



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2.017/18**

---

*BUQUE ATUNERO CONGELADOR DE 3.700 m<sup>3</sup>*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA:**

Eva Luz Villar Chouciño

**TUTOR:**

Marcos Míguez González

**FECHA:**

JUNIO 2.018

## 1. RPA

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

**PROYECTO NÚMERO: 18-05**

**TIPO DE BUQUE:** Buque atunero congelador de 3.700 m<sup>3</sup> con bandera española destinado a la pesca de cerco en el Océano Pacífico Oriental.

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** El buque ha de cumplir las reglas establecidas por la Sociedad de Clasificación BUREAU VERITAS para alcanzar la cota:

***I ✘ HULL ✘ MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation,  
REF-CARGO-QUICKFREEZE, INWATERSURVEY***

Además, el buque deberá ajustarse a los siguientes reglamentos:

Protocolo de Torremolinos 1.993 con sus enmiendas en vigor.

Reglamentos de los Canales de Suez y Panamá.

Reglamento MARPOL 73/78.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Atún que se distribuirá y congelará en cubas por el sistema de inmersión en salmuera.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** El buque alcanzará una velocidad en pruebas de 19 nudos con el motor desarrollando su potencia máxima continua (100% MCR) y cuya autonomía será de 60-70 días operacionales.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Los equipos de carga y descarga serán la pluma de panga y plumas auxiliares (Br y Er) para carga y descarga de la pesca y en general los habituales para este tipo de buque.

**PROPULSIÓN:** Motor propulsor diésel 4 tiempos no reversible.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** El buque estará operado por 30 tripulantes con camarotes y aseos individuales.

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

Ferrol, 18 Septiembre 2.017

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> EVA LUZ VILLAR CHOUCIÑO**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2.017/18**

---

*BUQUE ATUNERO CONGELADOR DE 3.700 m<sup>3</sup>*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**CUADERNO 10**

**“DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y SUS  
AUXILIARES”**

## ÍNDICE

<b>1. RPA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ELECCIÓN DE LA MÁQUINA PROPULSORA .....</b>	<b>7</b>
3.1. TIPO DE PROPULSIÓN .....	7
3.2. SELECCIÓN DEL MOTOR .....	7
3.3. ELECCIÓN DE LA REDUCTORA .....	8
3.4. LÍNEA DE EJES, BOCINA Y HÉLICE .....	9
<b>4. JUSTIFICACIÓN DE LA AUTONOMÍA .....</b>	<b>10</b>
4.1. COMBUSTIBLE .....	10
4.2. ACEITE LUBRICANTE.....	12
<b>5. SERVICIOS DEL EQUIPO PROPULSOR .....</b>	<b>13</b>
5.1. SERVICIO DE COMBUSTIBLE.....	13
5.1.1. <i>Servicio de Trasiego y Purificación de Combustible .....</i>	<i>14</i>
5.1.2. <i>Servicio de Almacenamiento de Combustible .....</i>	<i>19</i>
5.2. SERVICIO DE LUBRICACIÓN.....	25
5.3. SERVICIO DE ARRANQUE CON AIRE COMPRIMIDO.....	34
5.4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN.....	39
5.4.1. <i>Servicio de Refrigeración de Agua Dulce .....</i>	<i>41</i>
5.4.2. <i>Servicio de Refrigeración con Agua Salada .....</i>	<i>48</i>
5.5. SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN .....	50
<b>6. MOTORES AUXILIARES.....</b>	<b>54</b>
6.1. SERVICIO DE COMBUSTIBLE.....	55
6.2. LUBRICACIÓN.....	55
6.3. SERVICIO DE ARRANQUE CON AIRE COMPRIMIDO.....	56
6.4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN.....	56
6.5. LUBRICACIÓN DE LA REDUCTORA.....	57
<b>7. ALTERNADOR DE COLA .....</b>	<b>58</b>
<b>8. GENERADOR DE EMERGENCIA .....</b>	<b>59</b>
<b>9. TUBERÍAS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO I_Motor Principal y Reductora .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO II_Disposición General CCMM .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO III_Motores Auxiliares y Emergencia.....</b>	<b>69</b>

## 2. INTRODUCCIÓN

El Buque correspondiente al proyecto número 18-05 es un pesquero Purse Seiner con capacidad de cubas de 3.700 m<sup>3</sup>, a motor, con casco de acero, proyectado para la pesca del atún con arte de cerco en el Océano Pacífico Oriental.

El buque con todo su equipo y maquinaria, se construirá de acuerdo con las reglas, y bajo la inspección de la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas, para alcanzar la cota:

***I ✘ HULL ✘ MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation,  
REF-CARGO-QUICKFREEZE, INWATERSURVEY***

Donde:

- REF-CARGO-QUICKFREEZE: notación de clase adicional asignada a buques diseñados con plantas de congelación, con la condición de que el número y la energía de las unidades de refrigeración son tales que la temperatura específica puede ser mantenida con una unidad en stand-by.
- INWATERSURVEY: notación de clase adicional asignada a buques con los arreglos necesarios para facilitar la inspección bajo agua.

Las dimensiones principales de dicho Buque Proyecto calculadas en el Cuaderno 1, “*Dimensionamiento Preliminar y Elección de la Cifra de Mérito*” y los coeficientes ajustados en el Cuaderno 3 “*Coeficientes y Plano de Formas*”, son los que se muestran a continuación:

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	96,70 m
ESLORA TOTAL.....	112,40 m
MANGA.....	18,00 m
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL.....	8,20 m
PUNTAL A LA CUBIERTA SUPERIOR.....	11,00 m
CALADO.....	7,50 m
Velocidad (100% MCR).....	19 nudos
Número de Froude.....	0,318
COEFICIENTE DE BLOQUE.....	0,592
COEFICIENTE DE LA MAESTRA.....	0,937
COEFICIENTE PRISMÁTICO.....	0,631
COEFICIENTE DE LA FLOTACIÓN.....	0,841
DESPLAZAMIENTO.....	7.917 Tn
VOLUMEN DE CUBAS.....	3.700 m <sup>3</sup>
TRIPULACIÓN.....	30
POTENCIA .....	7.200 kW

En el presente Cuaderno 10 “*Definición de la Planta Propulsora y sus Auxiliares*” se procederá al cálculo y desarrollo de los siguientes puntos:

- Justificación del motor propulsor.
- Justificación de la potencia.
- Definición de los motores auxiliares.
- Estimación del consumo del motor propulsor y justificación de la autonomía.
- Disposición preliminar de la cámara de máquinas.

La instalación de la cámara de máquinas cumplirá con la reglamentación aplicada al Buque Proyecto (Bureau Veritas y Convenio de Torremolinos).

El motor principal ha de situarse lo más a popa posible para conseguir un mayor aprovechamiento del espacio para la carga. Además, el eje de cola será lo más corto posible evitando alcanzar aquellas frecuencias críticas que originan vibraciones torsionales y consecuentes daños estructurales.

El espacio de máquinas se proyectará de modo que proporcione acceso libre de riesgos y obstáculos hacia todas las máquinas, los mandos de éstas y otras partes cualesquiera en las que pueda haber que realizar operaciones de mantenimiento. Estos espacios, a su vez, tendrán ventilación adecuada.

Siguiendo la reglamentación, se deberá proveer de medios que permitan mantener o reestablecer la capacidad de funcionamiento de la maquinaria propulsora aun cuando falle una de las máquinas auxiliares esenciales instaladas a bordo del buque, siendo de gran importancia:

- Los dispositivos abastecedores de presión para el combustible líquido que alimentan el motor principal.
- Las fuentes normales de presión del aceite lubricante.
- Los medios hidráulicos, neumáticos y eléctricos de control de la maquinaria propulsora principal.
- Las fuentes de presión del agua para los circuitos de refrigeración del sistema propulsor principal.
- Un compresor y un depósito de aire para fines de arranque o de control.

Se han de evitar las posibles vibraciones que puedan producirse causantes de tensiones excesivas en los sistemas en condiciones de servicio normales.

Por otro lado, se hablará con más detalle del servicio hidráulico en el Cuaderno 12, el cual dará servicio a todos los equipos y maquinaria hidráulica a bordo. Los requerimientos exigidos por el reglamento aplicado de los equipos hidráulicos a bordo del buque aparecen reflejados en la Pt. C, Ch. 1, Sec. 10 – [14] “*Hydraulic Systems*”.

### 3. ELECCIÓN DE LA MÁQUINA PROPULSORA

En este apartado se procede a elegir el tipo de propulsión y el equipo propulsor que se va a instalar en el Buque Proyecto, de manera que se cumpla con los requisitos de diseño impuestos por los RPA en lo que a velocidad y autonomía se refiere.

#### 3.1. TIPO DE PROPULSIÓN

Según los requisitos del proyecto, se instalará un motor propulsor diésel semirrápido de cuatro tiempos, no reversible y acoplado a una hélice de paso controlable, por lo que su régimen de trabajo será constante, requisito indispensable para que pueda disponer de un alternador de cola.

Se instalará, además, una reductora a la cual irá acoplado el eje de cola de manera que permita disponer de una PTO para el generador de cola de corriente alterna de 2.500 kW refrigerado por agua.

#### 3.2. SELECCIÓN DEL MOTOR

Una vez seleccionado el tipo de propulsión que se va a emplear, se procede a elegir el motor adecuado desde el punto de vista de la potencia, consumo y peso.

Siguiendo los resultados obtenidos en el Cuaderno 6 “*Predicción de Potencia*” y los requerimientos de los RPA (100% MCR), la potencia mínima requerida para la hélice de 4 palas instalada en el Buque Proyecto es de 7.138,1 kW.

Tomando como referencia los buques de la base de datos, se opta por instalar a bordo un motor **WÄRTSILA 6L46F** de **7.200 kW** (9.790 BHP), cuyas características son las que se muestran a continuación.

Marca.....	WÄRTSILA
Modelo.....	6L46F
Potencia de Servicio.....	7.200 kW (9.790 BHP)
Velocidad Nominal.....	600 r.p.m.
Velocidad Media del Pistón.....	11,6 m/s
Ciclo.....	4 tiempos
Número de Cilindros.....	6 en línea
Peso.....	97 Tn
Cilindrada.....	96,4 l/cyl
Diámetro del Cilindro.....	460 mm (*)
Carrera del Pistón.....	580 mm
Número de Válvulas.....	2 admisión 2 exhaustación

(\*) Según el Convenio de Torremolinos, los motores de combustión interna en los que el diámetro de cilindro sea superior a 200 mm o el volumen del cárter sea superior a 0,6 m<sup>3</sup> irán provistos de válvulas de seguridad contra explosiones del cárter, de un tipo aprobado y que ofrezcan suficiente zona de descompresión.

- **Admisión de Aire del Motor Principal**

El flujo de aire es de 12,4 kg/s, considerándose condiciones ISO 15550 (temperatura ambiente del aire de 25°C), el 100% de la carga del motor y una tolerancia de flujo del 5%.

- **Exhaustación de Gases del Motor Principal**

El flujo de gases de exhaustación alcanza un valor máximo de 13,08 kg/s al 100% de la carga, considerándose condiciones ISO 15550 (temperatura ambiente del aire de 25°C), una tolerancia de flujo del 5% y una tolerancia de temperatura de 15°C. La temperatura de salida de dichos gases servirá de base para el cálculo del aislamiento requerido y la posibilidad de aprovechamiento de los mimos con otros fines.

En el ANEXO I se adjunta el plano con las dimensiones del motor instalado, su especificación y el diagrama de trabajo del motor seleccionado.

### 3.3. ELECCIÓN DE LA REDUCTORA

Se selecciona una reductora REINTJES modelo LAF - 7760 para hélices de paso controlable, con embrague y que dispondrá de las siguientes seguridades:

- Arranque de la bomba de reserva por baja presión de aceite.
- Parada del motor por muy baja presión de aceite.
- La refrigeración será por agua salada a través de un enfriador de placas de titanio.
- Dispondrá de freno neumático exterior para evitar el movimiento de la hélice cuando el motor está desembragado.

Las características principales de la reductora se muestran a continuación:

Marca.....	REINTJES
Modelo.....	LAF - 7760
Rango de Potencias.....	3.500-8.200 kW
Peso.....	17,5 Tn

En el ANEXO I se incluyen más detalladamente las características de la reductora, extraídas del catálogo.

La reductora, con ejes de entrada y salida verticales, se acoplará al motor principal con una relación de reducción de 4,028 para obtener las 149 r.p.m. óptimas para el funcionamiento de la hélice de acuerdo con lo calculado en el Cuaderno 6 “Predicción de Potencia Propulsora y Diseño de Propulsor y Timón”.

Nº PALAS	GEAR RATIO	EXPANDED AREA RATIO	PROPELLER DIAMETER (mm)	PROPELLER MEAN PITCH (mm)	EFFO	EFFOA	MERIT	RPM	BHP (kW)	CARGA (%)
4_6L46F	4,028	0,630	4.800	4.305	0,616	0,670	0,504	149	7.092,6	98,5



Se dispondrá de una toma de fuerza (PTO) en la reductora para un alternador de cola de corriente alterna de 2.500 kW que se utilizará para las situaciones de maniobra y navegación, consiguiéndose un ahorro en el mantenimiento de los generadores auxiliares, así como una disminución en el consumo de combustible.

La reductora incluye una bomba de engranajes que permite su lubricación. Además, el embrague permite desacoplar el motor de la reductora o la reductora de la línea de ejes, de manera que se podrá evitar que la red se enrede en la hélice (situación frecuente en este tipo de buques).

### **3.4. LÍNEA DE EJES, BOCINA Y HÉLICE**

Acoplado al reductor mediante un mangón hidráulico irá instalado el eje de cola con la barra de mando del paso de la hélice en su interior.

Se dispondrá de una chumacera de apoyo para el eje intermedio entre la reductora y la bocina.

La bocina está formada por dos mangones de acero moldeado con un tubo de unión de ambos. Dispondrá de dos casquillos antifricción de metal blanco con sensor de temperatura para el casquillo exterior. Así mismo, dispondrá de dos cierres de bocina.

La bocina se lubrica con aceite, por lo que requiere de cierres estancos a proa y popa.

La hélice será de 4 palas, de paso controlable y de 4.800 mm de diámetro como se ha estimado en el Cuaderno 6. Para su suspensión, se dispondrán cáncamos soldados en la bovedilla de popa. Irán embutidos de forma que no puedan engancharse las mallas de la red.

Con el mismo efecto, se colocarán cáncamos para el timón.

Como se adelantaba en la introducción de este cuaderno, el sistema elástico constituido por el motor principal, reductor, línea de ejes y hélice, se estudiará detenidamente bajo el punto de vista de las vibraciones torsionales, dimensionándose de tal modo que se evite toda crítica peligrosa en las zonas de trabajo.

## 4. JUSTIFICACIÓN DE LA AUTONOMÍA

Uno de los requisitos de este anteproyecto es que el buque tenga una autonomía de 60 días. Se supondrá, como se ha especificado en el Cuaderno 4 “*Cálculos de Arquitectura Naval*”, un 65% del total de la autonomía, ya que se considera que este tipo de buques faenan una media de 15 horas diarias.

En dicho Cuaderno se han definido los tanques con capacidad suficiente para albergar los consumos necesarios para los 60 días de navegación sin necesidad de repostaje.

El motor principal del buque tendrá las siguientes necesidades de consumo, detalladas en los siguientes apartados:

- Combustible.
- Aceite de Lubricación.

### 4.1. COMBUSTIBLE

Tanto el motor principal como los generadores auxiliares (diésel-eléctricos) del buque se alimentan de gasoil, por lo que el combustible deberá ser suficiente para proporcionar a ambos equipos la autonomía impuesta en los requisitos de proyecto.

Para justificar el consumo de combustible, se estudiará a un régimen constante del 75% de la potencia máxima del motor que, como se ha indicado en el Cuaderno 2 “*Cálculo de Pesos y centros de gravedad del PR*”, es el régimen de navegación habitual para este tipo de buques. Además, hay que tener en cuenta que este tipo de buques navegan una media de 15 horas diarias, por lo que se supondrá una autonomía del 65% de los 60 días fijados en la RPA.

A continuación, se justifican los consumos de gasoil como se ha realizado en el Cuaderno 4 “*Cálculos de Arquitectura Naval*”:

- **Motor Principal**

En lo que se refiere al consumo del motor principal:

- $Autonomía = 0,65 \cdot 60 \cdot 24 = 936 \text{ horas}$
- Consumo = 177,9 g/kW·h a una carga del 75% (1.500 r.p.m.).
- $Potencia\ demandada = 7.200 \text{ kW}$

$$Consumo_{MP} = 0,65 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 0,75 \cdot 177,9 \cdot 7.200 \cdot 10^{-6} = 900,00 \text{ Tn}$$

- **Motores Auxiliares**

En lo que se refiere al consumo de los motores auxiliares

- $Autonomía = 0,65 \cdot 60 \cdot 24 = 936 \text{ horas}$
- Consumo = 195,6 g/kW·h a una carga del 75%.
- *Potencia demandada*: la potencia demandada se estudia, como ya se ha hecho en el Cuaderno 2 para el cálculo del peso muerto, teniendo en cuenta la situación de navegación del buque. Para ello, se aplican los siguientes porcentajes a cada una de las potencias consumidas en cada

condición como se muestra en la siguiente tabla. Además, se aplica un margen del 15% del total.

SITUACIÓN	TOTAL (kW)	Margen (10%)	POT. TOTAL
<b>MANIOBRANDO (10%)</b>	1.620,26	162,03	1.782,30
<b>NAVEGACIÓN NORMAL (50%)</b>	1.435,66	143,57	1.579,30
<b>PESCANDO Y REFRIGERANDO (30%)</b>	2.090,27	209,03	2.299,30
<b>EN PUERTO: CARGA Y DESCARGA (10%)</b>	673,27	67,33	740,60
<b>EMERGENCIA</b>	633,06	63,31	696,40

Por lo que:

$$\text{Consumo}_{MMAA} = 1,15 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 195,6 \cdot 10^{-6} \cdot (0,1 \cdot 1.782,30 + 0,5 \cdot 1.579,30 + 0,3 \cdot 2.299,30 + 0,1 \cdot 740,60)$$

$$\text{Consumo}_{MMAA} = 1,15 \cdot 487 = 560,00 \text{ Tn}$$

$$\text{Consumo}_{MMAA} = 560,00 \text{ Tn}$$

- **Consumo Total**

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{TOTAL} &= 900,00 + 560,00 = 1.460,00 \text{ Tn} = \frac{1.460,00}{0,84} \\ &= \mathbf{1.739,00 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

El volumen de tanques diseñados en el Cuaderno 4 para el almacenamiento de gasoil es de 1.275,00 m<sup>3</sup>, lo que supone aproximadamente un 74% del total requerido para cubrir la autonomía.

La práctica habitual en este tipo de buques es utilizar parejas de cubas de carga, denominadas cubas mixtas, para el almacenaje de combustible a salida de puerto. Por tanto, el Buque Proyecto almacenará ese 26% restante en las Cubas 01 ER-01 BR y 03 ER-03 BR como se indica en el Cuaderno 5 "Condiciones de Carga y Estabilidad".

De este modo, se dotará al buque de medios especiales para el trasiego del gasoil de las cubas a los tanques estructurales de combustible. Además, dichas cubas están diseñadas para el almacenamiento de diésel con seguridad, disposición de reboses y respiraderos al exterior al igual que los tanques estructurales.

## 4.2. ACEITE LUBRICANTE

Para calcular la capacidad de aceite de lubricación que se necesita, se considera un consumo del motor principal para un régimen de trabajo del 100% (el especificado en el catálogo del motor) de 0,70 g/kW·h, por lo que teniendo en cuenta una autonomía del Buque Proyecto del 65% del total (15 horas diarias):

$$Consumo_{AL} = (0,65 \cdot 60 \cdot 24) \cdot 0,70 \cdot 7.200 \cdot 10^{-6} = 4,70 \text{ Tn}$$

En el Cuaderno 4 se han dispuesto tanques destinados a los diversos consumos de aceite:

- Un tanque de aceite para el motor principal con una capacidad aproximada de 12 Tn.
- Un tanque de aceite para los motores auxiliares con una capacidad aproximada de 16,5 Tn
- Un tanque de aceite para la reductora y hélice con una capacidad también de 16,5 Tn.

De este modo, se cubren las necesidades tanto del motor principal como de la reductora y los motores auxiliares.

## 5. SERVICIOS DEL EQUIPO PROPULSOR

En este apartado se detallan algunos de los servicios auxiliares del equipo propulsor, indispensables para el funcionamiento de la maquinaria del Buque Proyecto.

Todas las bombas y aparatos correspondientes a dichos servicios serán de los tipos y características que requiera el fabricante de dichos equipos. Además, el reglamento aplicado al Buque Proyecto obliga el cumplimiento de una serie de requerimientos que aparecen reflejados, en este caso, en el su Pt. C, Ch. 1 “*Machinery*”.

Se dedica un apartado específico para las tuberías que se instalarán en cada uno de los servicios del equipo propulsor.

Se incluye en el ANEXO II la disposición general de la cámara de máquinas del buque.

### 5.1. SERVICIO DE COMBUSTIBLE

Este sistema ha de suministrar a los motores instalados el combustible libre de impurezas, en unas condiciones de presión y temperatura adecuadas.

Para su diseño, se han de cumplir los requerimientos indicados en la *Pt. C, Ch. 1, Sec 10 – [11] “Fuel Oil Systems”* del reglamento de la Sociedad de Clasificación exigida en los RPA’s.

Está compuesto por una serie de elementos que se citan a continuación:

- Tomas en cubierta.
- Electrobombas de trasiego de combustible.
- Electrobombas de alimentación de combustible, una de reserva de capacidad según requerimientos del fabricante del motor principal.
- Purificadoras de combustible auto-limpiante no automáticas, conexas para ser usadas como respeto de la de aceite.
- Filtros.
- Válvulas.
- Tuberías de conexión que, según el reglamento, estarán hechas de acero u otro material aprobado por la propia reglamentación.
- Bombas de achique de tanque de lodos.

Se dispondrán, además:

- Tanques de servicio diario con capacidad mínima para una autonomía de un día de navegación (15 horas) para el motor principal y auxiliar al 75% y al 8 de carga continuada de ambos, lo que supone un mínimo de 26,00 m<sup>3</sup>. En el Cuaderno 4 se han diseñado estos tanques para cubrir una capacidad de 120 m<sup>3</sup>, por lo que se cumplen los requerimientos.
- Tanques de sedimentación.
- Tanques de almacén estructurales con capacidad para almacenar la totalidad del combustible requerido para cubrir la autonomía del Buque Proyecto.
- Tanques de reboses.
- Tanques de lodos.

El servicio de combustible se puede dividir en dos servicios diferenciados:

### 5.1.1. Servicio de Trasiego y Purificación de Combustible

Se incluyen los equipos y operaciones que permiten el llenado de tanques, trasiego y tratamiento del combustible para obtener las condiciones idóneas para ser consumido por los motores.

Como se especifica en el catálogo del motor Wärtsilä 6L46F, se dispone en cubierta de dos tomas de combustible para que, en un primer momento, se transfiera el gasoil a los tanques estructurales de almacén. Desde ellos, se trasiega el combustible a los tanques de sedimentación donde se deja reposar para que así se depositen las impurezas y el agua que pudiera contener y se eviten daños en el motor principal.

A continuación, se procede al centrifugado del combustible para eliminar las posibles impurezas y restos de agua que pudiera tener, para su posterior trasiego a los tanques de uso diario, desde los cuales se suministra el diésel a los motores.

Por tanto, este servicio lo componen los siguientes elementos:

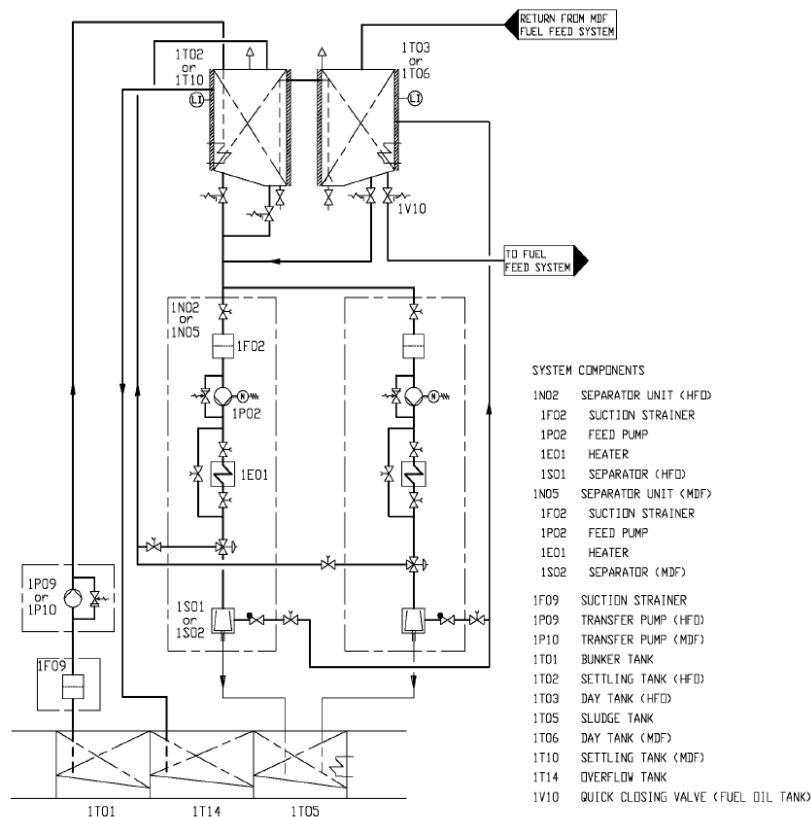


Fig 6-4 Fuel transfer and separating system (V76F6626F)

#### ○ Tanques de Combustible

- *Tanques Almacén:* dispuestos a lo largo del casco (pique de popa, doble fondo y zona de proa).

