



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2019/20**

---

*BULKARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA**

Marta González García

**TUTOR**

Vicente Díaz Casás

**FECHA**

DICIEMBRE 2019

# TÍTULO Y RESUMEN

## 1.1 Título y Resumen

En este trabajo, se va a desarrollar el anteproyecto de un buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeramente vamos a realizar un dimensionamiento preliminar, así como una predicción de potencia. Cabe destacar que la elección de las dimensiones del buque se ha hecho teniendo en cuenta varias combinaciones posibles, tomando como cifra de mérito el coste del buque.

Posteriormente, se procederá a un cálculo más detallado de los pesos del buque, así como a una definición de las formas del casco.

También detallaremos el compartimentado del buque, el cálculo de estabilidad en las diferentes situaciones de carga, una predicción de potencia más detallada, así como el diseño del timón y el cálculo del servomotor.

Llevaremos a cabo el cálculo estructural básico del buque, según el Bureau Veritas.

Con los datos obtenidos a lo largo del proyecto, elaboraremos los planos de disposición general del buque.

También se hará el cálculo del balance eléctrico del buque en las diferentes situaciones de demanda eléctrica.

Por último, haremos el cálculo del coste del buque, detallando cada partida.

## 1.2 Título e Resumo

Neste traballo, váise desenrolar o anteprojecto dun buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeiramente imos face-lo dimensionamento preliminar, así coma unha predición de potencia. É preciso destacar que a elección das dimensións do buque fíxose tendo en conta varias combinacións posibles, tomando como cifra de mérito o coste do buque.

Posteriormente, procederáse a un cálculo máis detallado dos pesos do buque, así coma a unha definición das formas do casco.

Tamén detallaremos o compartimentado do buque, o cálculo da estabilidade nas diferentes situacións de carga, unha predición de potencia máis detallada, así coma o deseño do timón e o cálculo do servomotor.

Levaremos a cabo o cálculo estrutural básico do buque, según o Bureau Veritas.

Cos datos obtidos ó longo do proxecto, elaboraremos os planos de disposición xeral do buque.

Tamén se fará o cálculo do balance eléctrico do buque nas diferentes situacións de demanda eléctrica.

Por último, faremos o cálculo do coste do buque, detallando cada partida.

### **1.3 Tittle and Abstract**

In this project will be developed the pre-project of a containership bulkcarrier of 40 000 tn. In the first place, it makes a preliminary sizing and power prediction. Its necessary to be noticed that the dimensions were choosen by making several posible combinations taking the minimun building cost as the criteria to minimize.

After that, it makes a more detailed calculation of the ship weights as well as a definition of the hull shapes.

It is also detailed the behaviour of the ship, the stability calculation in all the diferent cargo situations, a more detailed power prediction as well as the rudder design and the servo calculation.

In addition to that, it develops a basic stuctural calculation of the ship according to the Bureau Veritas.

With all the obtained data in the project, it will obtain the drawing of the ship general arrangement.

It also elaborates the electric balance for all the diferent situations of electric demanding.

Finally, it makes the calculation of the cost of the ship, detailing each item.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

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

---

*BULKCARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 13**

**PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE**

**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

CURSO 2 019-2 020

**PROYECTO NÚMERO: 18-14**

**TIPO DE BUQUE:** *Bulkcarrier y Portacontenedores*

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** *Bureau Veritas, MARPOL, SOLAS.*

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** *40 000 TPM. Grano, mineral, carbón. 2 Pilas de contenedores / madera sobre las tapas de escotillas. Madera.*

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** *15 nudos en condiciones de servicio al 85% MCR y 15% de margen de mar. 12 000 millas a la velocidad de servicio.*

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** *Escotillas de accionamiento hidráulico. Con grúas carga-descarga.*

**PROPULSIÓN:** *Motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo. LNG para operaciones en puerto.*

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** *20 personas.*

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** *Los habituales en este tipo de buques.*

Ferrol, 11 de marzo de 2019

ALUMNA: **D<sup>a</sup> Marta González García**

## CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1.	CONTENIDO A DESARROLLAR EN EL PRESENTE CUADERNO .....	2
1.2.	PRESENTACIÓN .....	2
<b>2.</b>	<b>PRESUPUESTO DEL COSTE DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE .....</b>	<b>3</b>
2.1.	COSTE DE EQUIPOS Y MATERIALES .....	3
2.1.1.	<i>Casco.....</i>	3
2.1.2.	<i>Equipo, armamento e instalaciones .....</i>	6
2.1.3.	<i>Maquinaria .....</i>	11
2.1.4.	<i>Instalación propulsora .....</i>	12
2.1.5.	<i>Maquinaria auxiliar de propulsión.....</i>	13
2.1.6.	<i>Cargos y respetos.....</i>	16
2.1.7.	<i>Instalaciones especiales.....</i>	16
2.1.8.	<i>Tabla resumen .....</i>	17
2.2.	COSTES MANO DE OBRA.....	17
2.2.1.	<i>Casco.....</i>	18
2.2.2.	<i>Equipo, armamento e instalaciones .....</i>	19
2.2.3.	<i>Maquinaria auxiliar de cubierta .....</i>	20
2.2.4.	<i>Instalación propulsora .....</i>	20
2.2.5.	<i>Maquinaria auxiliar de propulsión.....</i>	21
2.2.6.	<i>Tabla resumen .....</i>	22
2.3.	CONCLUSIONES AL COSTE DE MATERIALES Y MANO DE OBRA.....	22
2.4.	COSTES INDIRECTOS DEL ASTILLERO .....	23
2.4.1.	<i>Coste de construcción .....</i>	24
2.4.2.	<i>Coste de adquisición .....</i>	24
<b>3.</b>	<b>GASTOS DEL ARMADOR. INVERSIÓN TOTAL .....</b>	<b>25</b>
<b>4.</b>	<b>COSTE CALCULADO VS MERCADO ACTUAL .....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contenido a desarrollar en el presente cuaderno

- Presentación. Introducción al cuaderno. Descripción de características del buque proyecto.
- Presupuesto de construcción del buque. Cálculo del presupuesto del buque mediante el uso de formulación. Deberán incluirse, al menos, los siguientes grupos generales, que a su vez serán descompuestos en subgrupos más detallados:
  - Materiales.
  - Servicios.
  - Equipos y mano de obra.
- Análisis del presupuesto de construcción del buque. Comparación del coste de construcción del buque obtenido en este apartado con el mercado actual del tipo de buques objeto de proyecto.

### 1.2. Presentación

En el presente cuaderno se lleva a cabo el estudio económico del buque proyecto.

Las características principales del buque proyecto son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		
<b>Eslora total</b>	176,50	m
<b>Eslora entre perpendiculares</b>	170,40	m
<b>Manga</b>	30,17	m
<b>Calado</b>	11,56	m
<b>Puntal</b>	17,14	m
<b>Peso muerto</b>	40 000,00	t
<b>Desplazamiento</b>	50 138,00	t

## 2. PRESUPUESTO DEL COSTE DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE

Para estimar el coste de construcción del buque se debe tener en cuenta que no será una solución única.

Pueden coexistir diferentes resultados para esta estimación ya que variará, para un mismo proyecto, según el astillero que lo realice ya que depende en gran parte de los datos históricos del mismo. También dependerá del país constructor o de adquisición de materiales y equipos, ya que el costo de estos últimos suele oscilar entorno a los dos tercios del costo total del buque.

El coste de construcción se desglosa en las siguientes partidas:

- Equipos y materiales
- Mano de obra
- Beneficio industrial
- Gastos generales del Armador

En aquellos casos en los que desconozca el precio real o aproximado de la partida, por no disponer de información aportada por los suministradores y catálogos de equipos, la estimación del coste se llevará a cabo mediante fórmulas empíricas. La mayoría de ellas pertenecen al libro “*Proyectos de Buques y Artefactos*” de Fernando Junco Ocampo.

### 2.1. Coste de equipos y materiales

#### 2.1.1. Casco

##### 2.1.1.1. Acero laminado

El precio del acero naval de calidad A actualmente ronda los 600 €/ton, por lo que se tendrá en cuenta ese valor para realizar los cálculos pertinentes.

