



## **TRABAJO FIN DE GRADO**



## **BUQUE PARA LA INSTALACIÓN DE PARQUES EÓLICOS OFFSHORE**

### **Presupuesto**

<b>AUTOR:</b>	<b>Alejandro Caridad Bouza</b>
<b>TUTOR:</b>	<b>D. Luís Carral Couce</b>
<b>ESCUELA:</b>	<b>Escuela Politécnica Superior Ferrol</b>
<b>UNIVERSIDAD:</b>	<b>Universidad de A Coruña</b>
<b>Nº DE CUADERNO:</b>	<b>13</b>
<b>FECHA:</b>	<b>Febrero 2015</b>



Escuela Politécnica Superior

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

**NÚMERO:** 13-P9.

**TIPO DE BUQUE:** BUQUE PARA LA INSTALACIÓN DE PARQUES EÓLICOS OFFSHORE.

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**  
GERMANISHER LLOYD, SOLAS, MARPOL.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 12 AEROGENERADORES DE 3,6 MW.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 13 NUDOS AL 80% DE MCR CON UN 15% DE MARGEN DE MAR Y AUTONOMÍA DE 35 DÍAS.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** GRÚA PRINCIPAL DE 1.200 T DE CAPACIDAD DE IZADO CON UN RADIO DE 40 M.

**PROPULSIÓN:** DIÉSEL ELÉCTRICA.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 110 TRIPULANTES.

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

### Índice

1. Introducción .....	1
2. Cálculo del Coste de Construcción .....	2
2.1. Coste de Acero .....	2
2.2. Coste de Mano de Obra Material a Granel .....	3
2.3. Resto de Materiales de Casco .....	3
2.4. Timones y Accesorios .....	3
2.5. Preparación de Superficies .....	4
2.6. Pintura y Control de Corrosión .....	4
2.7. Equipo, Armamento e Instalaciones .....	6
2.7. Medios de Salvamento .....	7
2.8. Habilitación .....	8
2.9. Equipos de fonda y hotel .....	9
2.10. Equipos de Navegación y Comunicaciones .....	10
2.11. Medios Contra Incendios Convencionales y Especiales .....	12
2.12. Equipos de Carga .....	13
2.13. Instalación Eléctrica .....	15
2.14. Tuberías .....	15
2.15. Accesorios de Equipo, Armamento e Instalaciones .....	16
2.16. Equipo de Gobierno .....	17
2.17. Equipo de Fondeo y Amarre .....	17
2.18. Maquinaria Auxiliar de Propulsión .....	18
2.19. Maquinaria Auxiliar de Propulsión .....	19
2.20. Equipos Auxiliares de Casco .....	21
2.21. Equipos Sanitarios .....	22

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

2.22. Equipos de Cámara de Máquinas.....	23
2.23. Equipos de Elevación.....	24
2.24. Resumen.....	24
2.25. Costes Varios Astillero .....	26
2.26. Costes Variables .....	26
2.27. Coste Construcción .....	26
3. Coste de Adquisición .....	27
4. Gastos del Armador .....	28
6. Cuadro de financiación .....	29
7. Bibliografía .....	31

### 1. Introducción

En este Cuaderno se realizará una estimación del presupuesto del coste del buque.

Para realizar el cálculo del presupuesto, lo óptimo sería disponer de información real y actualizada de los costes de cada partida, tanto materiales y equipos como de mano de obra, que deberían consultarse con los proveedores correspondientes, pero en este caso, por falta de medios se realizarán los cálculos en base a fórmulas de los Apuntes del Profesor Fernando Junco en su libro “Criterios de Evaluación Técnica y Económica del Proyecto de un Buque”.

A continuación se muestran las características principales del buque:

<b>L (m)</b>	144,84
<b>Lpp (m)</b>	138,65
<b>B (m)</b>	40,65
<b>T (m)</b>	5,36
<b>D (m)</b>	9,24
<b>Cb</b>	0,78
<b>Cm</b>	0,99
<b>Cp</b>	0,79
<b>Cwp</b>	0,85
<b>Desplazamiento (tn)</b>	29.546,74
<b>BHP (kW) (total)</b>	32.000
<b>BHPpropulsión (kW)</b>	18.600
<b>Vs (velocidad de servicio) (kns)</b>	13
<b>Nº tripulantes</b>	110

Tabla 1: Características principales.

### 2. Cálculo del Coste de Construcción

Como se mencionó en la introducción, se va a estimar el coste de construcción del buque usando las expresiones que se encuentran en los Apuntes del profesor D. F. Junco. El desarrollo del cálculo se expone a continuación:

Coste Construcción = (Equipos, materiales y c. directos) + (mano de obra) + (gastos generales)

#### 2.1. Coste de Acero

$$\text{Coste de Acero} = cmg * \text{Peso acero} = ccs * cas * cem * ps * PS$$

Dónde:

$$ccs = \% \text{ perfiles respecto total acero} = 1,25$$

$$cas = \text{Coeficiente aprovechamiento material} = 1,12$$

$$cem = \% \text{ acero no estructural y tuberías} = 1,06$$

$$ps = \text{Precio tonelada acero} = 450 \text{ €/tn.}$$

$PS$  = Peso acero. Este valor es función de las dimensiones del buque, y se usan fórmulas empíricas exponenciales que ligan las dimensiones principales del buque con esta medida. La expresión que se utiliza es la siguiente:

$$PS = \left(\frac{Lpp}{10}\right)^{1,376} * \left(\frac{B * D}{100}\right)^{0,7449} * (0,0542 - 0,0017 * Cb) * 1000 = 5.280,41 \text{ tn}$$

Por lo que el coste del acero resulta igual a:

$$\text{Coste de Acero} = 1,25 * 1,12 * 1,06 * 450 * 5.280,65 = 3.526.257,80 \text{ €}$$

## 2.2. Coste de Mano de Obra Material a Granel

$$\text{Coste Mano de Obra} = chm * csh * PS$$

Dónde:

$chm$  = coste horario medio del astillero = 30 €/h.