- *Tanques de Sedimentación:* los tanques de gasoil (MDF) no necesitan calefacción o aislamiento, pero su temperatura debe ser de 20°C - 40°C. No se podrán usar como tanques de uso diario y además han de tener la capacidad suficiente para abastecer a los tanques de uso diario para un consumo mínimo de los motores de 24 horas; se han diseñado en el Cuaderno 4 tanques para almacenar 57,75 m<sup>3</sup> de gasoil.
- *Tanques de Uso Diario:* la capacidad de los tanques de uso diario debe asegurar el abastecimiento del motor principal y motores auxiliares durante 24 horas. Los tanques diseñados para este servicio permiten almacenar 76,50 m<sup>3</sup> de gasoil, según lo calculado en el Cuaderno 4. La temperatura de estos tanques ha de ser de 20°C - 40°C.
- *Tanques de Reboses:* se disponen dos tanques que recogen los reboses de los equipos por gravedad. Este combustible puede ser trasegado al tanque de sedimentación o aspirado directamente por las depuradoras como se mostrará en el esquema. Para determinar la capacidad mínima en m<sup>3</sup> de estos tanques se hace uso de una expresión que depende de la capacidad de la bomba de trasiego de combustible, calculada en el correspondiente apartado:  
  
En el Cuaderno 4 se han diseñado dos tanques de reboses con una capacidad total de 126,75 m<sup>3</sup> por requerimientos del Buque Proyecto.
- *Tanques de Lodos:* se han de colocar lo más cerca posible a la depuradora a menos que esté integrado en la propia unidad. Recogen las impurezas resultado de la decantación del combustible en el tanque de sedimentación y las obtenidas en las purificaciones del gasoil. El Convenio Marpol en su regla 12 del Anexo I establece que la capacidad mínima adecuada de los tanques, para buques cuyo arqueo ruto sea igual o superior a 400 GT y que no lleven agua de lastre en los tanques de combustible líquido, se calcula conforme a la siguiente fórmula:

$$VT_{FANGOS} = k_1 \cdot C \cdot D \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde:

$$K_1 = 0,005$$

C = consumo de fueloil diario en toneladas métricas.

$$C = 0,65 \cdot 183,6 \cdot 24 \cdot 0,75 \cdot 7.200 \cdot 10^{-6} = 15,50 \text{ Tn}$$

D = periodo máximo de travesía entre puertos en que se puedan descargar los fangos a tierra en días. **Se toman los 60 días de autonomía.**

De modo que el volumen mínimo del tanque de lodos es el siguiente:

$$VT_{LODOS} = 0,005 \cdot 15,50 \cdot 60 = \mathbf{4,70 \text{ m}^3}$$

La capacidad de estos tanques diseñados en el Cuaderno 4 es de 13,75 m<sup>3</sup>.

### ○ **Depuradora de Combustible**

Se instala de forma que aspire de los tanques de sedimentación y de reboses para eliminar los restos de impurezas y agua que contiene el combustible, el cual se descargará a los tanques de servicio diario. La eficiencia de la separación de partículas se define a partir de la siguiente expresión:

$$n = 100 \cdot \left(1 - \frac{C_{out}}{C_{in}}\right)$$

donde:

n = eficiencia (%)

C<sub>out</sub> = número de partículas halladas en el test de combustible limpio.

C<sub>in</sub> = número de partículas halladas en el test de combustible antes de la separación.

Aplicando un tiempo de depuración de 23-23,5 h/día, el rendimiento del servicio Q (l/h) de la depuradora se puede estimar a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{P \cdot b \cdot 24(h)}{\rho \cdot t} = \frac{7.200 \cdot (1,1 \cdot 183,6) \cdot 24}{840 \cdot 23} = 1.806 \text{ l/h} = \mathbf{1,80 \text{ m}^3/\text{h}}$$

donde:

P = MCR del motor diésel (kW). Se toman **7.200 kW**

b = consumo diésel + 10% margen de seguridad (g/kW·h). Se toman **201,96 g/kW·h**.

ρ = peso específico del combustible (kg/m<sup>3</sup>). Se toman **840 kg/m<sup>3</sup>**.

t = tiempo diario de depuración en horas (habitualmente **23 h** o 23,5 h).

Se estima una potencia de la depuradora de combustible de unos 4,00 kW, tomando como referencia el buque de la base de datos "Jocay".

Además, la unidad depuradora está formada por los siguientes equipos:

- *Filtro de succión*
- *Bomba de alimentación del separador:* dimensionada en función de la calidad del combustible y el rendimiento de la depuradora. Se requiere un sistema aprobado para el control de la velocidad de alimentación de la depuradora de combustible.



DATOS DE DISEÑO	
Presión de Diseño	5 bar
Temperatura de Diseño	50 °C
Viscosidad para dimensionar el motor eléctrico	100 cSt

- *Pre-calentador*: se dimensiona de acuerdo con la capacidad de la bomba de alimentación y una temperatura de tanque de sedimentación dada. La temperatura no ha de ser muy elevada para evitar el agrietamiento del combustible. La temperatura habitual es de 20°C – 40°C.

$$P = \frac{Q \cdot \Delta T}{1.700} = \frac{1.806 \cdot \Delta T}{1.700} = 1,06 \cdot \Delta T \text{ kW}$$

donde:

P = capacidad del calentador (kW).

Q = capacidad de la bomba de alimentación de la depuradora (l/h).

$\Delta T$  = incremento de temperatura en el calentador (°C)

Se instalan válvulas de seguridad y tubos de drenaje hacia tanques de fugas para poder detectar las posibles fugas.

- *Tanque de lodos*: en el Cuaderno 4 se ha diseñado el tanque de lodos con una capacidad de 13,75 m<sup>3</sup> (mínimo 4,70 m<sup>3</sup>).
- *Bomba de lodos*
- *Cabina de control*

### ○ **Bomba de Trasiego de Combustible**

Debe llenar el tanque de sedimentación (cuya capacidad cubre la mínima de uso diario) en 1,5 horas. La capacidad de estos tanques es de 29 m<sup>3</sup>, por lo que se diseñará una bomba cuya capacidad sea de 40 m<sup>3</sup>/h.

Dicha bomba ha de suministrar al fluido una presión suficiente para vencer las pérdidas de carga en las tuberías y compensar la mayor diferencia de alturas entre dos tanques entre los que pudiera ser necesario el trasiego de combustible. La bomba de trasiego de combustible podrá aspirar de cualquiera de los tanques y descargar tanto en los tanques de almacén como en el de uso diario, aspirarán también de las cubas mixtas.

Además, las cubas mixtas de pescado y combustible, irán unidas al colector de trasiego a través de válvulas de cierre rápido de fácil acceso para su maniobra.

Puesto que la mayor diferencia de altura entre tanques es la que existe entre los tanques de sedimentación y los del doble fondo, la bomba ha de ser capaz de elevar el combustible desde el fondo hasta la cubierta principal, existiendo una altura de 8,20 m, suponiendo unas pérdidas de carga del 20%.

La presión de descarga de la bomba se estima de la siguiente manera:

$$P = P_{\text{mín}} + P_{\text{carga}} + \Delta h = 1,20 \cdot (P_{\text{mín}} + \Delta h) = 1,20 \cdot (1,5 + 0,82) \\ = 2,7 \text{ bar} = 3,0 \text{ bar}$$

Entrando en las curvas del catálogo de bombas AZCUE, se instala una bomba de tornillos, autoaspirante para trasiego de diésel modelo BT-LV 80T de 223 kg de peso y 1.450 r.p.m. cuya potencia absorbida por el motor eléctrico es de 5,5 kW.

DATOS DE DISEÑO	
Capacidad mín.	40 m <sup>3</sup> /h
Presión de Diseño mín.	3 bar
Potencia Motor Eléctrico	5,5 kW

### ○ Bomba de Descarga de Lodos

Se emplea para descargar los lodos del tanque de lodos, por lo que se realiza a través de una toma situada en la cubierta superior (MARPOL).

Su capacidad depende del volumen del tanque de lodos (13,75 m<sup>3</sup>), y se dimensiona de modo que el tanque pueda vaciarse en 1 horas, por lo que su capacidad mínima será:

$$Capacidad_{\text{bomba lodos}} = V_{\text{lodos}} = 13,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

La presión de descarga de la bomba ha de ser suficiente para vencer las pérdidas de carga en la tubería y la diferencia de altura existente entre el doble fondo (localización del tanque de lodos) y la cubierta superior (toma de descarga). Suponiendo unas pérdidas de carga del 20%, la presión a la que ha de impulsar el fluido es:

$$P = P_{\text{mín}} + P_{\text{carga}} + \Delta h = 1,20 \cdot (1,5 + 1,1) = 3,1 \text{ bar} = 3,5 \text{ bar}$$

Entrando en las curvas del catálogo de bombas AZCUE, se instala una bomba de tornillos, autoaspirante para descarga de lodos modelo BT-IL 45D3 de 90 kg de peso y 2.900 r.p.m. cuya potencia absorbida por el motor eléctrico es de 2,2 kW.

DATOS DE DISEÑO	
Capacidad mín.	14 m <sup>3</sup> /h
Presión de Diseño mín.	3,5 bar
Potencia Motor Eléctrico	2,2 kW

### 5.1.2. Servicio de Almacenamiento de Combustible

Esta segunda fase incluye los elementos y equipos necesarios para alimentar, desde los tanques de uso diario, los motores diésel a bordo como se muestra en el siguiente esquema:

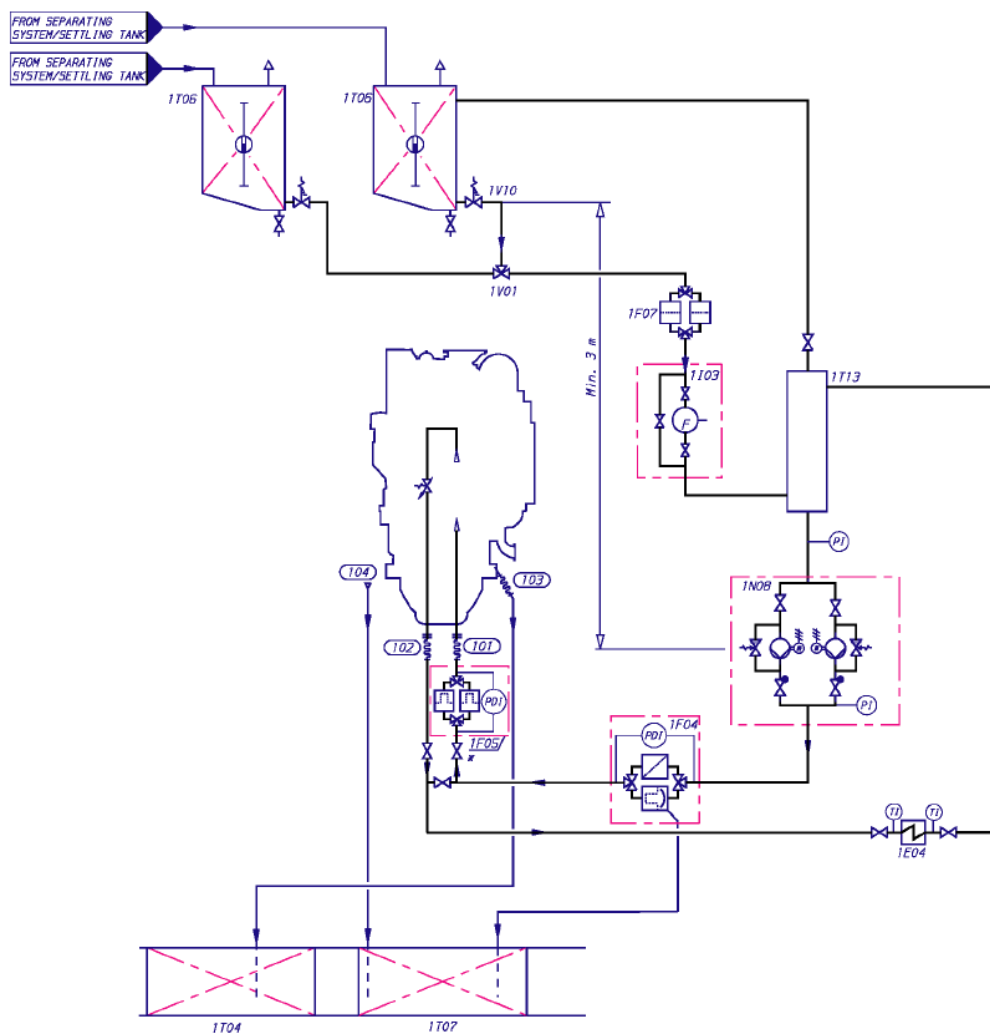


Fig 6-5 Example of fuel oil system, MDF, single engine installation (DAAE022042b)

System components		Pipe connections	
1E04	Cooler (MDF)	101	Fuel inlet
1F04	Automatic filter (MDF)	102	Fuel outlet
1F05	Fine filter (MDF)	103	Leak fuel drain, clean fuel
1F07	Suction strainer (MDF)	104	Leak fuel drain, dirty fuel
1I03	Flow meter (MDF)		
1N08	Fuel feed pump unit (MDF)		

System components		Pipe connections	
1T04	Leak fuel tank, clean fuel		
1T06	Day tank (MDF)		
1T07	Leak fuel tank, dirty fuel		
1T13	Return fuel tank		
1V01	Change-over valve		
1V10	Quick closing valve		

Cada tanque dispone de una línea de alimentación y otra de retorno con sus respectivas válvulas de disparo rápido y de cierre y retención respectivamente.

La alimentación del motor principal se compone de los siguientes equipos:

### ○ Bombas de Circulación/Alimentación

Mantiene la presión de las bombas de inyección y permite la circulación del combustible por el sistema. Se instala una bomba de tornillo como bomba de circulación y un filtro de succión de 0,5 mm antes de cada bomba como indica el fabricante. Tiene que haber una presión estática positiva de unos 30 kPa en el lado de succión de la bomba.

El motor principal se alimenta desde los tanques de servicio diario, de manera que el combustible es impulsado por dichas bombas accionadas por motores eléctricos. La capacidad de dichas bombas es cuatro veces el consumo total del motor principal más una cantidad de flujo de un posible filtro automático para así asegurar el cebado y la refrigeración de las bombas de inyección. De este modo, se estima un consumo de:

$$C = 4 \cdot Consumo_{MP} = 4 \cdot Consumo_{específico} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot P$$

donde:

C = capacidad de la bomba de circulación, en m<sup>3</sup>/h.

Consumo específico estimado del motor al 75 % de régimen de trabajo, en Tn/kW·h.

P = MCR del motor en kW.

ρ = peso específico del combustible.

$$Consumo = 4 \cdot \left( \frac{183,6}{10^6} \right) \cdot \frac{1}{0,84} \cdot 7.200 = \mathbf{6,20 \text{ m}^3/h}$$

Entrando en las curvas del catálogo de bombas AZCUE, se instalan dos bombas de tornillos, autoaspirantes para el servicio de alimentación de gasoil modelo BT-IL 45D3 de 93 kg de peso y 1.450 r.p.m. cuya potencia absorbida por el motor eléctrico es de 4,0 kW.

DATOS DE DISEÑO	
Capacidad	6,20 m <sup>3</sup> /h
Presión de Diseño	16 bar
Presión total Máx (válvula de seguridad)	12 bar
Presión Nominal	0 - 0,4 bar
Potencia Motor Eléctrico	4,0 kW
Temperatura de Diseño	50 °C
Viscosidad para dimensionar el motor eléctrico	90 cSt

### ○ **Bomba de Inyección**

Bomba que distribuye el combustible a los cilindros del motor y que eleva su presión hasta un nivel lo bastante elevado como para que, al ser inyectado en el motor, esté lo suficientemente pulverizado como para que se produzca su inflamación espontánea.

Entrando en las curvas del catálogo de bombas AZCUE, se instalan seis bombas de tornillos, autoaspirantes para inyección de gasoil en el motor principal modelo BT-HM 38D3 de 94 kg de peso y 2.900 r.p.m. cuya potencia absorbida por el motor eléctrico es de 2.2 kW.

DATOS DE DISEÑO	
Presión de Diseño	0,4 bar
Capacidad	6 m <sup>3</sup> /h
Potencia Motor Eléctrico	2,2 kW

### ○ **Válvula Reguladora de Presión**

Se instala cuando el equipo incluye una línea de retorno desde el motor hasta el tanque de uso diario para asegurar que la presión en la línea de combustible en el interior se mantiene dentro de unos valores que aseguran el llenado de toda la cámara de la bomba inyectora. Su capacidad es la misma que la de la bomba de circulación.

DATOS DE DISEÑO	
Temperatura de Diseño	50 °C
Presión de Diseño	16 bar
Punto de Ajuste	4 - 7 bar

### ○ **Filtros de Combustible**

Un filtro automático cuya capacidad ha de ser suficiente para prevenir caídas de presión durante las operaciones de funcionamiento; el flujo ha de ser el mismo que el de la bomba de circulación.

DATOS DE DISEÑO	
Viscosidad del Combustible	16 - 24 cSt
Temperatura de Diseño	50 °C
Presión de diseño	16 bar
Malla	35 µm
Máx. caída de Presión a 14 cSt	
<i>Filtro Limpio</i>	0,2 bar
<i>Alarma</i>	0,8 bar

Y un filtro fino que se ha de situar lo más cerca posible del motor principal; el diámetro del tubo entre este último filtro y el motor debe ser el mismo que el diámetro antes de los filtros. Su capacidad ha de ser mayor que la de la bomba de circulación.

DATOS DE DISEÑO	
Viscosidad del Combustible	16 - 24 cSt
Temperatura de Diseño	50 °C
Presión de diseño	16 bar
Malla	25 µm
Máx. caída de Presión a 14 cSt	
<i>Filtro Limpio</i>	0,2 bar
<i>Alarma</i>	0,8 bar

### ○ **Enfriador de Combustible**

Normalmente se requiere de un enfriador de gasoil ya que su viscosidad no debe caer por debajo de los valores establecidos en la especificación técnica (16 – 24 cSt); la temperatura del combustible ha de mantenerse por debajo de los 45°C.

Será recomendable instalarla cuando la viscosidad de los tanques de uso diarios caiga por debajo de los límites establecidos para así poder controlarla.

DATOS DE DISEÑO	
Calor que ha de Disiparse	
<i>Plena Carga</i>	4 kW/cyl
<i>Inactivo</i>	0,5 kW/cyl
Máxima caída de Presión, gasoil	0,8 bar
Máxima caída de Presión, agua	0,6 bar
Margen	15%
Temperatura de Diseño	50 °C

### ○ **Tanque de Fugas Limpias**

Se drenan las fugas de combustible a este tanque por gravedad y puede ser bombeado al tanque de uso diario y reutilizado sin necesidad de ser depurado.

○ **Tanque de Fugas Sucias**

Ante posibles fugas imprevistas, estas se han de recoger en la bandeja del motor y drenadas a este tanque por gravedad a través de las conexiones de combustible sucio. Este combustible sucio se vierte en el tanque de lodos.

○ **Amortiguador de Pulsos**

Consiste en un tramo de tubería de mayor diámetro que el resto, situado en la entrada y salida del motor principal cuyo objetivo es el de reducir los picos de presión en el sistema producidos por las bombas de inyección.

En el siguiente esquema, extraído del catálogo, se muestra el esquema interno del sistema de combustible del motor seleccionado.

**Internal fuel oil system**

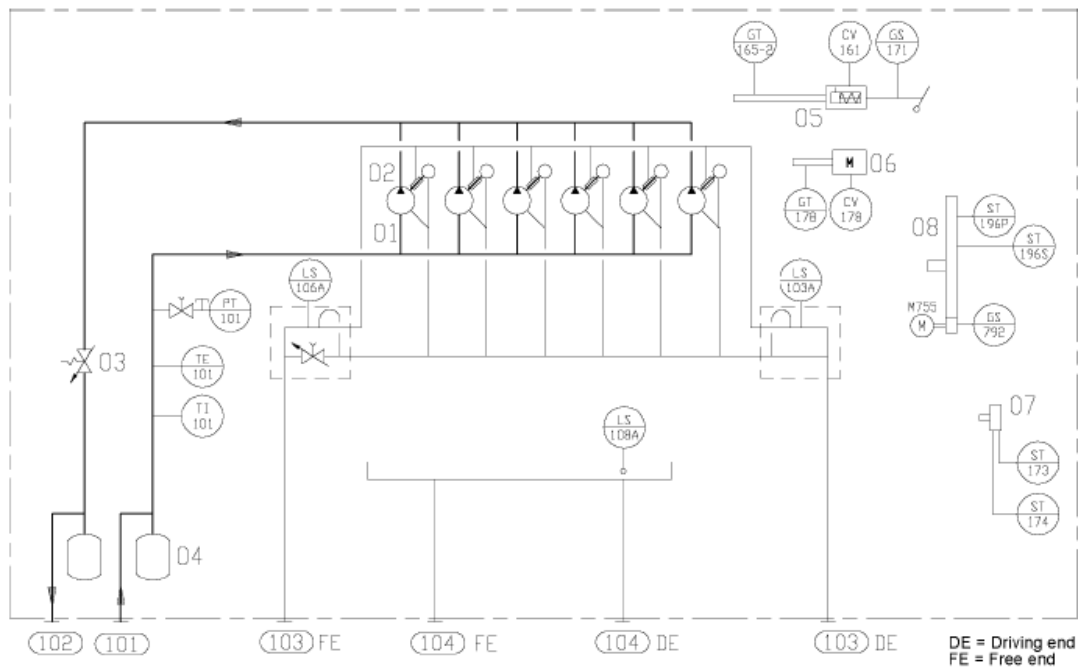


Fig 6-1 Internal fuel system, in-line engine (DAAE017289D)

System components			
01	Injection pump	05	Fuel rack actuator
02	Injection valve	06	Timing rack actuator
03	Pressure control valve	07	Camshaft
04	Pulse damper	08	Flywheel

Cuaderno 10. Definición de la Planta Propulsora y sus Auxiliares  
Eva Luz Villar Chouciño

Sensors and indicators			
PT101	Fuel oil pressure, engine inlet	ST173	Engine speed 1
TE101	Fuel oil temperature, engine inlet	ST174	Engine speed 2
T1101	Fuel oil temperature, engine inlet	CV178	Timing rack control
LS103A	Fuel oil leakage, clean primary	GT178	Timing rack position
LS106A	Fuel oil leakage, clean secondary	ST196P	Engine speed, primary
LS108A	Fuel oil leakage, dirty fuel driving end	ST196S	Engine speed, secondary
CV161	Fuel rack control	GS792	Turning gear engaged
GT165-2	Fuel rack position	M755	Electric motor for turning gear
GS171	Stop lever in stop position		

Pipe connections		Size	Pressure class	Standard
101	Fuel inlet	DN32	PN40	ISO 7005-1
102	Fuel outlet	DN32	PN40	ISO 7005-1
103	Leak fuel drain, clean fuel	DN25	PN40	ISO 7005-1
104	Leak fuel drain, dirty fuel	OD28		DIN 2353

Además, se muestra la tabla con las especificaciones del gasoil marino:

Table 6-1 MDF specifications

Property	Unit	ISO-F-DMA	ISO-F-DMZ	ISO-F-DMB	Test method ref.
Viscosity, before injection pumps, min. <sup>1)</sup>	cSt	2.0	2.0	2.0	
Viscosity, before injection pumps, max. <sup>1)</sup>	cSt	24	24	24	
Viscosity at 40°C, min.	cSt	2	3	2	
Viscosity at 40°C, max.	cSt	6	6	11	ISO 3104
Density at 15°C, max.	kg/m <sup>3</sup>	890	890	900	ISO 3675 or 12185
Cetane index, min.		40	40	35	ISO 4264
Sulphur, max.	% mass	1.5	1.5	2	ISO 8574 or 14596
Flash point, min.	°C	60	60	60	ISO 2719
Hydrogen sulfide, max. <sup>2)</sup>	mg/kg	2	2	2	IP 570
Acid number, max.	mg KOH/g	0.5	0.5	0.5	ASTM D664
Total sediment by hot filtration, max.	% mass	—	—	0.1 <sup>3)</sup>	ISO 10307-1
Oxidation stability, max.	g/m <sup>3</sup>	25	25	25 <sup>4)</sup>	ISO 12205
Carbon residue: micro method on the 10% volume distillation residue max.	% mass	0.30	0.30	—	ISO 10370
Carbon residue: micro method, max.	% mass	—	—	0.30	ISO 10370
Pour point (upper) , winter quality, max. <sup>5)</sup>	°C	-6	-6	0	ISO 3016

Property	Unit	ISO-F-DMA	ISO-F-DMZ	ISO-F-DMB	Test method ref.
Pour point (upper) , summer quality, max. <sup>5)</sup>	°C	0	0	6	ISO 3016
Appearance	—	Clear and bright <sup>6)</sup>		<sup>3) 4) 7)</sup>	
Water, max.	% volume	—	—	0.3 <sup>3)</sup>	ISO 3733
Ash, max.	% mass	0.01	0.01	0.01	ISO 6245
Lubricity, corrected wear scar diameter (wsd 1.4) at 60°C , max. <sup>8)</sup>	µm	520	520	520 <sup>7)</sup>	ISO 12156-1

Remarks:

- 1) Additional properties specified by Wärtsilä, which are not included in the ISO specification.
- 2) The implementation date for compliance with the limit shall be 1 July 2012. Until that the specified value is given for guidance.
- 3) If the sample is not clear and bright, the total sediment by hot filtration and water tests shall be required.
- 4) If the sample is not clear and bright, the test cannot be undertaken and hence the oxidation stability limit shall not apply.
- 5) It shall be ensured that the pour point is suitable for the equipment on board, especially if the ship operates in cold climates.
- 6) If the sample is dyed and not transparent, then the water limit and test method ISO 12937 shall apply.
- 7) If the sample is not clear and bright, the test cannot be undertaken and hence the lubricity limit shall not apply.
- 8) The requirement is applicable to fuels with a sulphur content below 500 mg/kg (0.050 % mass).



## 5.2. SERVICIO DE LUBRICACIÓN

El servicio de lubricación se compone de todos aquellos elementos indispensables para el almacenamiento, mantenimiento y preparación del aceite de todos los equipos a bordo del buque que requieren lubricación.

El reglamento aplicado establece las bases para el diseño de los diferentes equipos que componen dicho servicio en su *Pt. C, Ch. 10, Sec 12 – [12] “Lubricating Oil Systems”*.

El motor principal estará provisto de al menos dos bombas de lubricación accionadas por motores eléctricos, de manera que se mantenga la lubricación normal con una de ellas fuera de servicio. Además, el reglamento en el mismo artículo, indica que los materiales que se han de usar para las tuberías no han de contaminar ni modificar las propiedades del aceite; el uso de cadmio y zinc está prohibido. Los materiales metálicos que se usarán irán de acorde con los indicado en la siguiente tabla extraída del reglamento:

**Table 5 : Conditions of use of metallic materials in piping systems**

Material	Allowable classes	Maximum design temperature (1)	Particular conditions of use
Carbon and carbon-manganese steels	III, II, I	400 (2)	Class I and II pipes are to be seamless drawn pipes (3)
Copper and aluminium brass	III, II, I	200	<ul style="list-style-type: none"> <li>Not to be used in fuel oil systems, except for class III pipes of a diameter not exceeding 25 mm not passing through fuel oil tanks</li> <li>Not to be used for boiler blow-down valves and pieces for connection to the shell plating</li> </ul>
Copper-nickel	III, II, I	300	
Special high temperature resistant bronze	III, II, I	260	
Stainless steel	III, II, I	300	Austenitic stainless steel is not to be used for sea water systems
Spheroidal graphite cast iron	III, II (5)	350	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimum elongation is not to be less than 12% on a gauge length of <math>5,65.S^{0,5}</math>, where S is the actual cross-sectional area of the test piece</li> <li>Not to be used for boiler blow-down valves and pieces for connection to the shell plating</li> </ul>
Grey cast iron	III II (6)	220	<p>Grey cast iron is not to be used for the following systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>boiler blow-down systems and other piping systems subject to shocks, high stresses and vibrations</li> <li>bilge lines in tanks</li> <li>parts of scuppers and sanitary discharge systems located next to the hull below the freeboard deck or for passengers ships below the bulkhead deck</li> <li>ship side valves and fittings</li> <li>valves fitted on the collision bulkhead</li> <li>valves fitted to fuel oil and lubricating oil tanks under static pressure head</li> <li>class II fuel oil systems and thermal oil systems</li> </ul>
Aluminium and aluminium alloys	III, II	200	<p>Aluminium and aluminium alloys are not to be used on the following systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>flammable oil systems</li> <li>sounding and air pipes of fuel oil tanks</li> <li>fire-extinguishing systems</li> <li>bilge system in boiler or machinery spaces or in spaces containing fuel oil tanks or pumping units</li> <li>scuppers and overboard discharges except for pipes led to the bottoms or to the shell above the freeboard deck or fitted at their upper end with closing means operated from a position above the freeboard deck</li> <li>boiler blow-down valves and pieces for connection to the shell plating</li> </ul>

(1) Maximum design temperature is not to exceed that assigned to the class of piping.  
(2) Higher temperatures may be accepted if metallurgical behaviour and time dependent strength (ultimate tensile strength after 100 000 hours) are in accordance with national or international standards or specifications and if such values are guaranteed by the steel manufacturer.  
(3) Pipes fabricated by a welding procedure approved by the Society may also be used.  
(4) Pipes made of copper and copper alloys are to be seamless.  
(5) Use of spheroidal cast iron for class I piping systems will be given special consideration by the Society.  
(6) Use of grey cast iron is not allowed when the design pressure exceeds 1,3 MPa.