La formulación que se sigue es la siguiente:

$$C_{Acero} = (ccs \cdot cas \cdot cem \cdot ps) \cdot PS + (4 \cdot L \cdot T) \\ = (1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,07 \cdot 600) \cdot 6\,781 + (4 \cdot 170,40 \cdot 11,56) = 5\,275\,496 \text{ €}$$

Donde:

- $ccs$  ( $1,05 < ccs < 1,0$ ): Coeficiente de coste ponderado de chapas y perfiles de las diferentes calidades de acero.
- $cas$  ( $1,05 < cas < 1,15$ ): Coeficiente de aprovechamiento del acero.
- $cem$  ( $1,03 < cem < 1,10$ ): Coeficiente de incremento por equipo metálico incluido en la estructura.
- $ps = 600 \text{ €/ton}$ : Precio unitario del acero de referencia para calidad A.
- $PS = 6\,781 \text{ ton}$ : Peso del acero, extraído del Cuaderno 2.
- $L$ : Eslora entre perpendiculares del buque.
- $T$ : Calado de diseño.

##### 2.1.1.2. Timón y accesorios

Su costo se estima mediante la siguiente fórmula:

$$C_{TIMÓN} = 40 \cdot L_{TIMÓN}^2 \cdot H_{TIMÓN} = 40 \cdot 5,50^2 \cdot 9 = 10\ 890 \text{ €}$$

Donde:

- $L_{TIMÓN}$ : Longitud del timón.
- $H_{TIMÓN}$ : Altura del timón.

### **2.1.1.3. Materiales auxiliares de construcción del casco**

El coste se estima en 50 €/ton de acero estructural:

$$C_{MAUX} = 50 \cdot PS = 50 \cdot 6\ 781 = 339\ 050 \text{ €}$$

### **2.1.1.4. Preparación de superficies**

El coste de la preparación de superficies puede estimarse en función de la superficie a tratar y de donde se encuentre esta.

Los costos unitarios de la preparación de diversas superficies son:

- Superficie interna: imprimación 2 €/m<sup>2</sup>. Granallado 15 €/m<sup>2</sup>.
- Superficie externa: imprimación 2 €/m<sup>2</sup>. Granallado 8 €/m<sup>2</sup>.

El valor de la superficie externa de casco lo obtenemos mediante *Maxsurf*, realizando el equilibrio para un calado exageradamente mayor que el puntal y la salida de superficie mojada corresponderá con la superficie externa del casco.

Las superficies ubicadas por encima de la cubierta principal son la superestructura y la chimenea. Para estas superficies se estima un 10% de la superficie mojada obtenida del *Maxsurf*.

$$S_E = S_{CASCO} + 0,1 \cdot S_{CASCO} = 15\ 416 + 0,1 \cdot 15\ 416 = 16\ 958 \text{ m}^2$$

La superficie interna se obtiene mediante una estimación porcentual del dato anterior, suponiendo que representa un 30% de la superficie exterior:

$$S_I = 0,3 \cdot S_E = 0,3 \cdot 16\ 958 = 5\ 088 \text{ m}^2$$

Por tanto, obtenemos finalmente el costo de preparación de superficies como sigue:

$$C_{SUP} = 2 \cdot (S_E + S_I) + 8 \cdot S_E + 15 \cdot S_I = 2 \cdot (16\ 958 + 5\ 088) + 8 \cdot 16\ 958 + 15 \cdot 5\ 088 = 256\ 075 \text{ €}$$

### **2.1.1.5. Pintura y control de corrosión**

Al igual que la preparación de superficies, la pintura se considera un costo por unidad de superficie. En este punto hay que diferenciar entre la pintura de obra viva, obra muerta y la pintura de interiores. Se estipulan los siguientes valores de referencia:

#### **2.1.1.5.1. Obra viva**

Para determinar la superficie de obra viva se realizan unas hidrostáticas desde cero al calado máximo.

Tenemos que tener en cuenta que la obra viva lleva una capa de pintura epoxy y una capa de pintura autopulimentante:

$$C_{OV} = S_{OV} \cdot (e_{ep} \cdot C_{ep} + e_{au} \cdot C_{au}) = 8\,361 \cdot (225 \cdot 0,011 + 80 \cdot 0,022) = 35\,409 \text{ €}$$

Donde:

- $S_{OV}$ : superficie de obra viva.
- $e_{ep}$ : espesor de la pintura epoxy (micras).
- $C_{ep}$ : coste de la pintura epoxy (€/m<sup>2</sup>·micras).
- $e_{au}$ : espesor de la pintura autopulimentante.
- $C_{au}$ : coste de la pintura autopulimentante.

#### **2.1.1.5.2. Obra muerta**

Para determinar la superficie de obra muerta, se resta el valor obtenido en la superficie de la obra viva al obtenido en el casco total más el 10% asignado a superficies de puente y chimenea.

Se considera que la obra muerta lleva una capa de pintura epoxy y una capa de pintura de clorocaucho.

$$C_{OM} = S_{OM} \cdot (e_{ep} \cdot C_{ep} + e_{cl} \cdot C_{cl}) = 8\,597 \cdot (225 \cdot 0,011 + 105 \cdot 0,013) = 33\,013 \text{ €}$$

Donde:

- $S_{OM}$ : superficie de obra muerta.
- $e_{ep}$ : espesor de la pintura epoxy (micras).
- $C_{ep}$ : coste de la pintura epoxy (€/m<sup>2</sup> · micras).
- $e_{cl}$ : espesor de la pintura clorocaucho (micras).
- $C_{cl}$ : coste de la pintura clorocaucho (€/m<sup>2</sup> · micras).

#### **2.1.1.5.3. Zonas interiores**

La superficie a considerar como zonas interiores coincide con la calculada anteriormente. Tendremos en cuenta que esta lleva una capa de pintura epoxy:

$$C_{SI} = S_I \cdot (e_{ep} \cdot C_{ep}) = 5\,088 \cdot (80 \cdot 0,011) = 4\,478 \text{ €}$$

Donde:

- $S_I$ : superficie de las zonas interiores.
- $e_{ep}$ : espesor de la pintura epoxy (micras).
- $C_{ep}$ : coste de la pintura epoxy (€/m<sup>2</sup> · micras).

#### **2.1.1.5.4. Pintura tuberías**

El coste total de la pintura de tuberías se estima por medio de la expresión:

$$C_{tub} = 0,18 \cdot (0,057 \cdot BHP + 0,18 \cdot L) \cdot K = 0,18 \cdot (0,057 \cdot 15\,757 + 0,18 \cdot 170,40) \cdot 11 \\ = 1\,840 \text{ €}$$

Donde:

- *BHP*: potencia del motor principal (*CV*).
- *K*: coste unitario de la pintura en tuberías.

#### 2.1.1.5.5. Galvanizado y cementado

Este costo se considera como el 7,5% del costo total del pintado del casco (obra viva, obra muerta e interior).

$$C_{galv+cem} = 0,075 \cdot (C_{OV} + C_{OM} + C_{SI}) = 0,075 \cdot (35\,409 + 33\,013 + 4\,478) = 5\,468 \text{ €}$$

#### 2.1.1.5.6. Protección catódica

El coste de la protección catódica se estima en función de la superficie mojada del buque, por tanto:

$$C_{PCAT} = 1,55 \cdot S_{OV} = 1,55 \cdot 8\,361 = 12\,960 \text{ €}$$

CASCO		
Acero laminado		5.275.496,00 €
Timón y accesorios		10.890,00 €
Materiales auxiliares de construcción del casco		339.050,00 €
Preparación superficies		256.075,00 €
Pintura y control de corrosión	Obra viva	35.409,00 €
	Obra muertga	33.013,00 €
	Zonasinteriores	4.478,00 €
	Pintura tuberías	1.840,00 €
	Galvanizado y cementado	5.468,00 €
	Protección catódica	12.960,00 €
<b>TOTAL GASTOS CASCO</b>		<b>5.974.679,00 €</b>

### 2.1.2. Equipo, armamento e instalaciones

#### 2.1.2.1. Equipos de fondeo, amarre y remolque

##### 2.1.2.1.1. Anclas

Se estima un costo unitario de 2 500 €/ton, por tanto:

$$C_{ANCLAS} = 2\,500 \cdot N_{anclas} \cdot P_{anclas} = 2\,500 \cdot 3 \cdot 8,7 = 65\,250 \text{ €}$$

##### 2.1.2.1.2. Cadenas, cables y estachas

El costo de las cadenas, cables y estachas se estima mediante la expresión que sigue:

$$C_{CCFE} = 0,15 \cdot K \cdot d^2 \cdot L_c = 0,15 \cdot 0,305 \cdot 84^2 \cdot 632,5 = 204\,179 \text{ €}$$

Donde:

- *K*: coeficiente de acero de alta resistencia.
- *d*: diámetro de la cadena.

- $L_c$ : longitud total de las cadenas.