$csh$  = coeficiente de horas por unidad de peso = 75 h/tn

$PS$  = 5.280,41 tn

$$\text{Coste Mano de Obra} = 30 * 75 * 5.280,41 = 11.880.922,50 \text{ €}$$

## 2.3. Resto de Materiales de Casco

### Coste Piezas Fundidas y Forjadas

$$\text{Coste Piezas Fundidas y Forjadas} = 4 * Lpp * T = 4 * 138.65 * 5,36 = 2.972,66 \text{ €}$$

### Materiales auxiliares para la construcción del buque

$$\text{Coste Materiales auxiliares} = 50 * PS = 50 * 5.280,41 = 264.020,50 \text{ €}$$

### Coste Mano de Obra

$$\text{Horas} = 25 + 30 * Lpp^{1/3} * D * 2 = 2.894,43 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * chm = 2.894,43 * 30 = 86.833,07 \text{ €}$$

## 2.4. Timones y Accesorios

Dado que el buque no dispone de timón, por disponer de propulsión mediante Pods este concepto no tiene relevancia.

#### 2.5. Preparación de Superficies

El coste puede estimarse por 2 €/m<sup>2</sup> para imprimación y una media de 12 €/m<sup>2</sup>. Para el granallado de superficies. La estimación de horas es de 0,02 h/m<sup>2</sup>.

Si se considera una superficie a preparar de 26.000 m<sup>2</sup> (Esta cifra es obtenida mediante la utilización del comando área de Autocad y aplicando un ligero margen por posibles errores en la medida).

##### Coste de materiales

*Coste de materiales = (Coste imprimación + Coste granallado) \* Área a preparar*

$$\text{Coste de materiales} = (2 + 12) * 26.000 = 364.000 \text{ €}$$

##### Coste Mano de Obra

*Coste Mano de Obra = Estimación horas \* Área a preparar \* Precio Mano Obra hora*

$$\text{Coste Mano de Obra} = 0,02 * 26.000 * 30 = 15.600 \text{ €}$$

#### 2.6. Pintura y Control de Corrosión

##### Coste Mano de Obra

Las horas correspondientes se pueden estimar como:

$$\text{Horas} = 0,25 * Som + (1 + 0,30 * Nom) + 0,35 * Sov * \frac{Nov}{4} + 0,40 * Si * Ni$$

Dónde:

$$Som = \text{Área exterior obra muerta} = 8.623,75 \text{ m}^2.$$

$$Sov = \text{Área exterior obra viva} = 7.315,45 \text{ m}^2.$$

$$Si = 9.486,20 \text{ m}^2.$$

$$Nom = \text{N}^\circ \text{ manos aplicadas a obra muerta} = 2.$$

$$Nov = \text{N}^\circ \text{ manos aplicadas a obra viva} = 3.$$

$$Ni = \text{N}^\circ \text{ manos aplicadas interior} = 2.$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

$$\text{Horas} = 0,25 * 8.623,75 + 1,60 + 0,35 * 7.315,45 * \frac{3}{4} + 0,80 * 9.486,20 = 11.666,80 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 11.666,80 * 30 = 350.004,09 \text{ €}$$

### **Pintura exterior del casco, obra viva, obra muerta y pintura interior**

El coste común puede estimarse en 5,50 €/m<sup>2</sup>

$$\text{Coste Materiales} = C. \text{Común} * (\text{Som} + \text{Sov} + \text{Si})$$

$$\text{Coste Materiales} = 5,50 * (8.623,75 + 7.315,45 + 9.486,20) = 139.839,70\text{€}$$

### **Pintura de tuberías**

El coste se puede estimar como:

$$\text{Coste Materiales} = 0,18 * (0,057 * \text{BHP} + 0,18 * \text{Lpp}) * 1,80$$

$$\text{Coste materiales} = 0,18 * (0,057 * 32.000 + 0,18 * 138,65) * 1,80 = 546,11 \text{ €}$$

### **Galvanizado y cementado**

Su coste se toma igual al 7,50% del coste total de pintado del casco tanto interior como exterior

$$\text{Coste materiales} = 0,075 * 490.389,90 = 36.779,24 \text{ €}$$

#### Protección Catódica

Su coste se estima como:

$$\text{Coste Materiales} = 1,55 * Sm$$

Dónde:

$$Sm = \text{Superficie} = 7.315,45 \text{ m}^2.$$

$$\text{Coste Materiales} = 1,55 * 7.315,45 = 11.338,95 \text{ €}$$

## 2.7. Equipo, Armamento e Instalaciones

### Equipos de fondeo y amarre

Las horas de trabajo pueden estimarse como:

$$\text{Horas} = 27 * Pa^{0,40}$$

Dónde:

$$Pa = \text{Peso del ancla} = 8,70t$$

$$\text{Horas} = 27 * 8,70^{0,40} = 64,14 \text{ horas}$$

### Coste Mano de Obra

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * chm = 64,15 * 30 = 1.924,39 \text{ €}$$

