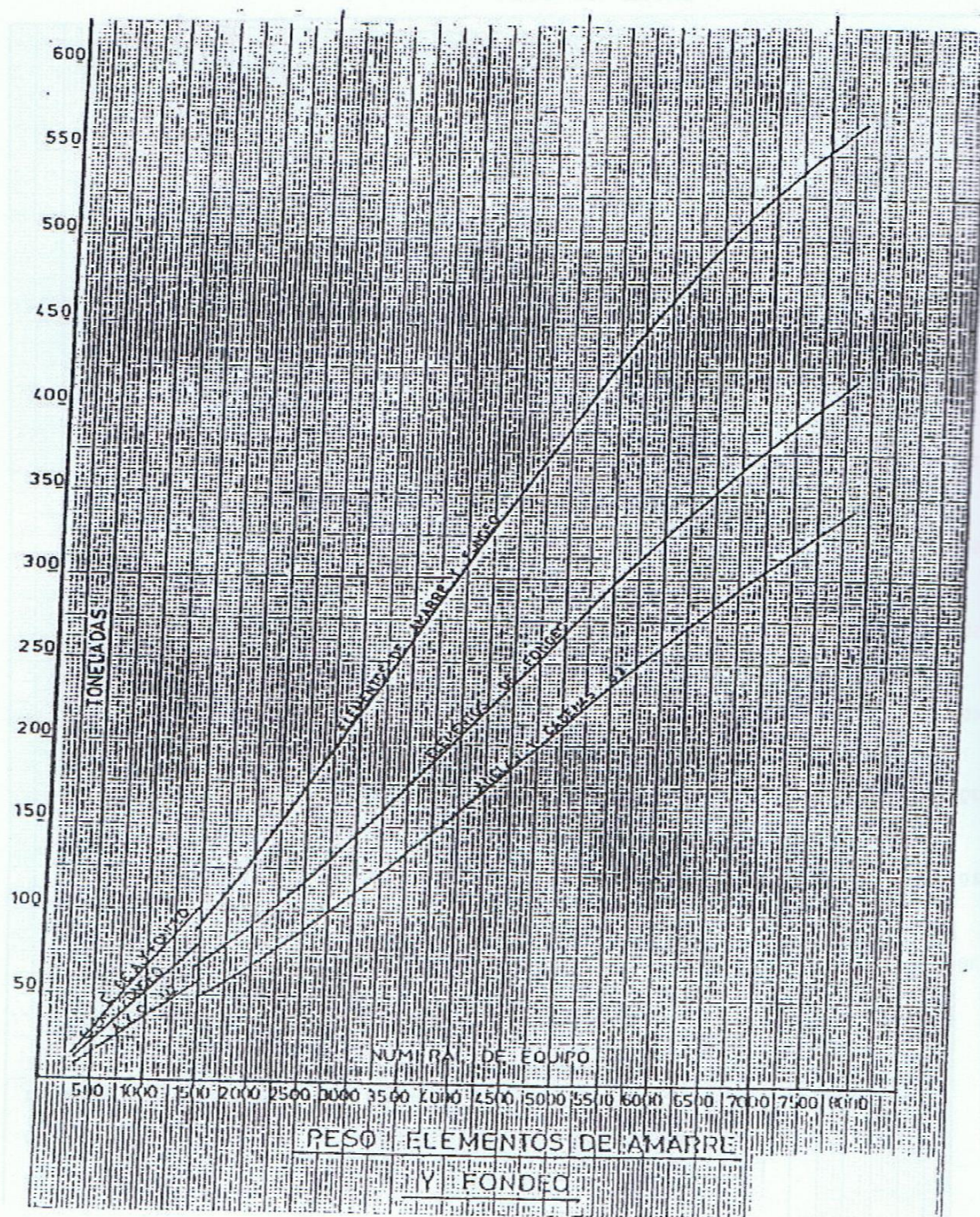
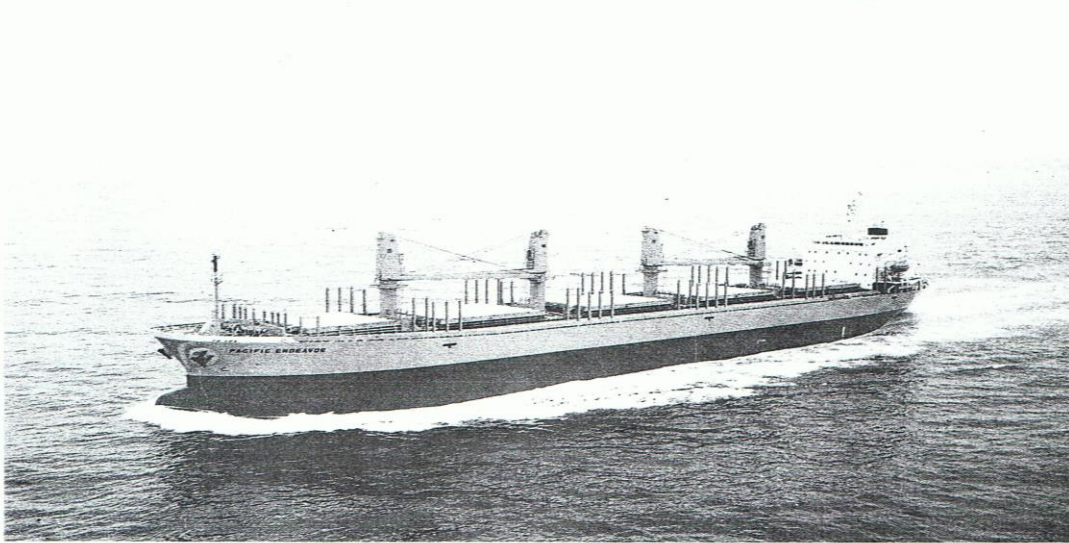


Fig. 9.5.6

ANEXO III. BUQUE DE REFERENCIA "PACIFIC ENDEAVOR".