### **2.1.2.2. Medios de salvamento**

#### **2.1.2.2.1. Botes salvavidas**

El coste de los botes salvavidas se calcula en función del número de personas que puede transportar:

$$C_{BOTES} = N_{botes} \cdot K_{botes} \cdot N_{pers}^{2/3} = 1 \cdot 5\,000 \cdot 26^{2/3} = 43\,882 \text{ €}$$

Donde:

- $N_{botes}$ : número de botes salvavidas. En nuestro caso, balsa de caída libre.
- $K_{botes}$ : coste unitario de los botes.
- $N_{pers}$ : capacidad del bote.

#### **2.1.2.2.2. Balsas salvavidas**

Análogamente, el coste de las balsas salvavidas se estima también en función del número de personas que son capaces de llevar.

$$C_{BALSAS} = N_{balsas} \cdot K_{balsas} \cdot N_{pers}^{2/3} = 3 \cdot 1\,200 \cdot 12^{2/3} = 18\,870 \text{ €}$$

#### **2.1.2.2.3. Varios**

El coste de aros, chalecos, señales, lanzacabos y elementos varios de salvamento pueden estimarse a partir de la siguiente fórmula:

$$C_V = 2\,500 + 30 \cdot N = 2\,500 + 30 \cdot 20 = 3\,100 \text{ €}$$

Donde:

- $N$ : número total de personas a bordo.

#### **2.1.2.3. Habilitación y alojamientos**

Empleamos la fórmula que sigue para obtener el coste de la habilitación:

$$C_h = K_h \cdot S_h = 220 \cdot 2\,295 = 504\,900 \text{ €}$$

Donde:

- $K_h$ : precio medio de los materiales de habilitación.
- $S_h$ : superficie total de la habilitación del buque.

El coste de las horas de instalación de la misma se calcula con el ratio de  $16 \text{ h/m}^2$  con un coste de  $30 \text{ €/h}$ . Por lo tanto, el coste final resulta:

$$C_{HAB} = 504\,900 + 30 \cdot 16 \cdot 2\,295 = 1\,606\,500 \text{ €}$$

#### **2.1.2.3.1. Equipos de acondicionamiento en alojamientos**

Para equipos de calefacción y aire acondicionado puede tomarse un coste unitario de  $60 \text{ €/m}^2$  de espacio de habilitación.

$$C_{AC} = 60 \cdot S_h = 60 \cdot 2\,295 = 137\,700 \text{ €}$$

### 2.1.2.4. Equipos de fonda y hotel

#### 2.1.2.4.1. Cocina y oficinas

$$C_{coc+of} = K_{coc+of} \cdot N = 420 \cdot 20 = 8\,400 \text{ €}$$

Donde:

- $K_{coc+of}$ : coste por persona a bordo. Se estima para buques oceánicos en general.
- $N$ : número total de personas a bordo.

#### 2.1.2.4.2. Gambuzas frigoríficas

El costo puede estimarse mediante la fórmula:

$$C_{GF} = 1\,800 \cdot V^{2/3} = 1\,800 \cdot 110^{2/3} = 41\,324 \text{ €}$$

Donde:

- $V$ : volumen neto de las gambuzas frigoríficas.

#### 2.1.2.4.3. Equipos de lavandería y varios

Suponemos un coste de 240 € por persona:

$$C_{lav} = 240 \cdot N = 240 \cdot 20 = 4\,800 \text{ €}$$

### 2.1.2.5. Equipos de navegación y comunicaciones

#### 2.1.2.5.1. Equipos de navegación

Los costes presentados a continuación fueron obtenidos del libro "Proyectos de buques y artefactos" de Fernando Junco Ocampo.

COSTE DE EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	
Compás magnético	1 900,00 €
Compás giroscópico	30 000,00 €
Piloto automático	6 000,00 €
Radار de movimiento verdadero	51 600,00 €
Radار de movimiento relativo	9 900,00 €
Radio girómetro	4 300,00 €
Receptor de cartas	5 100,00 €
Corredera	6 100,00 €
Sonda	6 900,00 €
Sistema de navegación por satélite	6 200,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>128 000,00 €</b>

#### 2.1.2.5.2. Equipos auxiliares de navegación

Su coste puede estimarse en torno 8% de los equipos de navegación, es decir, 10 000 €.

### **2.1.2.5.3. Comunicaciones**

En lo que se refiere a las comunicaciones externas, incluyendo telegrafía, telefonía y, si existe, sistema de comunicación por satélite, consideraremos un coste de 50 000 €.

En cuanto a las comunicaciones internas, incluyendo altavoces, teléfonos automáticos y teléfonos autogeneradores, se estima un coste de 24 000 €.

### **2.1.2.6. Medios contraincendios**

#### **2.1.2.6.1. Instalaciones sofocadoras fijas en cámara de máquinas**

El coste de medios de contraincendios en la cámara de máquinas puede estimarse a partir de la siguiente ecuación:

$$CI_{CMM} = \text{máx}\{8,4 \cdot B \cdot L_{CMM} \cdot D_{CMM}; 6 \cdot Q_B\} = \text{máx}\{8,4 \cdot 30,17 \cdot 20,25 \cdot 17,14; 6 \cdot 52\,715\} \\ = \text{máx}\{87\,962; 316\,290\} = 316\,290 \text{ €}$$

Donde:

- $B$ : manga de escantillonado.
- $L_{CMM}$ : eslora de la cámara de máquinas.
- $D_{CMM}$ : puntal de la cámara de máquinas.
- $Q_B$ : volumen de bodegas.

### **2.1.2.7. Equipos de servicio de la carga**

#### **2.1.2.7.1. Cierres de escotillas y sus medios de accionamiento**

$$C_{ES} = 61 \cdot L_{ES} \cdot B_{ES}^{1,77} \cdot k = 61 \cdot 19 \cdot 15,5^{1,77} \cdot 1,12 = 116\,031 \text{ €}$$

Donde:

- $L_{ES}$ : eslora de cada escotilla.
- $B_{ES}$ : manga de cada escotilla.
- $k$ : factor por accionamiento hidráulico.

#### **2.1.2.7.2. Grúas de servicio y pescantes de provisiones**

$$C_{gp} = 2\,100 + 8\,500 \cdot N_{pp} + 8\,900 \cdot SWL \cdot N_{gr} = 2\,100 + 8\,500 \cdot 2 + 8\,900 \cdot 30 \cdot 3 \\ = 820\,100 \text{ €}$$

Donde:

- $N_{pp}$ : número de pescantes de provisiones.
- $SWL$ : carga de trabajo de cada grúa en servicio.
- $N_{gr}$ : número de grúas de servicio.

#### **2.1.2.8. Instalación eléctrica**

$$C_{IE} = 480 \cdot kW^{0,77} = 480 \cdot 2\,345^{0,77} = 188\,909 \text{ €}$$

Donde:

- $kW$ : potencia instalada de auxiliares.

$$kW = PTO + 2 \cdot LNG = 845 + 2 \cdot 750 = 2\,345 \text{ kW}$$

### 2.1.2.9. Tuberías

Su costo total puede estimarse según la fórmula:

$$\begin{aligned} C_T &= 2\,075 \cdot (0,015 \cdot L_{CMM} \cdot D_{CMM} \cdot B + 0,18 \cdot L) + K_t \cdot BHP + 1,5 \\ &\quad \cdot (3 \cdot L_{CMM} \cdot D_{CMM} \cdot B + Q_B + 4 \cdot S_H) \\ &= 2\,075 \cdot (0,015 \cdot 20,25 \cdot 17,14 \cdot 30,17 + 0,18 \cdot 170,40) + 8 \cdot 15\,757 + 1,5 \\ &\quad \cdot (3 \cdot 20,25 \cdot 17,14 \cdot 30,17 + 52\,715 + 4 \cdot 2\,295) = 655\,593 \text{ €} \end{aligned}$$

Donde:

- $L_{CMM}$ : eslora de cámara de máquinas.
- $D_{CMM}$ : puntal de cámara de máquinas.
- $B$ : manga del buque.
- $L$ : eslora del buque.
- $K_t$ : constante que depende del combustible. El buque proyecto consume principalmente HFO.
- $BHP$ : potencia instalada.
- $Q_B$ : volumen de bodegas.
- $S_H$ : superficie de habilitación.