### Anclas

El coste estimado es de 2.500 €/t. Por tanto:

$$\text{Coste Anclas} = 3 * 2.500 * 8,70 = 65.250 \text{ €}$$

#### Cadenas y cables

El coste se estima como:

$$\text{Coste de Cadenas} = 0,15 * 0,0335 * d_c^2 * L_c$$

Dónde:

$$d_c = \text{Diámetro de cadena en mm} = 73 \text{ mm.}$$

$$L_c = \text{Longitud total cadenas} = 632,50 * 2 = 1.265 \text{ m.}$$

$$\text{Coste de Cadenas} = 0.15 * 0.0335 * 73^2 * 1.265 = 33.874,45 \text{ €}$$

## 2.7. Medios de Salvamento

### Coste Mano de Obra

Las horas de trabajo se estiman como:

$$\text{Horas} = 300 + 15 * N$$

Dónde:

$$N = \text{Nº de tripulantes} = 110.$$

$$\text{Horas} = 300 + 15 * 110 = 1.950 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 1.950 * 30 = 58.500 \text{ €}$$

### Botes de rescate

Se estima el coste del bote de rescate en unos 17.000 € por lo que el coste total será de 34.000 € (se dispone de 2 botes).

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

#### Balsas y Botes salvavidas

$$\text{Coste 8 Balsas} = 8 * 1.000 * Np^{1/3} = 8 * 1000 * 25^{1/3} = 66.666,67 \text{ €}$$

$$\text{Coste 2 Botes} = 2 * 3.000 * N^{2/3} = 2 * 3.000 * 66^{2/3} = 97.989,72 \text{ €}$$

Dónde:

$Np$  = N° de tripulantes por balsa.

$N$  = N° de tripulantes por Bote.

#### **Aros, chalecos, etc.**

El coste de los aros, chalecos, señales, lanzacabos, y elementos varios de salvamento puede estimarse por:

$$\text{Coste} = 2.500 + 30 * N$$

Dónde:

$N$  = N° de tripulantes = 110.

$$\text{Coste} = 2.500 + 30 * 110 = 5.800 \text{ €}$$

## **2.8. Habilitación**

Las horas pueden estimarse como 16 h/m<sup>2</sup>. Se estima, en base a los planos de la disposición general que la superficie dedica a la habilitación es de 3.844,33 m<sup>2</sup>.

#### Coste Mano de Obra

$$\text{Horas} = \text{Horas estimadas} * \text{Área habilitación} = 16 * 3.844,33 = 61.509,28 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = 61.509,28 * 30 = 1.845.278,40 \text{ €}$$

#### Coste de la habilitación

El coste se estima a partir de la siguiente expresión.

$$\text{Coste Materiales} = 250 * Sh$$

Dónde:

$$Sh = \text{Superficie de habilitación} = 3.844,33 \text{ m}^2.$$

$$\text{Coste Materiales} = 250 * 3.844,33 = 961.082,50 \text{ €}$$

#### 2.9. Equipos de fonda y hotel

Pueden estimarse las horas en 115 h/tripulante. Por tanto:

$$\text{Horas de trabajo} = \text{Horas estimadas} * N = 115 * 110 = 12.650 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas de trabajo} * chm = 12.650 * 30 = 379.500 \text{ €}$$

#### Cocina y oficios

Su coste se puede estimar por la siguiente expresión:

$$\text{Coste Materiales} = 420 * N = 420 * 110 = 46.200 \text{ €}$$

#### Gambuzas frigoríficas

$$\text{Coste} = 1.800 * Vg^{2/3}$$

Dónde:

$$Vg = \text{Volumen de gambuza} = 143,84 \text{ m}^3.$$

$$\text{Coste Materiales} = 1.800 * 143,84^{2/3} = 49.415,02 \text{ €}$$

#### Equipos de lavandería y varios

$$\text{Coste Materiales} = 240 * N = 240 * 110 = 26.400 \text{ €}$$

#### Equipos de acondicionamiento de alojamientos

Las horas correspondientes se estiman en  $2 \text{ h/m}^2$ , y el coste de los materiales en  $60 \text{ €/m}^2$  de alojamientos.

$$\text{Horas de trabajo} = \text{horas estimadas} * \text{Área} = 2 * 3.844,33 = 7.688,66 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas trabajo} * \text{chm} = 7.688,66 * 30 = 230.659,80 \text{ €}$$

$$\text{Coste Materiales} = \text{coste estimado} * \text{Área} = 60 * 3.844,33 = 230.659,80 \text{ €}$$

#### Ventilación mecánica

$$\text{Coste ventiladores} = 1.055 * N^{0,215} + 1,20 * Sh^{0,25}$$

$$\text{Coste ventiladores} = 1.055 * 110^{0,215} + 1,20 * 3.844,33^{0,25} = 2.907,81 \text{ €}$$