El aceite lubricante, recomendado por el fabricante, se emplea para engrasar las diferentes partes que componen un motor: paredes de cilindro y pistón, bancadas del cigüeñal, pie de biela, árbol de levas, eje de balancines y engranajes de la distribución.

El aceite se deposita en el cárter inferior el cual lleva en la parte más profunda una bomba que, movida por un eje engranado al árbol de levas, lo aspira a través de un colador para después lubricar a todos los elementos.

Las funciones del aceite lubricante son las siguientes:

- Reducir el rozamiento y el desgaste entre piezas en contacto, de manera que se elimina la producción indeseable de calor.
- Refrigerar los componentes.
- Favorecer la estanqueidad entre los aros del pistón y la camisa.
- Proteger contra la corrosión gracias a los aditivos del aceite.
- Eliminar las impurezas debidas a la fricción.
- Repartir la carga del cojinete en una superficie más amplia para así mejorar la vida del mismo.

El Buque Proyecto utiliza un sistema de lubricación a presión, en el cual una bomba de circulación principal aspira el aceite del tanque de dicho servicio y lo transmite, a través de los diferentes conductos, a los elementos del motor principal que requieren de lubricación

A continuación, se muestra el esquema de funcionamiento externo del servicio de lubricación con bombas accionadas eléctricamente, para el motor del Buque Proyecto (esquema de la derecha):

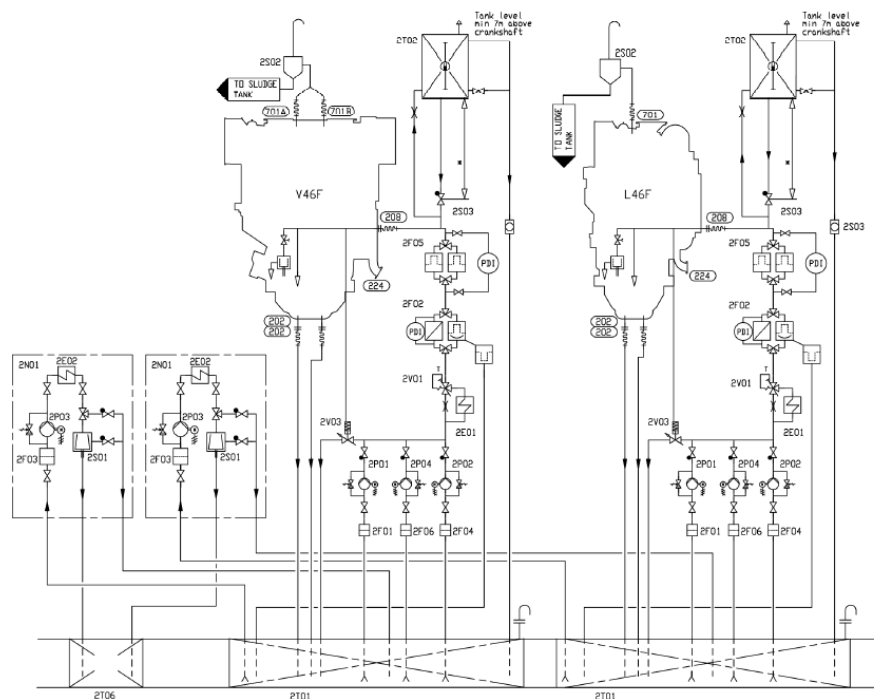


Fig 7-4 External lubricating oil system, electrically driven pumps (DAAF008541A)

System components:					
2E01	Lubricating oil cooler	2F06	Suction strainer	2S02	Condensate trap
2E02	Heater (separator unit)	2N01	Separator unit	2S03	Sight glass
2F01	Suction strainer (main lube pump)	2P01	Main lubricating oil pump	2T01	System oil tank
2F02	Automatic filter	2P02	Pre-lubricating oil pump	2T02	Gravity tank
2F03	Suction strainer (separator unit)	2P03	Separator pump	2T06	Sludge tank
2F04	Suction strainer (prelube oil pump)	2P04	Stand-by pump	2V01	Temperature control valve
2F05	Safety filter	2S01	Separator	2V03	Pressure control valve

Pipe connections:	
202	Lubricating oil outlet <sup>1)</sup>
208	Lubricating oil from electric driven pump
224	Control oil to pressure control valve
701	Crankcase ventilation
<sup>1)</sup> Two outlets in each end are available	

Mientras que el sistema de lubricación interno del motor en línea tiene la siguiente disposición:

## Internal lubricating oil system

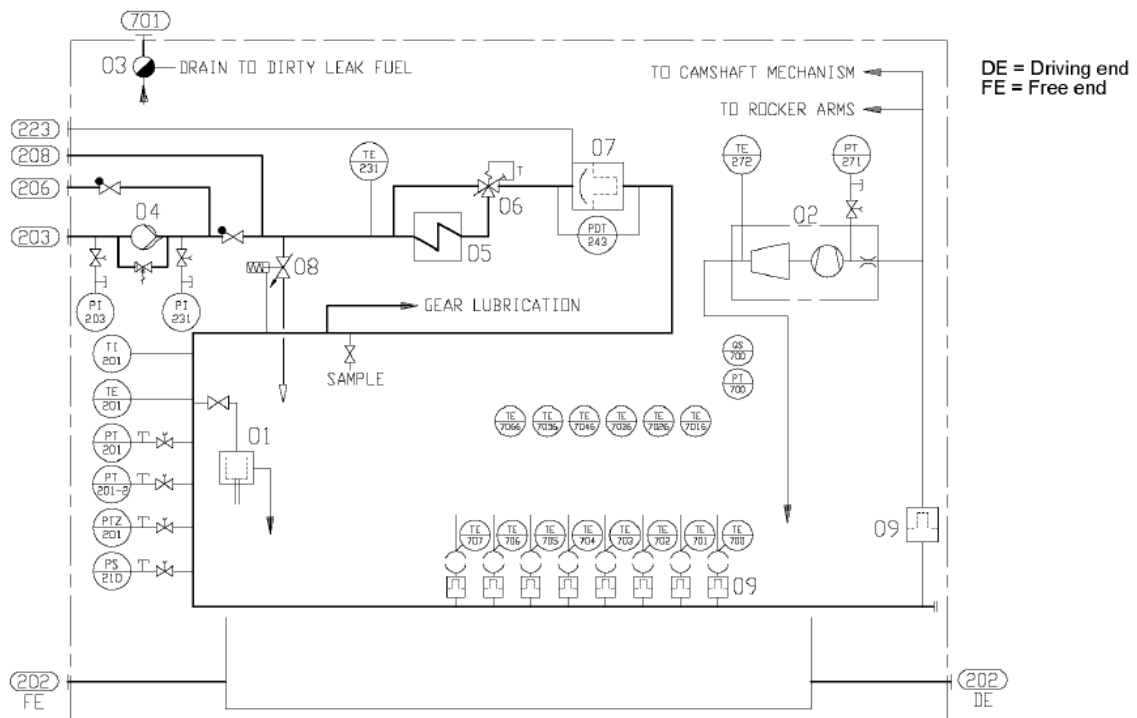


Fig 7-1 Internal lubricating oil system, in-line engine (DAAE017290D)

System components			
01	Centrifugal filter (for indicating)	06	Temperature control valve
02	Turbocharger	07	Lubricating oil filter (automatic)
03	Crankcase breather	08	Pressure control valve
04	Main lubricating oil pump	09	Running-in filter (to be removed after commissioning)
05	Lubricating oil cooler		

Sensors and indicators			
PT201	Lube oil pressure, engine inlet	PDT243	Lube oil filter pressure difference
PT201-2	Lube oil pressure, engine inlet	PT271	Lube oil pressure, TC inlet
PTZ201	Lube oil pressure, engine inlet	TE272	Lube oil temperature, TC outlet
TE201	Lube oil temperature, engine inlet	PT700	Crankcase pressure
TI201	Lube oil temperature, engine inlet	QS700	Oil mist detector alarm
PI203	Lube oil pressure before pump	TE700	Main bearing temperature (700...70n)
PS210	Lube oil stand-by pump start	TE7016	Big end bearing temperature (7016...70x6)
TE231	Lube oil temperature, cooler inlet		
PI231	Lube oil pressure, cooler inlet	n = main bearing number, x = cylinder number	

Pipe connections		Size	Pressure class	Standard
202FE,DE	Lubricating oil outlet in free end	DN200	PN10	ISO 7005-1
203	Lubricating oil to engine driven pump	DN250	PN10	ISO 7005-1
206	Lubricating oil from priming pump	DN80	PN16	ISO 7005-1
208	Lubricating oil from electrically driven pump	DN150	PN16	ISO 7005-1
223	Flushing oil from automatic filter	DN40	PN40	ISO 7005-1
701	Crankcase ventilation	DN125	PN16	ISO 7005-1

Los principales elementos que constituyen el sistema son los siguientes:

○ **Sistema de Depuración**

Este sistema se dimensiona para purificar de manera continuada el aceite procedente del tanque de circulación del motor principal durante su funcionamiento.

Está compuesto por los siguientes elementos:

- *Bomba de Alimentación del Separador:* contiene un filtro de succión y una válvula de seguridad. Debe seleccionarse acorde con el rendimiento del separador. Se debe considerar la menor temperatura estimada en el sistema de tanques de aceite (tras una larga parada) para dimensionar el motor eléctrico.
- *Pre calentador:* se dimensiona en función de la capacidad de la bomba de alimentación y de la temperatura del sistema de tanques de aceite. Cuando el motor está en funcionamiento, la temperatura en el fondo del buque es normalmente de 65°C- 75°C. Cuando el motor está parado, la capacidad de calentamiento debe ser suficiente para mantener la temperatura requerida sin calentamiento adicional del motor. La

temperatura recomendada tras el calentamiento es de 95°C y no ha de superar los 150°C.

Ha de estar provisto de válvulas de seguridad y tubos de drenaje hacia los tanques de fugas.

- *Separador de Aceite*: es de descarga controlada para minimizar las pérdidas, y el rendimiento del servicio Q (l/h) del separador se puede estimar de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1,35 \cdot P \cdot n}{t} = \frac{1,35 \cdot 7.200 \cdot 4}{24} = 1.620 \text{ l/h} = \mathbf{1,62 \text{ m}^3/\text{h}}$$

donde:

Q = flujo volumétrico (l/h).

P = potencia de salida del motor (kW). Se toman **7.200 kW**.

n = **4** para motores diésel marinos (MDF).

t = tiempo de operación (h/día). Se toman 24 horas (funcionamiento continuo).

- *Tanque de Lodos*: ha de localizarse justo debajo del separador o lo más próximo posible a menos que esté integrado en el equipo.
- *Bomba de Traslado de Lodos*

Se estima una potencia para la depuradora de aceite de 3,00 kW tomando como referencia el buque "Jocay".

### ○ **Tanques de Almacén**

Se almacena en ellos el aceite necesario para compensar los consumos del motor durante la navegación. Se localiza debajo de la base del motor y su llenado se realiza a través de una toma localizada en la cubierta principal. El volumen mínimo de estos tanques, exigido por el fabricante se ajusta al volumen del tanque diseñado para dicho consumo en el Cuaderno 4.

Para el cálculo de la bomba de succión se considera tanto la altura de succión como las pérdidas que se producen a lo largo de la tubería.

La tubería de succión de la bomba debe tener entrada cónica para minimizar las pérdidas de presión, además, ha de ser lo más corta y recta posible y con un diámetro admisible. Se equipará con una válvula antirretorno de tipo aleta sin muelle de tal manera que asegure el propio cierre de la válvula.

Se podrá requerir de bobinas calentadoras para elevar la temperatura del aceite del tanque de manera que se asegure el bombeo del mismo. También se podrá usar el

calentador de la depuradora para aumentar la temperatura del aceite una vez bombeado el aceite.

DATOS DE DISEÑO	
Volumen mín. del Tanque	13 m <sup>3</sup>
Nivel de Aceite en Servicio	75 - 80%
Nivel de Alarma	60%

### ○ **Tanque de Gravedad**

Al instalar bombas accionadas eléctricamente, se requiere de tanques de gravedad para asegurar la lubricación en situación de blackout.

La altura requerida para estos tanques es de unos 7 metros por encima del cigüeñal y una presión mínima de 0,5 bar a la entrada del motor. Además, la capacidad mínima del tanque de gravedad para el motor seleccionado es de 1 m<sup>3</sup> para el motor seleccionado.

### ○ **Tanque de Aceite Sucio**

Almacena los restos desechables del aceite de lubricación y se ha diseñado en el Cuaderno 4 para almacenar una capacidad de 6,20 m<sup>3</sup>

### ○ **Filtro de Succión**

Se recomienda instalar filtros de succión provistos de alarma a la entrada de las bombas para protegerlas de posibles daños. Se ha de dimensionar, junto con las tuberías, para minimizar las caídas de presión.

La malla ha de ser de 0,5 mm a 1 mm.

### ○ **Filtro Automático**

Se recomienda además la utilización de un filtro automático en la línea de bypass a la salida de las bombas de lubricación.

DATOS DE DISEÑO	
Viscosidad del aceite	50 cSt
Flujo de Diseño	130 m <sup>3</sup> /h
Temperatura de Diseño	100 °C
Presión de Diseño	10 bar
Malla	35 µm
Máxima caída Presión	
<i>Filtro Limpio</i>	0,3 bar
<i>Alarma</i>	0,8 bar

### ○ Filtro de Seguridad

Además, se ha de instalar un filtro de seguridad antes del motor, a menos que esté integrado en el filtro automático

DATOS DE DISEÑO	
Viscosidad del aceite	50 cSt
Flujo de Diseño	130 m <sup>3</sup> /h
Temperatura de Diseño	100 °C
Presión de Diseño	10 bar
Malla	60 µm
Máxima caída Presión	
<i>Filtro Limpio</i>	0,3 bar
<i>Alarma</i>	0,8 bar

### ○ Bomba de Lubricación Principal

Se recomienda la utilización de una bomba de tornillo provista de una válvula de seguridad y se instalará una bomba de respeto en stand-by.

Para el motor seleccionado se elige una bomba de 45 kW incorporada al motor cuya capacidad, recomendada por el fabricante, es de 191 m<sup>3</sup>/h y accionada por un motor eléctrico de 55 kW (recomendado por el fabricante, para una temperatura de aceite de 40 °C).

DATOS DE DISEÑO	
Capacidad	191 m <sup>3</sup> /h
Presión de Diseño	10 bar
Potencia	45 kW
Potencia Motor Eléctrico	55 kW
Máx. Presión (válvula seguridad)	8 bar
Temperatura de Diseño	100 °C
Viscosidad para dimensionar la bomba eléctrica	500 cSt

### ○ Bomba de Pre-lubricación

Es un tornillo instalado independientemente o una bomba de engranajes equipada con una válvula de seguridad. Deberá mantenerse en funcionamiento siempre que el motor esté parado.

Para el motor seleccionado y una temperatura del aceite de 40°C, se elige una bomba de 5 kW, con una capacidad recomendada por el fabricante de 191 m<sup>3</sup>/h y accionada por un motor eléctrico de 7,5 kW.

Para temperaturas de 20°C, el fabricante recomienda instalar una bomba de 11 kW con un motor eléctrico de 15 kW.

DATOS DE DISEÑO	
Capacidad	191 m <sup>3</sup> /h
Máx. Presión (válvula seguridad)	3,5 bar
Temperatura de Diseño	100 °C
Viscosidad para dimensionar la bomba eléctrica	500 cSt

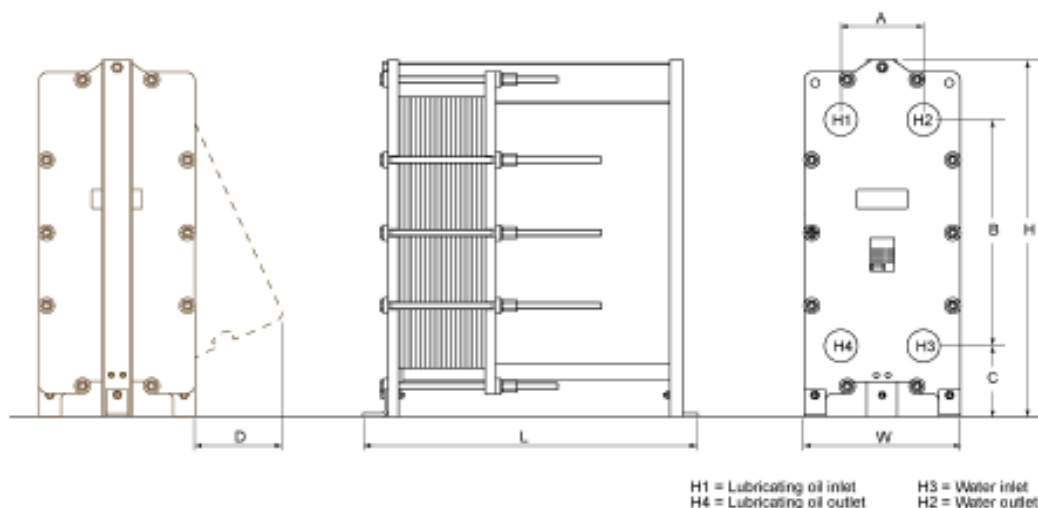
### ○ Válvula de Control de Presión

Se instalará una válvula de control de presión en los equipos con bombas de lubricación impulsadas eléctricamente. El flujo excedente de la válvula retornará al tanque de aceite, siendo su capacidad la diferencia entre la capacidad de la bomba y el flujo de aceite del motor.

DATOS DE DISEÑO	
Presión de diseño	10 bar
Temperatura de diseño	100 °C
Punto de Ajuste (a la entrada del motor)	4 bar

### ○ Enfriador de Aceite de Lubricación

El enfriador tubular, disminuye la temperatura del aceite lubricante antes de llevarlo al motor principal, utilizando agua dulce del motor principal como fluido refrigerante.



**Fig 7-6 Main dimensions of the lubricating oil cooler**



DATOS DE DISEÑO	
Capacidad de Aceite	130 m <sup>3</sup> /h
Calor disipado	756 kW
Máx. caída de Presión (aceite)	0,8 bar
Flujo de Agua	115 m <sup>3</sup> /h
Máx. caída de Presión (agua)	0,6 bar
Temperatura del Agua entrada del enfriador	45 °C
Temperatura del Aceite entrada del motor	63 °C
Presión de Diseño	10 bar
Margen	min. 15%

○ **Válvula de Control de Temperatura**

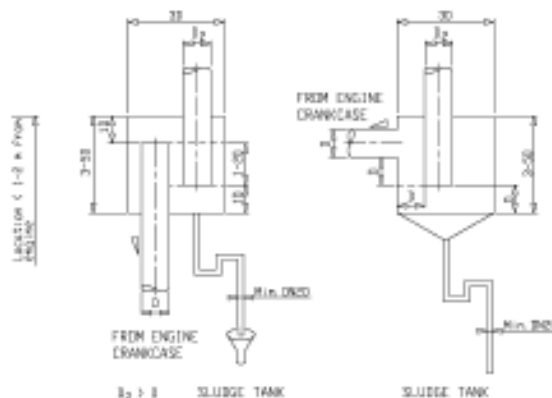
Esta válvula mantiene constante la temperatura del lubricante a la entrada del motor direccionando parte del flujo de aceite a través de la línea de bypass en lugar de a través del enfriador.

DATOS DE DISEÑO	
Temperatura a la entrada del motor	63 °C
Presión de Diseño	10 bar
Caída de Presión máxima	0,5 bar

○ **Sistema de Ventilación**

Sistema que se utiliza para evacuar los gases de la caja del cigüeñal para mantener la presión dentro de unos valores aceptables. Los tubos de ventilación no se combinan con conductos de otros sistemas.

El diámetro de los tubos ha de ser lo suficientemente grande como para evitar una excesiva presión de retorno; además se han de utilizar equipos que no provoquen una excesiva resistencia en el flujo. La temperatura de diseño es de 80°C.



**Fig 7-7** Condensate trap (DAAE032780B)

### ○ **Bomba de Aceite Sucio**

En el Cuaderno 4 se ha diseñado un tanque de aceite sucio con una capacidad de 6,25 m<sup>3</sup>. Desde el doble fondo hasta la cubierta de descarga de dicho aceite se consideran las pérdidas de carga de las tuberías y de la diferencia de alturas, por lo que la presión requerida es, como ya se ha visto antes, de 3,5 bar.

De este modo, entrando en las curvas del catálogo de bombas AZCUE para dicha presión y un caudal de 12,50 m<sup>3</sup>/h (descarga en media hora), se instala una bomba de tornillos, autoaspirante para descarga de aceite sucio modelo BT-IL 45D3 de 90 kg de peso y 2.900 r.p.m. cuya potencia absorbida por el motor eléctrico es de 2,2 kW.

<b>DATOS DE DISEÑO</b>	
Capacidad mín.	12,5 m <sup>3</sup> /h
Presión de Diseño mín.	3,5 bar
Potencia Motor Eléctrico	2,2 kW

### **5.3. SERVICIO DE ARRANQUE CON AIRE COMPRIMIDO**

Para el diseño de este sistema se siguen las exigencias indicadas en la *Pt. C, Ch. 1, Sec. 10 – [17]* del reglamento Bureau Veritas.

El aire comprimido se utiliza para arrancar el motor principal y para proporcionar energía de accionamiento para los servicios de control y emergencia.

El aire, libre de partículas sólidas y aceite, a una temperatura adecuada y almacenado en botellas a una presión nominal de 30 bar, se inyecta directamente dentro de los cilindros a través de las válvulas de arranque situadas en la parte superior de los cilindros. La válvula principal de arranque está integrada en el motor y puede ser operada tanto manual como eléctricamente.

El motor tiene válvulas antirretorno y, además, no puede ser arrancado cuando el engranaje de giro está acoplado.

La velocidad de arranque debe ser lo suficientemente alta para producir en los cilindros activos una temperatura adecuada al final de la carrera de compresión que asegure la ignición del combustible inyectado.

En un primer momento se hace rotar el motor sin inyección de combustible antes del arranque salvo que el motor haya estado funcionado, como máximo, 30 minutos antes

Los datos de diseño extraídos del catálogo del fabricante se muestran en la siguiente tabla:

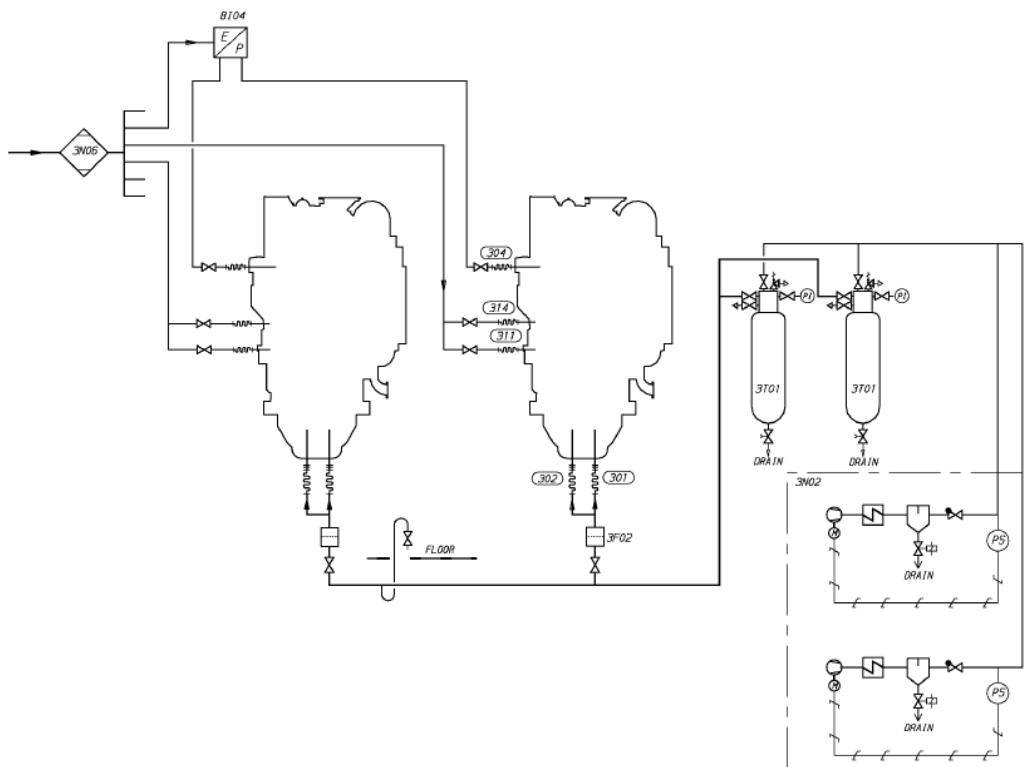
<b>DATOS DE DISEÑO</b>	
Presión de Diseño	10 bar
Presión Nominal	7 bar
Temperatura de Condensación	+ 3°C
Contenido máximo de Aceite	1 mg/m <sup>3</sup>
Tamaño máximo de Partículas	3 µm

El diseño de este sistema se encuentra definido por las Sociedades de Clasificación, las cuales exigen que la capacidad total se divida en dos receptores de igual tamaño de aire de arranque y compresores.

Los conductos deben estar siempre ligeramente inclinados y equipados con drenaje manual o automático en los puntos más bajos.

El fabricante recomienda una longitud de tubería basada en las pérdidas de carga de un conducto 40 m de longitud (DN65).