### 2.1.2.10. Accesorios de equipos, armamento e instalaciones

#### 2.1.2.10.1. Puertas metálicas, ventanas y portillos

$$C_{PVP} = 2\,705 \cdot N^{0,48} = 2\,705 \cdot 20^{0,48} = 8\,741 \text{ €}$$

#### 2.1.2.10.2. Escaleras, pasamanos y candeleros

$$C_{EPC} = 22,2 \cdot L^{1,6} = 22,2 \cdot 170,40^{1,6} = 82\,548 \text{ €}$$

#### 2.1.2.10.3. Escotillas de acceso, lumbreras y registros

$$C_{ELR} = 12,6 \cdot L^{1,5} = 12,6 \cdot 170,40^{1,5} = 28\,027 \text{ €}$$

#### 2.1.2.10.4. Escalas reales, planchas de desembarco y escalas de práctico

$$\begin{aligned} C_{EPE} &= 2\,000 + 1\,350 \cdot (D - 0,03 \cdot L) \cdot N_{ER} = 2\,000 + 1\,350 \cdot (17,14 - 0,03 \cdot 170,40) \cdot 2 \\ &= 34\,476 \text{ €} \end{aligned}$$

#### 2.1.2.10.5. Toldos, fundas y accesorios de estiba y respetos

$$C_{TFER} = 40 \cdot (L \cdot (B + D))^{0,68} = 40 \cdot (170,40 \cdot (30,17 + 17,14))^{0,68} = 18\,132 \text{ €}$$

EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES		
Equipos de fondeo, amarre y remolque	Anclas	65.250,00 €
	Cadenas, cables y estachas	204.179,00 €
Medios de salvamento	Botes salvavidas	43.882,00 €
	Balsas salvavidas	18.870,00 €
	Varios	3.100,00 €
Habilitación y alojamientos		504.900,00 €

<b>Equipos de acondicionamiento en alojamientos</b>		137.700,00 €
<b>Equipos de fonda y hotel</b>	<b>Cocina y oficios</b>	8.400,00 €
	<b>Gambuzas frigoríficas</b>	41.324,00 €
	<b>Equipos de lavandería y varios</b>	4.800,00 €
<b>Equipos de navegación y comunicaciones</b>	<b>Equipos de navegación</b>	128.000,00 €
	<b>Equipos auxiliares de navegación</b>	10.000,00 €
	<b>Comunicaciones externas</b>	50.000,00 €
	<b>Comunicaciones internas</b>	24.000,00 €
<b>Medios contraincendios</b>	<b>Instalaciones sofocadoras fijas en cámara de máquinas</b>	316.290,00 €
<b>Equipos de servicio de la carga</b>	<b>Cierres de escotillas y sus medios de accionamiento</b>	116.031,00 €
	<b>Grúas de servicio y pescantes de provisiones</b>	820.100,00 €
<b>Instalación eléctrica</b>		188.909,00 €
<b>Tuberías</b>		655.593,00 €
<b>Accesores de equipos, armamento e instalaciones</b>	<b>Puertas metálicas, ventanas y portillos</b>	8.741,00 €
	<b>Escaleras, pasamanos y candeleros</b>	82.548,00 €
	<b>Escotillas de acceso, lumbreras y registros</b>	28.027,00 €
	<b>Escalas reales, planchas de desembarco y escalas de práctico</b>	34.476,00 €
	<b>Toldos, fundas y accesorios de estiba y respetos</b>	18.132,00 €
<b>TOTAL GASTOS EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES</b>		<b>3.513.252,00 €</b>

### 2.1.3. Maquinaria

#### 2.1.3.1. Equipo de gobierno

##### 2.1.3.1.1. Servomotor

$$C_{SM} = 3\,700 \cdot M^{2/3} = 3\,700 \cdot 12,82^{2/3} = 20\,268 \text{ €}$$

Donde:

- $M$ : par del servo. Si se desconoce se utiliza la siguiente fórmula para estimarlo:

$$M = 0,0045 \cdot K_{SM} \cdot (H_{TIM} \cdot (H_{TIM} + L_{TIM})) \cdot (V_P + 0,007 \cdot L^2) \\ = 0,0045 \cdot 0,1 \cdot (9 \cdot (9 + 5,5)) \cdot (15 + 0,007 \cdot 170,40^2) = 12,82 \text{ ton/m}$$

- $K_{SM}$ : coeficiente en función de la forma del timón.
- $H_{TIM}$ : altura del timón.
- $L_{TIM}$ : longitud del timón.
- $V_P$ : velocidad en pruebas.
- $L$ : eslora del buque.

### 2.1.3.2. Equipo de fondeo y amarre

#### 2.1.3.2.1. Accesorios de amarre y fondeo

$$C_{AF} = 18 \cdot (L \cdot (B + D))^{0,815} = 18 \cdot (170,40 \cdot (30,17 + 17,14))^{0,815} = 27\,480 \text{ €}$$

#### 2.1.3.2.2. Molinetes

$$C_M = N_M \cdot 300 \cdot d^{1,3} = 2 \cdot 300 \cdot 84^{1,3} = 190\,421 \text{ €}$$

#### 2.1.3.2.3. Chigre

$$C_{CH} = N_{CH} \cdot 7\,800 \cdot T^{2/3} = 3 \cdot 7\,800 \cdot 20^{2/3} = 172\,413 \text{ €}$$

MAQUINARIA		
Equipo de gobierno	Servomotor	20.268,00 €
Equipo de fondeo y amarre	Accesorios de amarre y fondeo	27.480,00 €
	Molinetes	190.421,00 €
	Chigre	172.413,00 €
TOTAL GASTOS MAQUINARIA		<b>410.582,00 €</b>

### 2.1.4. Instalación propulsora

#### 2.1.4.1. Máquinas propulsoras

##### 2.1.4.1.1. Motor propulsor

El coste del motor propulsor se obtiene en función del número de cilindros y su diámetro.

$$C_{MP} = 2\,292 \cdot N_{cil} \cdot 0,75 \cdot d_{cil}^{0,9} = 2\,292 \cdot 5 \cdot 0,75 \cdot 580^{0,9} = 2\,638\,342 \text{ €}$$

#### 2.1.4.2. Línea de ejes

##### 2.1.4.2.1. Acoplamientos y embarques

El coste de un acoplamiento elástico con embrague puede estimarse como sigue:

$$C_{AEE} = 10\,000 \cdot \frac{BHP}{rpm} = 10\,000 \cdot \frac{15\,757}{100} = 1\,575\,700 \text{ €}$$

##### 2.1.4.2.2. Ejes y chumaceras

$$C_{EC} = 3,6 \cdot BHP = 3,6 \cdot 15\,757 = 56\,726 \text{ €}$$

### 2.1.4.2.3. Bocinas y cierres

$$C_{BC} = 7,51 \cdot BHP^{0,85} = 7,51 \cdot 15\,757^{0,85} = 57\,765 \text{ €}$$

### 2.1.4.3. Hélice

El coste medio de hélices de paso fijo puede estimarse a partir de la siguiente fórmula:

$$C_H = 360 \cdot BHP^{0,7} = 312\,273 \text{ €}$$

INSTALACIÓN PROPULSORA		
<b>Maquinas propulsoras</b>	<b>Motor propulsor</b>	2.638.342,00 €
<b>Línea de ejes</b>	<b>Acoplamientos y embragues</b>	1.575.700,00 €
	<b>Ejes y chumaceras</b>	56.726,00 €
	<b>Bocinas y cierres</b>	57.765,00 €
<b>Hélice</b>		312.273,00 €
<b>TOTAL GASTOS INSTALACIÓN PROPULSORA</b>		<b>4.640.806,00 €</b>

## 2.1.5. Maquinaria auxiliar de propulsión

### 2.1.5.1. Motores auxiliares

Como ya se vio en cuadernos anteriores, nuestros motores auxiliares son dos generadores LNG, los cuales tienen el coste que sigue:

$$C_{MA} = N_{MA} \cdot \left( \frac{252 \cdot d_{cil}^{2,2} \cdot N_C^{0,8}}{rpm} + 24\,000 \cdot \left( \frac{kWg}{rpm} \right)^{2/3} \right)$$

$$= 2 \cdot \left( \frac{252 \cdot 170^{2,2} \cdot 5^{0,8}}{1\,800} + 24\,000 \cdot \left( \frac{750}{1\,800} \right)^{2/3} \right) = 108\,685 \text{ €}$$

Donde:

- $N_{MA}$ : número de motores auxiliares.
- $d_{cil}$ : diámetro de los cilindros del generador.
- $N_C$ : número de cilindros del generador.
- $rpm$ : revoluciones del generador.
- $kWg$ : potencia eléctrica del generador.

### 2.1.5.2. Generador de cola

El buque proyecto cuenta con un generador de cola acoplado al motor principal. Para generadores accionados directamente desde la línea de ejes, reductor o toma de potencia, el costo puede estimarse según la siguiente fórmula:

$$C_{PTO} = 24\,000 \cdot \left( \frac{kWg}{rpm} \right)^{2/3} = 24\,000 \cdot \left( \frac{845}{1\,800} \right)^{2/3} = 14\,497 \text{ €}$$

Donde:

- $kWg$ : potencia eléctrica del generador.
- $rpm$ : revoluciones del generador.