## 2.10. Equipos de Navegación y Comunicaciones

Se estiman las horas de trabajo según el número de equipos ( $Nc$ ) usando la siguiente expresión:

$$\text{Horas Mano de Obra} = 330 * Nc^{1/6}$$

Dónde:

$Nc$  = Número de equipos = 27.

$$\text{Horas Mano de Obra} = 330 * 27^{1/6} = 571,58 \text{ horas}$$

$$\text{Coste de Mano de Obra} = 571,58 * 30 = 17.147,30 \text{ €}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

#### **Equipos de navegación particulares**

- Compás magnético: 1.500 €
- Compás giroscópico: 20.000 €
- Piloto automático: 6.000 €
- Radares: 51.600 €
- Radiogoniómetro: 3.000 €
- Receptor de cartas: 4.000 €
- Corredera: 4.000 €
- Sonda: 3.000 €
- Sistema GPS: 5.000 €

#### **Auxiliares de Navegación**

$$\text{Auxiliares Navegación} = 8\% \text{ equipos principales} = 0.08 * 98.100 = 7.848 \text{ €}$$

#### **Comunicación Externas**

Su coste se estima en 60.000 €

#### **Comunicación internas**

Coste = 20.000 €

## **2.11. Medios Contra Incendios Convencionales y Especiales**

### **Sistema de Agua Nebulizada**

$$Horas = 5,50 \text{ h/m}$$

$$Coste \text{ Mano de Obra} = chm * Horas * Lpp = 30 * 5,50 * 138,65 = 22.877,25 \text{ €}$$

Dado que no se dispone de datos para determinar el coste del sistema de agua nebulizada, se realizarán los cálculos en base a un sistema de sofocación, tradicional, fijo en cámara de máquinas que se extienda por todas las zonas a cubrir y cuyo coste estimado sea un 50 % superior al de un sistema de sofocación tradicional.

$$Coste = 1,50 * 8,40 * V$$

Dónde:

$$V = \text{Volumen zonas a cubrir} = 13.654,23 \text{ m}^3$$

$$Coste \text{ Materiales} = 1,50 * 8,40 * 13.654,23 = 172.043,33 \text{ €}$$

### **Instalaciones de carácter estructural**

$$Horas = 1000 + 0,40 * Sh = 1.000 + 0,40 * 3.844,33 = 2.537,73 \text{ horas}$$

$$Coste \text{ Mano de Obra} = Horas * chm = 2.537,73 * 30 = 76.131,96 \text{ €}$$

$$Coste \text{ Materiales} = K_{ci} * 5,5 * Sh = 4.600 + 5,5 * 3.844,33 = 25.743,81 \text{ €}$$

Dónde:

$$K_{ci} = 4.600$$

$$Sh = \text{Superficie de habilitación} = 3.844,33 \text{ m}^2.$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

#### Instalaciones fijas en cubierta

$$\text{Horas} = 0,39 * Lpp^{1,10} * B = 0,39 * 138,65^{1,10} * 40,65 = 3.599,46 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * chm = 3.599,46 * 30 = 107.983,72 \text{ €}$$

$$\text{Coste Materiales} = 11 * (1 + 0,0013 * Lpp) * Lpp * B$$

$$\text{Coste Materiales} = 11 * (1 + 0,0013 * 138,65) * 138,65 * 40,65 = 73.172,06 \text{ €}$$

#### Instalaciones rociadoras de agua

$$\text{Horas} = 0,35 * Sh = 0,35 * 3.844,33 = 1.345,40 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * chm = 1.345,40 * 30 = 40.362 \text{ €}$$

$$\text{Coste Materiales} = 4 * Sh = 4 * 3844,33 = 15.377,32 \text{ €}$$

### 2.12. Equipos de Carga

Las horas de instalación de las grúas se estiman como:

$$\text{Horas} = 290 * SWL^{1/3}$$

- Grúa principal = 3.081,71 horas
- Grúa secundaria = 948,61 horas.
- Grúas auxiliares (2) = 1.249,57 horas.

$$\text{Coste Montaje} = 5.279,89 * 30 = 158.396,76 \text{ €}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

El coste de las grúas se estima según la siguiente fórmula:

$$\text{Coste grúas} = 2.520 * SWL^{0.765} * Lg^{0.85}$$

Dónde:

$SWL$  = Carga de trabajo.

$Lg$  = Longitud pluma.

#### **Grúa principal**

$SWL = 1.200$  t.

$Lg = 90$  m.

$$\text{Coste grúa principal} = 2.520 * 1.200^{0.765} * 90^{0.85} = 26.186.673,12 \text{ €}$$

#### **Grúa Secundaria**

$SWL = 35$  t.

$Lg = 30$  m.

$$\text{Coste grúa secundaria} = 2.520 * 35^{0.765} * 30^{0.85} = 688.915,03 \text{ €}$$

#### **Grúas Auxiliares**

$SWL = 10$  t.

$Lg = 10.5$  m.

