



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2016/2017**

---

**ANTEPROYECTO PETROLERO DE 80.000 T.P.M.**

---

**Máster en Ingeniería Naval y Oceánica**

**CUADERNO II**

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





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**  
**TRABAJO FIN DE MÁSTER**  
*CURSO 2.016-2017*

**PROYECTO NÚMERO 17/27**

**TIPO DE BUQUE:** Petrolero de crudo de 80.000 TPM

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING. SOLAS. MARPOL. ILO. EXPANAMAX

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Transporte de petróleo crudo de densidad relativa 0,88. Calefacción de tanques.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15 nudos en condiciones de servicio. 85 % MCR + 10% de margen de mar. 10.000 millas

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Bombas de carga y descarga en cámara de bombas.

**PROPULSIÓN:** Diesel eléctrica con motores tipo dual fuel. Dos líneas de ejes con hélice de paso fijo.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 20 Personas en camarotes individuales.

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

Ferrol, Octubre de 2.016

ALUMNO: D. Jose Antonio González Llorente



## CONTENIDO

<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>10</b>
<b>Capítulo 2. Calculo del peso de acero</b> .....	<b>11</b>
2.1.1. Peso del acero continuo tanto longitudinal como transversal .....	11
2.1.2. Pesos locales del acero .....	11
2.1.3. Peso de la maquinaria, el equipo y la habilitación .....	11
2.2. Peso del acero continuo .....	12
2.2.1. Peso del acero continuo longitudinal .....	12
2.2.2. Peso del acero continuo transversal.....	23
2.3. Peso del acero local.....	27
2.3.1. Peso de los mamparos transversales.....	27
2.3.2. Piques de popa y proa .....	28
2.3.3. Peso extra de la cámara de máquinas .....	28
2.3.4. Codaste y mecha del timón.....	29
2.3.5. Superestructura.....	29
2.3.6. Chimenea y guardacalor .....	29
2.3.7. Castillo de proa .....	30
2.3.8. Tanques de CCMM .....	30
2.3.9. Resumen de pesos locales del acero y centro de gravedad.....	30
2.4. Peso total y centro de gravedad del acero (continuo + local) .....	31
<b>Capítulo 3. Cálculo del peso de la maquinaria</b> .....	<b>32</b>
3.1. Peso de la maquinaria propulsora.....	32
3.2. Peso de la maquinaria restante.....	34
3.2.1. Peso de los diesel generadores .....	35
3.2.2. Peso de los polines .....	36
3.2.3. Peso de las hélices .....	37
3.2.4. Peso de la línea de ejes.....	37
3.2.5. Peso sistema preparación combustible .....	38
3.2.6. Peso piezas de respeto, cargos CCMM y líquidos en circuitos.....	38
3.3. Pesos restantes de la maquinaria .....	39
3.3.1. Peso total de la maquinaria.....	39
3.4. Protección anticorrosiva .....	40
3.4.1. La corrosión en el buque.....	40
3.4.2. Necesidades de evitar la corrosión.....	41
3.4.3. Formas de evitar la corrosión .....	41

3.5. Corrientes impresas .....	46
3.6. Peso de la protección anticorrosiva.....	48
3.6.1. Peso de la pintura .....	48
3.6.2. Peso de escotillas, escaleras, puertas y ventanas Escotillas.....	48
3.6.3. Escaleras interiores.....	49
3.6.4. Escaleras exteriores.....	49
3.6.5. Puertas de acero.....	49
3.6.6. Portillos y ventanas .....	49
3.7. Acomodación .....	50
3.7.1. Habilitación .....	50
3.7.2. Equipo eléctrico y ventilación .....	50
3.7.3. Peso del equipo de navegación.....	50
3.7.4. Peso del equipo de gobierno y maniobra .....	50
3.8. Peso de tuberías de lastre, carga y descarga y limpieza de tanques .....	51
3.8.1. Tuberías de lastre .....	51
3.8.2. Tuberías de limpieza de tanques.....	52
3.9. Sistema de calefacción de los tanques de carga.....	52
3.10. Peso del equipo de carga y manipulación de carga .....	53
3.10.1. Equipo de carga en cámara de bombas .....	53
3.10.2. Peso de las bandejas del colector de carga .....	53
3.10.3. Peso de la pasarela.....	53
3.10.4. Grúas manifold.....	54
3.10.5. Grúas de servicio a popa de provisiones.....	54
3.10.6. Equipo de salvamento.....	54
3.11. Equipo Contra Incendios .....	54
3.11.1. Instalación contraincendios por espuma en tanques de carga.....	54
3.12. Peso total y centro de gravedad del equipo.....	55
3.13. Peso en rosca y centro de gravedad totales.....	56

## ÍNDICE FIGURA

FIGURA 1-1 - CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE .....	11
FIGURA 2-1 - DISTRIBUCIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES .....	11
FIGURA 2-2 - DISTRIBUCIÓN DE PESOS.....	27
FIGURA 3-1 – CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELEGIDO DE ABB .....	33
FIGURA 3-2 - PESO DEL DIESEL GENERADOR DUAL FUEL .....	35
FIGURA 3-3 - EJEMPLO DE CORROSIÓN .....	40
FIGURA 3-4 - TIPOS DE CORROSIÓN.....	41
FIGURA 3-5 - ÁNODO DE NUESTRO BUQUE.....	43
FIGURA 3-6 - ZONA DE LA HÉLICE CON ÁNODOS .....	44
FIGURA 3-7 - DISTRIBUCIÓN DE ÁNODOS EN LA ZONA DE LA HÉLICE.....	45
FIGURA 3-8 – VENTAJAS DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA CON ÁNODOS DE SACRIFICIO.....	45
FIGURA 3-9 - SISTEMA DE CORRIENTES IMPRESAS .....	46
FIGURA 3-10 - CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁNODOS DE REFERENCIA.....	47
FIGURA 3-11 - VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE CORRIENTES IMPRESAS .....	48

## ÍNDICE TABLAS

TABLA 2-1 - REFUERZOS DE LA CUADERNA MAESTRA .....	20
TABLA 2-2 - MÉTODO DE ALDWINCKLE POR SECCIONES .....	22
TABLA 2-3 - PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD LONGITUDINAL .....	23
TABLA 2-4 - PESO TRANSVERSAL.....	23
TABLA 2-5 - PESO TRANSVERSAL POR SECCIONES.....	25
TABLA 2-6 - PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD TRANSVERSAL .....	26
TABLA 2-7 - PESO DE LAS SECCIONES.....	27
TABLA 2-8 - PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES.....	28
TABLA 2-9 - PESO DE LOS PIQUES.....	28
TABLA 2-10 - PESO EXTRA DE LA CÁMARA DE MAQUINAS.....	28
TABLA 2-11 - PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL CODASTE Y MECHA .....	29
TABLA 2-12 - PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERESTRUCTURA.....	29
TABLA 2-13 - PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CHIMENEA .....	30
TABLA 2-14 - PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL CASTILLO DE PROA .....	30
TABLA 2-15 - PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS TANQUES DE CCMM .....	30
TABLA 2-16 - PESOS LOCALES DEL ACERO Y CENTRO DE GRAVEDAD.....	31
TABLA 2-17 - RESUMEN DE PESOS DEL BUQUE .....	31
TABLA 3-1– PESOS SISTEMA DIRECT DRIVE 1250M.....	33
TABLA 3-2 – COMPARATIVA PESOS DE LA MAQUINARIA RESTANTE.....	38
TABLA 3-3 - PESO DE LA MAQUINARIA .....	40
TABLA 3-4 - PESO DE LAS PROTECCIONES Y ACCESOS .....	50
TABLA 3-5 - PESO DE LA ACOMODACIÓN.....	51
TABLA 3-6 - PESO DE LAS TUBERÍAS .....	53
TABLA 3-7 - PESO DE LOS EQUIPOS DE CARGA .....	55
TABLA 3-8 - PESO TOTAL DE LOS EQUIPOS Y SERVICIOS.....	56
TABLA 3-9 - PESO TOTAL DEL BUQUE .....	56
TABLA 3-10 - ESTIMACIÓN DEL PESO EN ROSCA DEL CUADERNO 1 .....	56
TABLA 3-11 - PORCENTAJE DE DESVIACIÓN DEL PESO EN ROSCA.....	57
TABLA 3-12 - PORCENTAJE DE DESVIACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO .....	57



## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Todos los procedimientos de Proyectos de Buques, independientemente del tipo de buque, precisan conocer el desplazamiento del Buque. Por lo tanto una de las primeras tareas que se le presentan al proyectista es el cálculo del desplazamiento del buque, que por el principio de Arquímedes es igual al peso del buque, o sea, es necesario “pesar el buque”.

El peso o desplazamiento del buque ( $\Delta$ ) se descompone en dos partidas principales, Peso en Rosca (PR o LW) y Peso Muerto (PM o DW). En algunos casos especiales es necesario añadir otro peso, el lastre fijo, que aunque se considera aparte, conceptualmente forma parte del peso en rosca, teniendo por tanto:

$$\text{Desplazamiento} = \text{PR} + \text{PM}$$

Puesto que el Peso Muerto es uno de los requerimientos previos del buque, el objetivo de este cuaderno consistirá en obtener un desglose detallado del Peso en Rosca del Buque.

Éste se compone de todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo, carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías. El resto es Peso Muerto.

El cálculo del Peso en Rosca es una de las grandes dificultades con las que se encuentra el proyectista de buques. Supone un riesgo tanto técnico como económico; por una parte el Peso Muerto suele estar sujeto a penalizaciones por defecto (es decir, por exceso del Peso en Rosca) y por otra parte algunas partidas del Presupuesto se calculan en función de su peso.

El Peso y la Posición del Centro de Gravedad de la Rosca no se conocen exactamente hasta su puesta a flote, y es la realización de la Prueba de Estabilidad la que nos proporciona estos valores; aunque a medida que se progresa en la definición del Proyecto se pueden calcular con mayor precisión.

Sistemáticamente se han establecido las siguientes etapas en la realización del Proyecto:

- **Primera Etapa:** Comienzo del Proyecto. Se conocen solamente los requisitos de partida, como por ejemplo, los definidos por el armador: Peso Muerto, velocidad, capacidad de tanques, grado de automatización, medios de carga,... Se suele considerar el Peso globalmente, para acotar las diversas variantes de dimensiones principales de partida. (Cuaderno 1)
- **Segunda Etapa:** se conocen las características principales tentativas y la Potencia Propulsora. Se desglosa el peso en 3 partidas: Peso Estructural (PS), Peso de la Maquinaria (PQ), y Peso del Equipo y Habilidad (PE).
- **Tercera Etapa:** En la que ya se va progresando en la definición del buque: Se realizan los Planos de Disposición General, la Cuaderna Maestra. Se redacta la Especificación, Planos de clasificación del buque,... Las características del buque que serán utilizadas para el cálculo del Peso en Rosca son las que se obtuvieron en el Cuaderno 1, recordémoslas:

Características principales del buque	
Eslora entre perpendiculares (m)	220
Manga de trazado (m)	34
Puntal de trazado (m)	21
Calado de diseño (m)	15
Velocidad (nudos)	15

Características principales del buque	
<b>Coficiente de bloque</b>	0,842
<b>Peso muerto (Tn)</b>	80.000

**Figura 1-1 - Características del buque**  
Fuente: Propia

## Capítulo 2. CALCULO DEL PESO DE ACERO

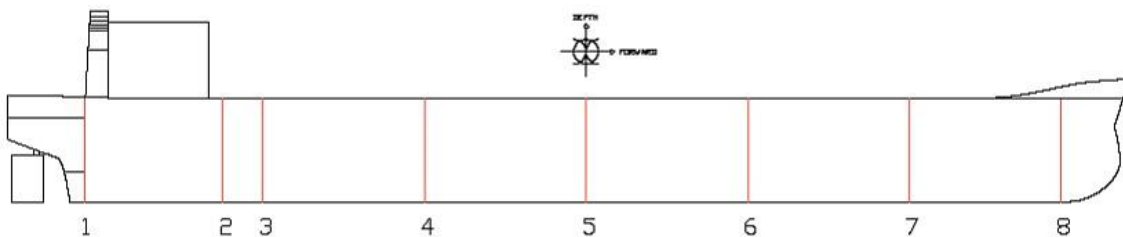
A continuación calcularemos el peso del acero por el método de Aldwinckle, para el cálculo del peso de acero se distinguirá entre:

### 2.1.1. PESO DEL ACERO CONTINUO TANTO LONGITUDINAL COMO TRANSVERSAL

Se utilizará el método de Aldwinckle, recomendado por el L.R.S. para el cálculo del peso de acero de nuestro buque.

