



# LNG TANKER 160.000m<sup>3</sup> NÚMERO 17-05

---

**AUTORA: CARMEN SEOANE FERNÁNDEZ**  
**TUTOR: VICENTE DÍAZ CASÁS**

## **CUADERNO 10**

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





## GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

### TRABAJO FIN DE GRADO

*CURSO 2.017-2018*

**PROYECTO NÚMERO 17/05**

**TIPO DE BUQUE:** LNG carrier.

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

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** LNG con una capacidad de 160.000 m<sup>3</sup>.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 19.5 knots a velocidad de servicio, al 85% MCR + 15% MM y 5000 millas de autonomía.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** bombas de carga y de vapor habituales en buques de este tipo.

**PROPULSIÓN:** dual-fuel diesel-electric (DFDE)

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** capacidad para 40 tripulantes en camarotes dobles e individuales.

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

Ferrol, 18 Setiembre 2017

ALUMNA: D<sup>a</sup> Carmen Seoane Fernández

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. JUSTIFICACIÓN MOTORES GENERADORES.....	4
3. JUSTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LOS TANQUES.....	5
3.1. CAPACIDADES TANQUES DE FUEL OIL.....	5
3.2. CAPACIDADES TANQUES DE DIESEL.....	7
3.3. CAPACIDADES TANQUES DE ACEITE.....	7
3.4. CAPACIDADES TANQUES DE AGUA DULCE.....	8
3.5. CAPACIDADES TANQUES DE AGUAS GRISES Y NEGRAS.....	8
3.6. CAPACIDADES TANQUES DE LODOS.....	8
3.7. COMPROBACIÓN CAPACIDAD TANQUES.....	9
4. DATOS TÉCNICOS MOTORES GENERADORES.....	10
4.1. MOTOR 18V50DF.....	10
5. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	15
5.1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE: GAS NATURAL.....	17
5.1.1. SISTEMA INTERNO DE GAS NATURAL.....	19
5.1.2. SISTEMA EXTERNO DE GAS NATURAL.....	20
5.2. SISTEMA DE COMBUSTIBLE: MODO FUEL.....	23
5.2.1. SISTEMA INTERNO DE FUEL.....	23
5.2.2. SISTEMA EXTERNO DE FUEL.....	25
6. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	37
6.1. SISTEMA INTERNO DE LUBRICACIÓN.....	38
6.2. SISTEMA EXTERNO DE LUBRICACIÓN.....	40
7. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	45
7.1. SISTEMA INTERNO DE REFRIGERACIÓN.....	46
7.2. SISTEMA EXTERNO DE REFRIGERACIÓN.....	49
8. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE.....	52
8.1. SISTEMA INTERNO DE AIRE DE ARRANQUE.....	53
8.2. SISTEMA EXTERNO DE AIRE DE ARRANQUE.....	55
9. DISPOSICIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	59

## 1. INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno se definirá la planta generadora y los equipos auxiliares relacionados. Se muestran datos del buque calculados en los anteriores cuadernos.

Lpp (m)	271,3
B (m)	45,4
D (m)	26,4
T (m)	12,7
$\Delta$ (t)	118826,0
LBD (m3)	324682,4
Cb	0,745
Cf	0,829
Cm	0,991
Cp	0,752

El motor propulsor que accionará la hélice se ha definido en el cuaderno 6.

Dos motores **AMS1000** de alta tensión que proporciona a 1400 rpm una potencia de 20.000 Kw. Se necesitará la instalación de una reductora entre el motor propulsor y la hélice debido a la diferencia de revoluciones. Se recuerda que solo habrá una línea de ejes.

Los motores duales (fuel-gas) son generadores de energía eléctrica que alimentan al motor eléctrico que acciona la hélice y al resto de consumidores del buque. El buque llevará cuatro motores, funcionando tres de modo habitual. Uno de ellos será de respeto. En el cuaderno 11 se define la planta eléctrica del buque y se comprobará con un balance eléctrico si la elección de los motores ha sido la correcta. Estos motores funcionarán utilizando el gas evaporado de la propia carga (Boil off), con fuel (HFO) cuando navegue en alta mar, y para entradas en puerto y arranque utilizará diesel (MDO).