$N^{\circ} = 2$ .

$$\text{Coste grúa secundaria} = 2 * 2.520 * 10^{0.765} * 10,50^{0.85} = 193.296,24 \text{ €}$$

#### 2.13. Instalación Eléctrica

Las horas de mano de obra pueden estimarse en:

$$\text{Horas} = 4 * Sh + 6 * kW = 4 * 3.844,33 + 6 * 32.000 = 207.377,32 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * chm = 6.221.319,60 \text{ €}$$

El coste de la instalación puede estimarse mediante la expresión:

$$P = 480 * kW^{0,77} = 480 * 32.000^{0,77} = 1.413.210,06 \text{ €}$$

Dónde:

$$kW = \text{Potencia eléctrica total.}$$

#### 2.14. Tuberías

Las horas de montaje pueden estimarse como:

$$\text{Horas} = 11 * BHP^{0,35} = 11 * 32.000^{0,35} = 415,14 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * chm = 415,14 * 30 = 12.454,23 \text{ €}$$

El coste de los materiales puede estimarse como:

$$C. M. = 2.705 * (0,015 * V_m + 0,18 * L_{pp}) + 5,70 * BHP + 1,50 * (3 * V_m + 4 * Sh)$$

Dónde:

$$V_m = \text{Volumen Cámara de Máquinas} = 6.840 \text{ m}^3$$

$$\text{Coste Materiales} = 580.457,75 \text{ €}$$

#### 2.15. Accesorios de Equipo, Armamento e Instalaciones

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la expresión:

$$\text{Horas} = 80 * N + 56 * (Lpp - 15) + 0,90 * Lpp * (B + D) + 2 * Lpp + 250$$

$$\text{Horas} = 22.477,22 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 22.477,22 * 30 = 674.316,71 \text{ €}$$

#### Puertas metálicas, ventanas y portillos

Su coste se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{Coste Materiales} = 2.705 * N^{0.45} = 22.428,18 \text{ €}$$

#### Escaleras pasamanos y Candeleros

Su coste se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{Coste Materiales} = 22,20 * Lpp^{1.6} = 59.350,55 \text{ €}$$

#### Escotillas de acceso, lumbreras y registros

Su coste se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{Coste Materiales} = 12,60 * Lpp^{1.5} = 20.570,76 \text{ €}$$

#### Escaleras Reales

Su coste se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{Coste Escaleras} = 2.000 + 1.350 * (D - 0,03 * Lpp) * Nes$$

Dónde:

$$Ns = \text{Número de escalas} = 2.$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

$$\text{Coste} = 2.000 + 1.350 * (9,24 - 0,03 * 138,65) * 2 = 15.717,35\text{€}$$

#### **Accesorios de fondeo y amarre**

Su coste se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{Coste Materiales} = 3,10 * (Lpp * (B + D))^{0,815} = 4.177,42 \text{ €}$$

#### **Toldos, fundas, accesorios de estiba y respetos**

Su coste se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{Coste Materiales} = 40 * (Lpp * (B + D))^{0,68} = 16.338,59 \text{ €}$$

### 2.16. Equipo de Gobierno

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la expresión:

$$\text{Horas} = 33 * Lpp^{2/3} = 33 * 138,65^{2/3} = 884,02 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 884,02 * 30 = 26.520,50 \text{ €}$$

### 2.17. Equipo de Fondeo y Amarre

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la expresión:

$$\text{Horas} = Lpp * 1,75 * n^{\text{a molinetes}} = 138,65 * 1,75 * 7 = 1.699,46 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 1.699,46 * 30 = 50.953,88 \text{ €}$$

#### **Molinete**

$$\text{Coste Molinetes} = 2 * 300 * d_c^{1/3} = 2 * 300 * 73^{1/3} = 2.507,60 \text{ €}$$

## **2.18. Maquinaria Auxiliar de Propulsión**

### **Maquinaria Propulsora**

Dado que en este caso se instala propulsión diésel-eléctrica y esta partida ya ha sido incluida en el cálculo de la instalación eléctrica, no se realizará, aquí, ningún cálculo.

### **Línea de Ejes**

En este caso no se instalan líneas de ejes, pues el movimiento de los propulsores se realiza mediante los motores eléctricos que están directamente acoplados en la parte superior del propulsor.

### **Ejes y Chumaceras**

Por las razones citadas en el apartado anterior, este cálculo no corresponde

### **Acoplamientos y Embragues**

Por las razones citadas en el apartado anterior, este cálculo no corresponde.

### **Reductor**

En este caso no se incluye esta partida pues no se contará con un reductor como tal, ya que este irá incluido en el Azipod.

### **Hélice**

Aunque las hélices, en este caso, irán incluidas dentro de coste del propulsor, por falta de datos se tomarán los costes de un equipo convencional.