### 2.1.2. PESOS LOCALES DEL ACERO

Aquí se incluye mamparos transversales, piques de proa y popa, guardacalor chimenea, superestructuras, etc. Se utilizarán diversas fórmulas que dependen del tipo de buque y del espacio considerado. A continuación en la siguiente figura se representan los mamparos transversales de nuestro buque.



**Figura 2-1 - Distribución de los mamparos transversales**

Fuente: Propia

### 2.1.3. PESO DE LA MAQUINARIA, EL EQUIPO Y LA HABILITACIÓN

El peso de la maquinaria y del equipo se calcula de diferentes maneras:

- Mediante los pesos reales de aquellas partidas conocidas.
- Por medio de fórmulas dadas por el L.R.S.
- En caso de no poder calcularse de ninguna de estas dos formas, se hace una estimación por comparación con otros buques, ya que en nuestro caso no tenemos los datos del buque base.

## 2.2. PESO DEL ACERO CONTINUO

### 2.2.1. PESO DEL ACERO CONTINUO LONGITUDINAL

El método de Aldwinckle extrapola el peso del acero continuo a lo largo del buque a partir del peso en la maestra. En la cuaderna maestra se obtiene el peso por unidad de longitud, WL (10), multiplicando el área de la sección maestra por la densidad del acero. En cualquier otra sección, i, el peso por unidad de longitud, WL (i), se obtiene mediante la expresión:

$$WL(i) = G(i)^{m(i)} * WL(10) \text{ en T/m}$$

Siendo:

G(i), relación entre el perímetro de la sección i-ésima y la perímetro de la sección maestra.

m(i), coeficiente definido por L.R.S. que depende del tipo de buque y de la posición de la sección.

WL(10) = Área Maestra.  $\rho_{acero} = 6,347 \text{ (m}^2) \cdot 7,85 \text{ (Tm/m}^3) = 49,82 \text{ Tm/m}$

(El área del acero longitudinal de la sección maestra está calculada en las tres tablas siguientes).

Con todo esto se presentan en la siguiente tabla se presentan los valores de WL(i) para cada sección :

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
Fondo	13.200,00	22,00			0,29	2,280
Pantoque	3142,00	22,00			0,07	0,543
Costado 1	2200,00	19,00			0,04	0,328
Costado 2	4000,00	19,00			0,08	0,597
Costado 3	4000,00	19,00			0,08	0,597
Costado 4	3150,00	19,00			0,06	0,470
Costado 5	3150,00	20,00			0,06	0,495
Costado 6	2203,00	20,00			0,04	0,346
Cubierta 1	4000,00	20,00			0,08	0,628
Cubierta 2	4000,00	20,00			0,08	0,628
Cubierta 3	4000,00	20,00			0,08	0,628
Cubierta 4	2500,00	20,00			0,05	0,393

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>Cubierta 5</b>	2503,00	20,00			0,05	0,393
<b>Doble fondo 1</b>	2200,00	22,00			0,05	0,380
<b>Doble fondo 2</b>	4575,00	22,00			0,10	0,790
<b>Doble fondo 3</b>	4575,00	22,00			0,10	0,790
<b>Doble fondo 4</b>	2200,00	22,00			0,05	0,380
<b>Tolva 1</b>	2234,00	18,00			0,04	0,316
<b>Doble costado 1</b>	2200,00	20,00			0,04	0,345
<b>Doble costado 2</b>	4200,00	18,50			0,08	0,610
<b>Doble costado 3</b>	4200,00	18,50			0,08	0,610
<b>Doble costado 4</b>	4200,00	18,50			0,08	0,610
<b>Doble costado 5</b>	2219,00	20,00			0,04	0,348
<b>Mamparo longitudinal 1</b>	4000,00	19,00			0,08	0,597
<b>Mamparo longitudinal 2</b>	4000,00	18,50			0,07	0,581
<b>Mamparo longitudinal 3</b>	4000,00	18,50			0,07	0,581
<b>Mamparo longitudinal 4</b>	4000,00	18,50			0,07	0,581
<b>Mamparo longitudinal 5</b>	3000,00	19,00			0,06	0,447
<b>Vagra central</b>	2000	18			0,036	0,2826
<b>Vagra 1</b>	2000,00	18,00			0,04	0,283
<b>Vagra 2</b>	2000,00	18,00			0,04	0,283
<b>Palmejar 1</b>	2000,00	18,00			0,04	0,283
<b>Palmejar 2</b>	2000,00	17,00			0,03	0,267
<b>Palmejar 3</b>	2000,00	18,00			0,04	0,283
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 1</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 2</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 3</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 4</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 5</b>	0,00	0,00			0,00	-
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 6</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 7</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 8</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 9</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 10</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 11</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 12</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 13</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 14</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 15</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 16</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 17</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 18</b>	650,00	18,00	250,00	20,00	0,02	0,131
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 19</b>	600,00	16,00	250,00	16,00	0,01	0,107
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 20</b>	600,00	16,00	250,00	16,00	0,01	0,107
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 21</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 22</b>	450,00	16,00	225,00	16,00	0,01	0,085
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 23</b>	450,00	16,00	225,00	16,00	0,01	0,085
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 24</b>	450,00	16,00	225,00	16,00	0,01	0,085
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 25</b>	450,00	16,00	225,00	16,00	0,01	0,085
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 26</b>	450,00	16,00	225,00	16,00	0,01	0,085

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 27</b>	400,00	16,00	200,00	16,00	0,01	0,075
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 28</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 29</b>	400,00	16,00	200,00	16,00	0,01	0,075
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 30</b>	400,00	16,00	200,00	16,00	0,01	0,075
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 31</b>	400,00	16,00	200,00	16,00	0,01	0,075
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 32</b>	350,00	16,00	150,00	16,00	0,01	0,063
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 33</b>	350,00	16,00	150,00	16,00	0,01	0,063
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 34</b>	350,00	16,00	150,00	16,00	0,01	0,063
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 35</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 36</b>	300,00	16,00	100,00	12,00	0,01	0,047
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 37</b>	300,00	16,00	100,00	12,00	0,01	0,047
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 38</b>	300,00	16,00	100,00	12,00	0,01	0,047
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 39</b>	300,00	16,00	100,00	12,00	0,01	0,047
<b>BOTTOM &amp; SIDE SHELL Longitudinal 40</b>	300,00	16,00	100,00	12,00	0,01	0,047
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG, BULKHEAD Longitudinal 1</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG, BULKHEAD Longitudinal 2</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG, BULKHEAD Longitudinal 3</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG, BULKHEAD Longitudinal 4</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG, BULKHEAD Longitudinal 5</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 6</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 7</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 8</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 9</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 10</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 11</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 12</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 13</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 14</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 15</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 16</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 17</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 18</b>	300,00	14,00	100,00	14,00	0,01	0,044
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 19</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 20</b>	250,00	14,00	100,00	16,00	0,01	0,040
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 21</b>	250,00	14,00	100,00	16,00	0,01	0,040
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 22</b>	200,00	14,00	125,00	16,00	0,00	0,038
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 23</b>	200,00	14,00	125,00	16,00	0,00	0,038

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 24</b>	200,00	14,00	125,00	16,00	0,00	0,038
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 25</b>	200,00	14,00	125,00	16,00	0,00	0,038
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 26</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 27</b>	200,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,032
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 28</b>	200,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,032
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 29</b>	200,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,032
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 30</b>	200,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,032
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 31</b>	200,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,032
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 32</b>	200,00	14,00	90,00	12,00	0,00	0,030
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 33</b>	200,00	14,00	90,00	12,00	0,00	0,030
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 34</b>	200,00	14,00	90,00	12,00	0,00	0,030
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 35</b>	200,00	14,00	90,00	12,00	0,00	0,030
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 36</b>	200,00	14,00	90,00	12,00	0,00	0,030
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 37</b>	125,00	14,00	90,00	12,00	0,00	0,022
<b>INNER BOTTOM &amp; LONG. BULKHEAD Longitudinal 38</b>	125,00	14,00	90,00	12,00	0,00	0,022
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 20</b>	300,00	14,00	90,00	14,00	0,01	0,043



Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 21</b>	300,00	14,00	90,00	14,00	0,01	0,043
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 22</b>	300,00	14,00	90,00	14,00	0,01	0,043
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 23</b>	300,00	14,00	90,00	14,00	0,01	0,043
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 24</b>	250,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,038
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 25</b>	250,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,038
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 26</b>	250,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,038
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 27</b>	250,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,038
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 28</b>	250,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,038
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 29</b>	200,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,033
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 30</b>	200,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,033
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 31</b>	200,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,033
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 32</b>	200,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,033
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 33</b>	200,00	14,00	100,00	14,00	0,00	0,033
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 34</b>	150,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,026
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 35</b>	150,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,026
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 36</b>	150,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,026

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 37</b>	150,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,026
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 38</b>	150,00	14,00	90,00	14,00	0,00	0,026
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 39</b>	150,00	10,00	80,00	10,00	0,00	0,018
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 40</b>	150,00	10,00	80,00	10,00	0,00	0,018
<b>CENTER LONG. BULKHEAD Longitudinal 41</b>	150,00	10,00	80,00	10,00	0,00	0,018
<b>UPPER DECK Longitudinal 1</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 2</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 3</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 4</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 5</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 6</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 7</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 8</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 9</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 10</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 11</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 12</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 13</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 14</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 15</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 16</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097
<b>UPPER DECK Longitudinal 17</b>	600,00	16,00	200,00	14,00	0,01	0,097

Peso longitudinal						
Elemento	Anchura mm	Alto mm	Anchura m	Alto m	A(m <sup>2</sup> )	Tons/m
<b>UPPER DECK Longitudinal 18</b>	350,00	12,00	125,00	12,00	0,01	0,045
<b>UPPER DECK Longitudinal 19</b>	350,00	12,00	125,00	12,00	0,01	0,045
<b>CENTER GIRDER Longitudinal 1</b>	300	14	125	12	0,01	0,045
<b>CENTER GIRDER Longitudinal 2</b>	300	14	125	12	0,01	0,045
					Total	41,39

**Tabla 2-1 - Refuerzos de la cuaderna maestra**

**Fuente: Propia**

Seccion	mi	Perimetro i (mm)	Ai m^2	Gi	XG	ZG	KG	WI tons/m	Factor	WI*Factor	WI*XG*Factor	WI*KG*Factor
0	3.3	40 121	104	0.3705	0	17.334	14.32	1.56	1	1.562043694	0	22.36475544
1	3.3	73 822.1	266.915	0.6816	10.8	14.768	12.20	11.68	4	46.73491981	504.737134	570.0832875
2	2.67	84 982.20	439.48	0.7847	21.85	12.982	10.72	21.66	2	43.32299913	946.6075311	464.5462478
3	2.21	93 824.90	573.49	0.8663	32.9	12.016	9.92	30.14	4	120.5577996	3966.351608	1196.520619
4	1.6	100 412.20	672.72	0.9272	43.95	11.321	9.35	36.67	2	73.33723185	3223.17134	685.7686866
5	1.29	104 542.50	709.57	0.9653	55.4	10.957	9.05	39.54	4	158.1681461	8762.515295	1431.511232
6	1	106 858.70	722.40	0.9867	65.9	10.810	8.93	40.83	2	81.6683127	5381.941807	729.2148053
7	1	108 000.90	726.34	0.9972	76.4	10.761	8.89	41.27	4	165.0825113	12612.30386	1467.37807
8	1	108 301.20	727.11	1.0000	89	10.751	8.88	41.39	2	82.77076426	7366.59802	735.0112234
9	1	108 300.40	727.11	1.0000	99.5	10.751	8.88	41.39	4	165.5403057	16471.26042	1469.997915
10	1	108 300.20	727.11	1.0000	110	10.751	8.88	41.385	2	82.77	9104.7	734.9976
11	1	108 300.00	727.11	1.0000	120.5	10.751	8.88	41.38	4	165.5396943	19947.53316	1469.992485
12	1	108 299.80	727.11	0.999996307	131	10.751	8.88	41.38	2	82.76969429	10842.82995	735.001722
13	1	108 299.60	727.11	0.99999446	141.5	10.751	8.88	41.38	4	165.5390829	23423.78023	1470.000729

Seccion	mi	Perimetro i (mm)	Ai m^2	Gi	XG	ZG	KG	WI tons/m	Factor	WI*Factor	WI*XG*Factor	WI*KG*Factor
14	7	108 292.40	727.09	0.999927978	152.7	10.751	8.88	41.36	2	82.72828017	12632.60838	734.6476276
15	6.77	107 791.10	725.73	0.995299178	163.9	10.768	8.89	40.09	4	160.3426767	26280.1647	1426.054728
16	6	106 568.70	720.47	0.984012033	175.1	10.819	8.94	37.57	2	75.14073021	13157.14186	671.4825254
17	4.67	104 613.50	706.92	0.965958512	185.6	10.927	9.03	35.20	4	140.8182759	26135.87201	1270.914255
18	3.31	99 486.50	654.97	0.918617879	196.8	11.153	9.21	31.25	2	62.49560165	12299.13441	575.7381667
19	2.36	89 819.70	575.39	0.829358579	208	13.096	10.82	26.61	4	106.4473556	22141.04996	1151.451703
20	1.88	59 858.50	136.12	0.001256921	220	11.437	9.45	0.00	1	0.000145728	0.032060085	0.001376707
										2063.336572	235200.3337	19012.67976
s			11.00	m								

**Tabla 2-2 - Método de Aldwinckle por secciones**

**Fuente: Propia**

Peso	7565.57	Tons
XG	113.99	m
KG	9.21	m

**Tabla 2-3 - Peso y centro de gravedad longitudinal**

**Fuente: Propia**

### 2.2.2. PESO DEL ACERO CONTINUO TRANSVERSAL

Para la determinación de la distribución del acero transversal, el método de Aldwinckle propone unas expresiones muy similares a las anteriores. Se obtiene el peso del acero transversal por unidad de longitud en la maestra, WT(10), y se extrapola al resto de la estructura según la expresión:

$$WT(i) = Q(i)^{p(i)} * WT(10) \text{ en } T/m$$

Q(i), relación entre el área de la sección i-ésima y la sección maestra.