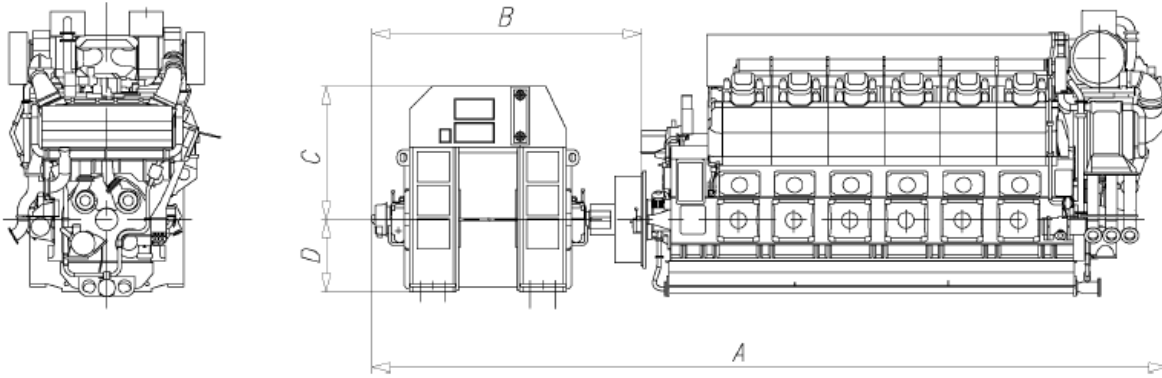
## 2. JUSTIFICACIÓN MOTORES GENERADORES.

Se ha decidido instalar los siguientes motores teniendo en cuenta la demanda del buque y la potencia propulsora calculada en el cuaderno 6.

- 4 motores 18V50DF con una potencia de 17.650 kW.

Funcionarán de forma simultánea tres motores 18V50DF. Teniendo en cuenta el 85% de MCR proporcionarán una potencia de 45.008 kW cubriendo las necesidades eléctricas del buque.

Se muestran las dimensiones totales de la instalación generadora obtenidas del Product Guide de dichos motores. Las dimensiones están en milímetros.



Engine	A	B	C	D	Genset weight [ton]
W 16V50DF	17540	4690	2050	1590	288
W 18V50DF	18500	4690	2050	1590	315

### 3. JUSTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LOS TANQUES.

La RPA obliga a tener de autonomía de 5.000 millas a una velocidad de servicio de 19,5 Kn, por tanto, el tiempo de navegación será de 11 días aproximadamente. A continuación se muestran los cálculos necesarios para obtener los volúmenes requeridos para el funcionamiento de la planta propulsora. Los volúmenes reales que tiene el buque se han calculado con el software Maxsurf, así como su localización definida en el cuaderno 8.

#### 3.1. CAPACIDADES TANQUES DE FUEL OIL.

##### CÁLCULO DEL CONSUMO MOTORES

$$C_{FO} = C_e * PS * t_{nav} * 10^{-6}$$

Siendo,  $C_e$  el consumo específico para los motores 18V50DF será de 198 g/kwh y  $PS$  la potencia del motor en kw (17.550 kW) considerando un 85% de margen. El tiempo de navegación se considerará de 11 días (264 horas), por tanto se obtiene:

$$C_{FO} = 198 * (3 * 17.550) * 0.85 * 264 * 10^{-6}$$

$$C_{FO} = 2227 t$$

El consumo utilizado es el valor más alto (100%fuel), el motor operará de forma normal añadiendo el gas del biol-off y por tanto, el consumo de fuel será algo menor. Se ha optado por este valor para tener un margen de capacidad en el tanque. Tomando la densidad del fuel como 0,9 t/m<sup>3</sup> se obtiene el volumen necesario:

$$Vol_{FO} = 2474 m^3$$

## **CÁLCULO DEL TANQUE ALMACÉN**

El buque llevará dos tanques almacén en proa que tendrán una capacidad total igual al volumen de combustible necesario menos dos días de consumo. Así se asegura la disponibilidad del combustible que será el que más se consuma.

El volumen necesario para dos días de consumo se calculará de la misma forma pero considerando dos días de navegación.

$$C_{FO} = C_e * PS * t_{nav} * 10^{-6} = 284 t \rightarrow V_{2d} = 405 m^3$$

Tomaremos una permeabilidad de 0,98:

$$Vol_{TAFO} = \frac{2474 - 405}{0,98} = 2112 m^3$$

Cada tanque, por tanto deberá tener una capacidad mínima de 1056 m<sup>3</sup>.

## **CÁLCULO DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN**

El tanque de sedimentación debe suministrar al tanque de uso diario el fuel, por tanto, se considerará que este tanque tenga capacidad para almacenar el fuel necesario para dos días de navegación. Se tomará una permeabilidad de 0,98.

$$Vol_{TSFO} = 414 m^3$$

Se instalarán dos tanques de sedimentación a cada banda de la cámara de máquinas con una capacidad mínima de 207 m<sup>3</sup> cada uno.