### 2.1.5.3. **Generador de emergencia**

El costo del generador de emergencia puede estimarse en función de su potencia:

$$C_{GE} = 2\,600 \cdot kWg^{2/3} = 2\,600 \cdot 660^{2/3} = 197\,093 \text{ €}$$

Donde:

- $kWg$ : potencia eléctrica del generador de emergencia.

### 2.1.5.4. **Equipo de circulación, refrigeración y lubricación de la planta propulsora**

Para motores de dos tiempos, se sigue la fórmula:

$$C_{cir} = 6 \cdot (k_1 + k_2) \cdot BHP = 6 \cdot (1,2 + 1) \cdot 15\,757 = 207\,993 \text{ €}$$

Donde:

- $k_1$ : coeficiente para el motor de 2 tiempos.
- $k_2$ : enfriador central de placas de titanio.

### 2.1.5.5. **Equipos de manejo de combustible**

$$C_{MC} = 44 \cdot N_{bt} \cdot Q_{bt} + 2,1 \cdot BHP = 44 \cdot 2 \cdot 60 + 2,1 \cdot 15\,757 = 38\,370 \text{ €}$$

### 2.1.5.6. **Equipos de purificación**

#### 2.1.5.6.1. **Purificadoras centrífugas para aceite y combustible, y sus calentadores**

El buque proyecto consume HFO y MDO además de aceite lubricante. El coste del equipo de purificación de aceite y combustible puede estimarse mediante la fórmula:

$$\begin{aligned} C_P &= 10\,000 \cdot N_{PA} \cdot Q_{PA} \cdot K_1 + 4\,750 \cdot N_{P\,MDO} \cdot Q_{P\,MDO} \cdot K_1 + 5\,200 \cdot N_{P\,HFO} \cdot Q_{P\,HFO} \cdot K_1 \\ &\quad \cdot K_2 \cdot K_3 \\ &= 10\,000 \cdot 1 \cdot 2,94 \cdot 1 + 4\,750 \cdot 1 \cdot 4,83 \cdot 1 + 5\,200 \cdot 2 \cdot 4,83 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 1,25 \\ &= 303\,502 \text{ €} \end{aligned}$$

Donde:

- $N_{PA}$ : número de purificadoras de aceite.
- $Q_{PA}$ : caudal unitario de las purificadoras de aceite.
- $N_{P\,MDO}$ : número de purificadoras de MDO.
- $Q_{P\,MDO}$ : caudal unitario de las purificadoras de MDO.
- $N_{P\,HFO}$ : número de purificadoras de HFO.
- $Q_{P\,HFO}$ : caudal unitario de las purificadoras de HFO.
- $K_1$ : para depuradoras autolimpiantes.
- $K_2$ : para la viscosidad de HFO.
- $K_3$ : para la viscosidad de HFO.

### 2.1.5.7. **Equipo de manejo de lodos, trasiegos y derrames**

Su coste medio puede estimarse en 2 000 €.

### 2.1.5.8. Equipo de tratamiento por aditivos de limpieza

Su coste puede estimarse en función de la potencia propulsora total instalada:

$$C_{TAL} = 24 \cdot BHP^{2/3} = 24 \cdot 15\,757^{2/3} = 15\,085 \text{ €}$$

### 2.1.5.9. Bombas de lastre, sentinas y contraincendios

$$\begin{aligned} C_{LSCI} &= 600 \cdot N_{bs} \cdot Q_{bs}^{\frac{1}{3}} \cdot k_1 + 960 \cdot N_{CI} \cdot Q_{CI}^{\frac{1}{3}} \cdot k_2 + 960 \cdot Q_{CI}^{\frac{1}{3}} \cdot k_3 + 1\,100 \cdot Q_{bs} \cdot k_4 \\ &= 600 \cdot 2 \cdot 255^{\frac{1}{3}} \cdot 3 + 960 \cdot 2 \cdot 90^{\frac{1}{3}} \cdot 3 + 960 \cdot 90^{\frac{1}{3}} \cdot 4 + 1\,100 \cdot 255 \cdot 1 \\ &= 346\,351 \text{ €} \end{aligned}$$

### 2.1.5.10. Separadoras de sentinas

$$C_{SS} = 156 \cdot GT^{0.5} + 5\,100 \cdot K_{SS} = 156 \cdot 31\,122^{0.5} + 5\,100 \cdot 1 = 32\,621 \text{ €}$$

Donde:

- $GT$ : Arqueo bruto del buque proyecto.
- $K_{SS}$ : siendo 1 o 0 según haya control automático de descargas.

### 2.1.5.11. Equipos sanitarios

#### 2.1.5.11.1. Generador de agua dulce

$$C_{GAD} = 1\,385 \cdot Q_{GAD} = 1\,385 \cdot 6 = 8\,310 \text{ €}$$

Donde:

- $Q_{GAD}$ : caudal del generador.

#### 2.1.5.11.2. Planta de tratamiento de aguas fecales

$$C_{TAN} = 2\,645 \cdot N^{0.4} = 2\,645 \cdot 20^{0.4} = 8\,767 \text{ €}$$

#### 2.1.5.11.3. Incinerador de residuos

$$C_{IRS} = 11\,400 \cdot N^{0.2} = 11\,400 \cdot 20^{0.2} = 20\,755 \text{ €}$$

### 2.1.5.12. Varios

#### 2.1.5.12.1. Ventiladores de cámara de máquinas

$$\begin{aligned} C_{VCMM} &= 7,5 \cdot N_V \cdot Q_V^{0.5} + 5,53 \cdot K_R \cdot BHP^{0.5} = 7,5 \cdot 4 \cdot 70\,000^{0.5} + 5,53 \cdot 1 \cdot 15\,757^{0.5} \\ &= 8\,632 \text{ €} \end{aligned}$$

#### 2.1.5.12.2. Taller de máquinas

Estimamos un coste medio de 10 000 €.

MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSIÓN	
Motores auxiliares	108.685,00 €
Generador de cola	14.497,00 €
Generador de emergencia	197.093,00 €
Equipo de circulación, refrigeración y lubricación de la planta propulsora	207.993,00 €
Equipos de manejo de combustible	38.370,00 €

Equipos de purificación	Purificadoras centrífugas para aceite y combustible y sus calentadores	303.502,00 €
Equipo de manejo de lodos, trasiegos y derrames		2.000,00 €
Equipo de tratamiento por aditivos de limpieza		15.085,00 €
Bombas de lastre, sentinas y contra incendios		346.351,00 €
Separadoras de sentinas		32.621,00 €
Equipos sanitarios	Generador de agua dulce	8.310,00 €
	Planta de tratamiento de aguas fecales	8.767,00 €
	Incinerador de residuos	20.755,00 €
Varios	Ventiladores de cámara de máquinas	8.632,00 €
	Taller de máquinas	10.000,00 €
<b>TOTAL GASTOS MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSIÓN</b>		<b>1.322.661,00 €</b>

## 2.1.6. Cargos y respetos

### 2.1.6.1. Respetos especiales

#### 2.1.6.1.1. Hélice de respeto

Consideramos el mismo coste que la de servicio, es decir, 312 273 €.

#### 2.1.6.1.2. Eje de cola de respeto

$$C_{ECR} = 2,4 \cdot BHP = 2,4 \cdot 15\,757 = 37\,817 \text{ €}$$

CARGOS Y RESPETOS		
Respetos especiales	Hélice de respeto	312.273,00 €
	Eje de cola de respeto	37.817,00 €
<b>TOTAL GASTOS CARGOS Y RESPETOS</b>		<b>350.090,00 €</b>

## 2.1.7. Instalaciones especiales

### 2.1.7.1. Instalaciones y equipos de automatización, telecontrol y alarma

#### 2.1.7.1.1. Dispositivos de automatización y control reglamentarios

$$C_{AC} = 3\,240 \cdot k_1 \cdot BHP^{1/3} = 3\,240 \cdot 1,5 \cdot 15\,757^{1/3} = 121\,842 \text{ €}$$

Donde:

- $k_1$ : factor en función del grado de automatización.

#### 2.1.7.1.2. Dispositivos restantes de automatización y control

Su coste medio puede estimarse en un 25% del coste anterior, por tanto:

$$C_{RAC} = 0,25 \cdot C_{AC} = 0,25 \cdot 121\,842 = 30\,461 \text{ €}$$

### 2.1.7.2. Equipos especiales de estiba de carga

#### 2.1.7.2.1. Elementos de trincado de contenedores

$$C_{tc} = 240 \cdot k_1 \cdot N_{teu} = 240 \cdot 0,85 \cdot 164 = 33\,456 \text{ €}$$

Donde:

- $k_1$ : coeficiente en función de tamaño del buque.
- $N_{teu}$ : número de contenedores TEU.