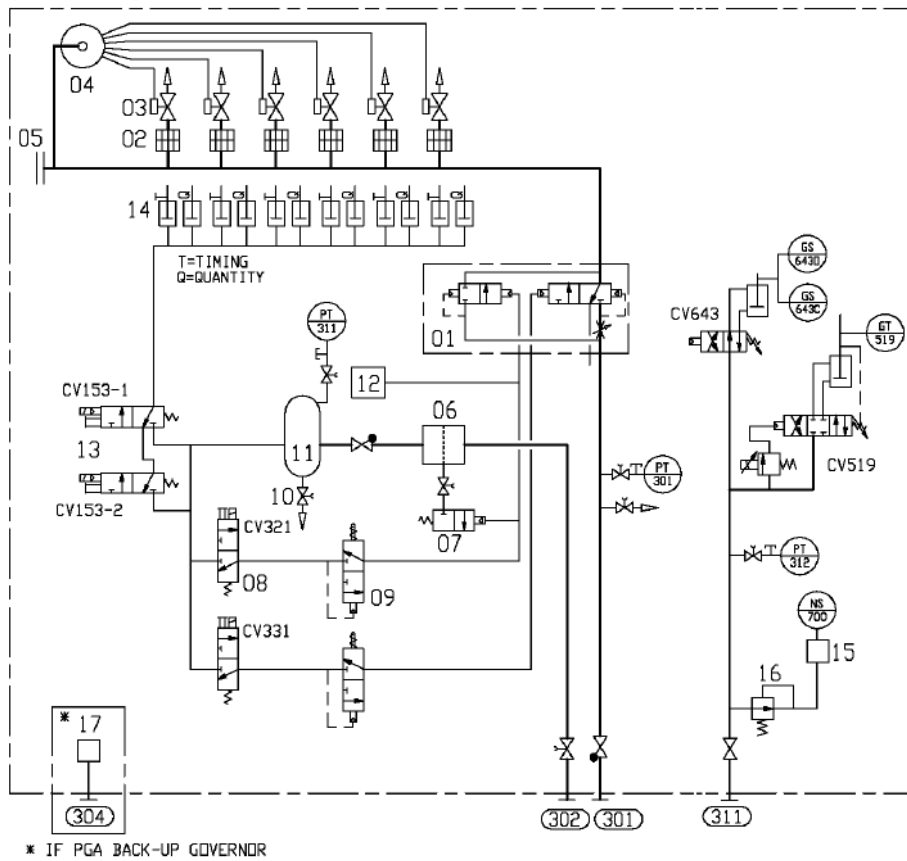
A continuación, se muestran los esquemas externo e interno respectivamente del sistema de aire comprimido, extraídos del catálogo del fabricante:



**Fig 8-3 Example of external compressed air system (DAAE022045a)**

System components			
3F02	Air filter (starting air inlet)	3T01	Starting air vessel
3N02	Starting air compressor unit	8I04	E/P converter
3N06	Air dryer unit		

Pipe connections	
301	Starting air inlet
302	Control air inlet
304	Control air to speed governor (if PGA back-up governor)
311	Control air to by-pass/waste-gate valve
314	Air supply to compressor and turbine cleaning device



**Fig 8-1 Internal compressed air system, in-line engine (DAAE017291F)**

System components			
01	Main starting valve	10	Drain valve
02	Flame arrestor	11	Air container
03	Starting air valve in cylinder head	12	Starting booster for governor
04	Starting air distributor	13	Stop valves
05	Bursting disc (break pressure 4.0 MPa)	14	Stop cylinders at each injection pump
06	Air filter	15	Oil mist detector
07	Control valve for automatic draining	16	Pressure control valve
08	Control valves for starting and slow turning	17	Speed governor
09	Blocking valve of turning gear		

Sensors and indicators			
CV153-1	Stop/shutdown solenoid valve 1	CV519	Exhaust wastegate control
CV153-2	Stop/shutdown solenoid valve 2	GT519	Exhaust wastegate valve position
PT301	Starting air pressure, engine inlet	CV643	Charge air by-pass valve control
PT311	Control air pressure	GS643O	Charge air by-pass valve position, open
PT312	Instrument air pressure	GS643C	Charge air by-pass valve position, closed
CV321	Starting solenoid valve	NS700	Oil mist detector failure
CV331	Slow turning solenoid		

Pipe connections		Size	Pressure class	Standard
301	Starting air inlet, 3 MPa	DN50	PN40	ISO 7005-1
302	Control air inlet, 3 MPa	OD18		DIN 2353
304	Control air to speed governor	OD6		DIN 2353
311	Control air to by-pass/waste-gate valve, 0.4...0.8 MPa	OD18		DIN 2353

Los diferentes elementos que componen este servicio se describen a continuación:

### • Botella de Almacenamiento

La capacidad de las botellas de aire de arranque debe dimensionarse para una presión nominal de 30 bar (mínima de 18 bar). Se instalarán dos botellas de almacenamiento de aire comprimido.

Se acompaña al menos de una válvula manual para drenaje de condensados. La inclinación mínima es de 3°- 5° hacia la válvula de drenaje para asegurar la eficiencia del mismo.

La capacidad volumétrica total de las botellas de almacenamiento se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$V_R = \frac{p_E \cdot V_E \cdot n}{P_{Rmax} - p_{Rmin}} = \frac{0,1 \cdot 6 \cdot 6}{3 - 1,8} = 3 \text{ m}^3 = 3.000 \text{ l}$$

donde:

$V_R$  = volumen total de la botella de almacenamiento, en  $\text{m}^3$ .

$p_E$  = presión barométrica normal. Se toman **0,1 MPa**.

$V_E$  = consumo de aire por arranque, en  $\text{Nm}^3$ . Se toman **6,0  $\text{Nm}^3$** .

$n$  = número de arranques requeridos acorde con la Sociedad de Clasificación. Se toman **6 arranques** ( $\geq 6$  arranques para motores no reversibles y hélices de paso controlable según Pt. C, Ch. 1, Sec 10 – [17.3.1]).

$p_{Rmax}$  = presión máxima de arranque. Se toman **3 MPa**.

$p_{Rmin}$  = presión mínima de arranque. Se toman **1,8 MPa**.

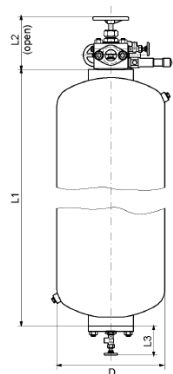


Fig 8-4 Starting air vessel

Size [Litres]	Dimensions [mm]				Weight [kg]
	L1	L2 9	L3 9	D	
500	3204	243	133	480	450
1000	3560	255	133	650	810
1250	2930	255	133	800	980
1500	3480	255	133	800	1150
1750	4000	255	133	800	1310
2000	4610	255	133	800	1490

<sup>1)</sup> Dimensions are approximate.



Imagen 1. Botellas de aire comprimido

Como indica el reglamento, se instalan dos botellas de aire comprimido, cada una con una capacidad de 1.500 litros (50% del total requerido).

- **Compresor de Aire de Arranque**

Se instala dos compresores de aire de arranque, los cuales tendrán capacidad de llenar la botella de aire de arranque desde una presión mínima de 18 bar a una presión máxima en 15 - 30 minutos. La temperatura de descarga no excederá los 95°C.

La capacidad mínima se determina siguiendo las reglas de la Sociedad de Clasificación. Deberán suministrar los 3.000 litros en dicho tiempo, por lo que su capacidad unitaria será de **1,5 m<sup>3</sup>/h** a una presión de descarga de **30 bar**.

Tomando como referencia el buque "Jocay" de la base de datos, se toman dos compresores de **15 kW** cada uno.



Imagen 2. Compresor de aire

- **Separador de Aceite y Aire**

El separador de aceite y aire se instala siempre en la tubería entre el compresor y la botella de aire. No tendrá ningún tramo horizontal, y se dispondrá de drenajes en los puntos más bajos. Se podrá necesitar un separador en el conducto entre la botella de aire y el motor principal.

- **Filtro de Aire de Entrada**

Se instala un filtro con una malla de 400 µm a la entrada del aire de arranque en el motor principal para prevenir la entrada de partículas en el equipo de arranque de aire.

La finalidad es que no sobrepase los 0,2 bar en el consumo de aire de arranque específico del motor en un período de tiempo de 4 segundos.

- **Parallamas**

Se instala un parallamas para cada cilindro en la tubería distribuidora del aire de arranque.

## 5.4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN

El servicio de refrigeración suministra el agua empleada como fuente fría a la mayor parte de los procesos térmicos que se producen en el buque. Para su diseño se aplica la *Pt. C, Ch. 1, Sec. 10 – [10] “Cooling Systems”* del Bureau Veritas.

El servicio de refrigeración utiliza los siguientes medios para realizar dicho proceso térmico:

- Agua de Mar.
- Agua Dulce.

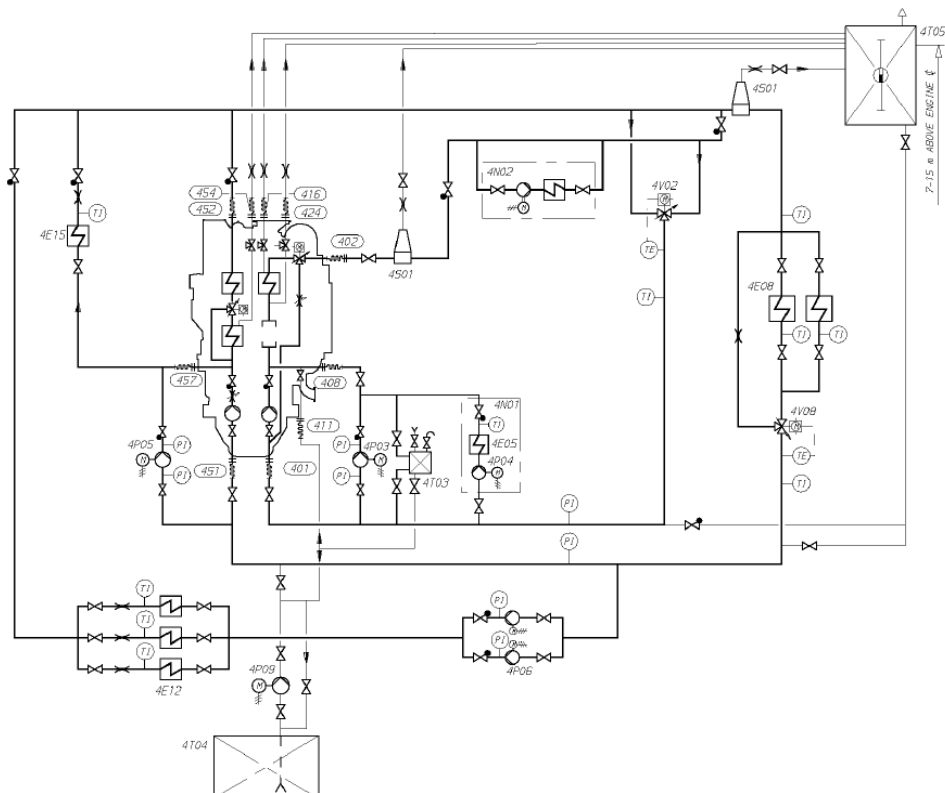
Los sistemas de enfriamiento con agua dulce y agua de mar estarán diseñados para mantener la temperatura de los medios de enfriamiento de la maquinaria propulsora dentro de unos límites recomendados durante todas las operaciones.

Para el motor principal se instala un sistema de refrigeración centralizado de agua dulce (actualmente ya no se instalan sistemas de refrigeración directos por los problemas que genera la utilización del agua de mar en los equipos), el cual consta de dos circuitos:

- Un circuito de agua salada.
- Un circuito cerrado de agua de dulce que se empleará para refrigerar los diferentes equipos del motor principal.

Se intercala en el circuito de agua salada un intercambiador constituido por placas de titanio por el que pasará el agua dulce a alta temperatura proveniente del motor principal. De este modo, se obtendrá una temperatura adecuada de la misma que permita mantener la refrigeración de las diferentes estructuras del motor.

A continuación, se muestra el esquema interno del sistema de refrigeración de agua del motor principal:



System components			
4E05	Heater (pre-heating unit)	4P09	Transfer pump
4E08	Central cooler	4P06	Circulation pump
4E12	Cooler (installation equipment)	4S01	Air venting
4E15	Cooler (generator)	4T03	Additive dosing tank
4N01	Pre-heating unit	4T04	Drain tank
4N02	Evaporator unit	4T05	Expansion tank
4P03	Stand-by pump (HT)	4V02	Temperature control valve (heat recovery)
4P04	Circulation pump (preheater)	4V08	Temperature control valve (central cooler)
4P05	Stand-by pump (LT)		

Pipe connections			
401	HT-water inlet	424	HT-water air vent from exhaust valve seat
402	HT-water outlet	451	LT-water inlet
408	HT-water from stand-by pump	452	LT-water outlet
411	HT-water drain	454	LT-water air vent from air cooler
416	HT-water air vent from air cooler	457	LT-water from stand-by pump

El sistema externo está diseñado para que los flujos, presiones y temperaturas sean próximas a los valores nominales y para que el agua de refrigeración sea desaireada de manera apropiada.

En este caso, no se utilizarán tuberías galvanizadas y se tendrá en cuenta que algunos de los aditivos que se aplican al agua de refrigeración pueden reaccionar con el zinc, lo que puede generar reacciones químicas elevando las temperaturas y provocando corrosiones en los componentes del motor.

El sistema de refrigeración de agua interno es el que se muestra a continuación:

### Internal cooling water system

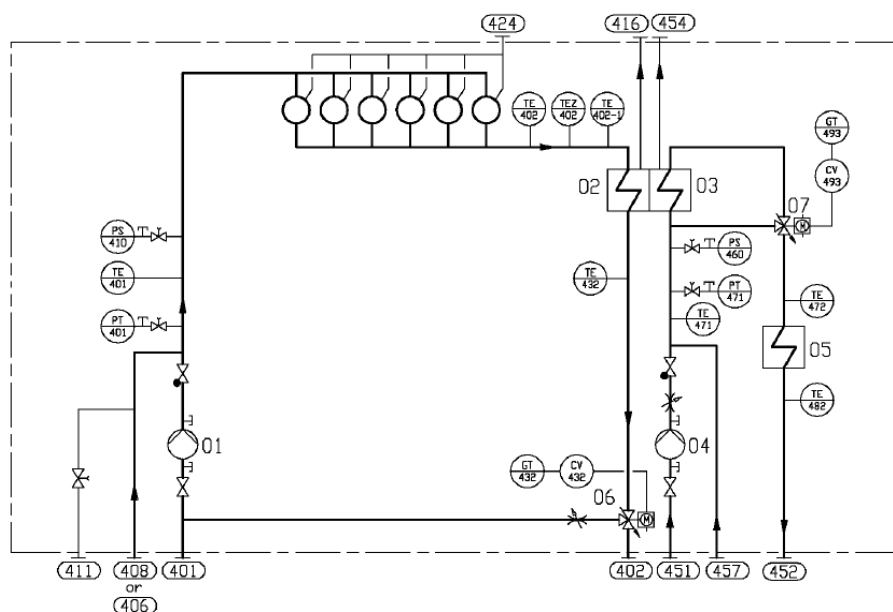


Fig 9-1 Internal cooling water system, in-line engine (DAAE017292E)



System components, in-line engines			
01	HT-water pump (engine driven)	05	Lubricating oil cooler
02	Charge air cooler (HT)	06	HT-temperature control valve
03	Charge air cooler (LT)	07	CAC temperature control valve
04	LT-water pump (engine driven)		

Sensors and indicators, in-line engines			
PT401	HT-water pressure, jacket inlet	TE432	HT-water temperature, HT CAC outlet
TE401	HT-water temperature, jacket inlet	PS460	LT-water stand-by pump start
TE402	HT-water temperature, jacket outlet	PT471	LT-water pressure, LT CAC inlet
TE402-1	HT-water temperature, jacket outlet	TE471	LT-water temperature, LT CAC inlet
TEZ402	HT-water temperature, jacket outlet	TE472	LT-water temperature, LT CAC outlet
PS410	HT-water stand-by start	TE482	LT-water temperature, LO cooler outlet
CV432	HT-water thermostat control	CV493	LT-water thermostat control
GT432	HT-water thermostat position	GT493	LT-water thermostat position

Pipe connections, in-line engines		Size	Pressure class	Standard
401	HT-water inlet	DN150	PN16	ISO 7005-1
402	HT-water outlet	DN150	PN16	ISO 7005-1
406	Water from preheater to HT-circuit	DN50	PN40	DIN 2353
408	HT-water from stand-by pump	DN150	PN16	ISO 7005-1
411	HT-water drain	DN16		ISO 7005-1
416	HT-water air vent from air cooler	OD15		DIN 2353

Pipe connections, in-line engines		Size	Pressure class	Standard
424	HT-water air vent	OD15		DIN 2353
451	LT-water inlet	DN150	PN16	ISO 7005-1
452	LT-water outlet	DN150	PN16	ISO 7005-1
454	LT-water air vent from air cooler	OD15		DIN 2353
457	LT-water from stand-by pump	DN150	PN16	ISO 7005-1

### 5.4.1. Servicio de Refrigeración de Agua Dulce

El agua que se utiliza en este sistema, además de llevar sustancias anticorrosivas, debe cumplir los siguientes requerimientos:

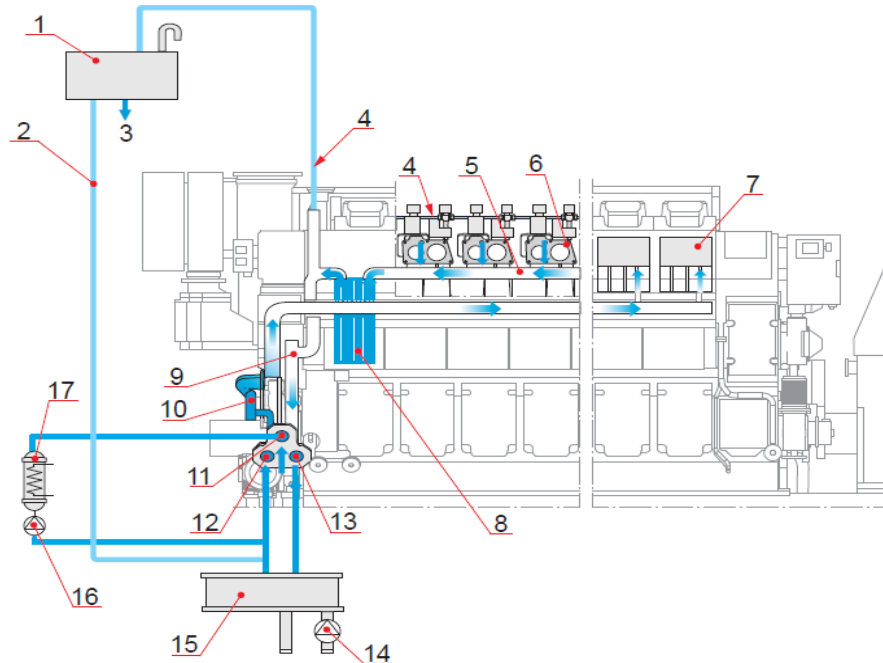
pH ..... min. 6.5...8.5  
 Hardness ..... max. 10 °dH  
 Chlorides ..... max. 80 mg/l  
 Sulphates ..... max. 150 mg/l

El fabricante recomienda utilizar agua dulce producida por un evaporador instalado a bordo. No se recomienda el agua dulce producida por plantas de ósmosis inversa ni el agua de lluvia por su alto contenido en oxígeno y dióxido de carbono.

El motor es enfriado por un circuito cerrado de refrigeración que se divide en dos circuitos diferenciados con su propia disposición, bombas y válvulas termostáticas. Son:

## • El Circuito de Alta Temperatura (HT)

El agua circula a través de las camisas y cabezas de los cilindros y la primera etapa del enfriador de aire de carga.



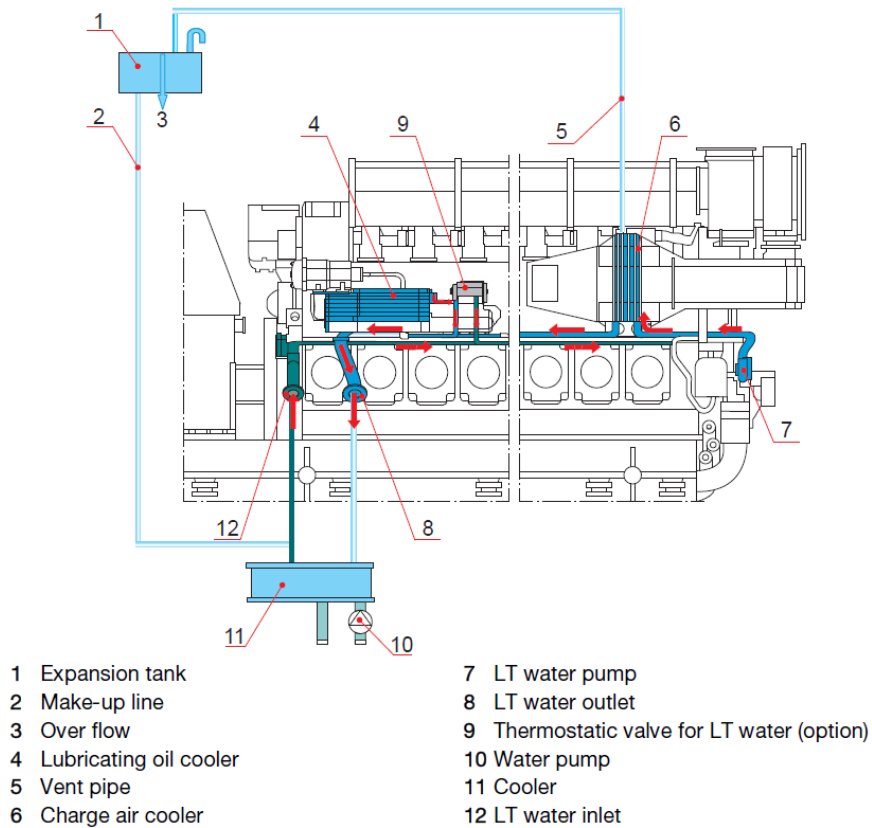
- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1 Expansion tank                           | 10 HT water pump                      |
| 2 Make-up line                             | 11 Water from preheater to HT circuit |
| 3 Over flow                                | 12 HT water inlet                     |
| 4 Vent pipe                                | 13 HT water outlet                    |
| 5 HT water return pipe                     | 14 Water pump                         |
| 6 Multiduct                                | 15 Cooler                             |
| 7 Cylinder head                            | 16 Preheating water pump              |
| 8 Charge air cooler (HT side)              | 17 Preheater                          |
| 9 Thermostatic valve for HT water (option) |                                       |

## • El Circuito de Baja Temperatura (LT)

El agua, en este caso, refrigera la temperatura del aire del motor propulsor y el aceite lubricante. Un enfriador de aire de carga de dos etapas permite una eficiente recuperación del calor y calentamiento del aire frío para la combustión.

La temperatura del agua de refrigeración, tras atravesar las cabezas de los cilindros del motor principal, es controlada por el circuito de alta temperatura (HT), mientras que la temperatura del aire de carga se mantiene en un nivel constante por la acción del circuito de baja temperatura (LT).

Cuando sea necesario, el circuito LT bypassará el enfriador de aire de carga en función de las condiciones de operación para así mantener constante la temperatura del aire tras el enfriador.



### ○ Bombas Eléctricas de Circulación

Las bombas eléctricas de los circuitos LT y HT de refrigeración de agua se encargan de hacer circular el agua dulce a través de los distintos elementos del sistema.

La capacidad de estas bombas es de 115 m<sup>3</sup>/h a una presión máxima de 5,3 bar en ambos casos.

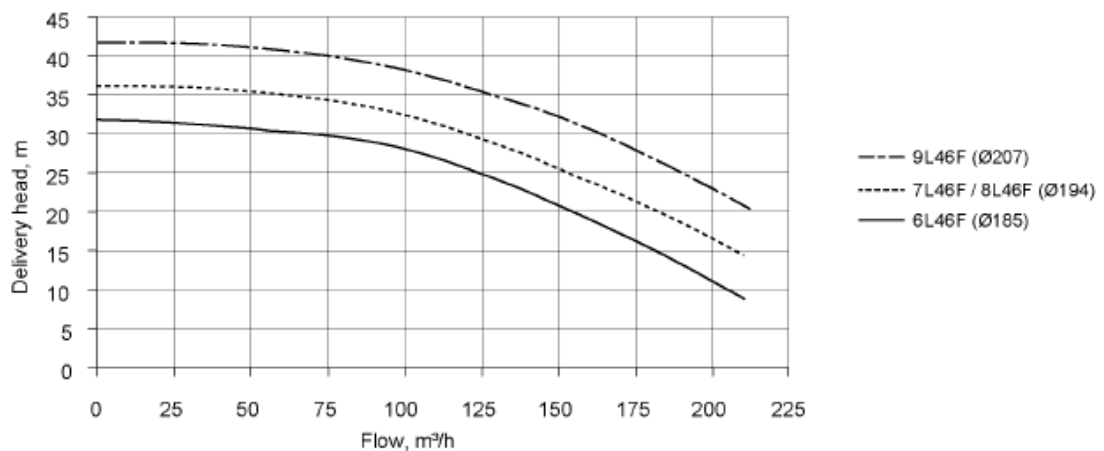


Fig 9-3 L46F engine driven HT- and LT-pumps

Entrando en las curvas del catálogo de bombas AZCUE, se instalan cinco bombas centrífugas de accionamiento vertical IN-LINE, con acoplamiento elástico, 3 para el circuito de refrigeración de alta temperatura y 2 para el de baja temperatura, modelo CM 100/40 de 408 kg de peso y 1.450 r.p.m. cuya potencia absorbida por el motor eléctrico se estima a partir de la siguiente expresión que será la que se utilice en los casos en los que el fabricante no aporte dicho dato:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta P \cdot \gamma}{75 \cdot \eta} \cdot 0,736 \text{ (kW)} = \frac{115 \cdot 53 \cdot 10^3}{3.600 \cdot 75 \cdot 0,6} \cdot 0,736 = 28,00 \text{ kW}$$

donde:

P = potencia del motor eléctrico de la bomba en kW.

Q = capacidad de la bomba en m<sup>3</sup>/sg.

ΔP = incremento de la presión suministrado por la bomba en m.c.a.

γ = peso específico del fluido en Kg/m<sup>3</sup>.

η = rendimiento total. Se toma un rendimiento de 0,6 del eje de la bomba.

DATOS DE DISEÑO	
Capacidad	115 m <sup>3</sup> /h
Presión de Diseño	5,3 bar
Potencia	16,5 kW
Potencia Motor Eléctrico	28,00 kW

### ○ **Válvula Termostáticas del Refrigerador Central**

Se instala una válvula por circuito después del refrigerador central que controla la temperatura del circuito de baja temperatura antes de la entrada del motor principal. El punto de ajuste de la válvula de control es 35°C.