## **CÁLCULO DEL TANQUE DE USO DIARIO**

Se instalarán dos tanques de uso diario a cada banda de la cámara de máquinas que tendrán la capacidad para albergar el consumo de un día de navegación cada uno. Tomando una permeabilidad de 0,98 cada tanque tendrá:

$$Vol_{UDFO} = 203 m^3$$

### 3.2. CAPACIDADES TANQUES DE DIESEL.

El diesel se utilizará en el momento de arranque del buque y en zonas de puerto o zonas protegidas. Se estimará una capacidad para los tanques que corresponda a tres días de navegación. Se tomará una densidad de 0,9 t/m<sup>3</sup>, un consumo de 198 g/kwh y 0,97 de permeabilidad.

$$C_{DO} = C_e * PS * t_{nav} * 10^{-6} = 607 \text{ t}$$

$$Vol_{TDO} = 696 \text{ m}^3$$

Se instalarán dos tanques de diesel a cada banda de la cámara de máquinas con una capacidad cada uno de 348 m<sup>3</sup>.

### 3.3. CAPACIDADES TANQUES DE ACEITE.

Para este cálculo se tendrá en cuenta el consumo de aceite obtenido del catálogo, 0,5 g/kWh para los dos motores y el número de motores funcionando como en los cálculos anteriores. Tres motores 18V50DF para una autonomía de 11 días (264 h). A continuación se muestra el cálculo.

$$C_{AC} = C_e * PS * t_{nav} * 10^{-6} = 5,8 \text{ t}$$

El consumo de aceite total será por tanto  $C_{AC} = 5,8 \text{ t}$

El volumen teniendo en cuenta la densidad 0,9 t/m<sup>3</sup> resulta

$$Vol_{AC} = 6,5 \text{ m}^3$$

A este volumen hay que añadirle el volumen que define necesario el catálogo de los motores. Siendo este volumen de 15 m<sup>3</sup> para los motores 18V50DF.

El volumen total necesario y teniendo en cuenta una permeabilidad de 0,97 será:

$$Vol_{AC} = 70 \text{ m}^3$$

Se instalarán dos tanques de aceite, uno a cada banda del buque. Cada tanque tendrá una capacidad de 35 m<sup>3</sup>.

### 3.4. CAPACIDADES TANQUES DE AGUA DULCE.

Para estimar la cantidad de agua dulce necesaria se tendrá en cuenta la norma UNE EN ISO 15748 que considera 175 litros por persona y día. El buque tiene capacidad para 40 tripulantes y 11 días de autonomía, por tanto y teniendo en cuenta un permeabilidad de 0,97 se obtiene:

$$Vol_{AD} = 79.382 \text{ l} \approx 80 \text{ m}^3$$

Se instalarán un tanque a cada banda del buque a popa del pique de popa. Cada tanque con una capacidad de 40 m<sup>3</sup>.

### 3.5. CAPACIDADES TANQUES DE AGUAS GRISES Y NEGRAS.

A partir de la norma UNE EN ISO 15749 de desagües en embarcaciones se considerará que cada tripulante generará 180 l/día de aguas sucias. Por tanto la capacidad necesaria total teniendo en cuenta los 40 tripulantes y una permeabilidad de 0,97:

$$Vol_{TAGN} = 81.650 \text{ l} \approx 82 \text{ m}^3$$

Se colocará UN tanque en la cámara de máquinas.

### 3.6. CAPACIDADES TANQUES DE LODOS.

El tanque de lodos lo dimensionaremos de acuerdo con el convenio MARPOL. En el Anexo I, Regla 17 se define a modo de orientación la capacidad adecuada del tanque de lodos en buques que no lleven agua de lastre en los tanques de fuel oil.

$$Vol_{LOD} = K * C * D$$

Siendo k=0,01 para buques que utilicen fuel oil pesado para la máquina principal, C el consumo diario de fuel 203 m<sup>3</sup> y D la duración máxima entre puertos en los que se pueda descargar este tipo de lodos, tomaremos este valor como el dato de la autonomía (11 días).

$$Vol_{LOD} = 23 \text{ m}^3$$



### 3.7. COMPROBACIÓN CAPACIDAD TANQUES.

TANQUES	m3 mínimo	m3 reales
F.O. ALMACÉN (2)	1.056	1.187,30
F.O. ALMACÉN (1)	1.056	1.187,30
F.O.SEDIMENTACIÓN (E)	414	444,5
F.O.SEDIMENTACIÓN (B)	414	444,5
F.O. USO DIARIO (E)	203	219
F.O. USO DIARIO (B)	203	219
D.O (E)	348	377,5
D.O (B)	348	377,5
ACEITE (E)	35	51,8
ACEITE (B)	35	51,8
AGUA DULCE (E)	40	48
AGUA DULCE (B)	40	48
AGUAS SUCIAS	41	79,8
LODOS	23	79,8