Peso transversal			
Elemento	Espesor (m)	A(m <sup>2</sup> )	Tons
Varenga	0,012	18,97	1,7870
Pantoque	0,022	7,47	1,2899
Bao	0,014	15,75	1,7309
Costado	0,014	23,83	2,62
Consola	0,012	18,9	1,7804
Plancha central	0,012	42,75	4,0271
Peso acero + (2% soldadura)			15,88

**Tabla 2-4 - Peso transversal**

**Fuente: Propia**

Sección	pi	Perímetro i (mm)	Ai m <sup>2</sup>	Qi	Wri	XG	ZG	KG	Factor	WR*factor	WR*Factor*XG	WR*factor*KG
0	0.5	40 121.00	104.00	0.14	6.006015434	0	17.33	14.32	1	6.006015434	0	85.99187514
1	0.65	73 822.10	266.91	0.37	8.278889546	10.8	14.77	12.20	4	33.11555818	357.6480284	403.9511858
2	0.78	84 982.20	439.48	0.60	10.72301208	21.85	12.98	10.72	2	21.44602416	468.595628	229.9626124
3	0.88	93 824.90	573.49	0.79	12.88735951	32.9	12.02	9.92	4	51.54943805	1695.976512	511.6215269
4	0.94	100 412.20	672.72	0.93	14.7615535	43.95	11.32	9.35	2	29.523107	1297.540553	276.0674463
5	0.99	104 542.50	709.57	0.98	15.50148312	55.4	10.96	9.05	4	62.00593249	3435.12866	561.1887789
6	1	106 858.70	722.40	0.99	15.77781253	65.9	10.81	8.93	2	31.55562506	2079.515691	281.7595738
7	1	108 000.90	726.34	1.00	15.86390264	76.4	10.76	8.89	4	63.45561057	4848.008648	564.0414038
8	1	108 301.20	727.11	1.00	15.88074195	89	10.75	8.88	2	31.76148389	2826.772066	282.0446004
9	1	108 300.40	727.11	1.00	15.88071355	99.5	10.75	8.88	4	63.52285421	6320.523994	564.0829454
10	1	108 300.20	727.11	1.00	15.880707	110	10.75	8.88	2	31.761414	3493.75554	282.0413563
11	1	108 300.00	727.11	1.00	15.88069826	120.5	10.75	8.88	4	63.52279305	7654.496563	564.0824023
12	1	108 299.80	727.11	1.00	15.88068953	131	10.75	8.88	2	31.76137905	4160.740656	282.0436694
13	1	108 299.60	727.11	1.00	15.8806939	141.5	10.75	8.88	4	63.52277558	8988.472745	564.0874941
14	1	108 292.40	727.09	1.00	15.88028766	152.7	10.75	8.88	2	31.76057531	4849.83985	282.0417789

15	0.99	107 791.10	725.73	1.00	15.85080935	163.9	10.77	8.89	4	63.40323741	10391.79061	563.8953293
16	0.94	106 568.70	720.47	0.99	15.74426135	175.1	10.82	8.94	2	31.4885227	5513.640325	281.3918987
17	0.88	104 613.50	706.92	0.97	15.49208184	185.6	10.93	9.03	4	61.96832738	11501.32156	559.2770546
18	0.78	99 486.50	654.97	0.90	14.63768238	196.8	11.15	9.21	2	29.27536476	5761.391784	269.6980969
19	0.65	89 819.70	575.39	0.79	13.6397662	208	13.10	10.82	4	54.55906479	11348.28548	590.1708665
20	0.5	59 858.50	136.12	0.19	6.871291953	220	11.44	9.45	1	6.871291953	1511.68423	64.91392878
										863.8363951	98505.12912	8064.355825
		s	11.00	m								

**Tabla 2-5 - Peso transversal por secciones**  
**Fuente: Propia**

Siendo:

- Qi: cociente del área en i con el área en la maestra
- pi: índice de la sección



<b>Peso</b>	<b>3167.40</b>	<b>Tons</b>
<b>XG</b>	114.03	m
<b>KG</b>	9.34	m

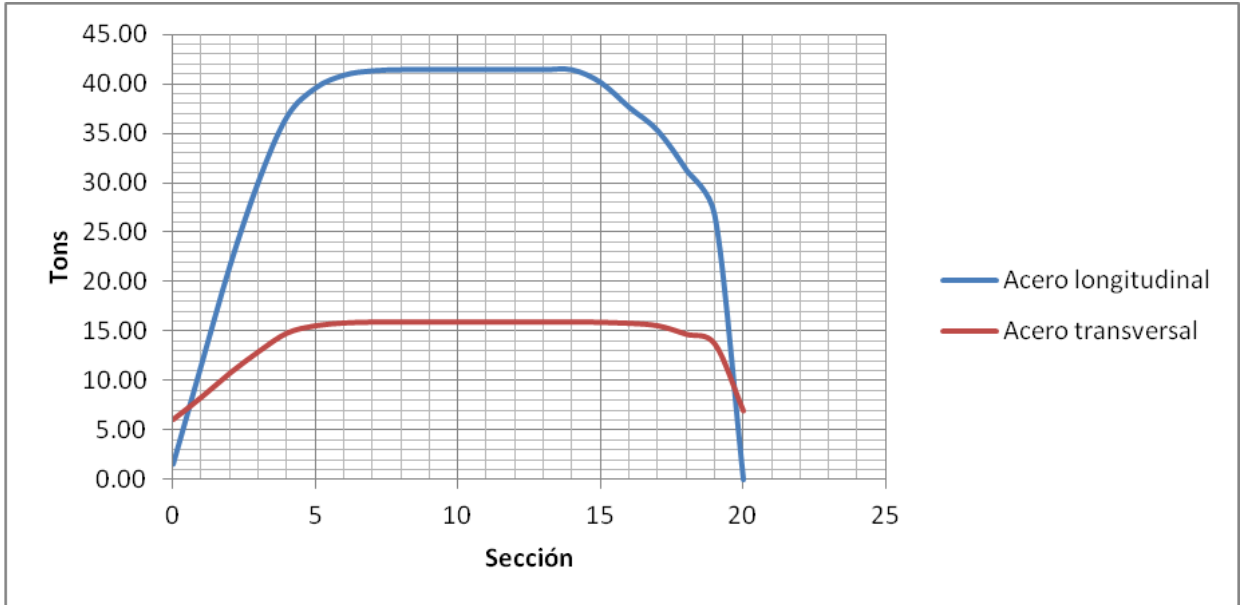
Tabla 2-6 - Peso y centro de gravedad transversal

Fuente: Propia

Sección	Acero longitudinal	Acero transversal
0	1,56	6,01
1	11,68	8,28
2	21,66	10,72
3	30,14	12,89
4	36,67	14,76
5	39,54	15,50
6	40,83	15,78
7	41,27	15,86
8	41,39	15,88
9	41,39	15,88
10	41,39	15,88
11	41,38	15,88
12	41,38	15,88
13	41,38	15,88
14	41,36	15,88
15	40,09	15,85
16	37,57	15,74
17	35,20	15,49
18	31,25	14,64
19	26,61	13,64
20	0,00	6,87

**Tabla 2-7 - Peso de las secciones**

Fuente: Propia



**Figura 2-2 - Distribución de pesos**

Fuente: Propia

## 2.3. PESO DEL ACERO LOCAL

### 2.3.1. PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES

Mamparos		Peso fijo							
Mamparos	Mamparos transversales								
Mamparo	e(m)	A(m <sup>2</sup> )	Peso t	Margen 20%	Peso total t	XG m	KG m	Mto a K	Mto a Pp
Colisión	0,013	234,32	23,91	4,30	28,22	9,92	15,03	423,98	279,90
Slops CCMM	0,013	615,12	62,77	11,30	74,07	35,00	11,39	843,90	2592,53
Slops Tanque	0,013	615,12	62,77	0,00	62,77	38,00	10,28	645,54	2385,38
Tanque 1	0,013	667,55	68,12	12,26	80,39	46,12	11,01	884,65	3707,47
Tanque 2	0,013	711,58	72,62	13,07	85,69	79,12	10,53	902,54	6779,66
Tanque 3	0,013	712,01	72,66	13,08	85,74	112,12	10,53	902,49	9613,20

<b>Tanque 4</b>	0,013	712,01	72,66	13,08	85,74	145,12	10,53	902,49	12442,61
<b>Tanque 5</b>	0,013	702,71	71,71	12,91	84,62	178,12	10,62	898,32	15072,58
<b>Colisión proa</b>	0,013	521,39	53,21	9,58	62,78	208,97	12,50	784,81	13120,32
					650,02	101,53	11,06	7188,73	65993,65

**Tabla 2-8 - Peso de los mamparos transversales**  
 Fuente: Propia

### 2.3.2. PIQUES DE POPA Y PROA

Se incluyen los refuerzos estructurales de los piques de proa y popa, incluyendo los de los mamparos que los limitan (mamparo de prensaestopas y de colisión, que anteriormente no fueron considerados. Para el cálculo del peso se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = 0.0538 * V$$

Siendo V, el volumen del pique en m3.

Espacio	Volumen (m3)	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)
<b>Pique de proa</b>	3.261,378	175,462136	213,469	12,157
<b>Pique de popa</b>	3.205,151	172,437124	8,45	14,612

**Tabla 2-9 - Peso de los piques**  
 Fuente: Propia

### 2.3.3. PESO EXTRA DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

Se corresponde con el peso extra que supone la estructura más reforzada de la cámara de máquinas. Para el cálculo del peso se utiliza la fórmula:

$$P = 0.0395 * V (Tn)$$

Siendo V en m3 el volumen de la cámara de máquinas.

Para el centro de gravedad hay que tener en cuenta que la distribución del peso es homogénea a lo largo de la cámara de máquinas.

Espacio	Volumen (m3)	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)
<b>CCMM</b>	9.883,079	390,381621	27,977	12,717

**Tabla 2-10 - Peso extra de la cámara de maquinas**  
 Fuente: Propia

### 2.3.4. CODASTE Y MECHA DEL TIMÓN

Para el cálculo del peso se utiliza la fórmula:

$$P = 8,292 * T * n$$

Siendo:

T=15, el calado del buque.

n= número de timones.

$$P = 8,292 * 15 * 2 = 248,76 \text{ ton}$$

Para el cálculo del centro de gravedad hay que tener en cuenta que la distribución del peso es homogénea a lo largo del codaste.

Espacio	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)
Codaste y mecha del timón	248,76	6,1	10,5

**Tabla 2-11 - Peso y centro de gravedad del codaste y mecha**  
**Fuente: Propia**

### 2.3.5. SUPERESTRUCTURA

Para el cálculo del peso de la superestructura se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = 0.1185 * V$$

$$P = 0.129 * V$$

Siendo V =7.501,924 m<sup>3</sup>, el volumen de la superestructura.

Para el cálculo del centro de gravedad hay que tener en cuenta que el peso se distribuye como un rectángulo sobre la eslora de la superestructura.

Espacio	Volumen (m3)	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)
Superestructura	7.501,924	967,748	10,226	7,85

**Tabla 2-12 - Peso y centro de gravedad de la superestructura**  
**Fuente: Propia**

### 2.3.6. CHIMENEA Y GUARDACALOR

Para el cálculo del peso se utiliza la fórmula:

$$P = 0,13 * V (Tn)$$

Siendo V =1.557m<sup>3</sup>, el volumen del guardacalor y la chimenea.