En esta partida se incluirán también los propulsores retráctiles de proa pues se asimilan de forma más exacta a un propulsor tipo Pod que a un propulsor transversal.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

$$\text{Horas} = 700 + 0,44 * \text{BHPpropulsión} * n^{\circ} \text{ hélices}$$

$$\text{Horas} = (700 + 0,44 * 3.000 * 4) + (700 + 0,44 * 3.300 * 2) = 9.584 \text{ h}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 9.584 * 30 = 287.520 \text{ €}$$

El coste de las hélices será:

$$\text{Coste Hélices} = 360 * \text{BHPpropulsión}^{0,70} = 360 * 18.600^{0,70} = 350.720,83 \text{ €}$$

## 2.19. Maquinaria Auxiliar de Propulsión

### Grupos Electrógenos

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la expresión:

$$\text{Horas} = 52 * n^{\circ} \text{ generadores} * \text{kW}^{0,43} = 52 * 4 * 32.000 = 1.730,79 \text{ horas}$$

$$\text{Coste de Mano de Obra} = 1.730,79 * 30 = 51.623,70 \text{ €}$$

El coste de total de los diésel-generadores puede aproximarse mediante la expresión:

$$C. \text{ Gen.} = n^{\circ} \text{ gen.} * 252 * n^{\circ} \text{ cilind.}^{0,80} * \text{dc}^{2,20} / \text{rpm} + n^{\circ} \text{ gen.} * 24.000 * (\text{kW} / \text{rpm})$$

Dónde:

$$\text{kW} = 8.000 \text{ kW.}$$

$$N^{\circ} \text{ gen.} = 4.$$

$$r. p. m. = 750.$$

$$\text{dc} (\text{diámetro cilindro}) = 320 \text{ mm}$$

$$n^{\circ} c (\text{número cilindros}) = 16.$$

Se tendrá:

$$C. \text{ Gen.} = 4.055.418,14 \text{ €}$$

#### Equipo de Refrigeración y Circulación

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la expresión:

$$\text{Horas} = 2.250 + 0,18 * \text{BHP} = 2.250 + 0.18 * 32.000 = 8.010 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 8.010 * 30 = 240.300 \text{ €}$$

Su coste puede estimarse mediante la expresión:

$$\text{Coste Equipo} = 3,40 * \text{BHP} = 3,40 * 32.000 = 108.800 \text{ €}$$

#### Equipo de Arranque de Motores

Las horas correspondientes al montaje se estiman en:

$$\text{Horas} = \text{Nco} * (40 + 3,50 * \text{Qco})$$

Dónde:

$$\text{Nco} = \text{N}^\circ \text{ de compresores} = 6$$

$$\text{Qco} = \text{Caudal compresor} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Horas} = 6 * (40 + 3,50 * 30) = 870 \text{ horas}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 870 * 30 = 26.100 \text{ €}$$

Su coste puede estimarse mediante la expresión:

$$\text{Coste Compresores} = 78 * \text{Nco} * \text{Qco} = 78 * 6 * 30 = 14.040 \text{ €}$$

#### Equipo de Manejo de Combustible

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la expresión:

$$\text{Horas} = 0,13 * \text{BHP} = 0,13 * 32.000 = 4.160 \text{ h}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 4.160 * 30 = 124.800 \text{ €}$$

El coste de los equipos se estima en:

$$\text{Coste Equipos} = 44 * \text{Nbt} * \text{Qbt} + 2,10 * \text{BHP}$$

Dónde:

$$\text{Nbt} = \text{N}^\circ \text{ de bombas de trasiego} = 4$$

$$\text{Qbt} = \text{Caudal bombas de trasiego} = 28,80 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$\text{Coste Equipos} = 44 * 4 * 28,80 + 2,10 * 32.000 = 72.268,80 \text{ €}$$

#### 2.20. Equipos Auxiliares de Casco

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la expresión:

$$\text{Horas} = 420 + 0,47 * \text{Lpp} * (\text{B} + \text{D})$$

$$\text{Horas} = 420 + 0,47 * 138,65 * (40,65 + 9,24) = 3.671,11 \text{ h}$$

$$\text{Coste Mano de Obra} = \text{Horas} * \text{chm} = 3.671,11 * 30 = 110.133,30 \text{ €}$$

#### **Bombas C.I. y de servicios generales**

Su coste puede estimarse mediante la expresión:

$$Coste = 100 * 2 * Q_{bs}^{1/3} + 960 * 2 * Q_{ci}^{1/3} + 960 * 4 * Q_{ci}^{1/3} + 1.100 * Q_{bs}^{1/3}$$

Dónde:

$$Q_{bs} = \text{Caudal bomba de sentinas} = 166 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$Q_{ci} = \text{Caudal de la bomba contra incendios} = 166 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$Coste = 38.800,80 \text{ €}$$

#### **Separadora de sentinas**

Su coste puede estimarse como:

$$Coste \text{ Separadora} = 156 * GT^{0,50} + 5.100 = 156 * 12.806,15^{0,50} + 5.100 = 22.753,63 \text{ €}$$

### **2.21. Equipos Sanitarios**

Las horas correspondientes pueden estimarse según:

$$Horas = (280 + 8 * Q_{ad}) + (410 + 3,90 * N) + 400$$

Dónde:

$$Q_{ad} = \text{Capacidad del generador de agua dulce} = 38,50 \text{ t/día.}$$

$$Horas = (280 + 8 * 38,50) + (410 + 3,90 * 110) + 400 = 1.427 \text{ h}$$

$$Coste \text{ Mano de Obra} = Horas * chm = 1.427 * 30 = 42.810 \text{ €}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

$$\text{Coste Generador Agua Dulce} = 1.380 * 38,50 = 1.380 * 38,50 = 53.130 \text{ €}$$

$$\text{Coste Planta trat. Aguas residuales} = 2.640 * N^{0,40} = 2.640 * 110^{0,40} = 17.304,58 \text{ €}$$

$$\text{Coste Incineradora} = 11.400 * N^{0,20} = 11.400 * 110^{0,20} = 29.186,60 \text{ €}$$