## 4. DATOS TÉCNICOS MOTORES GENERADORES.

### 4.1. MOTOR 18V50DF.

Wärtsilä 18V50DF		DE		DE	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
Engine output	kW	17100		17550	
Mean effective pressure	MPa	2.0		2.0	
IMO compliance		Tier 3	Tier 2	Tier 3	Tier 2
<b>Combustion air system (Note 1)</b>					
Flow at 100% load	kg/s	27.5	33.8	27.5	33.7
Temperature at turbocharger intake, max.	°C	45		45	
Temperature after air cooler, nom. (TE 601)	°C	45	50	45	50
<b>Exhaust gas system</b>					
Flow at 100% load	kg/s	27.0	32.4	28.8	34.2
Flow at 75% load	kg/s	21.6	27.0	21.6	27.0
Flow at 50% load	kg/s	16.2	18.0	16.2	19.8
Temperature after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	375	345	378	347
Temperature after turbocharger at 75% load (TE 517)	°C	424	332	428	330
Temperature after turbocharger at 50% load (TE 517)	°C	430	377	433	373
Backpressure, max.	kPa	4		4	
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	1339	1432	1386	1474

<b>Heat balance at 100% load (Note 2)</b>					
Jacket water, HT-circuit	kW	1962	2898	2808	3024
Charge air, HT-circuit	kW	2700	3636	2034	3906
Charge air, LT-circuit	kW	1350	1836	1386	1890
Lubricating oil, LT-circuit	kW	1386	2178	1422	2250
Radiation	kW	468	504	486	540
<b>Fuel consumption (Note 3)</b>					
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7410	-	7440	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	7740	-	7780	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8410	-	8440	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7365	-	7397	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7677	-	7710	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8300	-	8336	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.0	187	1.0	189
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	1.5	187	1.5	188
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	2.4	198	2.4	198
<b>Fuel gas system (Note 4)</b>					
Gas pressure at engine inlet, min (PT901)	kPa (a)	472	-	472	-
Gas pressure to Gas Valve unit, min	kPa (a)	592	-	592	-
Gas temperature before Gas Valve Unit	°C	0...60	-	0...60	-

Wärtsilä 18V50DF		DE		DE	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
<b>Fuel oil system</b>					
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	800±50		800±50	
Fuel oil flow to engine, approx	m <sup>3</sup> /h	18.0		18.6	
HFO viscosity before the 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	-	13.6	-	13.6
Leak fuel quantity (MDF), clean fuel at 100% load	kg/h	36.1	68.0	36.1	68.0
Pilot fuel (MDF) viscosity before the engine	cSt	2...11		2...11	
Pilot fuel pressure at engine inlet (PT 112)	kPa	400...800		400...800	
Pilot fuel outlet pressure, max	kPa	150		150	
Pilot fuel return flow at 100% load	kg/h	325		325	

<b>Lubricating oil system (Note 5)</b>			
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	400	400
Pressure after pump, max.	kPa	800	800
Suction ability, including pipe loss, max.	kPa	40	40
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	80	80
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63	63
Temperature after engine, approx.	°C	78	78
Pump capacity (main), engine driven	m <sup>3</sup> /h	335	345
Pump capacity (main), electrically driven	m <sup>3</sup> /h	335	335
Oil flow through engine	m <sup>3</sup> /h	260	260
Priming pump capacity (50/60Hz)	m <sup>3</sup> /h	100.0 / 100.0	100.0 / 100.0
Oil volume in separate system oil tank	m <sup>3</sup>	25	25
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5	0.5
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	4200	4200
Crankcase volume	m <sup>3</sup>	44.3	44.3
Crankcase ventilation backpressure, max.	Pa	500	500
Oil volume in turning device	l	68.0...70.0	68.0...70.0
Oil volume in speed governor	l	6.2	6.2

<b>HT 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	480	480
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	74	74
Temperature after charge air cooler, nom.	°C	96	96
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	400	400
Pressure drop over engine, total	kPa	50	50
Pressure drop in external system, max.	kPa	150	150