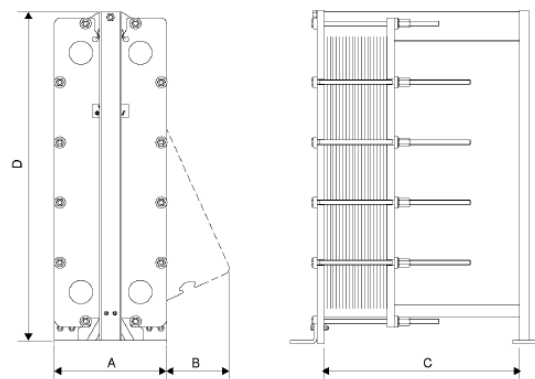
### ○ **Válvula Termostáticas de Recuperación de Calor**

Esta válvula se sitúa tras el recuperador de calor y controla la temperatura máxima del agua que se mezcla en el circuito de alta temperatura proveniente de la salida del motor principal antes de la bomba HT. El punto de ajuste de dicha válvula es cercano a 75°C.

### ○ **Refrigerador Central de Agua Dulce**

Se instalará un intercambiador de calor central de agua dulce/agua salada de placas de titanio. La capacidad de flujo de estos equipos será igual que la capacidad total de las bombas del circuito de LT, siendo esta de 115 m<sup>3</sup>/h.

DATOS DE DISEÑO	
Flujo de Agua Dulce	115 m <sup>3</sup> /h
Flujo de Agua Salada	1,2 ó 1,5 A.D
Calor Disipado	-
Caída de Presión A.D.	0,6 bar
Caída de Presión A.S.	0,8 - 1,4 bar
Temperatura A.D. tras refrigeración	máx. 38 °C



○ **Desaireador**

Las fugas en el sistema pueden hacer que entre aire o gas en el equipo de refrigeración provocando un aumento de la temperatura del fluido refrigerante, de manera que se instalan tuberías de aireación para evacuar el aire de estos circuitos.

Los tubos del desaireador se conectan de forma independiente con el tanque de expansión, por debajo del nivel de agua.

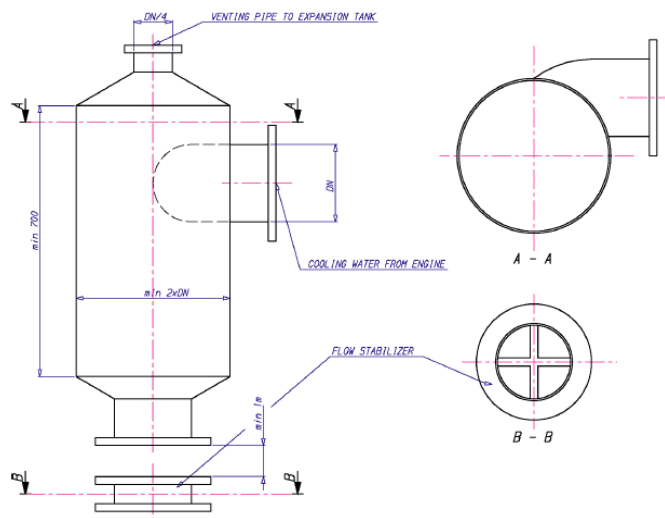


Fig 9-12 Example of air venting device (3V76C4757)

### ○ **Tanque de Expansión**

Se instala un tanque de expansión de 11,5 m<sup>3</sup> (un mínimo del 10% del volumen total del sistema) que se encarga de absorber las variaciones de volumen del agua dulce contenido en el circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo así la presión dentro de unos límites establecidos por el fabricante e impidiendo, al mismo tiempo, pérdidas de la masa del fluido.

El tanque de expansión aporta una presión estática suficiente para las bombas de circulación, siendo esta de 0,7 a 1,5 bar.

El tubo inferior del tanque se dimensiona para una velocidad de 1,0 – 1,5 m/s para garantizar el nivel de presión requerido a la entrada de la bomba cuando los motores estén funcionando.

A continuación, se muestra una tabla con las dimensiones de la tubería en función del flujo que la atraviesa y el número de tubos de aireación que llegan al tanque de expansión.

Nominal pipe size	Max. flow velocity (m/s)	Max. number of vent pipes with ø 5 mm orifice
DN 40	1.2	6
DN 50	1.3	10
DN 65	1.4	17
DN 80	1.5	28

### ○ **Tanque de Drenaje**

Se recogerá el agua de refrigeración con aditivos en el tanque de drenaje para labores de mantenimiento, por lo que se requiere de una bomba que devuelva el agua para su reutilización en el sistema de refrigeración.

### ○ **Pre calentador**

El agua de refrigeración que circula a través de los cilindros debe ser precalentada al menos a 60°C, preferiblemente 70°C, incluso para motores, como es este el caso, de diésel marino. La función de este equipo es que los diferentes elementos del motor se encuentren a una temperatura adecuada para el arranque del mismo y así evitar posibles daños en la estructura por diferencias de temperatura.

De este modo, se instala a la entrada del motor un bypass con el precalentador que calienta el agua del circuito de alta temperatura (HT).

### ○ **Calentador**

Como ya se ha indicado, es recomendable calentar el agua del circuito HT hasta una temperatura de funcionamiento normal, lo que permite elevar la temperatura del motor antes del arranque en frío del mismo.

La energía de arranque mínima requerida es de **12 kW/cyl**, lo que permite elevar la temperatura de 20°C a 60°C - 70°C en 10 - 15 horas. Por lo que se estima una potencia consumida por esta unidad de 72,00 kW; se instala un calentador de respeto.

Para mantener el motor caliente a una temperatura adecuada se requieren aproximadamente 6 kW/cyl.

La energía necesaria para elevar la temperatura del motor se calcula a partir de la siguiente expresión (no se utiliza para P menores de 10 kW/cyl):

$$P = \frac{(T_1 - T_0) \cdot (m_{eng} \cdot 0,14 + V_{VW} \cdot 1,16)}{t} + d_{eng} \cdot n_{cyl}$$

donde:

P = energía de salida del precalentador, en kW.

T<sub>1</sub> = temperatura de precalentamiento = 60 – 70 °C.

T<sub>0</sub> = temperatura ambiente en °C.

m<sub>eng</sub> = peso del motor, en toneladas.

V<sub>FW</sub> = volumen de agua del circuito HT, en m<sup>3</sup>.

t = tiempo de precalentamiento, en horas.

k<sub>eng</sub> = coeficiente específico del motor = 3 kW.

n<sub>cyl</sub> = número de cilindros = 6.

### ○ Bomba de Circulación del Precalentador

La bomba de circulación del precalentador tendrá una capacidad de 1,6 m<sup>3</sup>/h por cada cilindro del motor principal y una presión de 0,8 a 1,0 bar.

$$P = \frac{Q \cdot \Delta P \cdot \gamma}{75 \cdot \eta} \cdot 0,736 \text{ (kW)} = \frac{(1,6 \cdot 6) \cdot 10 \cdot 10^3}{3.600 \cdot 75 \cdot 0,6} \cdot 0,736 = 0,5 \text{ kW}$$

### ○ Unidad de Precalentamiento de Agua

A continuación, se muestra un ejemplo de una unidad de precalentamiento eléctrica:

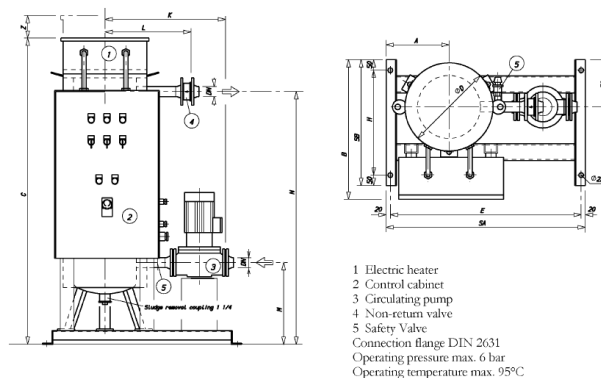


Fig 9-13 Example of preheating unit, electric (4V47K0045)

### ○ Válvulas Reguladoras

Se instalan válvulas reguladoras en todas las líneas de bypass para asegurar unas condiciones de operación normales en las válvulas de control de temperatura, así como para regular el flujo de agua a través de los diferentes conductos.

### ○ Termómetros y Medidores de Presión

Se instalarán en aquellas zonas donde hay cambios de temperatura, como por ejemplo en la entrada y salida de los intercambiadores de calor.

## 5.4.2. Servicio de Refrigeración con Agua Salada

El agua salada se emplea para refrigerar el agua dulce a través del intercambiador central. A continuación, se muestra el esquema de funcionamiento de este circuito con todos sus dispositivos:

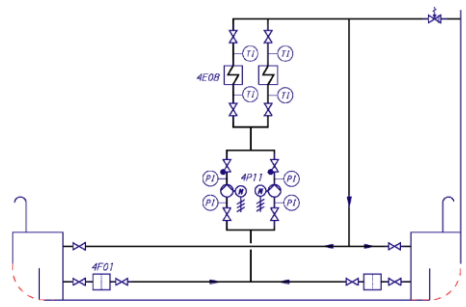


Fig 9-10 Sea water system DAAE020523

System components	
4E08	Central cooler
4F01	Suction strainer (sea water)
4P11	Circulation pump (sea water)

### ○ Toma de Mar

Las tomas de mar permiten la entrada del agua salada al sistema. El buque está dotado de dos tomas de mar (una a cada costado) en la sala de máquinas.



Imagen 3. Toma de mar



- **Colector de Mar**

Por el colector, localizado en la cámara de máquinas, circula el agua salada que refrigerará el agua dulce del sistema centralizado.

- **Filtro de Succión**

Filtro de acero galvanizado y zines electrógenos, localizado justo a la salida de las válvulas de agua salada de las tomas de mar para evitar la entrada de fango, arena, etc a las tuberías. Se vuelven a instalar unas válvulas de compuerta para que puedan ser aislados y proceder a su limpieza cuando sea necesario sin que esto afecte al funcionamiento normal del buque.

Los filtros de los colectores de agua de mar se construirán de acero laminado y serán galvanizados en caliente y el cestillo del filtro será de inox.

- **Bomba de Circulación de Agua de Mar**

Se trata de una bomba accionada eléctricamente y que se instala separada del motor principal. Su capacidad viene determinada en función de los enfriadores y de la cantidad de calor que se quiere disipar.

Como el fabricante no aporta los datos requeridos para la elección de una bomba, se toma la del buque de referencia "Jocay". Se trata de una bomba AZCUE modelo CM 125/33A de 1.450 r.p.m., de caudal en torno a 180 m<sup>3</sup> y una presión de 3,5 bar, un peso de 358 kg y una potencia absorbida por el motor de 30 kW.

- **Enfriador Central**

Este equipo ya se ha descrito en el apartado dedicado al servicio de agua dulce.

## 5.5. SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN

Para el diseño del sistema de exhaustación se siguen los requerimientos exigidos por el reglamento del Bureau Veritas en su *Pt. C, Ch. 1, Sec. 10 – [18]* “*Exhaust Gas Systems*”.

A continuación, se muestra el esquema interno de este servicio:

### Internal exhaust gas system

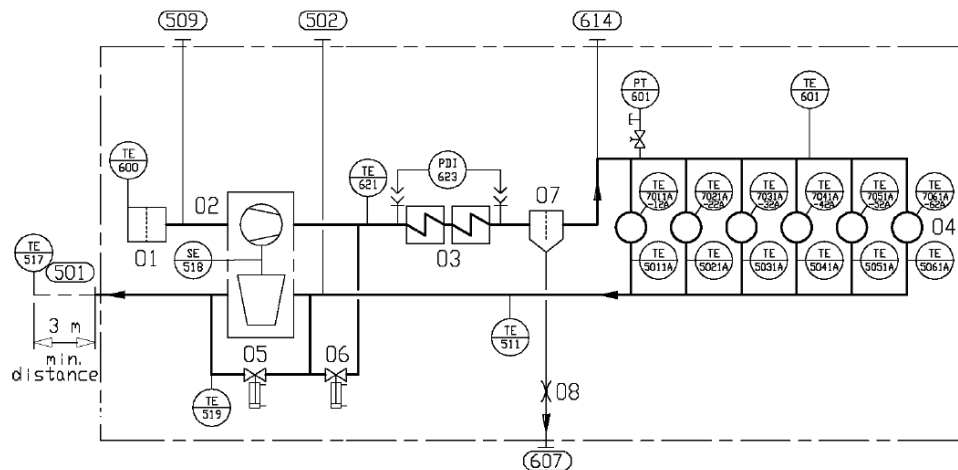


Fig 11-1 Charge air and exhaust gas system, in-line engines (DAAE017293D)

System components			
01	Air filter	05	Exhaust wastegate valve
02	Turbocharger	06	Air by-pass valve
03	Charge air cooler	07	Water separator
04	Cylinders	08	Restrictor

Sensors and indicators			
TE511	Exhaust gas temperature, TC inlet	TE601	Charge air temperature, engine inlet
TE517	Exhaust gas temperature, TC outlet	TE621	Charge air temperature, CAC inlet
SE518	Turbocharger speed	PDI623	CAC pressure difference (local instrument)
TE519	Exhaust gas temperature, wastegate outlet	TE70x1A..	Liner temperature 1, cylinder A0x
TE50x1A..	Exhaust gas temperature, cylinder A0x	TE70x2A..	Liner temperature 2, cylinder A0x
TE600	Air temperature, TC inlet		x = cylinder number
PT601	Charge air pressure, engine inlet		

Pipe connections		Size
501	Exhaust gas outlet	6L46F: DN600 7-9L46F: DN800
502	Cleaning water to turbine	DN32
509	Cleaning water to compressor	OD18
607	Condensate after air cooler	OD35
614	Scavenging air outlet to TC cleaning valve unit	OD18

El motor principal dispondrá de su propio conducto de escape que evacuará al exterior mediante exhaustación natural como se muestra en la siguiente figura:

### Exhaust gas outlet

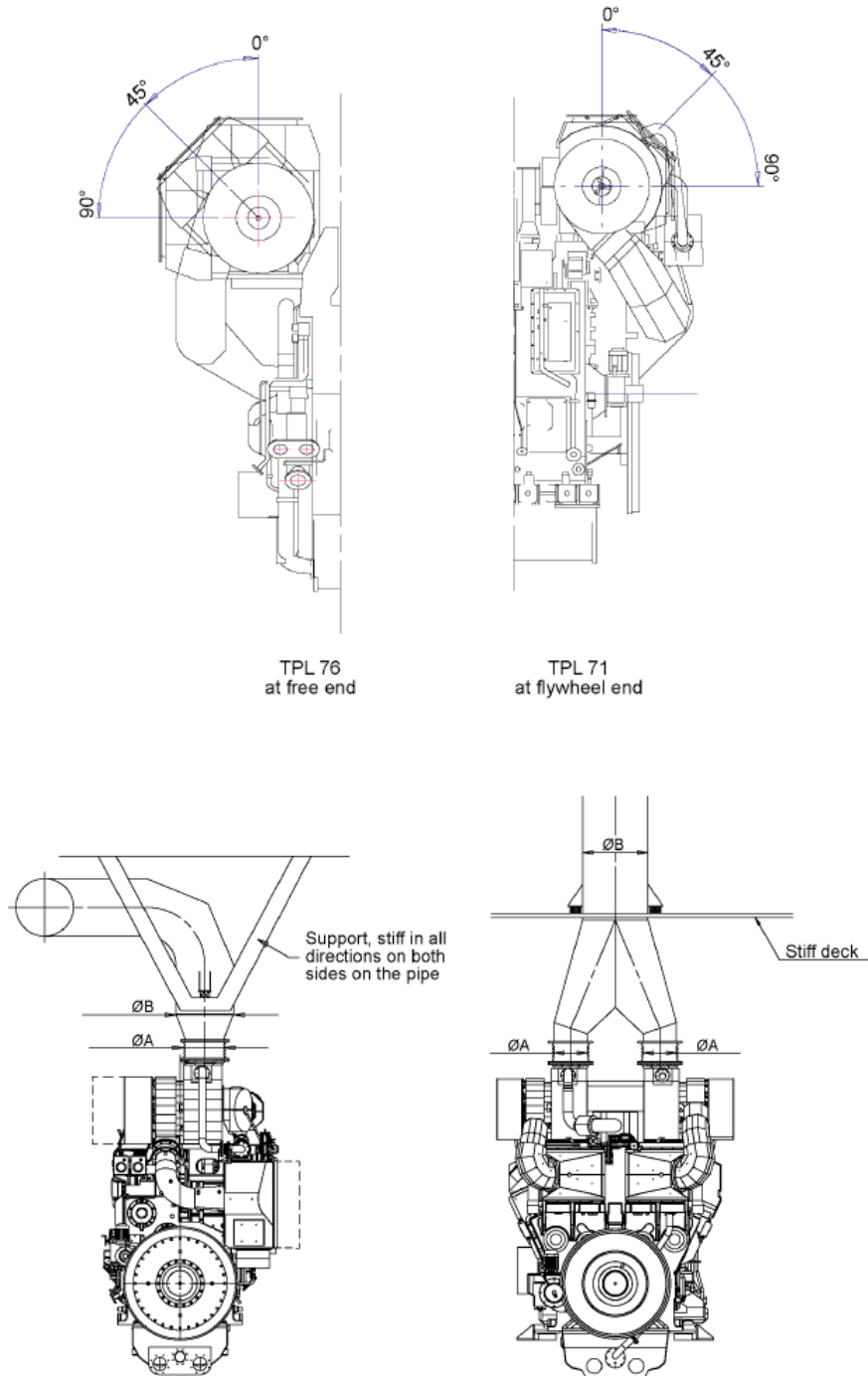


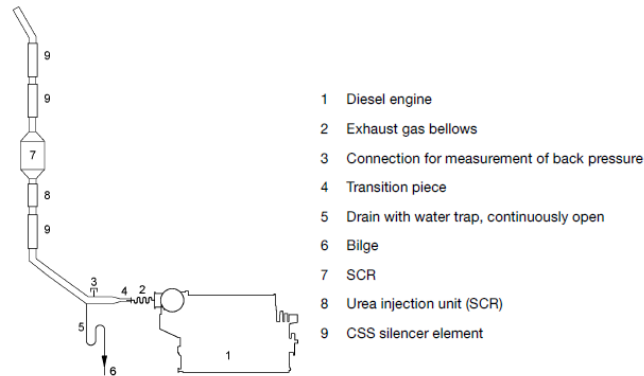
Fig 11-4 Exhaust pipe, diameters and support (DAAE048775B, DAAE075828A)

Engine type	TC type	ØA [mm]	ØB [mm]
6L46F	TPL 71C	DN600	DN900

Los diferentes elementos que componen este servicio se describen a continuación:

### ○ Sistema Externo de Gases de Exhaustación

El motor tiene su propio conducto de exhaustación abierto al exterior. La contrapresión, la expansión térmica y el soporte son algunos de los factores que condicionan el diseño del mismo.



Se instalarán fuelles flexibles directamente a la salida del turbocompresor para así compensar la expansión térmica y evitar daños al equipo como consecuencia de las vibraciones.

### ○ Conductos

Las tuberías, las cuales se describirán en el apartado correspondiente, serán lo más cortas y rectas posibles. Se suavizarán las zonas curvas y las expansiones para minimizar la contrapresión.

El espesor mínimo del tubo de exhaustación recomendado por el fabricante es de 30 mm, el diámetro aumentará a la salida del turbogenerador, y su curva ha de ser al menos 1,5 veces el diámetro.

La temperatura máxima alcanzada por la superficie ha de ser menor de 220°C.

La velocidad máxima recomendada a la salida es de 35 – 40 m/s. El flujo másico de gas (10,80 kg/s y 11,4 kg/s a un régimen de trabajo del motor del 75% y 80% respectivamente) se puede transformar en velocidad a partir de la siguiente expresión:

$$v = \frac{4 \cdot m^{\cdot}}{1,3 \cdot \left(\frac{273}{273+T}\right) \cdot \pi \cdot D^2}$$

donde:

v = velocidad del gas, en m/s.

m<sup>·</sup> = flujo másico de los gases de exhaustación, en kg/s.

T = temperatura de los gases de exhaustación, en °C.

$D$  = diámetro del conducto de exhaustación, en m.

La tubería estará sujeta a un soporte rígido, de manera que se evite el movimiento del conducto en cualquier dirección.

### ○ Silencioso de Gases de Exhaustación

Se trata de un dispositivo que permite atenuar el ruido de exhaustación. A continuación, se muestra el espectro de dicho ruido medido en el conducto de escape:

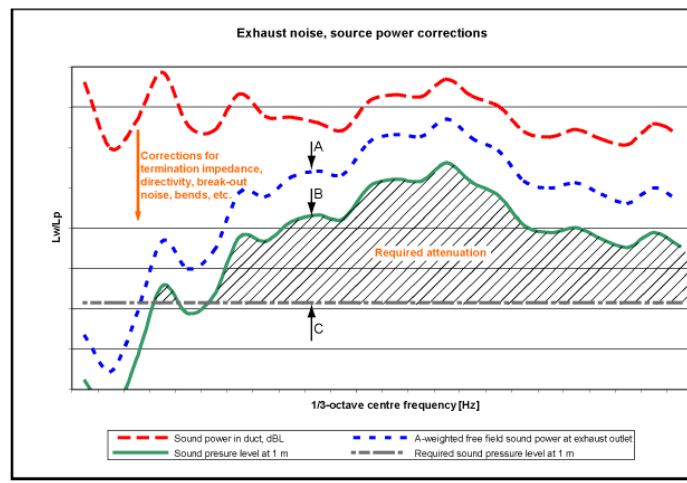


Fig 11-6 Exhaust noise, source power corrections

Se instala verticalmente un silenciador convencional en el tronco del guardacalor por encima de la cubierta principal, que permite reducir el nivel del sonido de 25 dB a 35 dB.

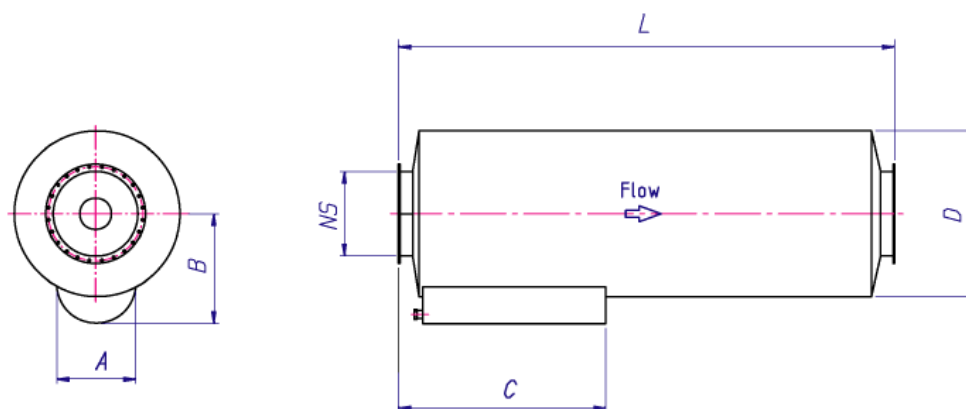


Fig 11-8 Exhaust gas silencer

## 6. MOTORES AUXILIARES

Según el balance eléctrico del Cuaderno 11 “*Planta Eléctrica*”, la necesidad de energía a bordo se cubre con la instalación de 3 **grupos electrógenos con motor diésel marca CATERPILLAR modelo 3512B de 1.200 kW (1.500 kVA, 1.609 BHP) a 1.500 r.p.m. (50 Hz).**

Marca.....	CATERPILLAR
Modelo.....	3512B
Configuración.....	12 cilindros V
Cilindrada.....	58,56 l
Calibre.....	170 mm
Ciclo.....	4 tiempos
Potencia de Servicio.....	1.200 kW (1.500 kVA)
Velocidad Nominal.....	1.500 r.p.m.
Frecuencia.....	50 Hz
Consumo.....	195,6 g/kW·h
Peso.....	12,75 Tn

Los grupos electrógenos irán equipados de un **alternador de corriente alterna.**

Con el fin de ahorrar combustible, y como ya se adelantaba, la instalación eléctrica se separa en dos bloques:

- Un bloque alimentado por el alternador de cola marca LEROY SOMER de 2.500 kW, f.d.p.=0,8, a 1.500 r.p.m., 440 V (trifásica) 50 Hz, acoplado a la reductora a través de una toma de fuerza (PTO), en navegación y maniobra de largada para los siguientes consumidores:
  - Equipos Hidráulicos.
  - Compresores de frío.
  - Bombas de Salmuera.
  - Bombas de Condensadores.
  - Grúas de Cubierta.
  - Cinta Transportadora de Pescado.
- Los auxiliares 3512B, con una potencia de 2.400 kW (más uno de respeto), alimentan los consumidores sensibles (alumbrado, puente, servicio de cocina y elementos esenciales de habilitación) y los mismos consumidores que el alternador de cola, y solo en caso de que el alternador de cola esté dañado, se requiera el 100% MCR o el barco en puerto, se pondrán los auxiliares en marcha.  
Se instalará una toma de fuerza hidráulica por proa para el accionamiento de la bomba hidráulica de emergencia (las maquinillas no llevan instalado freno de seguridad).

Los 3 motores auxiliares se instalarán en la cámara de máquinas; dos de ellos en la plataforma de sala de máquinas debajo de la cubierta principal, y un tercero sobre la cubierta principal a popa de los grupos hidráulicos, de manera que se cumplan los requerimientos de su fabricante para la alimentación de combustible de dichos motores. Irán provistos de bombas acopladas para el combustible, aceite lubricante, agua dulce y agua salada de refrigeración.

## 6.1. SERVICIO DE COMBUSTIBLE

El servicio de alimentación de los motores auxiliares se compone de los mismos elementos que componen la alimentación del motor principal, con la diferencia de que algunos de los componentes están integrados en el propio motor.

Los principales elementos que constituyen dicho sistema son:

- **Bombas de Alimentación:** desplazan el combustible a una presión máxima de 0,29 bar y se encuentran incorporadas en el motor. La temperatura del combustible no superará los 52°C para así evitar posibles daños en el motor.  
La capacidad máxima de estas bombas es de 1.260 l/h para el motor instalado.
- **Válvulas Regulatoras de Presión:** válvulas de seguridad integradas en el propio motor.
- **Filtros de Combustible:** un único juego de filtros a la entrada de los motores.
- **Enfriador de combustible:** se utilizará, recomendado por el fabricante, para evitar la entrada del combustible a una temperatura mayor de 38°C.