## 2.22. Equipos de Cámara de Máquinas

### Ventiladores de Cámara de Máquinas

Su coste puede estimarse mediante la expresión:

$$\text{Coste Ventiladores} = 7,50 * Nv * Qv^{0,50}$$

Dónde:

$$Nv = \text{Nº de ventiladores} = 10$$

$$Qv = \text{Caudal ventilador} = 60 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\text{Coste Ventiladores} = 7,50 * 10 * 60^{0,50} = 580,95 \text{ €}$$

### Equipos de Desmontaje

El coste de equipos de desmontaje en Cámara de Máquinas puede expresarse en la forma:

$$\text{Coste Equipos Desmontaje} = 0,84 * 3 * BHP = 0,84 * 3 * 32.000 = 80.640 \text{ €}$$

### Talleres

$$\text{Coste} = 2 * 13.200 = 26.400 \text{ €}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

## 2.23. Equipos de Elevación

### Patatas de Elevación

A falta de información y como se comentó en el Cuaderno 1 el cálculo de este sistema se realiza mediante cálculo directo a partir de los datos obtenidos del buque base:

$$\% \text{ patas} = \frac{\text{Peso patas Pacific Orca}}{\text{Peso Rosca Pacific Orca}} = \frac{6.000}{24.000} = 25\%$$

$$\text{Coste patas} = 0,25 * 63.513.105,81 = 15.878.276,45 \text{ €}$$

## 2.24. Resumen

CONCEPTO	COSTE MATERIALES (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)
<b>Acero de Construcción</b>	3.526.257,80	11.880.922,50
<b>Resto de Materiales del Casco</b>		86.833,07
Piezas Fundidas	2.972,66	
Materiales Auxiliares	264.020,50	
<b>Preparación de Superficies</b>	364.000	15.600
Pintura y Control de Corrosión		350.004,09
Pintura Exterior e Interior Casco	139.839,70	
Pintura Tuberías	546,11	
Galvanizado y Cementado	36.779,24	
Protección Catódica	11.338,95	
<b>Equipo, Armamento</b>		
Equipos de Fondeo, amarre...		1.924,39
Anclas	65.250	
Cadenas y Cables	33.874,45	
<b>Medios Salvamento</b>		58.500
Bote de Rescate	34.000	
Balsas Salvavidas	66.666,67	
Botes Salvavidas	97.989,72	
Aros, Chalecos...	5.800	
<b>Habilitación</b>	961.082,50	1.845.278,40
Equipos de Fonda y Hotel		379.500
Cocina y Oficinas	46.200	
Gambuzas Frigoríficas	49.415,02	
Lavandería	26.400	

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

Acondicionado Alojamientos	230.659,80	230.659,80
Ventilación	2907,81	
<b>Equipos de Navegación y Com.</b>	185.948	17.147,30
<b>C.I. Convencionales y Especiales</b>	286.336,49	247.354,93
<b>Equipos Servicio Carga, Grúas</b>	27.068.884,39	158.396,76
<b>Instalación Eléctrica</b>	1.413.210,06	6.221.319,60
<b>Tuberías</b>	580.457,75	12.454,23
<b>Accesorios de Equipo</b>		674.316,71
Puertas y Portillas	22.428,18	
Escaleras y Candeleros	59.350,55	
Escotillas de Acceso	20.570,76	
Escalas Reales	15.717,35	
Accesorios de Fondeo	4.177,42	
Toldos, Fundas, Respetos...	16.338,54	
<b>Equipo de Gobierno</b>		26.520,50
<b>Equipo de Fondeo y Amarre</b>		50.953,88
Molinetes	2.507,60	
<b>Máquinas Propulsoras</b>		
Hélices	350.720,83	287.520
<b>Auxiliares de la Propulsión</b>		
Grupos Electrógenos	4.055.418,14	51.623,70
Equipos de Refrigeración	108.800	240.300
Equipo de Arranque	14.040	26.100
Equipo Manejo Combustible	72.268,80	124.800
<b>Auxiliares de Casco</b>		110.133,30
Bombas C.I. y Sentinas	38.800,80	
Separadora de Sentinas	22.753,63	
<b>Equipos Sanitarios</b>		42.810
Generador Agua Dulce	53.130	
Planta tratamiento de Aguas	17.304,58	
Incineradora	29.186,60	
<b>Equipo Cámara de Máquinas</b>		
Ventiladores CC.MM	580,95	
Equipos Desmontaje	80.640	
Taller	26.400	
<b>Instalaciones Especiales</b>		
Patás	15.878.276,45	
<b>Total</b>	56.250.409,10	23.140.973,16

Tabla 2: Lista de Costes.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

---

#### 2.25. Costes Varios Astillero

Representan entre un 3% y un 5% del coste de construcción total, en este caso se tomará un 4%.

$$\text{Costes Varios Astilleros} = 0,04 * (56.250.409,10 + 23.140.973,16) = 3.175.655,29 \text{ €}$$

#### 2.26. Costes Variables

Se tomará como un 3% de valor del coste de materiales y mano de obra.

$$\text{Coste Ingeniería} = 0,03 * (56.250.409,10 + 23.140.973,16) = 2.381.741,47 \text{ €}$$