Wärtsilä 18V50DF		DE		DE	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150	
Water volume in engine	m <sup>3</sup>	2.6		2.6	
<b>LT cooling water system</b>					
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 471)	kPa	250+ static		250+ static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 471)	kPa	440		440	
Temperature before engine, max. (TE 471)	°C	55		55	
Temperature before engine, min. (TE 471)	°C	36		36	
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	400		400	
Pressure drop over charge air cooler	kPa	30		30	
Pressure drop in external system, max.	kPa	200		200	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150	
<b>Starting air system (Note 6)</b>					
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000		3000	
Pressure at engine during start, min. (20 °C)	kPa	1000		1000	
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000		3000	
Low pressure limit in starting air vessel	kPa	1800		1800	
Consumption per start at 20 °C (successful start)	Nm <sup>3</sup>	9.0		9.0	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm <sup>3</sup>	10.8		10.8	

## 5. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

Los motores Wärtsilä 50DF son motores duales que utilizan diferentes combustibles: fuel oil, diésel marino o gas.

El modo de funcionamiento se puede cambiar mientras el motor está en marcha, dentro de ciertos límites, sin interrumpir la generación de energía. Si el suministro de gas falla, el motor automáticamente pasa a la operación en modo diesel o fuel. A continuación se muestran las tablas con las características específicas de cada uno de los combustibles que utilizarán los motores, esta información se ha obtenido del catálogo de los motores.

**Table 6-1 Fuel Gas Specifications**

Property	Unit	Value
Lower heating value (LHV), min <sup>1)</sup>	MJ/m <sup>3</sup> N <sup>2)</sup>	28
Methane number (MN), min <sup>3)</sup>		80 (IMO Tier 2)
Methane (CH <sub>4</sub> ), min	% volume	70
Hydrogen sulphide (H <sub>2</sub> S), max	% volume	0.05
Hydrogen (H <sub>2</sub> ), max <sup>4)</sup>	% volume	3
Ammonia, max	mg/m <sup>3</sup> N	25
Chlorine + Fluorines, max	mg/m <sup>3</sup> N	50
Particles or solids at engine inlet, max	mg/m <sup>3</sup> N	50
Particles or solids at engine inlet, max size	um	5
Gas inlet temperature	°C	0...60
Water and hydrocarbon condensates at engine inlet not allowed <sup>5)</sup>		

**Table 6-2**      **MDF specifications**

Property	Unit	ISO-F-DMA	ISO-F-DMZ	ISO-F-DMB	Test method ref.
Viscosity before pilot fuel pump, min. <sup>1)</sup>	cSt	2.0	2.0	2.0	
Viscosity, before pilot fuel pump, max. <sup>1)</sup>	cSt	11.0	11.0	11.0	
Viscosity, before main injection pumps, min. <sup>1)</sup>	cSt	2.0	2.0	2.0	
Viscosity, before main fuel injection pumps, max. <sup>1)</sup>	cSt	24.0	24.0	24.0	
Temperature before pilot fuel pump, min. <sup>9)</sup>	°C	5	5	5	
Temperature before pilot fuel pump, max <sup>9)</sup>	°C	50	50	50	
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
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



**Table 6-3 HFO specifications**

Property	Unit	Limit HFO 1	Limit HFO 2	Test method ref.
Viscosity, before injection pumps <sup>1)</sup>	cSt	16...24	16...24	
Viscosity at 50°C, max.	cSt	700	700	ISO 3104
Density at 15°C, max.	kg/m <sup>3</sup>	991 / 1010 <sup>2)</sup>	991 / 1010 <sup>2)</sup>	ISO 3675 or 12185
CCAI, max. <sup>3)</sup>		850	870	ISO 8217, Annex F
Sulphur, max. <sup>4) 5)</sup>	% mass	Statutory requirements		ISO 8754 or 14596
Flash point, min.	°C	60	60	ISO 2719
Hydrogen sulfide, max. <sup>6)</sup>	mg/kg	2	2	IP 570
Acid number, max.	mg KOH/g	2.5	2.5	ASTM D664
Total sediment aged, max.	% mass	0.1	0.1	ISO 10307-2
Carbon residue, micro method, max.	% mass	15	20	ISO 10370
Asphaltenes, max. <sup>1)</sup>	% mass	8	14	ASTM D 3279
Pour point (upper), max. <sup>7)</sup>	°C	30	30	ISO 3016
Water, max.	% volume	0.5	0.5	ISO 3733 or ASTM D6304-C <sup>1)</sup>
Water before engine, max. <sup>1)</sup>	% volume	0.3	0.3	ISO 3733 or ASTM D6304-C <sup>1)</sup>
Ash, max.	% mass	0.05	0.15	ISO 6245 or LP1001 <sup>1)</sup>
Vanadium, max. <sup>5)</sup>	mg/kg	100	450	ISO 14597 or IP 501 or IP 470
Sodium, max. <sup>5)</sup>	mg/kg	50	100	IP 501 or IP 470
Sodium before engine, max. <sup>1) 5)</sup>	mg/kg	30	30	IP 501 or IP 470
Aluminium + Silicon, max.	mg/kg	30	60	ISO 10478 or IP 501 or IP 470
Aluminium + Silicon before engine, max. <sup>1)</sup>	mg/kg	15	15	ISO 10478 or IP 501 or IP 470
Used lubricating oil, calcium, max. <sup>6)</sup>	mg/kg	30	30	IP 501 or IP 470
Used lubricating oil, zinc, max. <sup>6)</sup>	mg/kg	15	15	IP 501 or IP 470
Used lubricating oil, phosphorus, max. <sup>6)</sup>	mg/kg	15	15	IP 501 or IP 500