Para el cálculo del centro de gravedad hay que tener en cuenta que el peso se distribuye como un rectángulo sobre la eslora del guardacalor y la chimenea.

Espacio	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)
---------	-----------	--------	--------

Chimenea y guardacalor	202,4	18,6	30,8
------------------------	-------	------	------

**Tabla 2-13 - Peso y centro de gravedad de la chimenea**  
Fuente: Propia

### 2.3.7. CASTILLO DE PROA

Para el cálculo del peso se utiliza la fórmula:

$$P = 0,089 * V (Tn)$$

Siendo V =2.100 m<sup>3</sup>, el volumen encerrado por el castillo.

Espacio	Volumen	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)
Castillo de proa	1.078,145	95,955	222	22,7

**Tabla 2-14 - Peso y centro de gravedad del castillo de proa**  
Fuente: Propia

### 2.3.8. TANQUES DE CCMM

Se corresponde con el peso adicional debido al reforzado extra de la cámara de máquinas, se estima por la fórmula:

$$P = 0,043 * V (Tn)$$

El centro de gravedad de este peso se supone que coincide con el centro de gravedad del volumen que ocupa la cámara de máquinas:

Espacio	Volumen	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)
Tanques CCMM	7.076,744	304,3	28,5	18,75

**Tabla 2-15 - Peso y centro de gravedad de los tanques de CCMM**  
Fuente: Propia

### 2.3.9. RESUMEN DE PESOS LOCALES DEL ACERO Y CENTRO DE GRAVEDAD

Espacio	Volumen (m3)	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)	Mto a K	Mto a Pp
Castillo de proa	1.078,15	95,96	222,00	22,70	21.302,01	2.178,18
CCMM	9.883,08	390,38	27,98	12,72	10.921,71	4.964,48
Codaste y mecha del timón	-	248,76	6,10	10,50	758,72	1.305,99
Pique de popa	3.205,15	172,44	8,45	14,61	1.457,09	2.519,65
Pique de proa	3.261,38	175,46	213,47	12,16	37.455,73	2.133,09
Superestructura	7.501,92	967,75	10,23	7,85	9.896,19	7.596,82

Espacio	Volumen (m3)	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)	Mto a K	Mto a Pp
Tanques CCMM	7.076,74	304,30	28,50	18,75	8.672,55	5.705,63
Chimenea y guardacalor	1.557,00	202,40	18,60	30,80	3.764,64	6.233,92
<b>Totales</b>	<b>33.563,42</b>	<b>2.557,45</b>	<b>36,84</b>	<b>12,76</b>	<b>94.228,64</b>	<b>32.637,76</b>

**Tabla 2-16 - Pesos locales del acero y centro de gravedad**  
**Fuente: Propia**

## 2.4. PESO TOTAL Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL ACERO (CONTINUO + LOCAL)

Componiendo todas las partidas anteriores, tanto de acero continuo como local se consigue como resultado el peso total del acero y la posición del centro de gravedad.

Concepto	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)	Mto a K	Mto a Pp
Acero longitudinal	7.565,57	113,99	9,21	862.401,223	69.713,159
Acero transversal	3.167,40	113,99	9,21	361.052,857	29.186,108
Mamparos transversales	650,02	101,53	11,06	65.993,647	7.188,732
Acero local	2.557,45	36,84	12,76	94.228,636	32.637,762
Peso total acero (+2% de peso soldadura y 1% de margen de cálculo)	13.939,87	99,19	9,951	1.383.676,364	138.725,762

**Tabla 2-17 - Resumen de pesos del buque**  
**Fuente: Propia**

Como puede observarse se ha considerado un margen de un 2% sobre la suma de los pesos de acero continuos y locales debido al peso de la soldadura y de los elementos estructurales, así como de un 1% como margen de cálculo.

## Capítulo 3. CÁLCULO DEL PESO DE LA MAQUINARIA

En general el Peso Total de la Maquinaria incluye lo siguiente:

- Peso de los Motores Principales.
- Peso de la Maquinaria auxiliar.
- Peso del Propulsor.
- Peso del eje de cola, intermedio...
- Peso de los polines.
- Respetos Reglamentarios.

Dentro del apartado de la maquinaria auxiliar se incluye la reductora, si la lleva, los grupos electrógenos, la caldera, etc. cuyos pesos si son de entidad, se pueden estimar individualmente.

Para el cálculo de esta partida del peso en rosca se ha utilizado el procedimiento publicado por el L.R.S.

Los procedimientos un poco más detallados de cálculo del Peso de la Maquinaria, PQ, para buques a motor se suelen descomponer en varias partidas, normalmente en:

- Peso de la Maquinaria Propulsora (PQP).
- Peso de la Maquinaria Restante (PQR).
- Pesos Restantes de la Maquinaria (PR).

El mismo, descompone el peso de la maquinaria, Pmaq, en dos partidas: peso de la maquinaria propulsora, Pmaq prop, y peso restante Pr. A su vez, el peso de la maquinaria propulsora se descompone en el peso del motor propulsor, Pmotor, y peso restante de la maquinaria propulsora, Pr maq prop. Es decir:

$$Pmaq = Pmaqprop + Pr = (Pmotor + Pr maq prop) + Pr$$

El centro de gravedad lo calcularemos de la siguiente forma:

XG, consideraremos el centro de la cámara de máquinas, puesto que el motor principal y el resto de sus sistemas auxiliares están prácticamente centrados y hace que se reparta el peso homogéneamente a lo largo de la eslora.

ZG del centro de gravedad de la maquinaria se ha calculado mediante la siguiente fórmula propuesta.

$$Zg = 0,17 * T + 0,36 * D = 10,11 m$$

Siendo T y D, el calado y el puntal respectivamente del buque base.

### 3.1. PESO DE LA MAQUINARIA PROPULSORA

Como su propio nombre indica, el Peso de la Maquinaria Propulsora (PQP) comprende el peso de la maquinaria responsable de la propulsión del buque. Esta puede ser bien por motores diesel, por turbinas de gas, por calderas de vapor, por motores eléctricos...

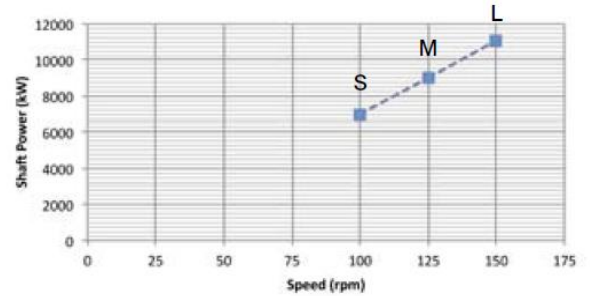
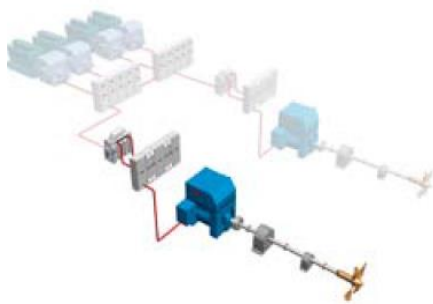
Como en nuestro caso ya tenemos definido nuestros dos motores propulsores reales a instalar, que son dos motores ABB 1250M con una potencia máxima continua cada uno de 9.000 kW definidos en el Cuaderno 6, en vez de estimar el peso de los motores por formulación utilizaremos los valores reales del peso de nuestros motores obtenido directamente del catálogo del fabricante.

Su peso, como acabamos de decir, lo sacamos directamente del catálogo del fabricante. En él podemos observar el peso del motor "en seco", es decir, sin ningún tipo de fluido en su interior, que es el que nos interesa puesto que el combustible y los diferentes fluidos de refrigeración y lubricación (aceite y agua) se incluyen en el

apartado de peso muerto del buque y no ahora que tratamos de calcular el peso en rosca.

En el Capítulo de Anexos, adjuntamos la ficha de referencia de nuestros motores propulsores reales a instalar, sacada del catálogo del fabricante.

Definidos en el cuaderno 6, a continuación vemos el peso de los motores eléctricos cuya información nos proporciona la empresa ABB.



Direct Drive 1250 - Single Drive (with Transformer)				
	Drive Step	S	M	L
	Propeller Speed (rpm)	≥100	≥125	≥150
	Maximum Power (kW)	7000	9000	11100
	Maximum Torque (kNm)	669,0	687,5	706,6
	Drive (kVA)	9000	11000	14000
	Transformer (kVA)	8000	12000	14000
	Braking Capacity (MJ)	30	46	46
Weight (kg)	Motor	84050	84100	84100
	Frequency Converter	6600	6800	8900
	Braking Resistor	620	750	750
	Transformer	12500	17200	18500
	Excitation Transformer	1330	1330	1720
	Harmonic Filter	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>103770</b>	<b>108850</b>	<b>112250</b>

Figura 3-1 – Características del Motor elegido de ABB

Fuente: ABB System Project Guide Passenger Vessels

Resulta por tanto:

Descripción	Peso (kg)
Motor	84.100
Convertidor de frecuencia	6.800
Resistor	750
Transformador	17.200
Trans. Excitación	1.330
Filtro harmonic	-
<b>Total</b>	<b>108.850</b>

Tabla 3-1– Pesos sistema Direct drive 1250M

Fuente: Propia a partir de ABB

Al ser dos líneas de ejes, el peso total será el doble:

$$P_{Sist.1250M} = 2 * 108.850 = 217,7 \text{ toneladas}$$



### 3.2. PESO DE LA MAQUINARIA RESTANTE

El peso de la maquinaria restante se puede calcular distinguiendo las siguientes partidas:

- Motores DDGG
- Calderas
- Polines
- Hélices
- Líneas de ejes
- Sistemas de combustible
- Respetos en CCMM y líquidos varios

En primer lugar vamos a realizar una serie de cálculos directos imperativos para hacernos una idea del nivel de los pesos.

#### **Método L.R.S**

El L.R.S. indica en este caso:

$$Pr = k * Vcm^l + h * leje * (j * L + 5) = 446,3305 Tn$$

Siendo k, l, h y j unos coeficientes que para el caso de buques petroleros, toman los siguientes valores:

- k = 0,0395
- l = 1
- h = 1,5
- j = 0,0164

Por otra parte:

- VCM = 9.883,079 m<sup>3</sup> es el volumen de la cámara de máquinas
- leje = 6,5 m es la longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas
- L = 220 m es la eslora entre perpendiculares del buque de proyecto.

$$Pr = 0,0395 * 9.883,079 + 1,5 * 6,5 * (0,0164 * 220 + 5) = 556,271 Tn$$

#### **Método "Proyectos de buques y artefactos"**

También podemos utilizar la siguiente expresión que aparece en el libro "Proyectos de Buques y Artefactos" del profesor D. Fernando Junco para propulsión diesel eléctrica, la cual es la siguiente:

$$PQR = 0,72 * (MCR (kW))^{0,78}$$

$$PQR = 0,72 * (24.000)^{0,78} = 1.878,872 tn$$

Procedamos ahora a calcular una por una dichas partidas para obtener así el peso de la maquinaria restante más detallado.

### 3.2.1. PESO DE LOS DIESEL GENERADORES

En un primer lugar, el método a seguir sería realizar una estimación del peso por formulación empírica, no obstante como ya conocemos cuales serán nuestros motores DDGG y su número a instalar a ordo utilizaremos directamente su valor real del peso obtenido del catálogo del fabricante.

Estimados en el cuaderno 6, se asigna el peso real de esta partida, obtenido del catálogo del fabricante una vez seleccionado el motor del buque proyecto.