## 6.2. LUBRICACIÓN

Estos motores no requieren ningún sistema externo de lubricación, salvo una bomba de lubricación de reserva y un tanque de almacén de aceite

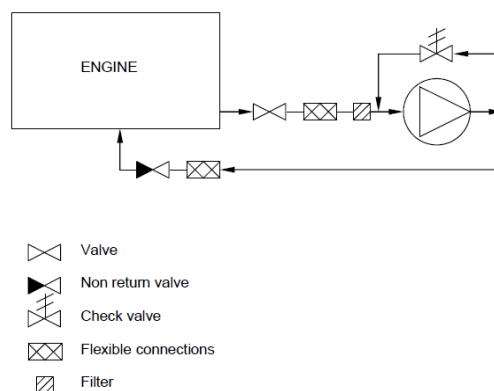


Figure 7 Emergency oil circuit

Los elementos principales:

- **Bomba de Emergencia:** asegura la lubricación del motor en caso de que la bomba principal falle.
- **Filtro:** instalado a la entrada de la bomba de emergencia.
- **Válvula Reguladora de Presión:** la presión del aceite en el circuito será de 0,015 a 0,05 bar.

### 6.3. SERVICIO DE ARRANQUE CON AIRE COMPRIMIDO

En la *Pt C, Ch 1, Sec 10 – [17.3]* del reglamento se establecen los requerimientos mínimos para el servicio de arranque de los motores auxiliares.

De las botellas se dispondrá un colector de aire que, además de alimentar al arranque del motor propulsor, alimentará los motores auxiliares, aire de instrumentación y control y aire comprimido a cubierta.

Se dispondrá un servicio de aire a baja presión para servicios auxiliares, cuyos principales componentes son:

- Tuberías de acero negro.
- Filtro instalado antes de la válvula reguladora.
- Válvula de seguridad situada tras la válvula reguladora.
- Tanque de depósitos de aceite y agua (contaminantes del aire) que se limpiará diariamente para prevenir cualquier tipo de daño en el encendido de los motores.

### 6.4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN

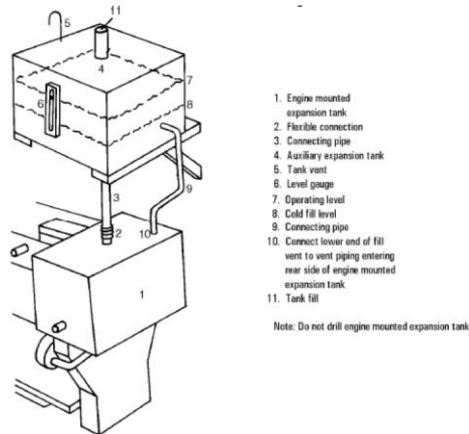
En el reglamento (*Pt C, Ch 1, Sec 10 – [10.3]*) se especifican los requerimientos para este servicio. En este caso, el servicio de refrigeración está incorporado en los propios motores. El agua es enfriada mediante agua salada en un intercambiador agua/agua de mar también incorporado al motor.

Los conductos que se instalan han de garantizar el flujo de agua de tal manera que se consiga una temperatura adecuada del motor cuando este está funcionando al 100% de su capacidad.

Los principales elementos de este sistema son:

- **Tanque de Expansión:** se situará en el punto más alto del sistema y tendrá una capacidad de un 15% más que la capacidad del sistema de refrigeración de agua.





- **Tratamiento de Agua de Refrigeración:** se añadirán sustancias aditivas para prevenir la corrosión, cavitación y contaminación del agua.
- **Válvula Reguladora de Presión:** evita que circule agua hacia la bomba cuando esta no se encuentra en funcionamiento.
- **Bomba de Refrigeración:** la presión no excede los 2 bar.
- **Bomba de Succión:** la presión de la bomba de succión de agua de mar no excede los 0,24 bar.
- **Filtro de Succión:** con el fin de eliminar partículas disueltas en el agua de mar, se instala una malla de un máximo de 1,6 mm.

## 6.5. LUBRICACIÓN DE LA REDUCTORA

La reductora requiere dos sistemas de lubricación: lubricación de los engranajes y lubricación del sistema hidráulico del embrague.

Para la lubricación de los engranajes se utilizan los siguientes elementos:

- **Enfriador de Aceite:** utiliza agua dulce como refrigerante, impulsada por las bombas de circulación del motor principal.
- **Bombas de Lubricación**
- **Toma de Aceite**
- **Filtros de Aceite**

## 7. ALTERNADOR DE COLA

Como se indicaba en el apartado anterior, se instalará un alternador de cola acoplado a la PTO de 2.500 kW,(3.125 kVA, f.d.p.=0,8), 400 V y 1.500 r.p.m..

Se trata de un alternador síncrono, autoexcitado cuyas características son las que se muestran a continuación:

Características generales:				LSA 53 M80 / 4p		CACW		Cantidad	
Tipo de alternador:				LSA 53 M80 / 4p		CACW		1	
Potencia:				2.500 kW					
Tensión:				400V Tri estrella		± 5%		Corriente nominal: 3.608 A	
Coseno phi:				0,8 nominal					
Frecuencia:				50 Hz				Velocidad: 1500 rpm	
Tipo bobinado :				p5/6				Tª Ambiente: 45 °C	
Aislamiento / Calentamiento :				H / F				Altitud: 1000 m	

Datos eléctricos:						C				
Rendimientos:		110%	100%	75%	50%	25%				
Coseno de phi 0.8:		96.4 %	96.4 %	96.5 %	96.1 %	93.7 %				
Coseno de phi 1.0:		97.3 %	97.3 %	97.2 %	96.6 %	94.1 %				

Reactancias		No saturadas en relación a Sn (%)								constantes de tiempo:			
Kcc:		Xd	Xq	X'd	X'q	X''d	X''q	X2	Xo	T'do	T'd	T''d	Ta
0.42		254	130	26.2	130	14.3	17.8	16.0	2.2	3.060	0.315	0.026	0.068

Ra (%)		Saturadas en relación a Sn (%)								Segundos			
X/R		Xds	Xqs	X''ds	X''qs	X''ds	X''qs	X2s	Xo	T'do	T'q	T''q	T'qo
0.8	16.1	238	121	22.2	121	12.1	15.2	13.6	2.2	0.048	NA	0.023	0.170

Además de suponer un ahorro en mantenimiento y combustible para los generadores eléctricos, el alternador de cola tiene como función, en caso de avería del motor principal, de servir como motor a través de la PTO para una vuelta segura a puerto del buque.

## 8. GENERADOR DE EMERGENCIA

Los servicios de emergencia, excluido el equipo de radio, se alimentarán de 1 **grupo electrógeno con motor de 4 tiempos de la marca CATERPILLAR modelo C32 de 800 kW (1.000 kVA) a 1.500 r.p.m. (50 Hz)**, provisto de arranque por baterías, que se pondrá en marcha automáticamente en caso de fallo de la planta principal.

Marca.....	CATERPILLAR
Modelo.....	C32
Ciclo.....	4 tiempos
Potencia de Servicio.....	800 kW (1.000 kVA)
Velocidad Nominal.....	1.500 r.p.m.
Frecuencia.....	50 Hz
Consumo.....	207,0 g/kW·h
Peso.....	7,13 Tn

El cuadro de emergencia estará conectado con el cuadro principal de manera que los servicios conectados al cuadro de emergencia puedan alimentarse del cuadro principal y viceversa.

Para la carga de baterías de arranque se dispondrá de un transformador-rectificador estático.

Siguiendo lo establecido por el Convenio de Torremolinos, la fuente de energía eléctrica de emergencia se situará a proa en el costado de estribor sobre la cubierta principal, de manera que esté asegurado si se produce un incendio o ante otras causas de fallo de las instalaciones eléctricas principales. Además, este dispondrá de una alimentación independiente de combustible y de un sistema de arranque eficaz. Por otro lado, estará debidamente aislado y ventilado mediante un extractor eléctrico.

El generador de emergencia se utilizará como auxiliar de puerto como se refleja en el Cuaderno 11 "*Planta Eléctrica*".

A continuación, se muestra la capacidad del tanque requerido para un abastecimiento de 24 horas (la normativa exige una capacidad de abastecimiento para un total de 18 horas):

$$Consumo_{EMERGENCIA} = 24 \cdot 0,85 \cdot 207,0 \cdot 800 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{0,84} = 4,00 \text{ m}^3$$

Se adjuntan el ANEXO III las fichas técnicas tanto de los generadores auxiliares como del de emergencia.

## 9. TUBERÍAS

En este apartado se especifican de manera más detallada las tuberías de los distintos servicios. La instalación se hace tan directamente como sea posible, con el mínimo número de curvas y con el necesario y suficiente número de juntas, fácilmente accesible para permitir un rápido desmontaje. Además, se evita el paso de los conductos y bandejas eléctricas por el parque de pesca.

Los sistemas de tuberías se proyectan para resistir los esfuerzos causados por expansión térmica y deformación estructural del buque de moto que dichos esfuerzos sean absorbidos sin que aparezcan deformaciones en los tubos.

Se sujetarán y engraparán de forma eficiente de modo que se eviten averías debidas a vibraciones y en las zonas en las que las líneas de tuberías se vean sometidas a movimientos de expansión, se preverán sujeciones y soportes que permitan el movimiento libre de los tubos correspondientes. Toda la tornillería de sujeción de tubería será de acero galvanizado (protección de la superficie) salvo en diversas zonas específicas que será de acero inoxidable.

Se protegen con defensas mecánicas desmontables en aquellas zonas sometidas a daños mecánicos y se mantendrán alejadas del equipo. En aquellas zonas en las que no sea esto posible, se colocarán defensas y bandejas desmontables para recogida de goteos y fugas.

En aquellas zonas en que la tubería atravesase estructuras estancas, la conexión se hace estanca por medio de pasamamparos.

Las conexiones de los distintos servicios al motor principal, así como a los motores auxiliares, se hacen mediante conexiones flexibles homologadas.

A continuación, se muestran las señalizaciones que se emplean para los distintos servicios de cámara de máquinas:

- Agua Salada **Verde**
- Agua Dulce **Azul Claro**
- Aceite Lubricante **Amarillo**
- Combustible **Rojo**
- Aire de Arranque **Azul Oscuro**
- Achique **Marrón**

Se muestran además las velocidades máximas a la salida de las bombas:

Piping	Pipe material	Max velocity [m/s]
Fuel piping (MDF and HFO)	Black steel	1.0
Lubricating oil piping	Black steel	1.5
Fresh water piping	Black steel	2.5

Además, los materiales y tipo de las tuberías, uniones y válvulas que se aplican a los servicios del Buque Proyecto se indican en las tablas de las siguientes hojas:

		A. DULCE REFRIGERA.	A. SALADA REFRIGERA	A. SALADA LASTRE.	ACHIQUE SENTINAS	COMBUST
TUBERIAS	MATERIAL	Acero estirado	Acero estirado	Acero calibrado	Acero estirado	Acero estirado
	NORMA	DIN 2440 St 35	DIN 2440 St 35	DIN 2440 St 35	DIN 2440	DIN 2440
	TRATAM.		Galvaniz.	Galvaniz.	Galvaniz.	-----
	AISLAM.	-----	-----	-----	-----	-----
UNIONES	BRIDAS DN>40	Lisas	Lisas	Lisas	Lisas	Lisas
	JUNTAS	Neopreno	Neopreno	Neopreno	Neopreno	Neopreno
	ACOPLAM. DN<=40	Roscado	Roscado	Roscado	Roscado	Emeto Clifco
VALVULAS DN<=65	CUERPO	Acero	Acero	Acero	Bronce	Bronce
	GUARNICI.	Inox.	Inox.	Inox.	Inox.	Bronce
	TIPO	Bola	Bola	Bola	Asiento	Asiento
VALVULAS DN ≥ 65	CUERPO	Acero moldeado	Acero moldeado	Acero moldeado	Acero moldeado	Acero moldeado
	GUARNICI.	Inox.	Inox.	Inox.	Bronce	Bronce
	TIPO	Mariposa	Mariposa	Mariposa (1)	Asiento	S/ Servicio (1)

Los pianos de las válvulas tendrán cuerpo de acero moldeado y guarnición de bronce, mientras que los de sentinas y agua salada serán en bronce con guarnición de inos.

Los filtros de los colectores de sentinas serán del mismo material que las válvulas y las rejillas serán de acero inoxidable.

		AIRE COMPRIMIDO	ACEITE LUBRIFIC.	AIREACION	SONDAS	SANITARIA DN<32 mm.
T U B E R I A S	MATERIAL	Acero estirado	Acero estirado	Acero estirado	Acero estirado	Acero estirado
	NORMA	DIN 2440	DIN 2440	DIN 2448 esp.>=5mm	DIN 2448 esp.>=4,5mm.	DIN 2440
	TRATAM.	-----	-----	Galvaniz. (1)	Galvaniz. (2)	Galvaniz.
	AISLAM.	-----	-----	-----	-----	-----
U N I O N E S	BRIDAS	Encastre	Lisas	Lisas	-----	-----
	JUNTAS	Cobre recoci.	Neopreno	Si servicio	-----	-----
	ACOPLAM.	Ermeto Clifco	-----	-----	Manguitos	Soldados
V A L V U L	DN ≤ 40	CUERPO	Ac. moldea. ó forjado	Bronce	-----	Inox.
		GUARNICI.	Inox.	Bronce	-----	Inox.
		TIPO	Globo	Globo	-----	Bola
V A L V U L	DN ≥ 40	CUERPO	Ac. moldea.	H. fundido	-----	-----
		GUARNIC.	Inox.	Bronce	-----	-----
		TIPO	Globo	Compuerta	-----	-----
P. NOMINAL		30 Kg/cm <sup>2</sup>	10 Kg/cm <sup>2</sup>	10 Kg/cm <sup>2</sup>	-----	10 Kg/cm <sup>2</sup>

Las aireaciones correspondientes al tanque de combustible no se galvanizan, salvo en las zonas que vayan a la intemperie y en el parque de pesca.

Las sondas correspondientes a tanques de combustible y las de otros tanques que pasen a través de tanques de combustible, estarán sin galvanizar en los trozos de tubería que estén en contacto con él.

		A. DULCE CALIENTE DN<32 mm.	BALDEO Y C. I. en Cta.	EQUIPO HIDRAULICO	DESCARGA SANITARIA HABILITAC.	
T U B E R I A S	MATERIAL	PPR	Ac. estirado	Ac. calibrado	PPR	
	NORMA		DIN 2440	-----		
	TRATAM.	-----	Galvanizado	-----		
	AISLAM.	Si	-----	-----	-----	
U N I O N	BRIDAS	-----	Lisas	SAE-VICKERS	Lisas	
	JUNTAS	-----	Goma armada con lona	Juntas tóricas	Goma armada con lona	
	ACOPLAM.	Soldado	Tipo Barcelona	(1)	Manguitos	
V A L V U L	DN ≤ 40	CUERPO	Acero	Bronce	-----	Bronce
		GUARNICI.	Inox.	Bronce	-----	Bronce
		TIPO	Bola	Globo	-----	No retorno
V A L V U L	DN ≥ 40	CUERPO	-----	Broce (2)	-----	H. fundido
		GUARNIC.	-----	Bronce	-----	Bronce
		TIPO	-----	Globo	-----	No retorno
P. NOMINAL		10 Kg/cm <sup>2</sup>	10 Kg/cm <sup>2</sup>	S/ Suministro	-----	

Las descargas al costado serán de cuerpo de acero moldeado o bronce, mientras que todos los tubos de pilotaje serán de acero inoxidable sin costuras.

		DESAGÜES E IMBORNALES FUERA HABILITACION	SALMUERA	AIRE COMPRIMIDO BAJA PRESIÓN
T U B E R I A S	MATERIAL	Ac. estirado	Ac. estirado	Ac. estirado negro
	NORMA	DIN 2440	DIN 2440	DIN 2440
	TRATAM.	Galvanizado	Galvanizado	
	AISLAM.	-----	-----	-----
U N I O N	BRIDAS	Lisas	Lisas	-----
	JUNTAS	Goma armada con lona	Neopreno	-----
	ACOPLAM.	Roscado	-----	-----
V A L V U L A	DN ≤ 65	CUERPO	Bronce	Acero
		GUARNICI.	Bronce	Inox.
		TIPO	No retorno	Bola
V A L V U L A	DN ≥ 65	CUERPO	Acero moldeado	Acero moldeado
		GUARNICI.	Bronce	Inox.
		TIPO	No retorno	Mariposa
P. NOMINAL		-----	10 Kg/cm <sup>2</sup>	7 Kg/cm <sup>2</sup>

A la hora de diseñar las tuberías del **sistema de combustible** del motor principal se sigue *la Pt C, Ch 1, Sec 10 – [9.4]* del reglamento aplicado.

Se instalarán tuberías de acero. El trasiego de combustible se realiza mediante cajas de válvulas de cuerpo de acero moldeado y herrajes de bronce.

Todos los aparatos del servicio de combustible que puedan tener fugas, se montarán sobre bandejas de recogida y los suspiros de los tanques de combustible se desairearán a cajas de reboses con mirilla que descargarán al tanque de reboses.



Se instala una línea para abastecer de gas oil a la panga.

Se muestran en la siguiente tabla extraída del reglamento los espesores de las tuberías en función del diámetro externo:

**Table 6 : Minimum wall thickness for steel pipes**

External diameter (mm)	Minimum nominal wall thickness (mm)			Minimum reinforced wall thickness (mm) (2)	Minimum extra-reinforced wall thickness (mm) (3)
	Pipes in general (1)	Vent, overflow and sounding pipes for integral tanks (1) (5)	Sea water pipes, bilge and ballast systems (1) (4)		
10,2 - 12,0	1,6	–	–	–	–
13,5 - 19,3	1,8	–	–	–	–
20,0	2,0	–	–	–	–
21,3 - 25,0	2,0	–	3,2	–	–
26,9 - 33,7	2,0	–	3,2	–	–
38,0 - 44,5	2,0	4,5	3,6	6,3	7,6
48,3	2,3	4,5	3,6	6,3	7,6
51,0 - 63,5	2,3	4,5	4,0	6,3	7,6
70,0	2,6	4,5	4,0	6,3	7,6
76,1 - 82,5	2,6	4,5	4,5	6,3	7,6
88,9 - 108,0	2,9	4,5	4,5	7,1	7,8
114,3 - 127,0	3,2	4,5	4,5	8,0	8,8
133,0 - 139,7	3,6	4,5	4,5	8,0	9,5
152,4 - 168,3	4,0	4,5	4,5	8,8	11,0
177,8	4,5	5,0	5,0	8,8	12,7
193,7	4,5	5,4	5,4	8,8	12,7
219,1	4,5	5,9	5,9	8,8	12,7
244,5 - 273,0	5,0	6,3	6,3	8,8	12,7
298,5 - 368,0	5,6	6,3	6,3	8,8	12,7
406,4 - 457,2	6,3	6,3	6,3	8,8	12,7

(1) Attention is drawn to the special requirements regarding:

- bilge and ballast systems
- scupper and discharge pipes
- sounding, air and overflow pipes
- ventilation systems
- oxyacetylene welding systems
- CO<sub>2</sub> fire-extinguishing systems (see Ch 4, Sec. 14)
- cargo lines (see Pt D, Ch 10, Sec 3). The wall thickness is to be subject to special consideration by the Society.

(2) Reinforced wall thickness applies to pipes passing through tanks containing a fluid distinct from that conveyed by the pipe and to pipe connections fitted to the tanks.

(3) Extra-reinforced wall thickness applies to pipes connected to the shell below the freeboard deck.

(4) The minimum wall thickness for bilge lines and ballast lines through deep tanks is to be subject to special consideration by the Society. The ballast lines within oil cargo tanks (where permitted) is to be subject to special consideration by the Society (see Pt D, Ch 7, Sec 4, [2.1.3]).

(5) For sounding pipes, except those for flammable cargoes, the minimum wall thickness is intended to apply only to the part outside the tank.

**Note 1:** A different thickness may be considered by the Society on a case by case basis, provided that it complies with recognised standards.

**Note 2:** For pipes efficiently protected against corrosion, the thickness may be reduced by an amount up to 1 mm.

**Note 3:** The thickness of threaded pipes is to be measured at the bottom of the thread.

**Note 4:** The minimum thickness listed in this table is the nominal wall thickness and no allowance is required for negative tolerance and reduction in thickness due to bending.

**Note 5:** For nominal diameters ND > 450 mm, the minimum wall thickness is to be in accordance with a national or an international standard, but is not to be less than the minimum wall thickness of the appropriate column indicated for 450 mm pipe size.

**Note 6:** Exhaust gas pipe minimum wall thickness is to be subject to special consideration by the Society.

A la hora de diseñar las tuberías del **sistema de lubricación** del motor principal, se sigue la *Pt C, Ch 1, Sec 10 – [12.9]* del reglamento aplicado.

El relleno de tanques se hará mediante tuberías independientes para cada tipo de aceite que partirán de bocas de llenado colocadas en la cubierta superior. Las tomas irán marcadas con el destino correspondiente.

Las tuberías instaladas serán de acero negro estirado sin soldaduras y no contaminarán o modificarán las propiedades del aceite.

A la hora de diseñar las tuberías del **sistema de arranque con aire comprimido**, se sigue la *Pt C, Ch 1, Sec 10 – [17.8]* del reglamento aplicado.

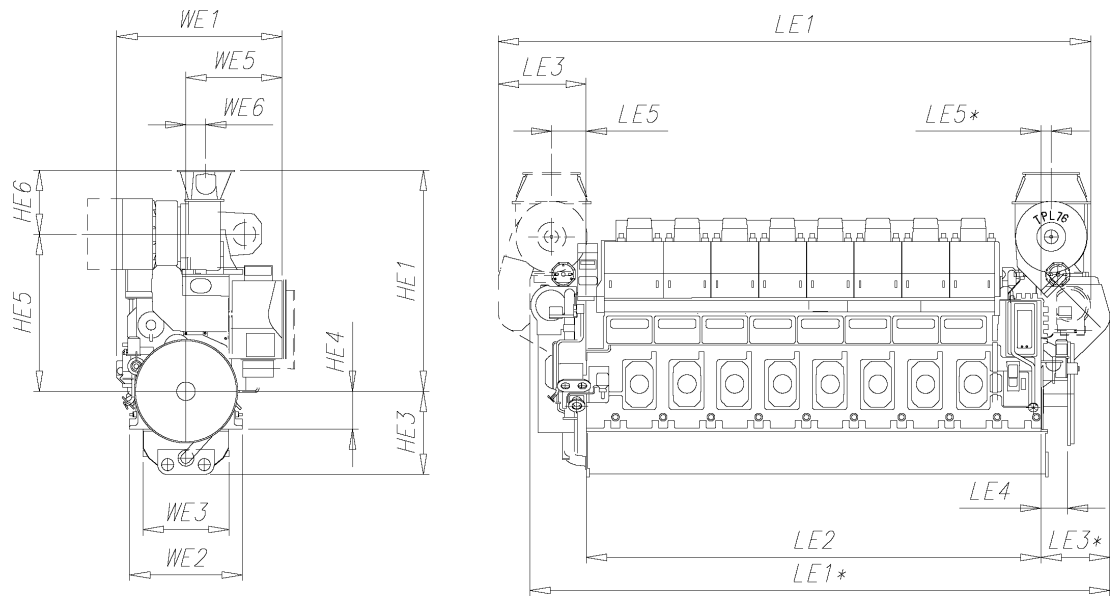
Se instalarán válvulas antirretorno y otros dispositivos de seguridad. De las botellas de aire comprimido se dispondrá un colector de aire que alimentará el arranque del motor propulsor.

Además, se dispondrá una tubería para el servicio de aire de la panga que tendrá su toma en la cubierta superior a proa de la chimenea.

Las tuberías de **escape** son de acero soldado, aisladas convenientemente con lana de roca con soporte de tela metálica. El aislamiento a su vez está forrado con chapa de aluminio.

# **ANEXO I\_MOTOR PRINCIPAL Y REDUCTORA**

# 1.4 Dimensions and weights



**Fig 1-1 In-line engines (DAAE012051c)**

Engine	LE1*	LE1	LE2	LE3*	LE3	LE4	LE5*	LE5	HE1	HE3
<b>6L46F</b>	8470	8620	6170	1320	1550	460	180	690	3500	1430
7L46F	9435	9440	6990	1465	1550	460	180	800	3800	1430
8L46F	10255	10260	7810	1465	1550	460	180	800	3800	1430
9L46F	11075	11080	8630	1465	1550	460	180	800	3800	1430

Engine	HE4	HE5	HE6	WE1	WE2	WE3	WE5	WE6	Weight [ton]
<b>6L46F</b>	650	2710	790	2905	1940	1480	1535	385	97
7L46F	650	2700	1100	3130	1940	1480	1760	340	113
8L46F	650	2700	1100	3130	1940	1480	1760	340	124
9L46F	650	2700	1100	3130	1940	1480	1760	340	140

\* Turbocharger at flywheel end

All dimensions in mm. The weights are dry weights of rigidly mounted engines without flywheel.

**Table 1-2 Additional weights [ton]:**

Item	6L46F	7L46F	8L46F	9L46F
Flywheel	1...2	1...2	1...2	1...2
Flexible mounting (without limiters)	3	3	3	3

## 2. Operating Ranges

### 2.1 Engine operating range

Below nominal speed the load must be limited according to the diagrams in this chapter in order to maintain engine operating parameters within acceptable limits. Operation in the shaded area is permitted only temporarily during transients. Minimum speed is indicated in the diagram, but project specific limitations may apply.

#### 2.1.1 Controllable pitch propellers

An automatic load control system is required to protect the engine from overload. The load control reduces the propeller pitch automatically, when a pre-programmed load versus speed curve (“engine limit curve”) is exceeded, overriding the combinator curve if necessary. The engine load is derived from fuel rack position and actual engine speed (not speed demand).

The propulsion control must also include automatic limitation of the load increase rate. Maximum loading rates can be found later in this chapter.

The propeller efficiency is highest at design pitch. It is common practice to dimension the propeller so that the specified ship speed is attained with design pitch, nominal engine speed and 85% output in the specified loading condition. The power demand from a possible shaft generator or PTO must be taken into account. The 15% margin is a provision for weather conditions and fouling of hull and propeller. An additional engine margin can be applied for most economical operation of the engine, or to have reserve power.