## 5.1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE: GAS NATURAL.

Los tanques de carga transportan gas natural licuado a presión atmosférica. La temperatura a la que se transporta es de -163°C. Al ser la temperatura del ambiente mucho mayor (máx. 45 ° C para el aire y 32°C para el agua del mar) la carga se irá evaporando. La membrana instalada GTT amortiguará esta evaporación pero no conseguirá evitarla. Se estima una tasa de evaporación máxima del 0,20% que será la carga que utilizará el motor en modo gas.

Si la tasa de evaporación superase la demanda del motor, este gas sobrante se llevará a una zona habilitada para su combustión y posterior evacuación. En este proyecto no se ha considerado la instalación de una planta de relicuefacción.

En el modo de funcionamiento de gas natural como combustible principal, el gas natural se inyecta en el motor a una presión baja, menos de 6 bar. El gas se enciende mediante la inyección de una pequeña cantidad de combustible diesel (MDF). El gas y la inyección de combustible piloto son controlados electrónicamente mediante sistemas common rail.

El Código CIG establece las normas para el uso de carga como combustible.

La carga constituida por metano es la única cuyo vapor o gas de evaporación podrá utilizarse en los espacios de categoría A para máquinas, y en dichos espacios sólo podrá utilizarse en calderas, generadores de gas inerte, motores de combustión y turbinas de gas.

Los espacios en que se utilice combustible gaseoso irán provistos de un sistema de ventilación mecánica y estarán dispuestos de tal modo que se evite la formación de espacios muertos. Dicha ventilación habrá de ser particularmente eficaz en las proximidades del equipo eléctrico y de las máquinas que puedan producir chispas. El citado sistema de ventilación deberá estar separado de los destinados a otros espacios.

Deberán instalarse detectores de gas en la cámara de máquinas.

En cuanto a las tuberías de suministro de gas, el código CIG (Capt. 16,aptdo.16.3) establece que las tuberías de combustible gaseoso no atravesarán espacios de alojamiento o de servicio ni puestos de control. Podrán atravesar otros espacios o penetrar en ellos, a condición de que cumpla uno de los requisitos siguientes: tuberías de doble pared, estando contenido el combustible en la tubería interior, o bien, tuberías instaladas en un conducto ventilado. Para este proyecto se considerará tubería de doble pared.

Las tuberías de combustible gaseoso constituirán un sistema de tuberías de doble pared, estando contenido el combustible en la tubería interior. El espacio del medio entre las tuberías concéntricas estará presurizado con gas inerte a una presión superior a la del combustible gaseoso.

Se instalarán dispositivos de alarma adecuados que indiquen alguna pérdida de presión del gas inerte que pueda producirse entre las tuberías.

Dentro de la zona de carga se instalará una válvula maestra para el combustible gaseoso que se pueda cerrar desde el interior del espacio de máquinas. Dicha válvula estará dispuesta de modo que se cierre automáticamente si se detecta una fuga de gas o una pérdida de presión en las tuberías de doble pared del combustible gaseoso.

### 5.1.1. SISTEMA INTERNO DE GAS NATURAL.

Este esquema se obtiene del catálogo de los motores escogidos.