#### 2.1.7.2.2. Elementos de trincado de cubiertas

$$C_{tcu} = 450 \cdot L = 450 \cdot 89 = 40\,050 \text{ €}$$

Donde:

- $L$ : eslora ocupada por las escotillas.

INSTALACIONES ESPECIALES		
Instalaciones y equipos de automatización, telecontrol y alarma	Dispositivos de automatización y control reglamentarios	121.842,00 €
	Dispositivos restantes de automatización y control	30.461,00 €
Equipos especiales de estiba de carga	Elementos de trincado de contenedores	33.456,00 €
	Elementos de trincado de cubiertas	40.050,00 €
<b>TOTAL GASTOS INSTALACIONES ESPECIALES</b>		<b>225.809,00 €</b>

### 2.1.8. Tabla resumen

COSTE TOTAL DE EQUIPOS Y MATERIALES	
TOTAL GASTOS CASCO	5.974.679,00 €
TOTAL GASTOS EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	3.513.252,00 €
TOTAL GASTOS MAQUINARIA	410.582,00 €
TOTAL GASTOS INSTALACIÓN PROPULSORA	4.640.806,00 €
TOTAL GASTOS MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSIÓN	1.322.661,00 €
TOTAL GASTOS CARGOS Y RESPETOS	350.090,00 €
TOTAL GASTOS INSTALACIONES ESPECIALES	225.809,00 €
	<b>16.437.879,00 €</b>

## 2.2. Costes mano de obra

En el siguiente apartado vamos a evaluar el coste de la mano de obra necesaria para llevar a cabo la construcción del buque proyecto.

La mano de obra suele evaluarse con menor grado de detalle que los equipos y materiales. La evaluación de la mano de obra se hace, en general, por subconceptos,

sin entrar en un nivel mayor de partidas. Esto será así para todos los casos, excepto para las instalaciones especiales, en las que será necesario evaluar la mano de obra de igual forma que los equipos.

La estimación del coste de mano de obra se realiza en base a una formulación que aproxima el número de horas de mano de obra dedicadas a la construcción del buque. Para calcular el coste, hay que multiplicar estas horas estimadas por el coste de la hora de mano de obra media del astillero, que se estimará en 27 €/h.

### 2.2.1. Casco

#### 2.2.1.1. Acero laminado

Las horas de elaboración, prefabricación y montaje del casco se puede estimar mediante:

$$\begin{aligned} H_C &= K_{BA} \cdot P_{AC} \cdot (1 + K_F) \cdot (1 - C_F) \cdot (1 + K_B) \cdot (1 + K_E + C_E) \cdot (1 + K_C \cdot (N_C - 1)) \\ &= 70 \cdot 6\,781 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 - 0,823) \cdot (1 + 0,04) \cdot (1 + 0,5 + 0) \\ &\quad \cdot (1 + 0,05 \cdot (1 - 1)) = 170\,386 \text{ h} \end{aligned}$$

Donde:

- $K_{BA}$ : índice de la mano de obra que depende de la productividad del astillero.
- $P_{AC}$ : peso del acero.
- $K_F$ : índice de coeficiente de forma.
- $C_F$ : coeficiente de forma. Se toma el coeficiente de bloque.
- $K_B$ : índice de complejidad del bulbo.
- $K_E$ : índice de complejidad de acero especial.
- $C_E$ : coeficiente de peso de acero especial expresado en tanto por uno.
- $K_C$ : coeficiente de número de cubiertas.
- $N_C$ : número de cubiertas fuera de cámara de máquinas y zonas extremas.

#### 2.2.1.2. Resto de los materiales del casco

$$H_{RMC} = 2,5 + 30 \cdot D \cdot \sqrt[3]{L} = 2,5 + 30 \cdot 17,14 \cdot \sqrt[3]{170,40} = 2\,854 \text{ h}$$

#### 2.2.1.3. Timón y accesorios

$$H_T = 100 \cdot N_{timón} \cdot L_{timón} \cdot H_{timón} = 100 \cdot 1 \cdot 5,5 \cdot 9 = 4\,950 \text{ h}$$

#### 2.2.1.4. Preparación de superficies

Las horas destinadas a la preparación de superficies se estimará como un 2% de la superficie total de acero considerada.

$$H_S = 0,02 \cdot S_{total} = 0,02 \cdot 22\,046 = 441 \text{ h}$$

#### 2.2.1.5. Pintura y control de corrosión

Las horas correspondientes a la pintura dependen de las manos aplicadas a cada una de las superficies consideradas (obra viva, obra muerta e interior).

$$\begin{aligned} H_P &= 0,25 \cdot S_{OM} \cdot (1 + 0,8 \cdot N_{OM}) + 0,35 \cdot S_{OV} \cdot \frac{N_{OV}}{4} + 0,4 \cdot S_I \cdot N_I \\ &= 0,25 \cdot 8\,597 \cdot (1 + 0,8 \cdot 2) + 0,35 \cdot 8\,361 \cdot \frac{2}{4} + 0,4 \cdot 5\,088 \cdot 2 = 11\,122 \text{ h} \end{aligned}$$

Donde:

- $S_{OM}$ : superficie obra muerta.
- $N_{OM}$ : número de manos aplicadas a la obra muerta.
- $S_{OV}$ : superficie obra viva.
- $N_{OV}$ : número de mano aplicadas a la obra viva.
- $S_I$ : superficie interior.
- $N_I$ : número de manos aplicadas en el interior.

CASCO	
Acero laminado	170 386
Resto de los materiales del casco	2 854
Timón y accesorios	4 950
Preparación de superficies	441
Pintura y control de corrosión	11 122
<b>TOTAL HORAS CASCO</b>	<b>189 753</b>

## 2.2.2. Equipo, armamento e instalaciones

### 2.2.2.1. Equipos de fondeo, amarre y remolque

Las horas correspondientes a esta partida son en función del peso de las anclas:

$$H_{FAR} = 27 \cdot (N_{ancla} \cdot P_{ancla})^{0,4} = 27 \cdot (3 \cdot 8,7)^{0,4} = 100 \text{ h}$$

### 2.2.2.2. Medios de salvamento

Esta partida se expresa en función del número de tripulantes:

$$H_{MS} = 300 + 1,5 \cdot N = 300 + 1,5 \cdot 20 = 330 \text{ h}$$

### 2.2.2.3. Equipos de navegación y comunicaciones

$$H_{MS} = 330 + (N_{cn} - 6) = 330 + (13 - 6) = 337 \text{ h}$$

### 2.2.2.4. Cierres de escotillas y sus medios de accionamiento

$$H_{es} = 460 \cdot S_e^{0,3} = 460 \cdot 1\,347^{0,3} = 3\,996 \text{ h}$$

Donde:

- $S_e = (4 \cdot 19 \cdot 15,5) + (13 \cdot 13) = 1\,347 \text{ m}^2$

### 2.2.2.5. Grúas

$$H_G = 290 \cdot N \cdot SWL^{1/3} = 290 \cdot 3 \cdot 30^{1/3} = 2\,704 \text{ h}$$

### 2.2.2.6. Tuberías

$$H_{tub} = 11 \cdot BHP^{0,85} = 11 \cdot 15\,757^{0,85} = 40\,668 \text{ h}$$

### 2.2.2.7. Accesorios de equipo, armamento e instalaciones

$$\begin{aligned}
 H_{EAI} &= 80 \cdot N + 56 \cdot (L - 15) + 0,9 \cdot L \cdot (B + D) + 2 \cdot L + 50 \cdot N_{bo} + 100 \cdot N_{pb} + 100 \\
 &\quad \cdot N_{gm} \\
 &= 80 \cdot 20 + 56 \cdot (170,4 - 15) + 0,9 \cdot 170,4 \cdot (30,17 + 17,14) + 2 \cdot 170,4 \\
 &\quad + 50 \cdot 4 + 100 \cdot 0 + 100 \cdot 2 = 18\,299 \text{ h}
 \end{aligned}$$

Donde:

- $N_{bo}$ : número total de botes y balsas del buque.
- $N_{pb}$ : número total de pescantes de botes.
- $N_{gm}$ : número de grúas de provisiones.

EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	
Equipos de fondeo, amarre y remolque	100
Medios de salvamento	330
Equipos de navegación y comunicaciones	337
Cierres de escotillas y sus medios de accionamiento	3 996
Grúas	2 704
Tuberías	40 668
Accesorios de equipo, armamento e instalaciones	18 299
<b>TOTAL HORAS EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES</b>	<b>66 434</b>

### 2.2.3. Maquinaria auxiliar de cubierta

#### 2.2.3.1. Equipo de gobierno

$$H_{EG} = 33 \cdot L^{2/3} = 33 \cdot 170,4^{2/3} = 1\,015 \text{ h}$$

#### 2.2.3.2. Equipo de fondeo y amarre

$$\begin{aligned}
 H_{FA} &= L \cdot (1,75 \cdot N_{mo} + 1,6 \cdot N_{ch} + 1,7 \cdot N_{ma}) = 170,4 \cdot (1,75 \cdot 2 + 1,6 \cdot 3 + 1,7 \cdot 2) \\
 &= 1\,994 \text{ h}
 \end{aligned}$$

Donde:

- $N_{mo}$ : número de molinetes.
- $N_{ch}$ : número de chigres.
- $N_{ma}$ : número de maquinillas de amarre.

MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA	
Equipo de gobierno	1 015
Equipo de amarre y fondeo	1 994
<b>TOTAL HORAS MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA</b>	<b>3 009</b>

### 2.2.4. Instalación propulsora

#### 2.2.4.1. Motor propulsor

$$H_{MP} = 10 \cdot BHP^{2/3} = 10 \cdot 15\,757^{2/3} = 6\,286 \text{ h}$$

### 2.2.4.2. Línea de ejes

$$H_{LE} = 0,16 \cdot BHP = 0,16 \cdot 15\,757 = 2\,522\,h$$

### 2.2.4.3. Hélice

$$H_{HEL} = 240 + 0,004 \cdot BHP = 240 + 0,004 \cdot 15\,757 = 304\,h$$

INSTALACIÓN PROPULSORA	
Motor propulsor	6 286
Línea de ejes	2 522
Hélice	304
<b>TOTAL HORAS INSTALACIÓN PROPULSORA</b>	<b>9 112</b>

## 2.2.5. Maquinaria auxiliar de propulsión

### 2.2.5.1. Motores auxiliares

$$H_{MA} = 52 \cdot N_g \cdot kW^{0,43} = 52 \cdot 2 \cdot 750^{0,43} = 1\,792\,h$$

### 2.2.5.2. Alternador de cola

Se hace una estimación de 300 horas para la instalación del alternador de cola en el buque.

### 2.2.5.3. Equipo de circulación, refrigeración y lubricación de la planta propulsora

$$H_{CRL} = 240 + 0,18 \cdot BHP = 240 + 0,18 \cdot 15\,757 = 3\,077\,h$$

### 2.2.5.4. Equipos de manejo de combustibles

$$H_{CO} = 0,27 \cdot BHP = 0,27 \cdot 15\,757 = 4\,255\,h$$

### 2.2.5.5. Equipos de purificación

$$H_P = (300 + 0,056 \cdot BHP) \cdot (N_{pa} + N_{pd} + N_{pf}) = (300 + 0,056 \cdot 15\,757) \cdot (1 + 1 + 2) = 4\,730\,h$$

Donde:

- $N_{pa}$ : número purificadoras de aceite.
- $N_{pd}$ : número purificadoras de diésel oil.
- $N_{pf}$ : número purificadoras de fuel oil.

### 2.2.5.6. Equipos sanitarios

$$H_{ES} = k_1 \cdot (280 + 8 \cdot Q_a) + k_2 \cdot (200 + 3,5 \cdot N) + k_3 \cdot (410 + 3,9 \cdot N) + 400 \cdot k_4 \\ = 1 \cdot (280 + 8 \cdot 6) + 1 \cdot (200 + 3,5 \cdot 20) + 1 \cdot (410 + 3,9 \cdot 20) + 400 \cdot 1 \\ = 1\,486\,h$$

Donde:

- $k_1$ : existencia de generador de agua dulce.
- $k_2$ : existencia de grupo hidróforo.
- $k_3$ : existencia de planta de tratamiento de aguas grises y negras.
- $k_4$ : existencia de incinerador de residuos.

- $Q_a$ : capacidad de generación de agua dulce.

### 2.2.5.7. Equipos auxiliares del casco

$$H_{EAC} = 420 + 0,47 \cdot L \cdot (B + D) = 420 + 0,47 \cdot 170,4 \cdot (30,17 + 17,14) = 4\,209\,h$$

### 2.2.5.8. Cargos, pertrechos y repuestos

$$H_{CPR} = BHP^{2/3} + 2 \cdot L + 100 = 15\,757^{2/3} + 2 \cdot 170,4 + 100 = 1\,070\,h$$

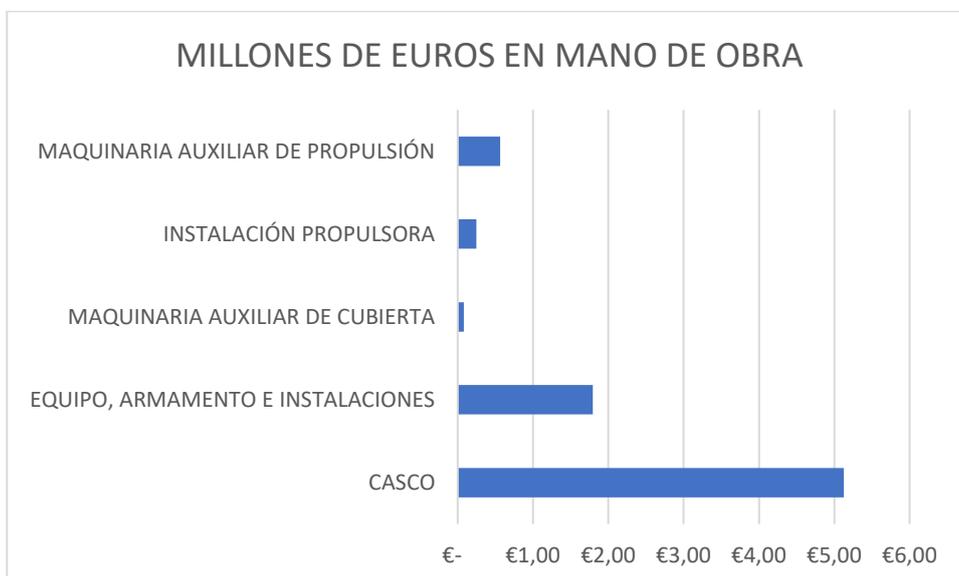
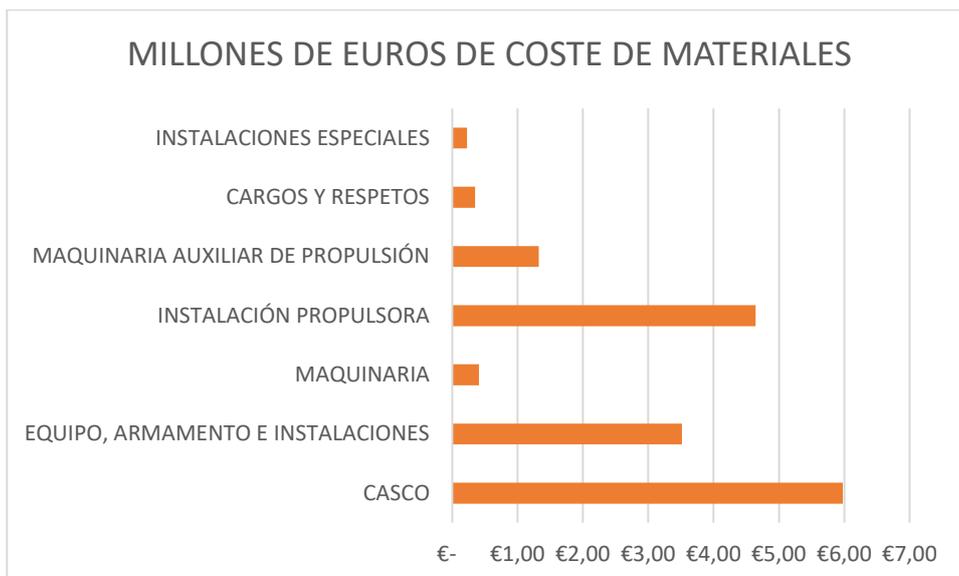
MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSIÓN	
Motores auxiliares	1 792
Alternador de cola	300
Equipo de circulación, refrigeración y lubricación de la planta propulsora	3 077
Equipos de manejo de combustibles	4 255
Equipos de purificación	4 730
Equipos sanitarios	1 486
Equipos auxiliares del casco	4 209
Cargos, pertrechos y repuestos	1 070
<b>TOTAL HORAS MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSIÓN</b>	<b>20 919</b>

### 2.2.6. Tabla resumen

MANO DE OBRA	HORAS	COSTE
TOTAL CASCO	189 753	5.123.331,00 €
TOTAL EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	66 434	1.793.718,00 €
TOTAL MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA	3 009	81.243,00 €
TOTAL INSTALACIÓN PROPULSORA	9 112	246.024,00 €
TOTAL MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSIÓN	20 919	564.813,00 €
	<b>289 227</b>	<b>7.809.129,00 €</b>

## 2.3. Conclusiones al coste de materiales y mano de obra

Como resumen global de todo lo anteriormente calculado se presentan las siguientes gráficas:



## 2.4. Costes indirectos del astillero

Como se indicaba, el coste de construcción contempla además los costes varios del astillero.

$$CC = CM + CM_o + CV_a$$

En este concepto se incluyen las siguientes partidas:

- Gastos de Ingeniería
  - Proyecto contratado en el exterior.
  - Ensayos de canal.
  - Estudios especiales contratados en el exterior.
- Clasificación, reglamentos y certificados
  - Proyecto contratado en el exterior.
  - Sociedad de Clasificación.
  - Otras entidades reguladoras.
  - Inspección de buques.