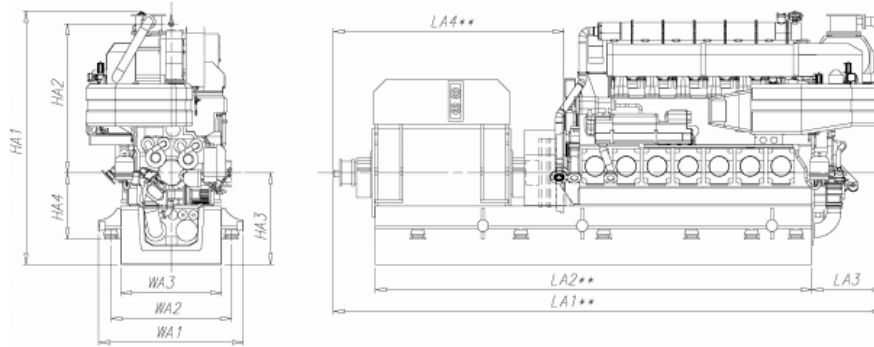


Fig 1-5 In-line engines (DAE082427)

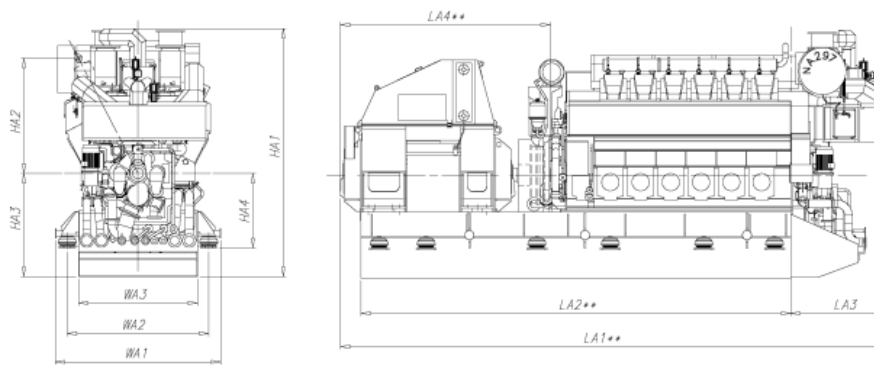


Fig 1-6 V engines (DAE082975)

Dimensions (mm) and weights (tonnes)						
Engine type	A	B	C	D	F	Weight
6L34DF	5 325	2550	2380	2 345	1 155	35
8L34DF	5 960	2 550	2 610	2 345	1 155	44
9L34DF	6 870	2 550	2 610	2 345	1 155	49
12V34DF	6 865	2 435	2 900	2 120	1 210	61
16V34DF	7 905	2 570	3 325	2 120	1 210	77

Figura 3-2 - Peso del diesel generador dual fuel

Fuente: <http://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/engines-generating-sets/dual-fuel-engines/wartsila-50df>

Resulta por tanto:

$$P_{DDGG} = 66 * 4 = 264 \text{ toneladas}$$

### 3.2.2. PESO DE LOS POLINES

El peso de los polines tanto del motor principal como de los auxiliares (diesel-generadores) se puede obtener de la siguiente fórmula tomada de la obra "Proyectos de Buques y Artefactos", del profesor D. Fernando Junco Ocampo:

El peso se calcula mediante la siguiente expresión:

#### Peso de los polines de los motores propulsores

$$Pot.MP = \frac{(a + b) * MCR (HP)}{1000}$$

Dónde:

$$a = 0,00381 * \left( \frac{MCR (kW)}{1.000} \right)^{0,5} - 0,164 * \frac{MCR (kW)}{1.000} + 3,26$$

Y "b" puede variar dependiendo de las revoluciones a las que giren los motores:

- Si  $RPM < 100$ :  $b = 0,5$

$$\frac{150 - RPM}{200}$$

- Si  $100 < RPM < 200$ :  $b =$

- Si  $RPM > 200$ :  $b = -0,5$

Por lo que en nuestro caso tenemos:

Para a:

$$a = 0,00381 * \left( \frac{18.000}{1.000} \right)^{0,5} - 0,164 * \frac{18.000}{1.000} + 3,26$$

$$a = 0,324$$

Para b:

$RPM = 125$  por lo tanto:

$$b = \frac{150 - 125}{200} = 0,125$$

Nuestro peso de polines será por tanto:

$$Polines.MP = \frac{(0,324 + 0,125) * 24.138,398}{1.000} = 10,838 \text{ tn}$$

#### Peso de los polines de los motores auxiliares

El peso de los polines de los motores auxiliares (grupos diesel generadores) viene dado por la siguiente fórmula:

$$Peso \text{ Polines }_{MMAA} = \frac{MCR (KVA) * 4,5}{RPM (DDGG)}$$

Cylinder configuration	Main engines 750 rpm	Generating sets			
		720 rpm		750 rpm	
	Engine [kW]	Engine [kW]	Generator [kVA]	Engine [kW]	Generator [kVA]
Wärtsilä 6L34DF	3000	2880	3460	3000	3600
Wärtsilä 8L34DF	4000	3840	4610	4000	4800
Wärtsilä 9L34DF	4500	4320	5180	4500	5400
Wärtsilä 12V34DF	6000	5760	6910	6000	7200
Wärtsilä 16V34DF	8000	7680	9220	8000	9600

$$Peso\ Polines\ MMAA = \frac{7200 * 4,5}{750} = 43,2\ tn$$

Como sabemos que tenemos 2 motores propulsores y 4 motores diésel generadores tendremos un total para el peso de los polines de:

$$Peso\ Polines\ MMAA = (2 * 10,838) + (4 * 43,2) = 194,476\ tn$$

### 3.2.3. PESO DE LAS HÉLICES

Para obtener el peso de las hélices se usa la fórmula que aparece en el libro "Proyectos de Buques y Artefactos" del profesor D. Fernando Junco, la cual es la siguiente:

$$Peso\ Hélice = n * 0,080 * D^3$$

Siendo:

- "D" el diámetro de los propulsores, calculado de manera definitiva en el Cuaderno 6, y teniendo un valor de 7 metros para nuestras dos hélices.
- n: el número de hélices, en nuestro caso dos.

$$Peso\ Hélice = n * 0,080 * 7^3 = 54,88\ tn$$

### 3.2.4. PESO DE LA LÍNEA DE EJES

Para obtener el peso de las líneas de ejes se usa la fórmula que aparece en el libro "Proyectos de Buques y Artefactos" del profesor D. Fernando Junco, la cual es la siguiente:

$$Peso\ lin.\ eje = L_{eje} * 0,081 * \left( n * \frac{MCR (kW)}{n' * rpm} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$Peso\ lin.\ eje = 6,5 * 0,081 * \left( 2 * \frac{18.000}{2 * 125} \right)^{\frac{2}{3}} = 14,464\ tn$$

- L l.ej: Longitud de la línea de ejes. Este valor se obtiene por medición directa sobre el Plano de Disposición General (Cuaderno 7) que se muestra en el Anexo F. L l.ej = 16.254 m
- n: número de motores propulsores. n = 2
- rpm: revoluciones de los propulsores. rpm = 125
- n': número de propulsores. n' = 2
- MCR: potencia máxima continua de nuestros motores. MCR = 18.000 kW

### 3.2.5. PESO SISTEMA PREPARACIÓN COMBUSTIBLE

Para obtener el peso del sistema de preparación de combustible se usa la fórmula que aparece en el libro "Proyectos de Buques y Artefactos" del profesor D. Fernando Junco, la cual es la siguiente:

$$P_{pco} = a * \frac{MCR (kW)}{1.000} + b$$

Donde a y b dependen del tipo de combustible, los que acabamos de definir se refieren para combustibles 100<IFO<179 cst, como es nuestro caso.

$$P_{pco} = 0,72 * \frac{24.000}{1.000} + 2,47 = 19,45 \text{ tn}$$

### 3.2.6. PESO PIEZAS DE RESPETO, CARGOS CCMM Y LÍQUIDOS EN CIRCUITOS

Para obtener el peso de las piezas de respeto, cargos de cámara de máquinas y líquidos en circuitos incluidos en el peso en rosca se usa la fórmula que aparece en el libro "Proyectos de Buques y Artefactos" del profesor D. Fernando Junco, la cual es la siguiente:

$$P_{vario} = a * MCR(kW) + b * MCR(kW)^{0,7}$$

Siendo al ser MCR>736 kW:

- a=0,0109
- b=0,07525

$$P_{vario} = 0,0109 * 9.000 + 0,07525 * 9.000^{0,7} = 142,2 \text{ tn}$$

Este valor del peso es válido para un motor, siendo necesario multiplicar el valor anterior por el número de motores propulsores para nuestro caso concreto, es decir, dos.

$$P_{vario} = 2 * 142,2 = 284,407 \text{ tn}$$

Ya podemos calcular el Peso total de la Maquinaria Restante, debido a que ya tenemos definido y calculado el peso de todas y cada una de las partidas que la componen.

Veamos ahora cuanto vale dicha partida:

$$P_{maq. restante} = P_{MP} + P_{polines} + P_{hélices} + P_{línejos} + P_{sist.comb.} + P_{varios}$$

$$P_{maq. restante} = 264 + 194,476 + 54,88 + 14,464 + 19,45 + 284,804 = 832,074 \text{ tn}$$

Veremos a continuación una comparativa de los distintos métodos utilizados para conocer el peso de la maquinaria restante, los métodos directos y la suma de todas las partidas detalladas, que, a priori, deberían de tener más validez frente a las demás.

Peso de la maquinaria restante	
Descripción	Peso (tn)
Método LRS	556
Método "Proyecto de buques y artefactos"	1.879
Método desglosado en partidas	832,074

Tabla 3-2 – Comparativa pesos de la maquinaria restante  
 Fuente: Propia

Observamos que el método de “proyecto de buques y artefactos” difiere en más del doble con respecto al método de la sociedad de clasificación, LRS, y el método desglosado en partidas. Como bien hemos mencionado anteriormente, el método más fiable y detallado sería el desglosado en partidas, por lo tanto utilizaremos el peso de la maquinaria restante de ese método.

$$P_{maq. restante} = 832,074 \text{ tn}$$

### 3.3. PESOS RESTANTES DE LA MAQUINARIA

Los Pesos Restantes de la maquinaria (RP) son muchos, ya que engloban el resto de los pesos relacionados con la maquinaria del buque, tanto propulsora como auxiliar, que no son las propias maquinas principales en sí, pero que sin las cuales no sería posible el funcionamiento de la maquinaria principal, ya sea propulsora o auxiliar.

Por lo tanto en esta partida estarán contenidas todas las bombas necesarias para el funcionamiento de los motores y calderas, así como las depuradoras de combustible, los filtros, las chumaceras para los ejes, otros polines menores (que no sean de tanta envergadura como los calculados anteriormente), tuberías que conecten los motores y calderas con sus respectivos tanques de combustibles, etc.

Los Pesos Restantes de la maquinaria (RP) son imposibles de calcular y contabilizar de manera individualizada en esta etapa del proyecto, pero si nos es posible realizar una muy buena aproximación a dichos pesos mediante el uso de formulación.

Para ello se usa la fórmula que aparece en el libro "Proyectos de Buques y Artefactos" del profesor D. Fernando Junco, la cual es la siguiente:

$$Pr_{maq prop} = c * BHP^d = 446,84 \text{ Tn}$$

Siendo c y d un coeficiente que para el caso de buques petroleros toman los siguientes valores:

- c = 0,59
- d = 0,70
- Por otra parte :
- BHP = 18.000 kW
- rpm = 125.

#### 3.3.1. PESO TOTAL DE LA MAQUINARIA

Ya tenemos calculadas cada una de las partidas, que recordemos eran:

- Peso de la Maquinaria Propulsora (PQP).
- Peso de la Maquinaria Restante (PQR).
- Pesos Restantes de la Maquinaria (PR).

Por lo que ya podemos obtener el Peso total de la Maquinaria (PQ):

$$PQ = PQP + PQR + PR$$

Peso total maquinaria	
Descripción	Peso (tn)
Maquinaria propulsora (PQP)	217,7
Maquinaria restante (PQR)	832,07
Restante maquinaria (PR)	446,84

Peso total maquinaria	
Descripción	Peso (tn)
Total	1.496,61

**Tabla 3-3 - Peso de la maquinaria**  
Fuente: Propia.

### 3.4. PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

#### 3.4.1. LA CORROSIÓN EN EL BUQUE

La corrosión es la transformación indeseable o deterioro de un material como consecuencia del medio que lo rodea debido a la acción de los agentes agresivos (la atmósfera, el agua de mar, el aire húmedo, los vapores ácidos, etc.)

Puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y las propiedades de los metales en cuestión.<sup>1</sup>



Corrosión de un metal



Corrosión de un ancla

**Figura 3-3 - Ejemplo de corrosión**

Fuente: Apuntes Procesos de construcción naval

---

<sup>1</sup> Apuntes de Procesos de construcción naval

## 2. TIPOS DE CORROSIÓN

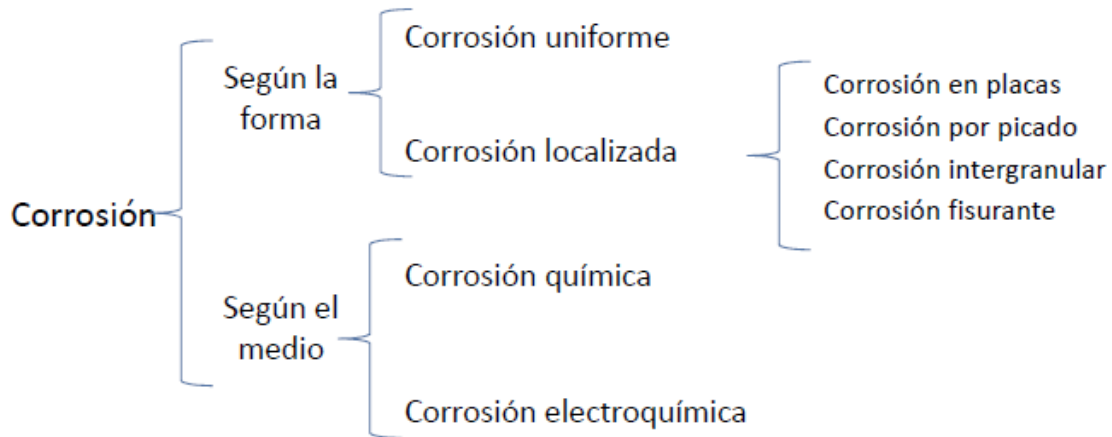


Figura 3-4 - Tipos de corrosión

Fuente: Apuntes Procesos de construcción naval

### 3.4.2. NECESIDADES DE EVITAR LA CORROSIÓN

La corrosión es, un fenómeno que depende del material utilizado, de la concepción de la pieza (forma, tratamiento, montaje) y del ambiente.

Se puede influir entonces en estos tres parámetros:

- Elección del material
- Concepción de la pieza: evitar los contactos entre materiales diferentes y las heterogeneidades en general
- Dominio del ambiente: inhibidores en circuitos cerrados

Existen 2 razones para evitar la corrosión:

- 1) Evitar roturas y daños: con la corrosión el acero puede desgastarse hasta a una velocidad de 0.1mm/año. Por tanto los elementos del buque irán perdiendo resistencia e incluso llegar a romper (se exigen revisiones periódicas).
- 2) Razones de estética: la corrosión deteriora la superficie del buque. En algunos casos disminuye la velocidad por rugosidad en el casco

### 3.4.3. FORMAS DE EVITAR LA CORROSIÓN

Existen 3 sistemas:

- Ánodos de sacrificios
- Corrientes impresas
- Revestimiento (pinturas).

Se suelen usar combinaciones entre ellas.

En el buque hay elementos de bronce (cobre + estaño) que atacan al acero; por ejemplo hélices, tapones, etc.



Es necesario poner ánodos de sacrificios que se destruyan y preserven al acero.

Se utiliza como protección el cinc.

Tiene la ventaja de ser barato pero el inconveniente de su renovación periódica. También se utilizan ánodos de magnesio y de aluminio.

Se recomienda usar Ánodos de Zinc o Aluminio, protegiendo las partes siguientes de la obra viva:

- Popa, Timón y Ejes
- Casco
- Cajas y tomas de mar
- Hélices de Proa y maniobra
- Toberas, etc.

Tras una breve explicación de lo que es la corrosión y como combatirla, realizaremos el cálculo del número de ánodos que necesitaríamos para proteger nuestro buque de la corrosión

Energía producida (en el buque) = energía consumida (en destrucción de ánodos)

Ley de Faraday: La destrucción es proporcional a la corriente y al tiempo

$$\text{Peso anodos} = \frac{\text{Corriente (A)} * \text{años vida} * \frac{h}{\text{año}}}{\text{Capacidad del material del anodo (Amp} * H / \text{Kg)}}$$

A su vez la corriente se calcula como los miliamperios/m<sup>2</sup>\*m<sup>2</sup> de superficie sumergida.

$$S_m * d * n * \frac{H}{\text{año}} = C_e * P$$

Siendo:

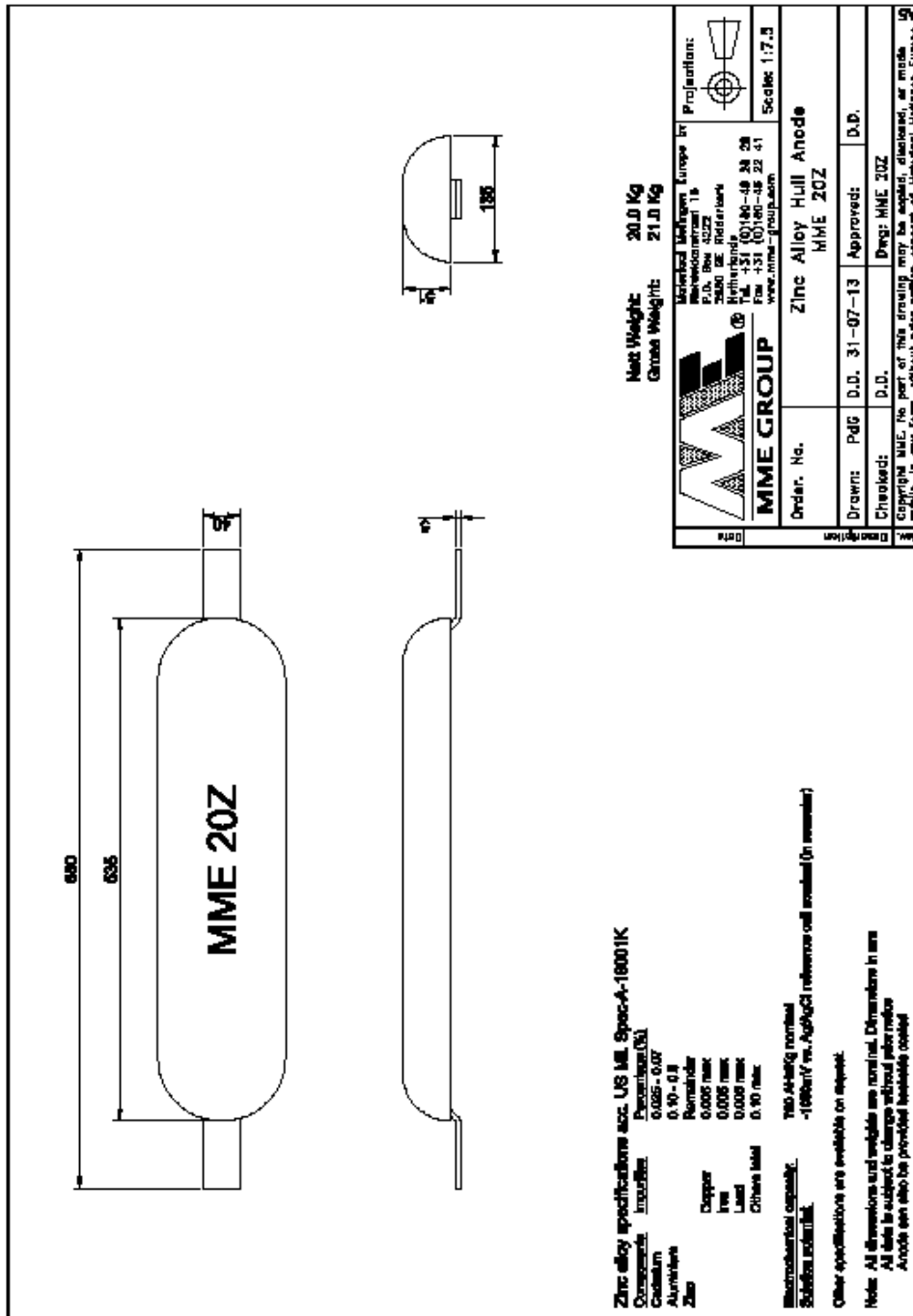
- S<sub>m</sub>= superficie mojada en m<sup>2</sup>= 12.434,146 m<sup>2</sup>
- d= densidad de corriente mA/m<sup>2</sup>= estimamos en 15mamp/m<sup>2</sup>
- n= número de años=2 años
- C<sub>e</sub>= Capacidad eléctrica en Amp\*h/kg
- P= Peso en Kg
- H= horas

Hemos escogido ánodos de zinc frente al magnesio por recomendación de Cathelco y del suministrador MME, ya que.

- Capacidad de Zinc= 780 A hr /Kg
- Capacidad aluminio= 2.700 A hr/Kg

Pero el resultado de protección es más o menos equivalente debido a que el peso del aluminio frente al zinc es mucho menor por lo que se equipara la protección.

El ánodo que hemos escogido es el siguiente:



44 van 135

Figura 3-5 - Ánodo de nuestro buque

Fuente: [http://www.mme-group.com/fileadmin/user\\_upload/Documenten/Downloads/EN/MME\\_Group\\_Ano\\_de\\_-\\_Booklet.pdf](http://www.mme-group.com/fileadmin/user_upload/Documenten/Downloads/EN/MME_Group_Ano_de_-_Booklet.pdf)

A continuación realizamos el cálculo del número de ánodos de los que dispondrá nuestro buque.

### **Protección catódica**

El peso de la protección catódica del casco (incluidos timones y hélices) y de los tanques de lastre se calcula mediante:

$$Peso\ anodos = (12434,146 * 15) / 1000 * \frac{2 * 8760}{780} = 4,190\ Tn$$

$$Anodos = \frac{4189,350}{20} = 199,492\ anodos \approx 200\ anodos$$

Además hay que añadir el peso de la protección catódica de los tanques de lastre de los petroleros que se estima con la siguiente expresión:

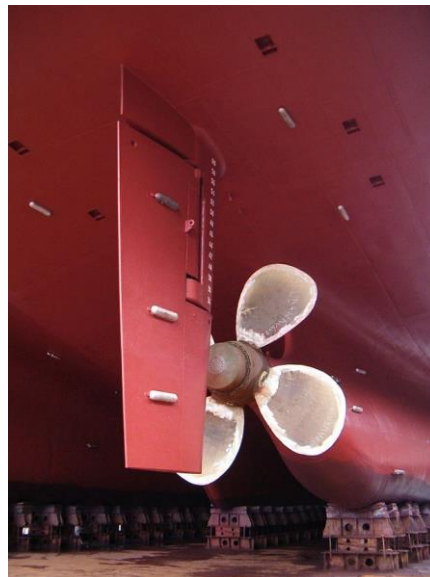
$$P_{proteccion\ tanques\ de\ lastre} = 0,0012 * V_{tanques} = 35,661\ Tn$$

Siendo:

- $V_{tanque} = 29.171,716\ m^3$  es el volumen de los tanques a proteger.

Los ánodos deben distribuirse convenientemente alrededor de la superficie mojada del casco, aumentando su número en la zona de Popa debido a la alta densidad de corriente originada por las hélices. También se recomienda instalar ánodos en las tomas de mar.

Esta práctica normal puede variarse dependiendo de la geometría del buque, su sistema de pintado, o incluso del servicio previsto del mismo.

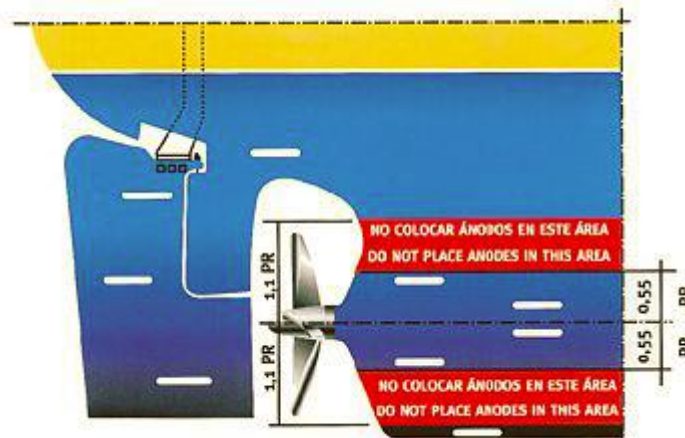


**Figura 3-6 - Zona de la hélice con ánodos**

**Fuente:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n\\_cat%C3%B3dica#mediaviewer/Archivo:Brosen\\_propelersterntychy.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_cat%C3%B3dica#mediaviewer/Archivo:Brosen_propelersterntychy.jpg)

A continuación una figura nos muestra la disposición de ánodos en la zona de popa:



**Figura 3-7 - Distribución de ánodos en la zona de la hélice**  
 Fuente: Apuntes procesos de construcción naval

Recomendaciones prácticas para la instalación:

- ✓ Los Ánodos están provistos de pletinas para su directa soldadura al casco. Se recomienda que las puntas de las pletinas no estén galvanizadas, para evitar los gases tóxicos que se producen en el momento del montaje
- ✓ La distribución de los Ánodos deberá hacerse de acuerdo con el diseño
- ✓ No se deberán colocar Ánodos en el fondo debido a problemas de entrada y salida de dique
- ✓ En ningún caso deberán pintarse los Ánodos

<i>Ventajas</i>	<i>Limitaciones</i>
● Fácil de instalar.	● Corriente suministrada limitada.
● No se necesita de una fuente de corriente continua ni de un regulador de voltaje.	● Ineficaz en ambientes de resistividad elevada.
● No provoca problemas de interferencia.	● Costo inicial alto.
● Bajo costo de mantenimiento.	● Alto consumo de ánodos para estructuras enterradas mal revestidas y sin revestimiento en agua de mar.
● Permite obtener una distribución de corriente uniforme.	
● Se puede aumentar el número de ánodos, con el sistema en operación.	