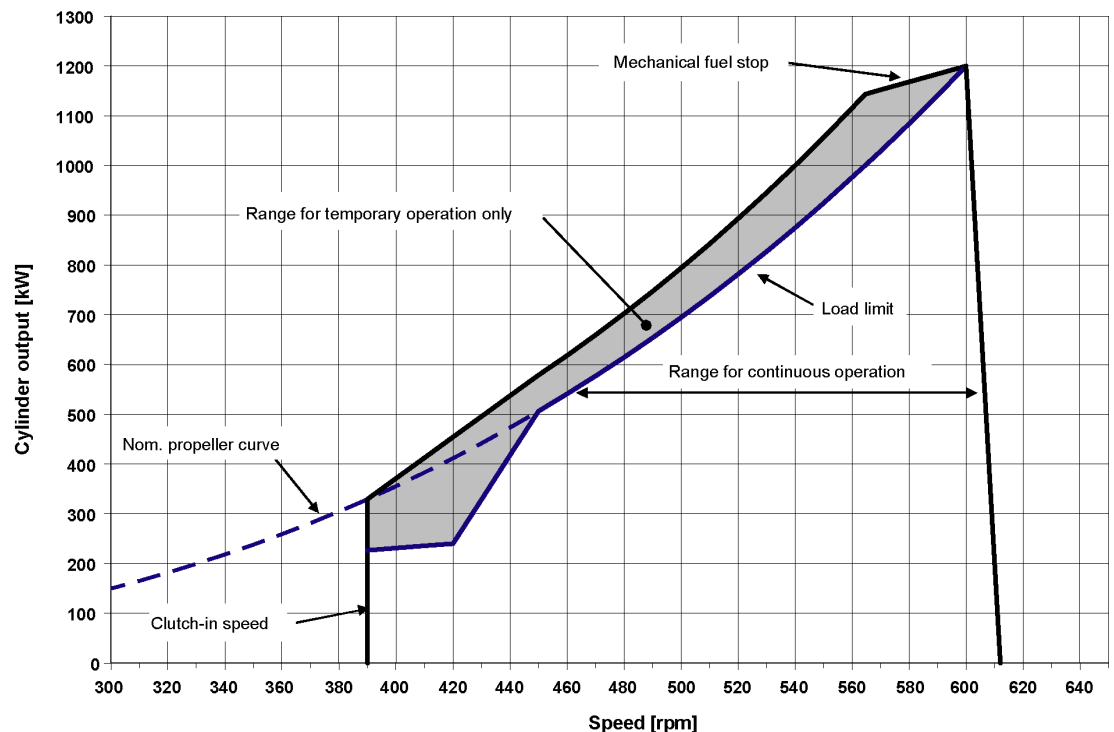


Fig 2-1 Operating field for CP Propeller, IMO Tier 2, 1200 kW/cyl, 600 rpm

## 2.2 Loading capacity

Controlled load increase is essential for highly supercharged diesel engines, because the turbocharger needs time to accelerate before it can deliver the required amount of air. Sufficient time to achieve even temperature distribution in engine components must also be ensured. This is especially important for larger engines.

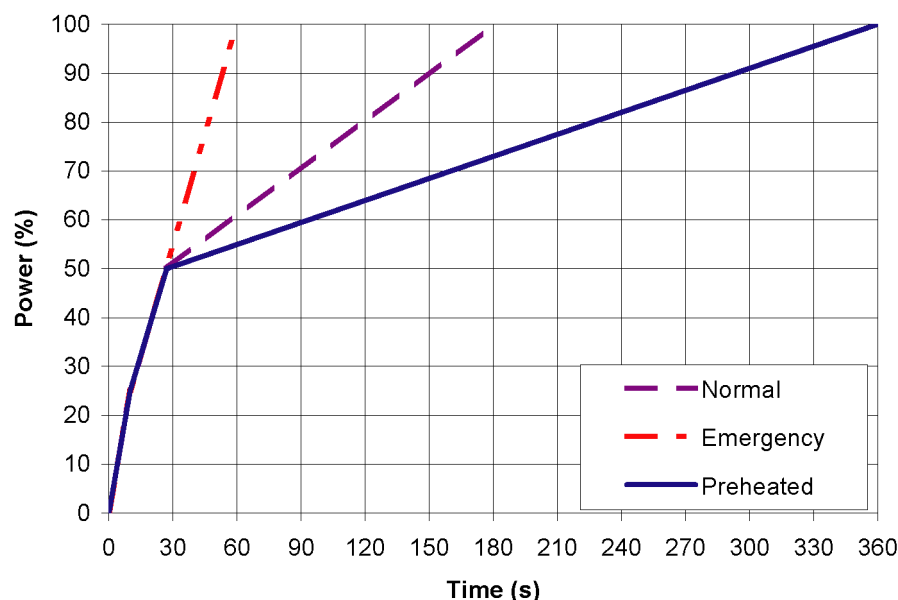
If the control system has only one load increase ramp, then the ramp for a preheated engine should be used. The HT-water temperature in a preheated engine must be at least 60 °C, preferably 70 °C, and the lubricating oil temperature must be at least 40 °C.

The ramp for normal loading applies to engines that have reached normal operating temperature.

Emergency loading may only be possible by activating an emergency function, which generates visual and audible alarms in the control room and on the bridge.

The load should always be applied gradually in normal operation. Class rules regarding load acceptance capability of diesel generators should not be interpreted as guidelines on how to apply load in normal operation. The class rules define what the engine must be capable of, if an unexpected event causes a sudden load step.

### 2.2.1 Mechanical propulsion, controllable pitch propeller (CPP)



**Fig 2-2 Maximum load increase rates for variable speed engines**

If minimum smoke during load increase is a major priority, slower loading rate than in the diagram can be necessary below 50% load.

In normal operation the load should not be reduced from 100% to 0% in less than 15 seconds. When absolutely necessary, the load can be reduced as fast as the pitch setting system can react (overspeed due to windmilling must be considered for high speed ships).

## 3. Technical Data

### 3.1 Introduction

This chapter contains technical data of the engine (heat balance, flows, pressures etc.) for design of auxiliary systems. Further design criteria for external equipment and system layouts are presented in the respective chapter.

#### 3.1.1 Engine driven pumps

The fuel consumption stated in the technical data tables is with engine driven pumps. The increase in fuel consumption with engine driven pumps is given in the table below; correction in g/kWh.

**Table 3-1 Constant speed engines**

Application	Engine driven pumps	Engine load [%]			
		100	85	75	50
Inline	Lube oil	-1.1	-1.3	-1.5	-2.4
	LT Water	-0.3	-0.4	-0.4	-0.7
	HT Water	-0.3	-0.4	-0.4	-0.7
V-engine	Lube oil	-1.0	-1.0	-1.2	-1.6
	LT Water	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
	HT Water	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3

**Table 3-2 Variable speed engines**

Application	Engine driven pumps	Engine load [%]			
		100	85	75	50
Inline	Lube oil	-1.2	-1.3	-1.4	-1.9
	LT Water	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
	HT Water	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
V-engine	Lube oil	-1.0	-1.0	-1.2	-1.6
	LT Water	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
	HT Water	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3

## 3.2 Wärtsilä 6L46F

Wärtsilä 6L46F		ME	DE
<b>Cylinder output</b>	<b>kW</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>
<b>Engine speed</b>	<b>rpm</b>	<b>600</b>	<b>600</b>
Engine output	kW	7200	7200
Mean effective pressure	MPa	2.49	2.49
<b>Combustion air system (Note 1)</b>			
Flow at 100% load	kg/s	12.4	12.4
Temperature at turbocharger intake, max. (TE 600)	°C	45	45
Temperature after air cooler, nom. (TE 601)	°C	50	50
<b>Exhaust gas system (Note 2)</b>			
Flow at 100% load	kg/s	13.08	13.08
Flow at 85% load	kg/s	11.4	11.7
Flow at 75% load	kg/s	10.8	11.7
Flow at 50% load	kg/s	7.44	9.42
Temp. after turbo, 100% load (TE 517)	°C	368	368
Temp. after turbo, 85% load (TE 517)	°C	322	318
Temp. after turbo, 75% load (TE 517)	°C	323	310
Temp. after turbo, 50% load (TE 517)	°C	327	275
Backpressure, max.	kPa	3	3
Calculated pipe diameter for 35 m/s	mm	927	927
<b>Heat balance at 100% load (Note 3)</b>			
Jacket water, HT-circuit	kW	846	846
Charge air, HT-circuit	kW	1488	1488
Charge air, LT-circuit	kW	762	762
Lubricating oil, LT-circuit	kW	756	756
Radiation	kW	210	210
<b>Fuel system (Note 4)</b>			
Pressure before injection pumps, nom. (PT 101)	kPa	0 ± 40	0 ± 40
Flow to engine, approx.	m <sup>3</sup> /h	5.7	5.7
HFO viscosity before engine	cSt	16...24	16...24
Max. HFO temperature before engine (TE 101)	°C	140	140
MDF viscosity, min.	cSt	2.0	2.0
Max. MDF temperature before engine (TE 101)	°C	45	45
Leak fuel quantity (HFO), clean fuel at 100% load	kg/h	4.5	4.5
Leak fuel quantity (MDF), clean fuel at 100% load	kg/h	22.5	22.5
Fuel consumption at 100% load	g/kWh	179.6	179.6
Fuel consumption at 85% load	g/kWh	173.4	174.7
Fuel consumption at 75% load	g/kWh	177.9	183.6
Fuel consumption at 50% load	g/kWh	181.0	191.5
<b>Lubricating oil system</b>			
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	500	500
Pressure after pump, max.	kPa	800	800



<b>Wärtsilä 6L46F</b>		<b>ME</b>	<b>DE</b>
<b>Cylinder output</b>	<b>kW</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>
<b>Engine speed</b>	<b>rpm</b>	<b>600</b>	<b>600</b>
Suction ability main pump, including pipe loss, max.	kPa	40	40
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	80	80
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	56	56
Temperature after engine, approx.	°C	75	75
Pump capacity (main), engine driven	m <sup>3</sup> /h	191	175
Pump capacity (main), electrically driven	m <sup>3</sup> /h	191	158
Oil flow through engine	m <sup>3</sup> /h	130	130
Priming pump capacity	m <sup>3</sup> /h	35	35
Oil tank volume in separate system, min	m <sup>3</sup>	13.0	13.0
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.7	0.7
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	1350	1350
Crankcase ventilation backpressure, max.	kPa	0.4	0.4
Oil volume in turning device	l	9.5	9.5
Oil volume in speed governor	l	1.7	1.7
<b>High temperature cooling water system</b>			
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	250 + static	250 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	530	530
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	74	74
Temperature after charge air cooler, nom.	°C	91...95	91...95
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	115	115
Pressure drop over engine, total	kPa	150	150
Pressure drop in external system, max.	kPa	100	100
Pressure from expansion tank	kPa	70...150	70...150
Water volume in engine	m <sup>3</sup>	1.0	1.0
<b>Low temperature cooling water system</b>			
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 451)	kPa	250 + static	250 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 451)	kPa	530	530
Temperature before engine, max. (TE 451)	°C	38	38
Temperature before engine, min. (TE 451)	°C	25	25
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	115	115
Pressure drop over charge air cooler	kPa	50	50
Pressure drop over built-on lube oil cooler	kPa	20	20
Pressure drop over built-on temp. control valve	kPa	30	30
Pressure drop in external system, max.	kPa	150	150
Pressure from expansion tank	kPa	70 ... 150	70 ... 150
Water volume in engine	m <sup>3</sup>	0.3	0.3
<b>Starting air system (Note 5)</b>			
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000	3000
Pressure at engine during start, min. (20°C)	kPa	1500	1500
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000	3000
Low pressure limit in air vessels	kPa	1800	1800
Consumption per start at 20°C (successful start)	Nm <sup>3</sup>	6.0	6.0
Consumption per start at 20°C, (with slowturn)	Nm <sup>3</sup>	7.0	7.0

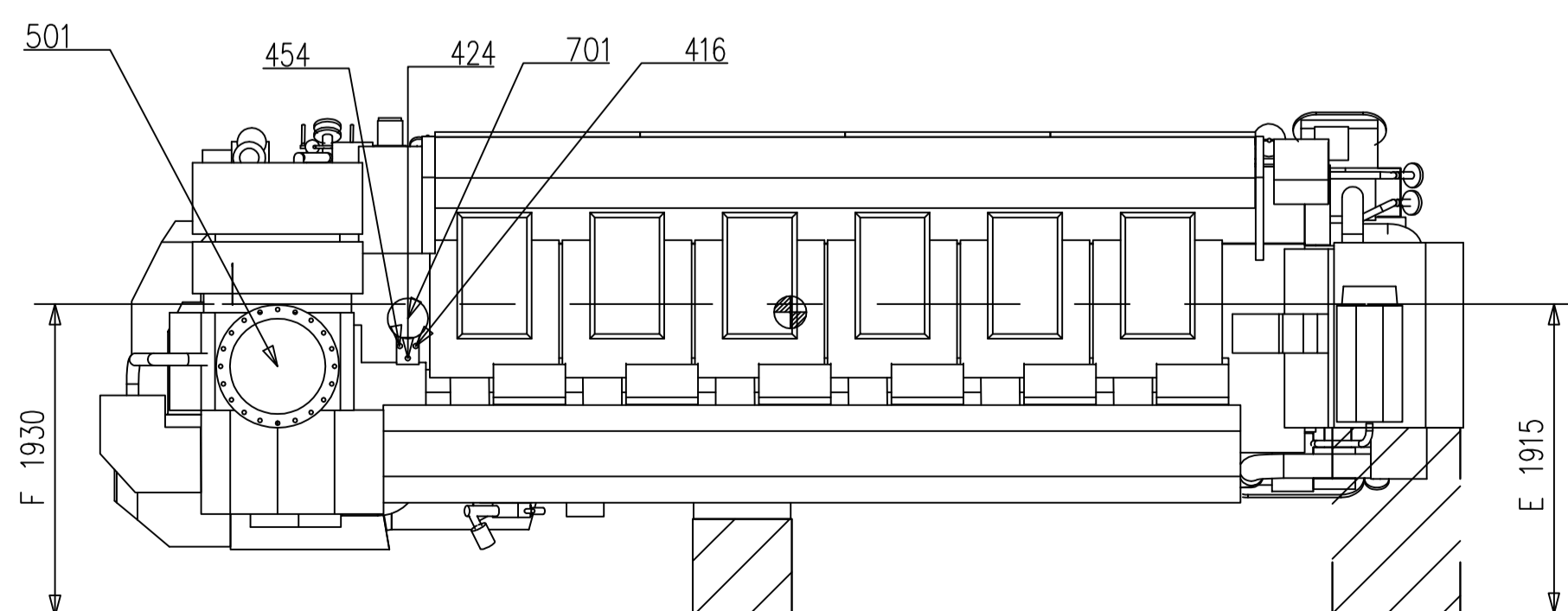
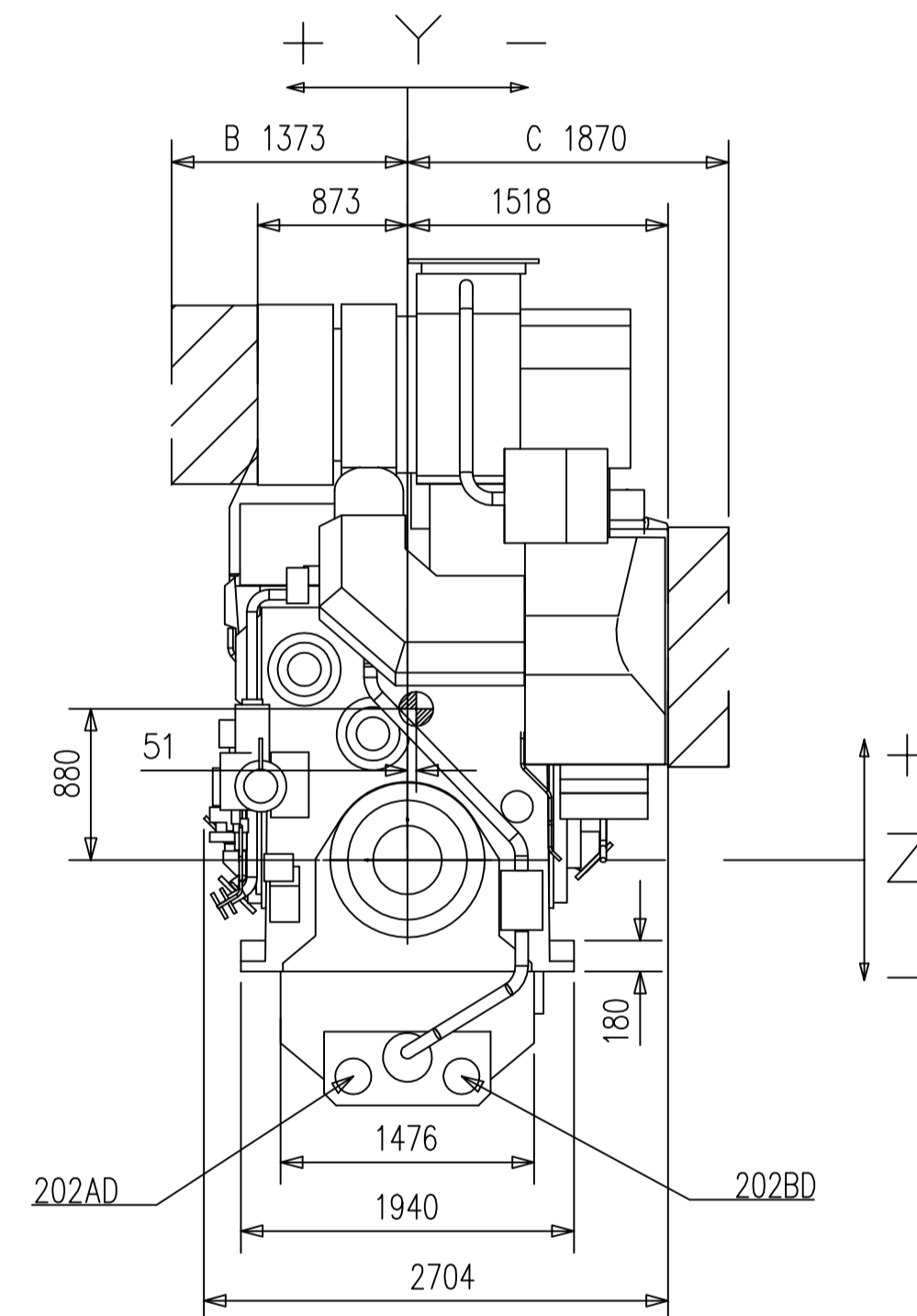
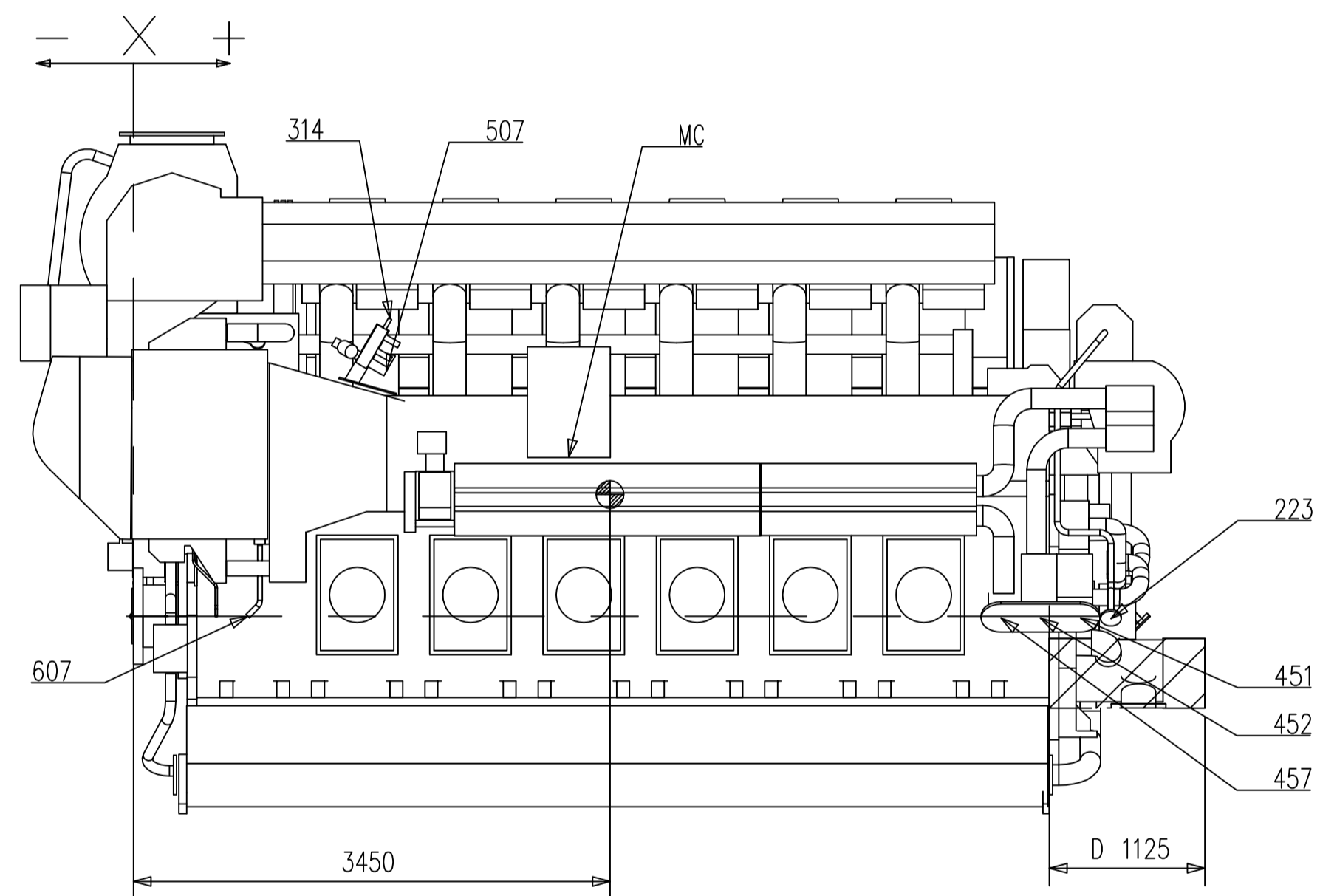
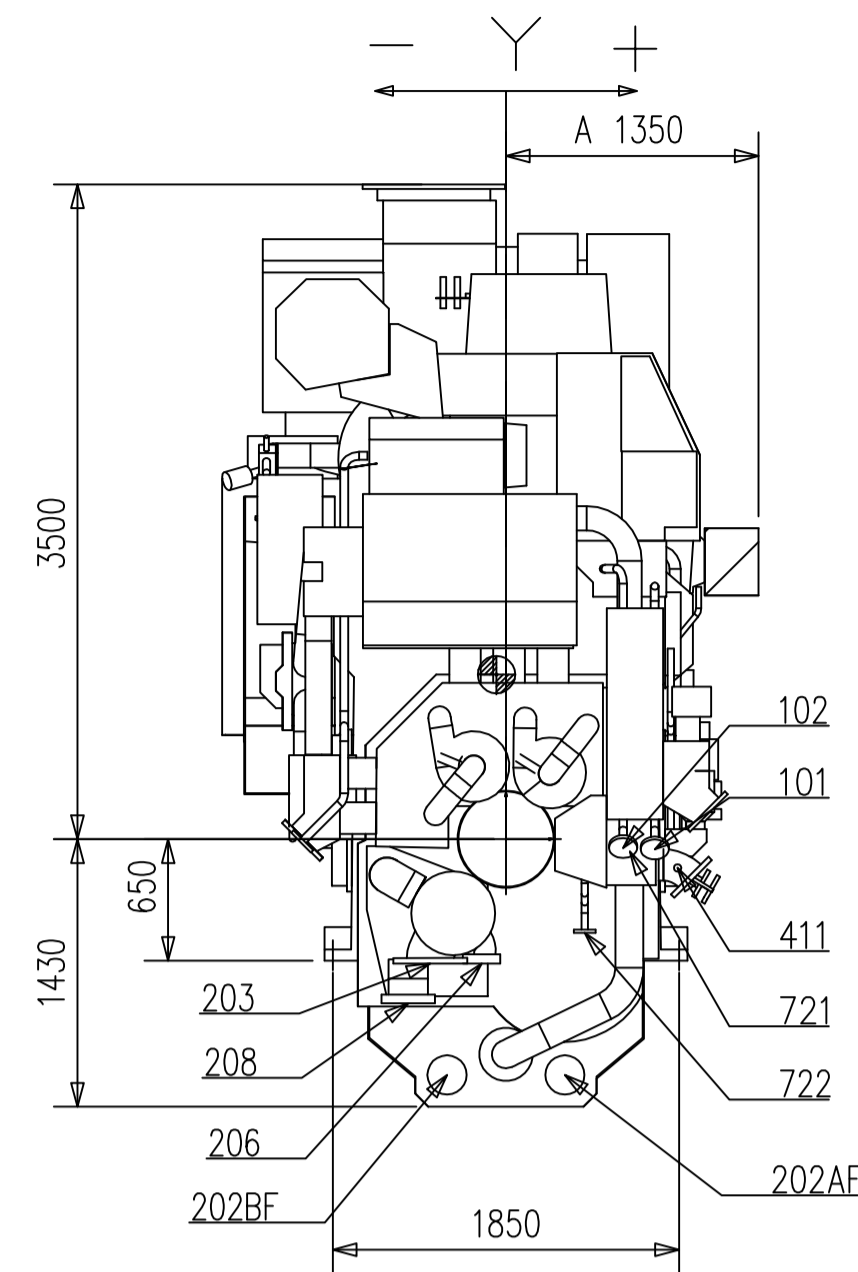
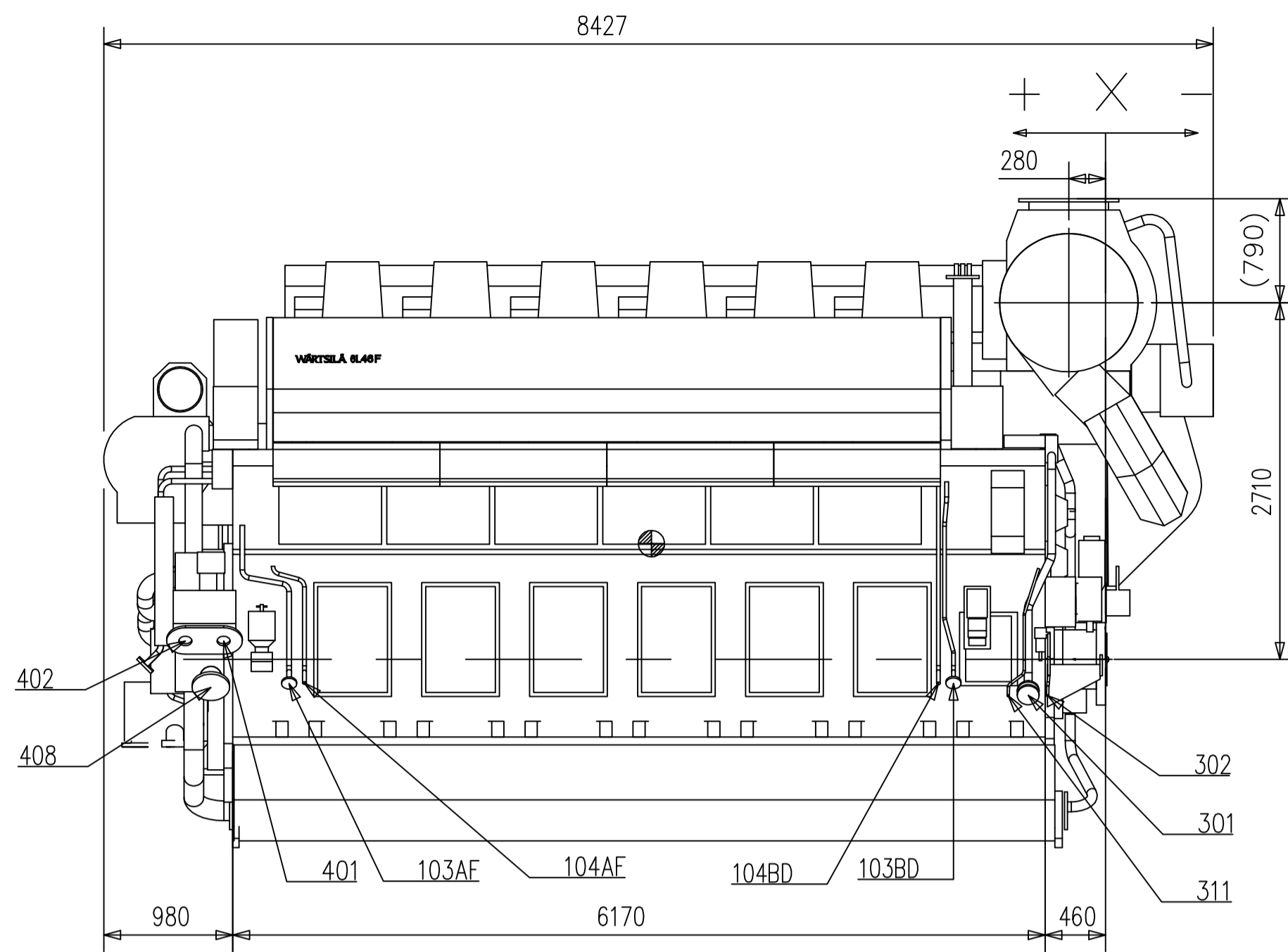
**Notes:**

- Note 1 At ISO 15550 conditions (ambient air temperature 25°C, LT-water 25°C) and 100% load. Flow tolerance 5%.
- Note 2 At ISO 15550 conditions (ambient air temperature 25°C, LT-water 25°C). Flow tolerance 5% and temperature tolerance 15°C.
- Note 3 At ISO 15550 conditions (ambient air temperature 25°C, LT-water 25°C) and 100% load. Tolerance for cooling water heat 10%, tolerance for radiation heat 30%. Fouling factors and a margin to be taken into account when dimensioning heat exchangers.
- Note 4 According to ISO 15550, lower calorific value 42700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. The fuel consumption at 85 % load is guaranteed and the values at other loads are given for indication only.
- Note 5 At manual starting the consumption may be 2...3 times lower.