#### 2.27. Coste Construcción

Sumando las diferentes partidas se consigue el siguiente coste:

<b>Material y Mano de Obra</b>	79.391.382,26
<b>Costes Varios Astillero</b>	3.175.655,29
<b>Coste Ingeniería</b>	2.381.741,47
<b>Total (€)</b>	84.948.779,02

**Tabla 3: Coste Construcción.**

### 3. Coste de Adquisición

El coste de adquisición del buque se puede calcular como

$$C_A = C_C + BI - BCN$$

Siendo cada uno de los términos:

$C_C$  = Coste de Construcción

$BI$  = Beneficio neto industrial Es un porcentaje del coste de construcción que en el caso de la construcción naval se puede considerar en el 12%. La suma del coste de construcción y el beneficio neto industrial es el valor total del buque.

$BCN$  = Primas a la construcción naval. El buque de trabajo será construido con pabellón no comunitario por lo que no se contemplan primas a la construcción naval por parte de la Unión Europea.

Partida	Coste (€)
Coste Construcción	84.948.779,02
Beneficios (12%)	10.193.853,48
$C_A$	95.142.632,50

**Tabla 4: Coste de Adquisición.**

#### 4. Gastos del Armador

Para calcular la financiación del crédito es necesario conocer la inversión total que deberá realizar el Armador y la cantidad de esta inversión que se realizará con capital propio y la que cubrirá con capital ajeno.

La inversión total a realizar por el Armador es el coste de adquisición del buque (99.054.868,82) más gastos generados por la pue en explotación y los derivadas de las condiciones del crédito.

$$I. total = C_A + G. Armador$$

El Armador financiará la operación con recursos propios y con una hipoteca naval por la cantidad restante. Por tanto, el Armador incurre en una serie de gastos a mayores del precio de adquisición.

Estos gastos se exponen a continuación y se calculan, cada uno de ellos, como un porcentaje del coste de adquisición:

- Impuestos de actos jurídicos documentados = 0,80%
- Abanderamiento, registro y notaría = 0,20%
- Inspección durante la construcción = 1,25%
- Varios (cargos, adiestramiento tripulación...) = 2,50%
- Coste del estudio de la solicitud del crédito = 0,15%
- Aval por los tres primeros plazos del préstamo = 1%
- Gastos de constitución de la hipoteca = 0,30%
- Intereses anuales del crédito = 5% (se tendrán en cuenta en el apartado siguiente).

CONCEPTO	GASTOS (€)
Impuestos de actos jurídicos documentados	761.141,06
Abanderamiento, registro y notaría	190.285,27
Inspección durante la construcción	1.189.282,91
Varios	2.378.565,81
Coste del estudio de la solicitud del crédito	142.713,95
Aval por los tres primeros plazos del préstamo	951.426,33
Gastos de constitución de la hipoteca	285.427,90
Gastos Armador	5.898.843,22

**Tabla 4: Gastos Armador.**

$$I. total = C_A + G. Armador = 95.142.632,50 + 5.898.843,22 = 101.041.475,72 \text{ €}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 13: Presupuesto

## 6. Cuadro de financiación

Para realizar el pago al Armador solicita un crédito hipotecario por valor del 80% de valor de la inversión total calculada. El crédito tiene las siguientes condiciones:

Tipo de interés = 5% anual.

Periodo de devolución = 10 años.

Las anualidades del crédito privado (capital e intereses) vienen determinadas por la siguiente expresión:

$$Ap = \frac{Pp * Ip}{(1 - (1 + Ip)^{-Np})}$$

Dónde:

$Pp$  = Inveersión financiada privada =  $0,80 * 101.041.475,72 = 80.833.180,57$  €

$Ip$  = Interés privado = 5%.

$Np$  = Número de años devolución crédito privado = 10 años.

Concepto	VALOR (€)
Inversión total	101.041.475,72
Capital propio (20%)	20.208.295,14
Capital privado (80%)	80.833.180,57

Tabla 5: Capital

CONCEPTO	VALOR	AÑOS	INTERÉS	TOTAL
Inversión total	101.041.475,72	---	---	---
Capital propio (20%)	20.208.295,14	1	---	---
Capital privado (80%)	80.833.180,57	10	---	8.083.318,06
Intereses anuales	---	---	5%	2.384.948,64
Total Gastos	---	---	---	10.468.266,69

Tabla 6: Gastos derivados del crédito.

Se generan unos gastos por intereses anuales de 2.384.948,64 € que a lo largo de los 10 años de crédito suman unos gastos por intereses de 23.849.486,36 € a sumar a los gastos del Amador y que, por consiguiente, incrementará la inversión total.

$Inversión\ Total\ (con\ ineteres) = 23.849.486,36 + 101.041.475,72 = 124.890.962,08$  €

## **Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore**

### **Cuaderno 13: Presupuesto**

---

Para concluir este cuaderno sería recomendable realizar una comparación entre la inversión total a realizar y el precio de mercado, pero dada la singularidad del buque esto no ha sido posible.

## **7. Bibliografía**

1. Junco Ocampo, Fernando. Criterios de Evaluación Técnica y Económica del Proyecto de un Buque. Servizo de Publicacións, Ingeniería Naval Y Oceánica, Universidade da Coruña, Escola Politécnica Superior.