PACIFIC ENDEAVOR: new bulk carrier design from Oshima

Shipbuilder: **Oshima Shipbuilding Co Ltd, Japan**
Vessel's name: **Pacific Endeavor**
Owner/operator: **Pacific Endeavor Shipping Inc, Liberia/ Ming Wah, Hong Kong**
Shipbuilder: **Liberia**
Designer: **Nil**
Flag: **Nil**
Total number of sister ships already completed: **Nil**
Total number of sister ships still on order: **4**

MEDIUM-SIZED shipbuilder Oshima, an associate of Sumitomo, has developed a new Super Handymax design of bulk carrier, with *Pacific Endeavor* delivered as the first unit. Aimed at achieving superior performance, fuel economy and cargo handling efficiency, the vessel has a deadweight, on a draught of 11.19m, of 43,150dwt. She is fitted with a bulbous bow, stern bulb and semi-skewed propeller to improve propulsion and reduce vibration.

The hull is without forecastle, and has five cargo holds, contained within the traditional bulk-carrier layout of top and bottom wing tanks, the latter being joined with double bottom tanks, port and starboard, under Nos 1 and 2 holds. Elsewhere, they are common with an outboard double bottom tank only, a central tank completing the arrangement in these positions, and forming fuel tanks. With the exception of a short, aft upper wing tank used for fresh water, all other wing and bottom tanks are designated for water ballast.

This Super Handymax carries a 'Strengthened for heavy cargoes, Nos 2 and 4 holds may be empty' notation, and has tank top plating increased for grab discharge. The cargo handling equipment comprises four IHI electro-hydraulic deck cranes of 30 tonnes swl, and their ability to operate with grabs is in line with the design concept of a vessel suitable for carrying logs, packaged lumber, steel products

and cement, as well as normal bulk, coal and ore cargoes, with steel supports for deck cargoes forming part of the outfit. The hatch covers are Nakata Mac folding type.

The main engine is a Sulzer 6RTA52 model built by Diesel United. Developing 9,550bhp (mcr) at 108rev/min, it operates at an ncr of 8,120bhp at 102.3rev/min to give a service speed (including 15% sea margin) of 14.3 knots, with a daily fuel consumption of 25.2 tonnes. Electrical supply is derived from three Daihatsu/Nishishiba 480kW diesel alternator sets.

Accommodation is arranged in the deckhouse aft, for a complement of 32 persons in single berth cabins. The wheelhouse features a Nabco bridge control system, and is suitable for single-man operation. Japan Radio Co supplied the navigation/communication equipment, including two radars, a satellite navigation system and echo sounder. A Terasaki computer handles loading calculations.

PRINCIPAL PARTICULARS

Length, oa	184.99m
Length, bp	179.80m
Breadth, moulded	30.50m
Depth, moulded to main deck	18.80m
Gross	24,260t
Displacement	50,259 tonnes
Lightweight	7,157 tonnes
Deadweight	43,102 dwt
Design	40,750 dwt
Draught	11.19m
Design	10.70m
Speed, service at 85% mcr engine output	14.30 knots
15% sea margin	13.30 knots
Cargo capacity	53,860m ³
grain	52,860m ³
Coal	52,860m ³
Bunkers	1,600m ³
heavy fuel	1,600m ³
diesel oil	1,200m ³
Water ballast	23,700m ³
Fuel consumption	25.20 tonnes/day
main engine only	1.50 tonnes/day
auxiliaries	1.50 tonnes/day
Classification	Nippon Kaiji Kyokai, NS, MNS, MO Bulk Carrier, Strengthened for heavy cargoes, Nos 2 and 4 holds may be empty
Percentage of high-tensile steel used in construction	85.5%
Main engine	Sulzer
Design	6RTA52
Model	Diesel United
Manufacturer	1
Number	1

Output	9,550bhp/108rev/min
Propeller	Nickel-aluminium-bronze
Material	Nakashima
Manufacturer	1 (PAI type)
Number	Fixed
Pitch	5,100mm
Diameter	108rev/min
Sole	3
Diesel-driven alternators	3
Number	Daihatsu Diesel
Engine make	Nishishiba Electric
Alternator make	3 x 480kW/720rev/min
Output	1
Solers	Vertical compound
Number	Gadelius Marine
Type	1,300kg/h
Make	750kg/h
Output	4
Cargo cranes	IHI
Number	Electro-hydraulic
Make	30/18.6 tonnes/5.22/5.45
Type	m/min/26m radius
Capacity/speeds	1
Other cranes	Tsuiji Heavy Industries/Lifting
Number	3 tonnes
Make/type	Machinery, parts and stores
Capacity	2 x mooring winch/windlass
Tasks	2 x mooring winch
Mooring winches	Nippon
Number	Electric
Make	13
Type	12
Complement	4
Officers	Single-double rooms
Crew	Single
Spare	Bridge control system
Single-double rooms	Nabco
Bridge control system	M-30CS
Make	One man operation
Type	Yes
Fire extinguishing systems	CO ₂
Cargo holds/Engine Room	Kawasaki Safety Service
Maker	Industries
Cabins	Portable foam dry powder
Maker	Takoda Syoji KK
Radars	2
Number	Japan Radio Co
Make	1 x JMA-6251-9A
Models	1 x JMA-6251-7
Satellite navigation systems	Japan Radio Co
Model	JLR-6000
Computers on ship	1
Number	Terasaki Electric Co
Make	Loading computer
Task	15 July 1991
Contract date	25 June 1992
Launch/float out date	18 September 1992
Delivery date	

ACIFIC ENDEAVOR