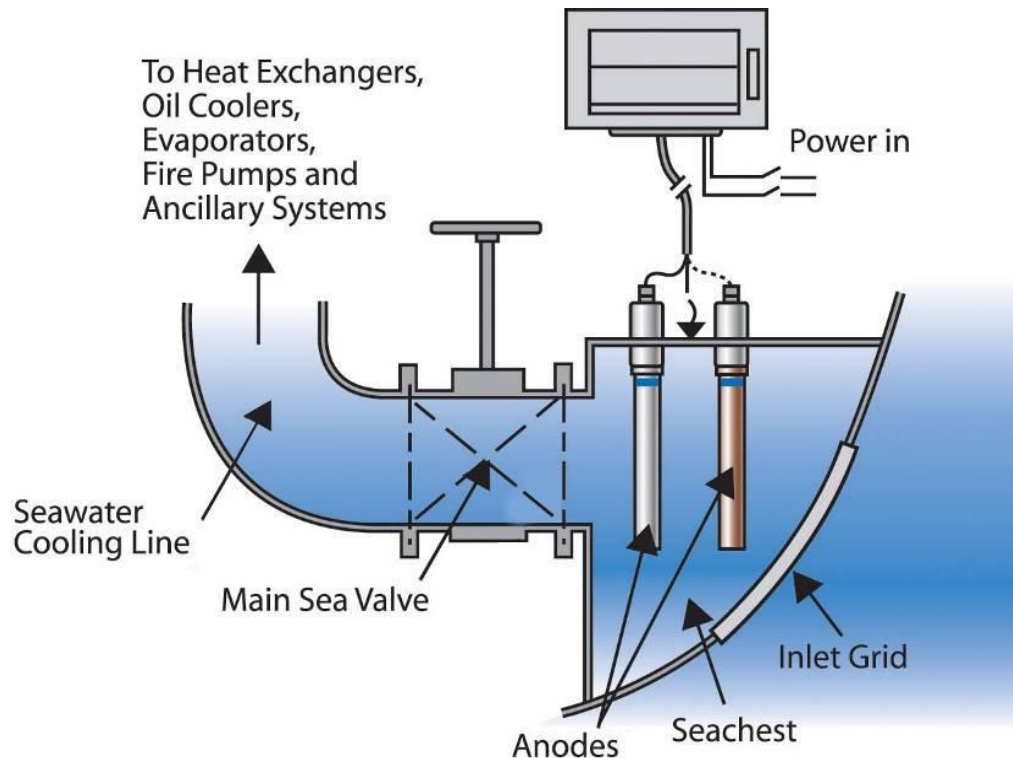
**Figura 3-8 – Ventajas de la protección catódica con ánodos de sacrificio**

Fuente: Apuntes procesos de construcción naval

### 3.5. CORRIENTES IMPRESAS

El sistema de Protección Catódica por Corrientes Impresas ha sido diseñado con el fin de evitar la corrosión catódica que se genera en los cascos de los buques.

La protección catódica es un sistema anticorrosivo (evita el deterioro del casco del barco) que convierte toda la superficie externa del barco en un cátodo homogéneo.



**Figura 3-9 - Sistema de corrientes impresas**

**Fuente: Apuntes procesos de construcción naval**

Con corriente alterna, existente en el buque, alimentamos un equipo transformador-rectificador del que, mediante unos ánodos, que actúan como dispersores de corriente sale la corriente ya rectificada que, a través del agua de mar (electrolito) penetra en el casco para cerrar el circuito en el equipo (transformador-rectificador) mediante una puesta a masa (conexión del polo negativo del equipo al casco).

A este equipo le acoplamos un sistema automático que, mediante una célula de referencia, regula el corte o salida de corriente según las necesidades de protección, con lo cual siempre se consigue la intensidad necesaria en cada momento, para mantener el casco continuamente protegido.

Está compuesto principalmente por:

- Unidades de control de potencia.
- Ánodos de titanio—platinada y plomo—plata.
- Electrodo de referencia de zinc de alta pureza.
- Dispositivo de puesta a masa de los ejes propulsores para proteger las hélices.
- Puesta a masa del timón.

La gran ventaja de estos sistemas es su diseño individualizado para cada tipo de buque, adaptando el sistema a la morfología del casco.

Se desarrollaron ánodos con diversas formas estructurales teniendo en cuenta la zona del casco del buque en la cual va a ser instalada. Otra ventaja es que han sido diseñados de tal manera que el mantenimiento a realizar durante las varadas sea el mínimo posible.

Los ánodos de sacrificio y las células de referencia, encargadas medir y de suministrar la diferencia de potencial entre el agua de mar y el casco, irán instalados en el casco del buque. Todo el proceso está controlado por un panel de control.

**Características de los ánodos empleados en protección catódica con corriente impresa.**

Tipo	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Consumo kg/A-año	Densidad de corriente A/m <sup>2</sup>		Utilización (medio)
			máxima	práctica	
Acero Chatarra	7.8 7.0	~9. 4.5-1	5	1	todos
Grafito	1.6	0.1-1	10-100	2.5-40	terreno, agua de mar; excluido el fondo marino y el agua dulce
Ferro-silicio: 0.95%C, 16%Si, 0.75% Mn	~7	0.25-1	30-40	10-100	agua dulce, terreno
Fe-Cr-Si: 0.95%C, 0.75% Mn, 4.5%Cr, 14.5%Si	7	0.25-1	270		terreno, agua de mar, fondo marino
Pb-Ag (2% Ag)	11.3	~0.2	300	30-65	sólo agua de mar; excluido el fondo marino
Pb-Ag-Sb (1%Ag, 6%Sb)	11	~0.5	300	50-200	
Titanio platinado	4.5	8.10 <sup>-6</sup>	400 por cada micra de pla- tino de espe- sor	500-1 000	terreno no salino con backfill, agua de mar; excluido el fondo marino y el agua dulce
Niobio platinado	8.4			500-700	
Tántalo platinado	16.6			500-1 100	
Titanio-óxido de rutenio (DSA)	4.5	5.10 <sup>-7</sup>	1100	700-1 100	todos

Figura 3-10 - Características de los ánodos de referencia

Fuente:[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/sec\\_8.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/sec_8.htm)

Ventajas	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Puede diseñarse para un amplio intervalo de potencial y corriente.</li> <li>● Un ánodo o lecho anódico puede suministrar una gran corriente.</li> <li>● Con una sola instalación se pueden proteger superficies muy grandes.</li> <li>● Potencial y corriente variables.</li> <li>● Se puede utilizar en ambientes de resistividad elevada.</li> <li>● Eficaz para proteger estructuras no recubiertas o mal recubiertas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Puede causar problemas de interferencia.</li> <li>● Está sujeto a rotura de la fuente de corriente.</li> <li>● Requiere de una inspección periódica y de mantenimiento.</li> <li>● Requiere de una fuente de corriente continua.</li> <li>● Posibilidad de condiciones de sobreprotección con daños a recubrimientos y problemas de fragilización por la acción del hidrógeno.</li> <li>● Conexiones y cables sujetos a roturas.</li> <li>● Tiene un costo elevado.</li> </ul>

Figura 3-11 - Ventajas y desventajas del sistema de corrientes impresas

Fuente: Apuntes Procesos de construcción naval

### 3.6. PESO DE LA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

El peso de la protección anticorrosiva se puede desglosar en dos conceptos: el peso de la pintura del buque y el peso de la protección catódica.

#### 3.6.1. PESO DE LA PINTURA

##### *Pintura del buque*

El peso de la pintura del buque "Ppintura" se obtiene como porcentaje del peso del acero (obtenido en el capítulo de peso en rosca), a través de la siguiente expresión:

$$P_{pintura} = 0,007 * PAC$$

$$P_{pintura} = 102,387 Tn$$

#### 3.6.2. PESO DE ESCOTILLAS, ESCALERAS, PUERTAS Y VENTANAS ESCOTILLAS

Se considerarán escotillas estándar de tanque con un diámetro de 950 mm y una brazola de 900 mm y se incluirá el peso de los accesorios.

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = 0,417 * N_{tanques} = 4,17 Tn$$

Siendo NTanques, el número de tanques de carga. NTanques = 10

### 3.6.3. ESCALERAS INTERIORES

El peso de las escaleras depende de su altura (si incluye o no una plataforma). Se considera que son de acero inoxidable.

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = N_{tanques} * \left( a + 351 * \frac{D - DB}{1000} \right) = 16.269 Tn$$

Siendo:

- a =9,6; coeficiente en función de la altura del tanque.
- D y DB, puntal (considerando la brusca en nuestro caso) y altura del doble fondo respectivamente.

### 3.6.4. ESCALERAS EXTERIORES

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = 0,8 * NH + 0,6 = 3,8 Tn$$

Siendo NH = 4, el número de cubiertas con alojamientos

### 3.6.5. PUERTAS DE ACERO

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = 0,56 * (NH + 1) + 0,28 * NC = 2,8 Tn$$

Siendo:

- NH definido en el apartado anterior.
- NC = 0, el número de casetas.

### 3.6.6. PORTILLOS Y VENTANAS

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = 0,12 * NT = 2,4 Tn$$

Siendo NT = 20; el número de tripulantes 20.

#### Resumen de pesos

Protección y accesos	
Concepto	Peso (Tn)
Ánodos	4,19
Protección tanques de lastre	35,661
Pintura	102,38
Escotillas	4,17



Protección y accesos	
Concepto	Peso (Tn)
Escaleras interiores	16,269
Escaleras exteriores	3,8
Puertas de acero	2,8
Portillos y ventanas	2,4
Total	171,67

**Tabla 3-4 - Peso de las protecciones y accesos**  
Fuente: Propia

### 3.7. ACOMODACIÓN

En esta partida se agrupan los distintos elementos que intervienen en la acomodación de la tripulación como son la instalación eléctrica fuera de la cámara de máquinas, la ventilación, el mobiliario, y demás enseres que se agrupan dentro de la habitación.

#### 3.7.1. HABILITACIÓN

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = 0,18 * AA = 283,454 Tn$$

Siendo AA = 1.575 m<sup>2</sup>, el área de alojamientos.

#### 3.7.2. EQUIPO ELÉCTRICO Y VENTILACIÓN

Por su parte, el peso del equipo eléctrico fuera de cámara de máquinas y de la ventilación en esta fase de proyecto se estima por comparación con otros proyectos. Asignamos pues a esta partida, un peso total de 110T.

#### 3.7.3. PESO DEL EQUIPO DE NAVEGACIÓN

Aquí se agrupan los diversos elementos instalados en el puente como pueden ser el radar, sistema de posicionamiento, radiotelegrafía, etc. Este valor puede variar entre las 2 y las 14 toneladas y se ha elegido el valor máximo dadas las dimensiones del barco y que va equipado con tecnología moderna.

$$P = 14 Tn$$

#### 3.7.4. PESO DEL EQUIPO DE GOBIERNO Y MANIOBRA

Se incluye aquí timón, mecha y accesorios, servomotor hidráulico, electrobombas hidráulicas y polines. El peso viene dado por la fórmula:

$$P_{gobierno} = 0,0224 * Atimon * v^{\frac{3}{2}} + 2 = 81,38 Tn$$

Al tener dos timones el peso será el doble:

$$P_{gobierno} = 81,38 * 2 = 162,76 \text{ Tn}$$

Siendo:

- Atimón = 61,44 m<sup>2</sup>, el área del timón calculada anteriormente.
- v = 15 nudos, la velocidad del buque en pruebas a plena carga.

### Resumen pesos acomodación

Acomodación	
Concepto	Peso (Tn)
Habilitación	283,454
Equipo eléctrico y ventilación	110
Equipo navegación	14
Equipo gobierno y maniobra	162,76
Total	570,214

**Tabla 3-5 - Peso de la acomodación**  
**Fuente: Propia**

## 3.8. PESO DE TUBERÍAS DE LASTRE, CARGA Y DESCARGA Y LIMPIEZA DE TANQUES

Para el cálculo del peso de dichas tuberías se halla el volumen de estas para multiplicar posteriormente por la densidad del acero y obtener así su peso. Debido a los distintos diámetros y extensiones de las distintas tuberías se dividen éstas en: tubería de lastre, tubería de carga y descarga, y tubería de limpieza de tanques. La extensión de las tuberías vendrá dada por los tanques que recorren (longitud de un tanque L= 33 m) y el número de líneas que tengan.