ME = Engine driving propeller, variable speed

DE = Engine driving generator

Subject to revision without notice.



⊕ CENTER OF GRAVITY  
 Paint: /WEIGHTS (TOL. ±2.5%)  
 DIESEL ENGINE (DRY WEIGHT) W6L46F : 99300 Kg

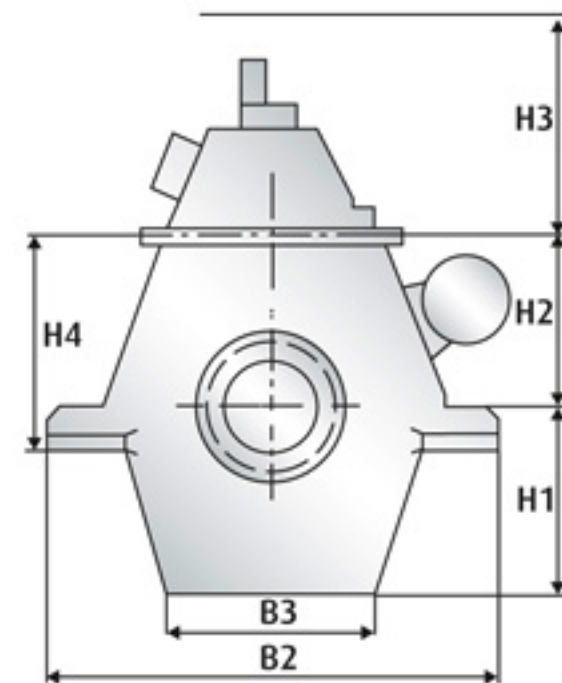
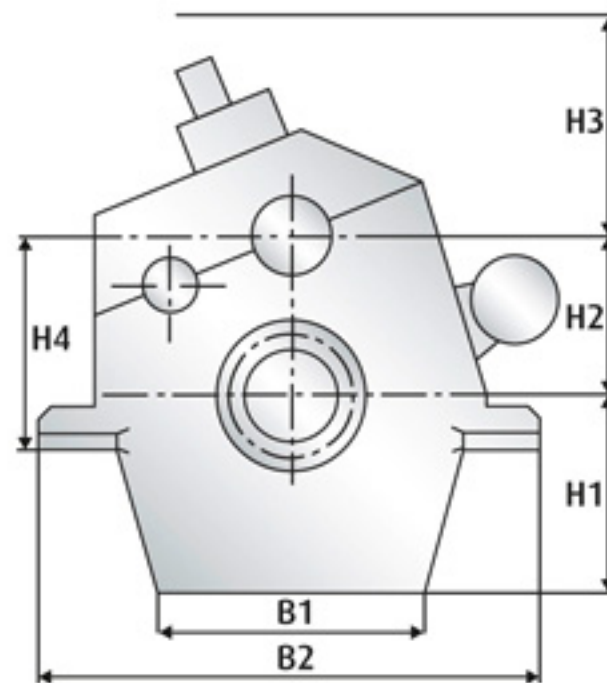
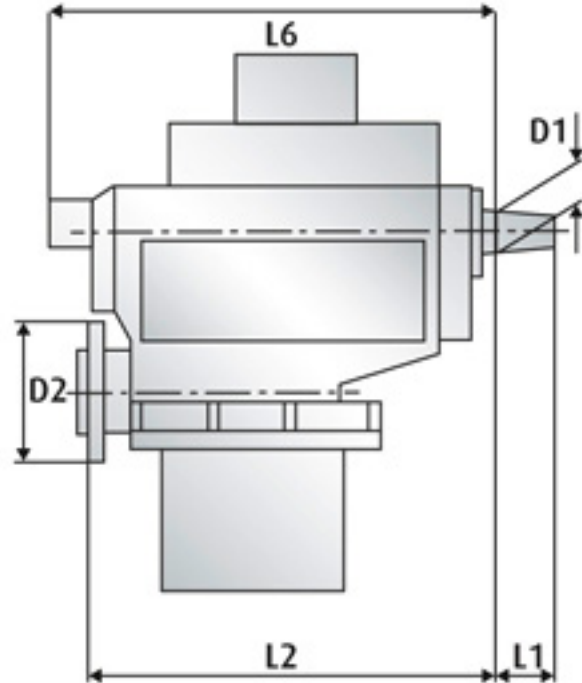
Code	Explanation
101	MAIN FUEL OIL INLET
102	MAIN FUEL OIL OUTLET
103AF	CLEAN FUEL OIL LEAKAGE, FE
103BD	CLEAN FUEL OIL LEAKAGE, DE
104AF	DIRTY FUEL OIL LEAKAGE, FE
104BD	DIRTY FUEL OIL LEAKAGE, DE
202AD	LUBE OIL OUTLET (FROM OIL SUMP), A-SIDE, D.E
202AF	LUBE OIL OUTLET (FROM OIL SUMP), A-SIDE, F.E
202BD	LUBE OIL OUTLET (FROM OIL SUMP), B-SIDE, D.E
202BF	LUBE OIL OUTLET (FROM OIL SUMP), B-SIDE, F.E
203	LUBE OIL TO ENGINE DRIVEN PUMP
206	LUBE OIL FROM PRIMING PUMP
208	LUBE OIL FROM EL. DRIVEN PUMP
223	FLUSHING OIL FROM EXTERNAL FILTER
301	STARTING AIR INLET, 30 bar
302	CONTROL AIR INLET, 30 bar
311	CONTROL AIR TO WG AND GAS VENT VALVE
314	AIR SUPPLY TO COMPR. AND CLEAN DEVICE
401	HT-WATER INLET
402	HT-WATER OUTLET
408	HT-WATER FROM STAND-BY PUMP
411	HT-WATER DRAIN
416	HT-WATER AIR VENT FROM C.A.C.
424	HT-WATER AIR VENT FROM CYL. HEAD
451	LT-WATER INLET
452	LT-WATER OUTLET
454	LT-WATER AIR VENT FROM AIR COOLER
457	LT-WATER FROM STAND-BY PUMP
501	EXHAUST GAS OUTLET
507	CLEANING WATER TO TURBOCHARGERS
607	CONDENSATE WATER AFTER AIR COOLER
701	CRANKCASE AIR VENT
721	CONTROL OIL TO EXTERNAL FILTER
722	CONTROL OIL FROM EXTERNAL FILTER
MC	EL. CON. (MAIN CABINET)

- A. Space for dismantling of side cover lower part.
- B. Space for dismantling of turbocharger.
- C. Space for dismantling of CAC.
- D. Space for dismantling of lube oil pump.
- E. Space for dismantling oil cooler (Tube stack).
- F. Space for open the door of main cabinet.

		© Wärtsilä Finland Oy Ship Power		W6L46F ENGINE OUTLINE AND SERVICE SPACE	
Product	W6L46F	UNITS	mm kg	T/C AT DRIVING END	
MADE	21.05.2008	W-SP	DESIGN GROUP	DRY SUMP	
CHWD			SCALE	PAGE NO.	PART CLASS.
APPD			1:40	1/1	
				DRG. NO.	DAAE068351
				SIZE	A1

# WAF/LAF 2346 – 7760

Reverse-reduction/  
Reduction gearbox  
with hydraulically  
operated clutches.  
Vertically offset



Gearbox WAF/LAF	Main Dimensions (mm)										Weight kg <sup>1)</sup>			
	B1	B2	D1	D2	H1	H2	H3 WAF	H3 LAF	H4	L1	L2	L6	WAF	LAF
2346*	1550	730	162	550	630	560	600	600	720	200	1475	1800	6000	5200
2355	1780	920	162	600	730	660	600	600	820	200	1470	1800	7000	6300
2365*	2120	1050	162	600	770	760	600	600	920	200	1470	1800	8000	7000
2375	2120	900	162	650	875	865	700	700	1085	200	1480	1800	10000	9200
3445	1660	790	167	600	660	600	560	560	760	200	1540	1870	7100	6400
3455	1880	930	167	650	770	710	700	700	870	200	1550	1870	8500	7800
3465	2100	930	167	650	850	815	700	700	975	200	1550	1870	10400	9700
3475	2380	1150	167	670	970	925	700	700	1095	200	1570	1870	11500	10800
4545	1880	930	187	650	770	650	600	750	810	235	1630	1970	8900	8000
4555	1980	960	187	670	810	765	600	750	935	235	1655	1970	10500	9500
4566	2400	1240	187	710	935	885	730	750	1065	235	1695	2050	12600	11100
4575	2750	1480	187	710	1055	1010	730	750	1190	235	1695	2050	14100	13100
5645*	1980	1100	195	670	810	690	700	900	860	250	1725	2090	11600	9000
5655*	2240	1275	195	710	870	815	700	900	995	250	1765	2090	13200	11800
5666*	2420	1395	195	750	980	935	700	900	1135	250	1870	2090	16000	13800
5675*	2700	1600	195	800	1110	1055	700	900	1255	250	1710	2090	18000	17000
6745*	2240	1275	217	710	870	735	950	900	915	265	1870	2220	15000	12000
6755*	2280	1280	217	750	930	880	950	900	1080	265	1875	2220	17000	13800
6766*	2450	1500	217	800	1040	1000	1000	900	1260	265	1915	2220	18000	17000
7740*	2280	1280	217	750	930	800	900	900	1000	305	1985	2390	17000	15500
7750*	2300	1300	217	800	910	900	900	900	1100	305	2030	2390	19000	16500
7760*	2450	1500	217	900	1040	1050	1000	900	1310	305	2110	2390	20500	17500

1) Gearbox standard design (dry). Dimensions and weights not strictly binding. Subject to change.

\*Gearbox housing of types LAF 2346, 2365, 4545 - 7770 see top right view, all other WAF and LAF housings see top left and top center view.

kW	1350	2000	2650	3300	3950	4600	5250	5900	6550	7200	7850	8500
BHP	1809	2680	3445	4422	5293	6440	7035	7906	8777	9648	10516	11390

WAF 2346-2375

LAF 2346-2375

WAF 3445-3475

LAF 3445-3475

WAF 4545-4575

LAF 4545-4575

WAF 5645-5675

LAF 5645-5675

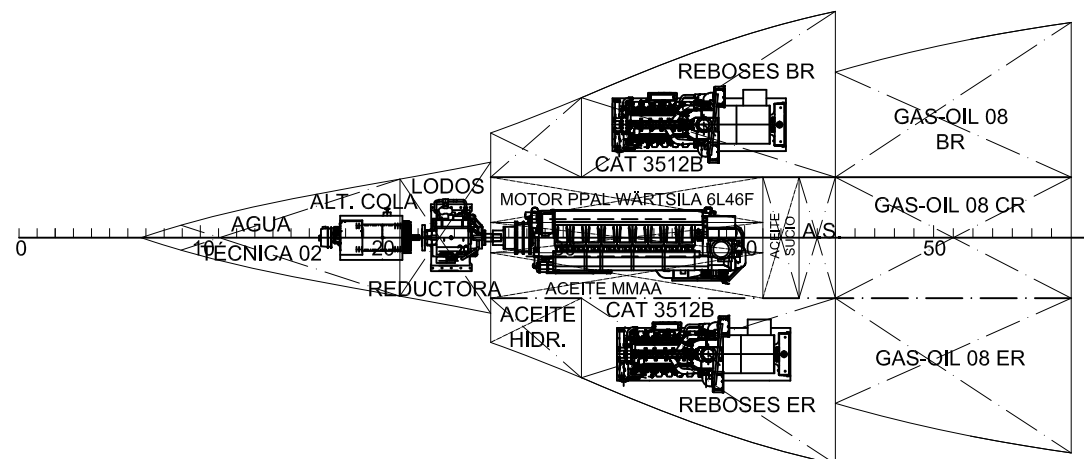
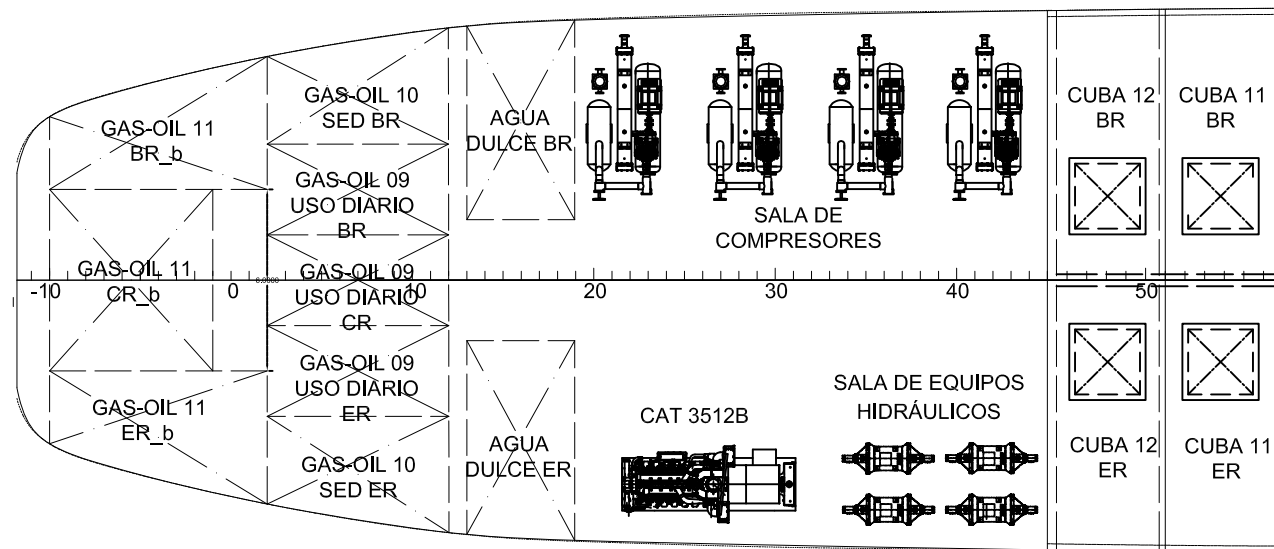
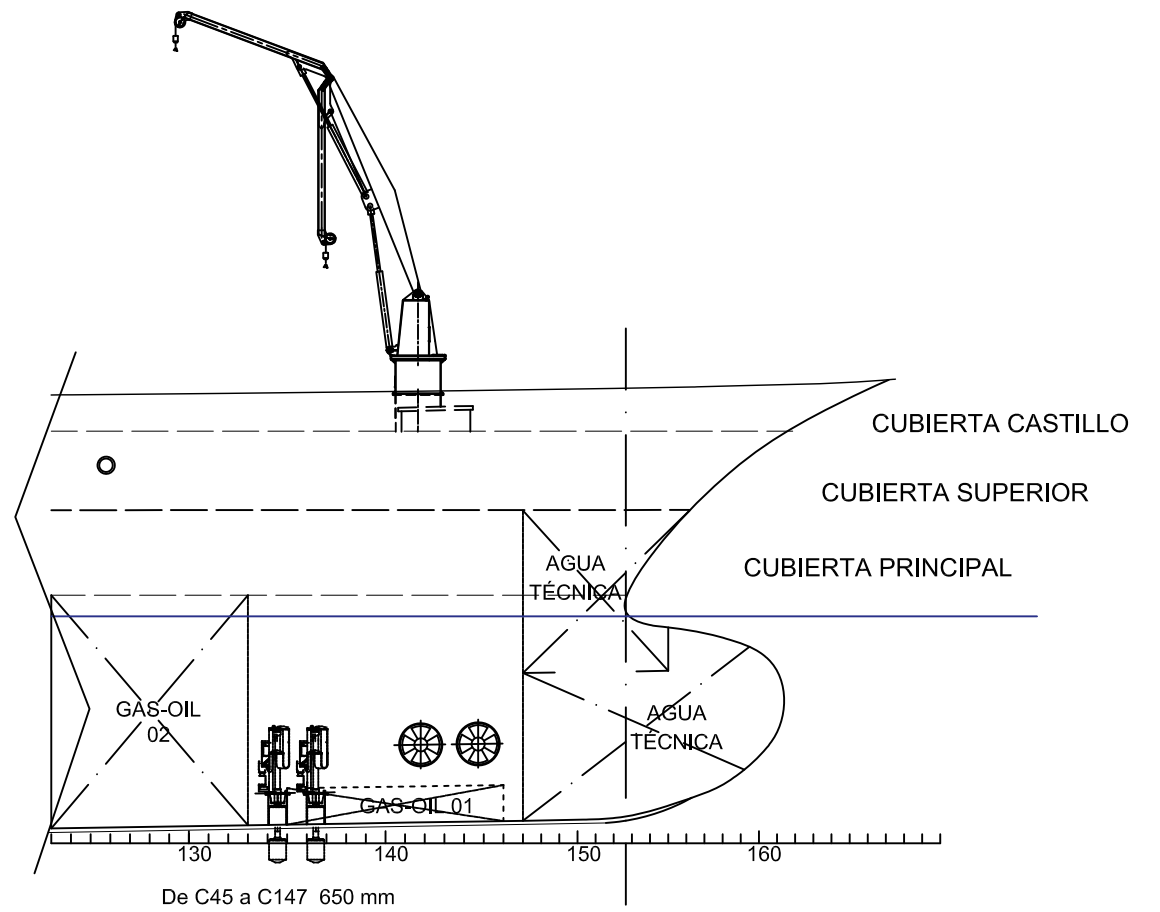
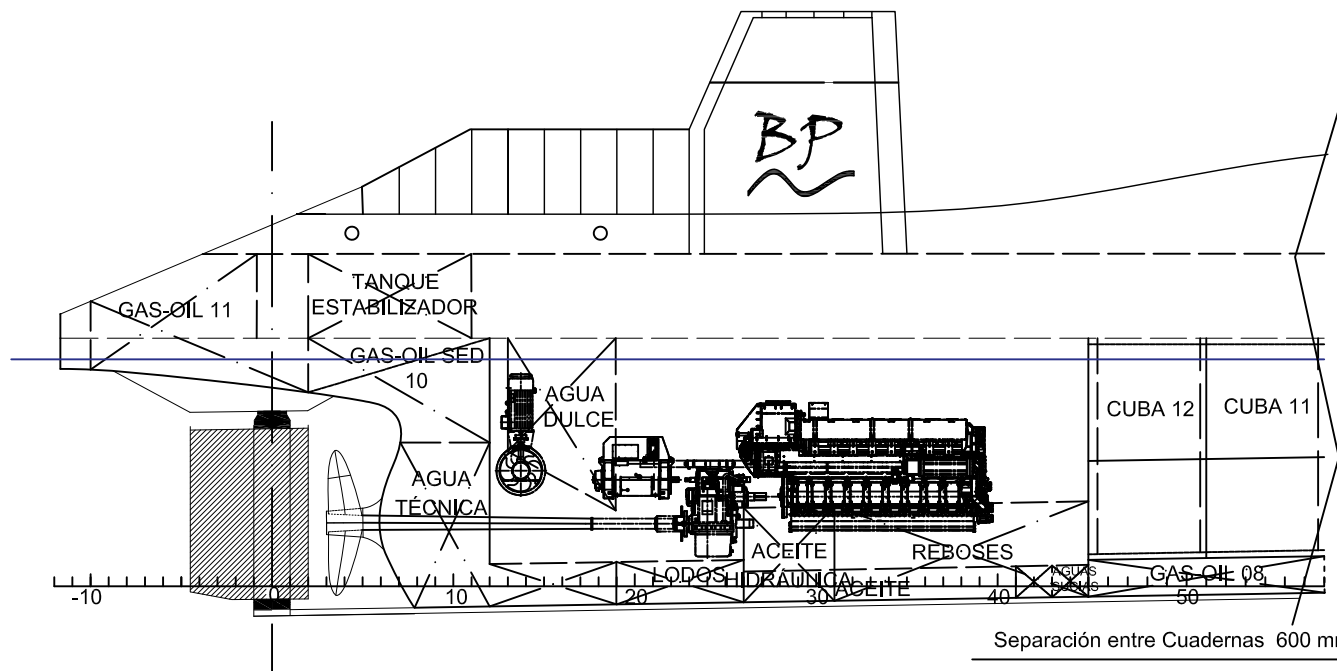
WAF 6745-6766

LAF 6745-6766

WAF 7740-7760

LAF 7740-7760

## **ANEXO II DISPOSICIÓN GENERAL CCMM**



**DIMENSIONES PRINCIPALES**

ESLORA TOTAL .....	96,70 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES .....	112,40 m
MANGA .....	18,00 m
PUNTA A LA CUBIERTA PRINCIPAL .....	8,20 m
PUNTA A LA CUBIERTA SUPERIOR .....	11,00 m
CALADO DE TRAZADO .....	7,50 m
Coefficiente de Bloque .....	0,592
Coefficiente de la Maestra .....	0,937
Coefficiente Prismático .....	0,631
DESPLAZAMIENTO .....	7.917 Tn
VELOCIDAD .....	19 nudos

**CLASIFICACION BUREAU VERITAS**

- ☒ HULL, ☒ MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation,
- REF - CARGO - QUICKFREEZE, ☒ MON-SHAFT, ☒ INWATERSURVEY



ALUMNA

**Eva Luz Villar Chouciño**

**ATUNERO CONGELADOR 3.700 m3**

PLANO DISPOSICIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS



SOCIEDAD CLASIFICADORA BUREAU VERITAS	PROYECTO Nº 18 - 05	ESCALA 1/250
FECHA Junio 2.018	FORMATO A3	HUJA 1/1

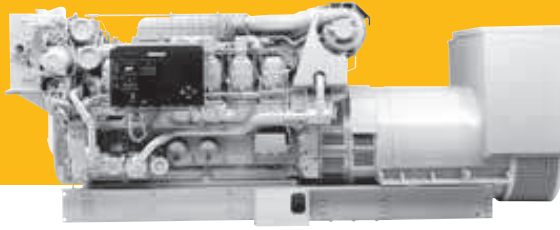
## **ANEXO III\_MOTORES AUXILIARES Y EMERGENCIA**



# 3512B

## GENERATOR SET

Electronic  
Control  
System



### RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

#### Generator Set

	ekW @ .8pf	kVA	rpm	U.S. g/h	g/bkW-hr	EPA - IMO - EU
<b>60 Hertz</b>	1030	1287	1200	69.2	205.2	NC - I - NC
<b>60 Hertz</b>	1070	1338	1800	73.4	208.3	NC - I - NC
<b>60 Hertz</b>	1360	1700	1800	90.9	202.5	NC - I - NC
<b>50 Hertz</b>	880	1000	1000	60.3	208.0	NC - I - NC
<b>50 Hertz</b>	965	1212	1500	64.2	200.7	NC - I - NC
<b>50 Hertz</b>	1200	1500	1500	77.6	195.6	NC - II - NC

	LE	LG	H	WE
<b>min.</b>	104.0 in/2641 mm	178.6 in/4536 mm	80.8 in/2053 mm	67.1 in/1703 mm
<b>max.</b>	104.0 in/2641 mm	189.1 in/4804 mm	81.6 in/2072 mm	84.4 in/2144 mm

### Vee 12, 4-Stroke-Cycle Diesel

<b>Aspiration</b>	TTA	
<b>Bore x Stroke</b>	6.7 x 7.5 in	170 x 190 mm
<b>Displacement</b>	3158 cu in	51.8 liter
<b>Rotation (from flywheel end)</b>	Counterclockwise	
<b>Generator set weight (approx)</b>	22,120-24,661 lb	10 034-11 186 kg

# C32 HEAT EXCHANGER/KEEL COOLED ACERT GENERATOR SET

Electronic  
Control  
System



## RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

### Generator Set

	ekW @ .8pf	kVA	rpm	U.S. g/h	g/bkW-hr	EPA - IMO - EU
<b>60 Hertz</b>	715	894	1800	51.8	210.4	T2C - II - IW
<b>60 Hertz</b>	910	1138	1800	64.9	207.2	T2C - II - IW
<b>50 Hertz</b>	540	675	1500	37.9	203.7	T2C - II - IW
<b>50 Hertz</b>	800	1000	1500	57.0	207.0	T2C - II - IW

Heat Exchanger (32°C), Keel Cooled (52°C)

### Preliminary EPA Tier 3 Ratings

<b>60 Hertz</b>	730	894	1800	53.0	200.6	T3C - II - IW
<b>60 Hertz</b>	940	1138	1800	67.3	254.8	T3C - II - IW

	LG	H	W
<b>min.</b>	168.34 in/4275.9 mm	86.83 in/2205.7 mm	65.79 in/1671.1 mm
<b>max.</b>	169.7 in/4309.3 mm	86.83 in/2205.7 mm	65.79 in/1671.1 mm

### Vee 12, 4-Stroke-Cycle Diesel

<b>Aspiration</b>	TTA	
<b>Bore x Stroke</b>	5.7 x 6.4 in	145 x 162 mm
<b>Displacement</b>	1959 cu in	32.1 liter
<b>Rotation (from flywheel end)</b>	Counterclockwise	
<b>Generator set weight (approx)</b>	15,721 lb	7131 kg

**60**