- Colegio Oficial de Ingenieros Navales.
- Pruebas y Garantía
  - Botadura.
  - Práctico y remolcadores.
  - Varada.
  - Pruebas, ensayos, montadores y supervisores.
  - Garantía.
- Armador y Entrega.
  - Gastos de representación.
- Servicios Auxiliares durante la Construcción
  - Instalación provisional de fuerza y alumbrado.

#### 2.4.1. Coste de construcción

El valor total de los costes varios del astillero se obtiene a partir de un porcentaje (8% – 15%) de los costes de materiales y mano de obra, que en este caso se ha considerado de un 10%. De este modo, el coste de construcción total del Buque Proyecto es el que se muestra a continuación:

COSTE DE MATERIALES	16.437.879,00 €
COSTE DE MANO DE OBRA	7.809.129,00 €
5% MARGEN	1.212.350,40 €
15% COSTES VARIOS ASTILLERO	3.637.051,20 €
<b>TOTAL COSTE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>29.096.409,60 €</b>

#### 2.4.2. Coste de adquisición

El valor de contrato o coste de adquisición (CA) de un buque se define como el coste de construcción más el porcentaje de beneficio obtenido por el astillero.

El beneficio industrial del astillero es la diferencia entre los ingresos totales derivados de la construcción del buque y los costes totales correspondientes. Su valor varía en función del mercado y se tomará entre un 8% y un 12%. En este caso se considerará un beneficio del 10% por lo que el valor del contrato será el que se muestra a continuación, impuestos excluidos:

COSTE DE MATERIALES	16.437.879,00 €
COSTE DE MANO DE OBRA	7.809.129,00 €
5% MARGEN	1.212.350,40 €
15% COSTES VARIOS ASTILLERO	3.637.051,20 €
10% BENEFICIO	2.424.700,80 €
<b>TOTAL COSTE DE ADQUISIÓN</b>	<b>31.521.110,40 €</b>

### 3. GASTOS DEL ARMADOR. INVERSIÓN TOTAL

Los gastos del armador hacen referencia a todos los gastos generados por la puesta en explotación y los derivados de las condiciones del crédito. Así:

$$Inversión\ Total = C_A + G_{Armador}$$

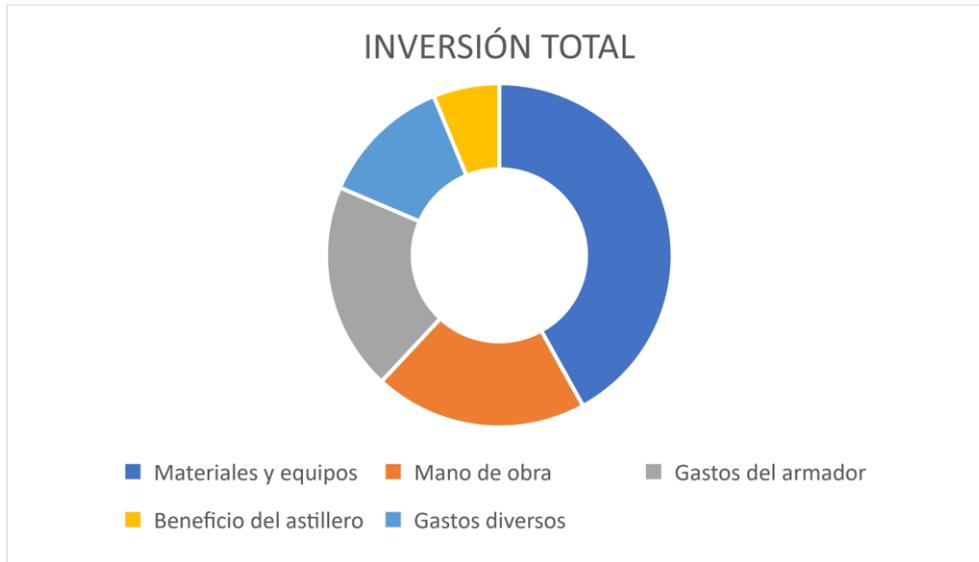
Se incluyen los siguientes:

- Gastos Notariales. Hipotecas:
  - Gastos de constitución de hipoteca.
  - Escritura de entrega e Impuesto por Actos Jurídicos Documentados.
  - Gastos notariales.
- Intereses Intercalarios.
- Inspección y Adiestramiento de la Tripulación:
  - Inspección del armador.
  - Adiestramiento de la tripulación.
- Gastos y Respetos no incluidos en el Contrato de Construcción:
  - Cargos, pestrechos y respetos extra.
  - Gastos para puesta en explotación.
- Impuesto sobre el Valor Añadido (I.V.A.):

Para todos los puntos anteriores se aplican unos porcentajes que se recogen en la tabla siguiente. Dichos porcentajes se aplican sobre el coste de construcción antes de beneficio, por tanto:

<b>GASTOS ARMADOR</b>		
<b>GASTOS NOTARIALES-HIPOTECAS</b>	1,00%	290.964,10 €
<b>INTERESES INTERCALARIOS</b>	4,00%	1.163.856,38 €
<b>INSPECCIÓN Y ADIESTRAMIENTO DE LA TRIPULACIÓN</b>	0,30%	87.289,23 €
<b>IMPUESTO SOBRE VALOR AÑADIDO (I.V.A.)</b>	21,00%	6.110.246,02 €
<b>GASTOS TOTALES DEL ARMADOR GA</b>		<b>7.652.355,72 €</b>

<b>COSTE TOTAL DE CONSTRUCCIÓN CC</b>	29.096.409,60 €
<b>COSTE TOTAL DE ADQUISIÓN CA</b>	31.521.110,40 €
<b>GASTOS TOTALES DEL ARMADOR GA</b>	7.652.355,72 €
<b>INVERSIÓN TOTAL CA+GA</b>	<b>39.173.466,12 €</b>



#### 4. COSTE CALCULADO VS MERCADO ACTUAL

Para realizar el presente apartado contamos con la ayuda de la UNCTAD “United Nations Conference on Trade and Development” que nos ofrece un estudio de los costes presentes en los distintos tipos de bulkcarriers en el año 2 011.

Ship type	Newbuilding prices 2011, in \$	Linear vessel depreciation costs, daily in \$ <sup>d</sup>	Costs for capital employed, daily in \$ <sup>e</sup>	Total vessel procurement costs, daily in \$	Total costs (operations + vessel), daily in \$	Percentage share, procurement costs of total vessel costs	Contribution margin II, daily in \$ <sup>f</sup>
<b>Bulker</b>							
<b>Handysize</b>	24 800 000	2 718	1 359	4 077	9 666	42,2%	2.930
<b>Handymax</b>	30 000 000	3 288	1 644	4 932	11 250	43,8%	3.638
<b>Panamax</b>	32 600 000	3 573	1 786	5 359	12 213	43,9%	2.650
<b>Capesize</b>	51 600 000	5 655	2 827	8 482	16 358	51,9%	-4

Como podemos observar, nuestro buque proyecto, el cual es un *handymax* por la capacidad de 40 000 *TPM* que presenta, rondaba un precio de los 30 000 000 \$, que al cambio a euros (1 \$ = 0,90 €), supondrá un valor de 27 000 000 €.

Calculamos en el apartado anterior el valor del coste de construcción de nuestro buque y era considerablemente superior. Esto puede ser debido a la inexactitud de algunas de las partidas calculadas así como a la diferencia entre los precios de las materias primas empleadas.

También hay que tener en cuenta que el reporte presentado arriba probablemente no esté acertado por existir una diferencia de 8 años en los cuales el mercado sufrió cambios constantes.