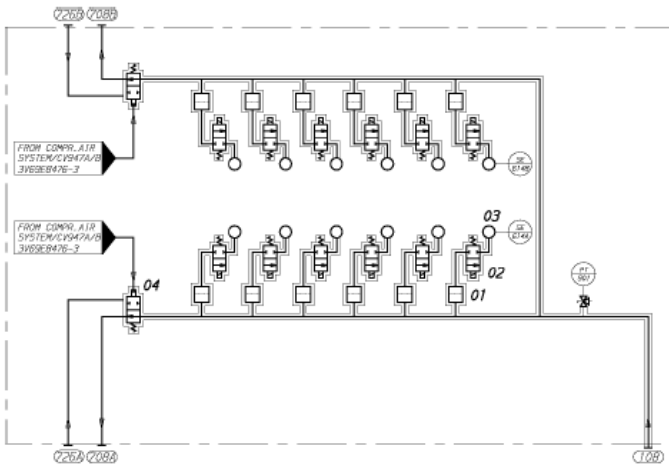


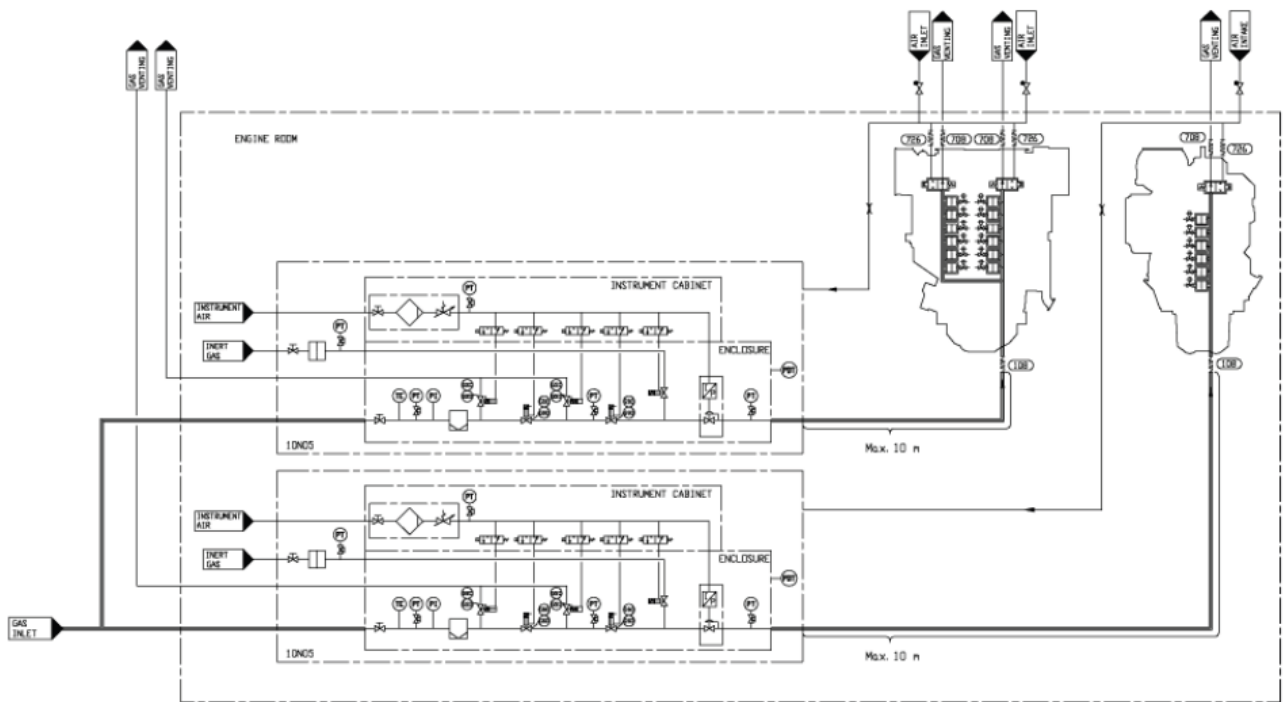
Fig 6-2 Internal fuel gas system,V-engines (DAAE010199c)

System components			
01	Safety filter	03	Cylinder
02	Gas admission valve	04	Venting valve

Cuando el motor opera en modo gas, éste se inyecta a través de válvulas de admisión de gas en el canal de entrada de cada cilindro. El gas se mezcla con el aire de combustión después de la válvula de entrada en la culata. Esto consigue que no haya riesgo de escape del gas no quemado. La tubería de gas es del tipo de doble pared. El espacio anular en las instalaciones de tuberías de doble pared es ventilado mecánicamente por un ventilador. Las entradas de aire al espacio anular están ubicadas en el motor y cerca del espacio de conexión del tanque. El aire se puede tomar directamente de la sala de máquinas o de una ubicación fuera de la sala de máquinas, a través de tuberías dedicadas.