### 3.8.1. TUBERÍAS DE LASTRE

El servicio de lastre segregado consta de dos líneas longitudinales principales de aspiración y descarga que van desde la cámara de bombas hasta los tanques de lastre y el pique de proa. La tubería de cada línea es de 500 mm de diámetro exterior y 12,5 mm de espesor. Su peso se calcula multiplicando el volumen de éstas por la densidad del acero, mediante la expresión:

$$P = \pi * (2 * r * e - e^2) * Ltub * \rho = 105,2 \text{ Tn}$$

Siendo:

- e = 0,0125 m; el espesor de la tubería.
- r = 0,25 m; el radio de la tubería.
- Ltub = 700 m; la longitud total de la tubería.
- ρ= 7,85 T/m<sup>3</sup>; la densidad del acero.

### 3.8.2. TUBERÍAS DE LIMPIEZA DE TANQUES

Su peso se calcula multiplicando el volumen de estas por la densidad del acero, mediante la expresión:

$$P_{acero} = \pi * (2 * r * e - e^2) * Ltub * \rho = 52,6 Tn$$

$$P_{hierro} = \pi * (2 * r * e - e^2) * Ltub * \rho = 47,24 Tn$$

Siendo:

- $e = 0,0125$  m; el espesor de la tubería.
- $r = 0,25$  m; el radio de la tubería.
- $L_{tub} = 350$  m; la longitud total de la tubería.
- $\rho = 7,85$  T/m<sup>3</sup>; la densidad del acero.
- $\rho = 7,05$  T/m<sup>3</sup>; la densidad del hierro dúctil.

### 3.9. SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE LOS TANQUES DE CARGA

Hay que estimar en primer lugar la superficie total exterior de los serpentines a partir del calor que es necesario transferir al volumen total de carga “q”,

La superficie necesaria de los serpentines se estima a través de la siguiente expresión:

$$q = S_{serpentina} * k * (T_{serpentina} - T_{crudo})$$

Dónde:

- “Serpentina” es la superficie lateral total de los serpentines de calefacción de la carga.
- “k” Es el coeficiente de convección entre serpentín y carga que se estima en 100 Kcal/h m<sup>2</sup> °C
- “T<sub>Serpentina</sub>” la temperatura del vapor en el interior del serpentín, ésta se estima igual a la temperatura de saturación a la presión de trabajo de la planta de vapor (7kgf/cm<sup>2</sup>) que es 164,2 °C.
- “T<sub>crudo</sub>” es la temperatura media del crudo durante el proceso de calentamiento, se toma igual a 42,5 °C.

Por tanto la superficie de los serpentines ha de ser:

$$q = S_{serpentina} = \frac{q}{k * (T_{serpentina} - T_{crudo})} = 760,737 \text{ m}^2$$

El peso total del sistema es igual a:

$$P_{calefaccion \ de \ la \ carga} = \frac{\left(\frac{S_{serpentina}}{0,189} + 3 * L_{tc} + \frac{B}{3} + n^{etc}\right) * a}{1000} = 28,57 Tn$$

Siendo:

- “L<sub>tc</sub>” eslora de la zona de carga = 162,852 m
- “B” Manga del buque = 34 m

- $n^{tc}$ : el número de tanques de carga del que dispone el barco; es decir, 10.
- “a” Coeficiente en función de la instalación de calefacción, para instalaciones de vapor es igual a 6,3

### Resumen pesos tubería

Tuberías	
Concepto	Peso (Tn)
Lastre	105,2
Limpieza de tanques	47,24
Calefacción tanques	28,57
Total	181,01

Tabla 3-6 - Peso de las tuberías

Fuente: Propia

## 3.10. PESO DEL EQUIPO DE CARGA Y MANIPULACIÓN DE CARGA

### 3.10.1. EQUIPO DE CARGA EN CÁMARA DE BOMBAS

El peso de este equipo,  $P_{cb}$ , se puede obtener por la expresión:

$$P = 0,7 * \sqrt{TPM} = 198 \text{ Tn}$$

Siendo  $TPM = 80.123$  las toneladas de peso muerto del buque de proyecto.

### 3.10.2. PESO DE LAS BANDEJAS DEL COLECTOR DE CARGA

El peso es proporcional a la longitud de la bandeja que depende del número de segregaciones que el buque puede transportar:

$$P_{bandejas} = a * dtu * Ns = 7,2 \text{ Tn}$$

Siendo:

- $dtu$ : nominal de las tuberías de carga que se toma igual a 600 mm
- $Ns = 3$  es el número de segregaciones.

### 3.10.3. PESO DE LA PASARELA

Con enjaretados y barandillado, incluye las escaleras de acceso, miradores, plataformas, etc.

$$P_{pasarela} = \frac{87,5 * Lp + 19,2 * Lp * Dp + 1,594 * Np + 288 * Nes}{1000} = 19,688 \text{ Tn}$$

Siendo:

- “LP” longitud de la pasarela = 162,85 m

- “DP” Altura de la pasarela = 1,00 m
- “Np” Número de plataformas = 5
- “Nes” Número de escaleras = 8

#### 3.10.4. GRÚAS MANIFOLD

Se aproxima el peso estas grúas a través de la siguiente expresión:

$$P_{grua} = 2 * (a + Q_{gr} + b * (A_{gr} - 8) + 0,1 * Q_{gr} * A_{gr}) = 115 Tn$$

Siendo:

- “Qgr” Capacidad de las grúas = 15 t
- “Agr” Alcance de las grúas = 18 m
- “a” Coeficiente en función de la capacidad de la grúa = 7,5
- “b” Coeficiente en función de la capacidad de la grúa = 0,8

#### 3.10.5. GRÚAS DE SERVICIO A POPA DE PROVISIONES

Se estima su peso en 30 T cada una, por tanto, 60T.

#### 3.10.6. EQUIPO DE SALVAMENTO

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = 12 + 0,01 * NT = 12,2 Tn$$

Siendo NT, el número de personas a bordo. NT = 20.

### 3.11. EQUIPO CONTRA INCENDIOS

El peso viene dado por la fórmula:

$$P = 0,0025 * V + 1 = 25,707 Tn$$

Siendo V = 9.883,079 m<sup>3</sup>, el volumen de la cámara de máquinas obtenido con el programa Hydromax.

#### 3.11.1. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS POR ESPUMA EN TANQUES DE CARGA

Se obtiene por:

$$P_{sci\ carga} = \frac{(4 * L * B + 1400)}{1000} = 32,544 Tn$$

En el peso de la instalación se incluyen el peso de los tanques, bombas, tuberías y cañones contraincendios del sistema.

#### ***Extintores portátiles de incendios***

Se disponen a bordo un total de 2x24 extintores, suponiendo un peso unitario de 9 kg se tiene que el peso total de todos ellos es 0,432 t.

A continuación resumimos en una tabla los pesos de equipo de carga.

Equipo de carga	
Concepto	Peso (Tn)
Cámara de bombas	198
Bandejas colector	7,2
Pasarela	19,688
Grúa manifold	115
Grúa provisiones	60
Equipo salvamento	12,2
Equipo contra incendios	25,707
CI tanques de carga	32,544
Total	470,235

**Tabla 3-7 - Peso de los equipos de carga**  
Fuente: Propia

### 3.12. PESO TOTAL Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO

Componiendo los resultados de este apartado, se obtiene el peso total del equipo y el centro de gravedad del mismo.

Concepto	Equipos y servicios				
	Peso (tn)	Xg (m)	Zg (m)	Mto a K	Mto a Pp
Ancla	36,9	228	19,527	8413,2	720,55
Ánodos	4,19	91,6	7,5	383,8	31,43
Bandejas colector	7,2	42,4	3	305,28	21,6
Cadena	10	212,03	14,244	2120,3	142,44
Calefacción tanques	28,57	125,012	5,48	3571,59	156,56
Cámara de bombas	198	42,4	2,25	8395,2	445,5
CI tanques de carga	32,544	125,012	21	4068,39	683,42
Equipo contra incendios	25,707	34,335	31,125	882,65	800,13
Equipo eléctrico y ventilación	110	28,9	9,6	3179	1056
Equipo gobierno y maniobra	162,76	8,6	18,822	1399,74	3063,47
Equipo navegación	14	34,335	36,8	480,69	515,2
Equipo salvamento	12,2	34,335	31,125	418,89	379,73
Escaleras exteriores	3,8	34,335	24,125	130,47	91,68
Escaleras interiores	16,269	34,335	29,67	558,6	482,7
Escotillas	4,17	152	21	633,84	87,57
Grúa manifold	115	148,9	24	17123,5	2760
Grúa provisiones	60	41,9	23	2514	1380

Equipos y servicios					
Concepto	Peso (tn)	Xg (m)	Zg (m)	Mto a K	Mto a Pp
Habilitación	283,454	34,335	29,67	9732,39	8410,08
Lastre	105,2	125,012	8,4	13151,26	883,68
Limpieza de tanques	47,24	125,012	3	5905,57	141,72
Pasarela	19,688	133,254	25	2623,5	492,2
Pintura	102,387	110	11,6	11262,57	1187,69
Portillos y ventanas	2,4	34,335	29,67	82,4	71,21
Protección tanques de lastre	35,661	125,012	10,5	4458,05	374,44
Puertas de acero	2,8	34,335	29,67	96,14	83,08
<b>Total</b>	<b>1.440,14</b>	<b>70,751</b>	<b>16,99</b>	<b>101891,03</b>	<b>24462,06</b>

**Tabla 3-8 - Peso total de los equipos y servicios**  
 Fuente: Propia

### 3.13. PESO EN ROSCA Y CENTRO DE GRAVEDAD TOTALES

La suma de los pesos obtenidos de los tres grupos anteriores da como resultado el peso en rosca del buque. La composición de estos pesos con sus centros de gravedad proporciona el centro de gravedad del buque.

Los resultados obtenidos son:

Concepto	Peso (Tn)	Xg (m)	Zg (m)	Mto a K	Mto a Pp
Acero	13.939,87	99,19	9,951	1.382.695,71	138.715,65
Maquinaria	1.496,61	26,8	10,11	40.109,15	15.130,73
Equipo y habilitación	1.440,14	70,751	16,99	101.891,35	24.467,98
<b>Peso rosca buque</b>	<b>16.876,62</b>	<b>90,343</b>	<b>10,565</b>	<b>1.524.696,20</b>	<b>178.314,35</b>

**Tabla 3-9 - Peso total del buque**  
 Fuente: Propia

Debido al resultado del peso en rosca, observamos que es un valor un poco alto, es decir, hemos sobredimensionado la estructura, ya sea por sobredimensionamiento de acero, de equipos, de maquinaria etc. Pero visto las formas del barco y su relación eslora manga, es decir, al ser un buque con mucha eslora en comparación con buques en servicio, no es tan descabellado.

En comparación con las estimaciones que realizamos en el cuaderno 1, como podemos ver en la tabla 13.2 de dicho cuaderno, se estimó un peso en rosca de 16.597,06 toneladas, por lo que vemos que en un análisis más detallado del peso en rosca del buque, observamos que no superamos dicha estimación, por lo que damos por valido el cálculo del peso en rosca del presente documento.

Comparación peso en rosca					
Concepto	Peso estimado	Estudio estadístico		Tablas regresión	
		Peso	%	Peso	%
<b>Peso (tn)</b>	16.597,06	15.173,53	1,094	15.410,50	1,077

**Tabla 3-10 - Estimación del peso en rosca del cuaderno 1**  
 Fuente: Propia

Vemos a continuación la diferencia entre la estimación del peso en rosca que realizamos y la definitiva.

$$Diferencia\ peso\ rosca = 16.876,62 - 16.480,178 = 396,442\ toneladas$$

Una vez obtenido el peso en rosca definitivo de nuestro buque, podemos conocer cuál será el desplazamiento mínimo final que tendrá que cumplir:

$$\Delta_{m\u00ednimo} = PR + PM_{m\u00ednimo} = 16.876,62 + 80.000 = 96.876,62\ toneladas$$

Concepto	Peso estimado C1	Peso C2	Diferencia (%)
<b>Peso en rosca</b>	16.480,178	16.876,62	<b>1,024</b>

**Tabla 3-11 - Porcentaje de desviación del peso en rosca**  
 Fuente: Propia

Como vimos en el cuaderno 3, Capitulo 8 Generación de formas computerizadas, modelamos el buque en el software Maxsurf con las dimensiones y coeficientes del buque, obteniendo un desplazamiento del buque de: 96.812,689.

Concepto	Desplazamiento mín. C2	Desplazamiento C3 Maxsurf	% diferencia
<b>Desplazamiento</b>	96.876,72	96.812,689	<b>0,999</b>

**Tabla 3-12 - Porcentaje de desviación del desplazamiento**  
 Fuente: Propia