## 5.1.2. SISTEMA EXTERNO DE GAS NATURAL.

Figure 6.3 External fuel gas system (DAAF022750B)



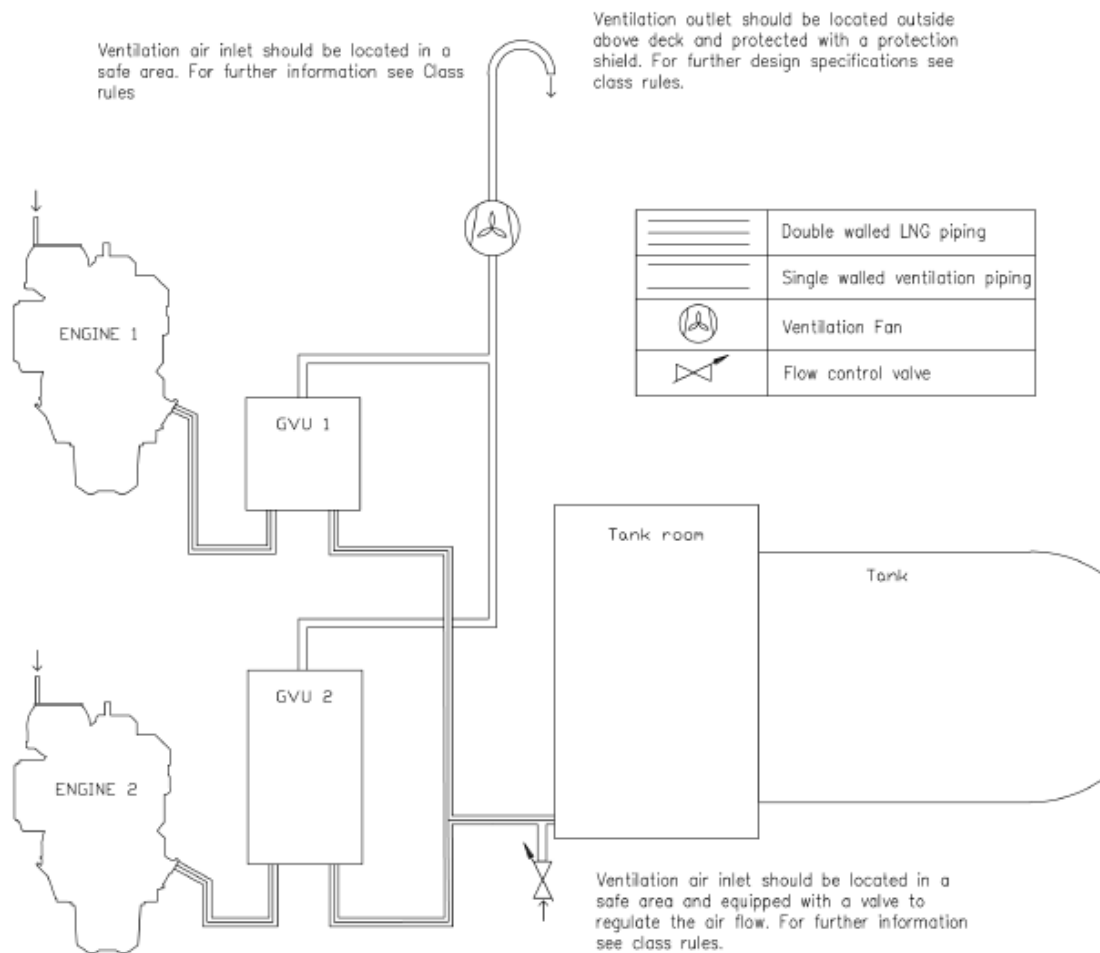
El diseño externo del sistema de alimentación de gas como combustible puede variar, pero cada sistema debe proporcionar gas natural con la temperatura y presión correctas para el motor seleccionado.

El espacio anular en la tubería será de doble pared y ventilado artificialmente mediante depresión. Se recomienda tomar aire de ventilación desde un lugar fuera de la sala de máquinas, a través de tubería independiente. La primera entrada de aire de ventilación al espacio anular está ubicada en el motor. La segunda entrada de aire de ventilación se encuentra en el exterior de la conexión de la zona del tanque, al final de la tubería de doble pared.

Para equilibrar la entrada de aire a partir de estas dos tomas, se requiere un regulador de flujo en la entrada de aire. El aire se toma de ambas entradas y conduce a través del espacio anular de la tubería de doble pared a la habitación GUV (recinto de la unidad de válvula de gas).

El área peligrosa de 1,5 metros se formará en el aire de ventilación, en la entrada y salida, y debe tenerse en cuenta cuando se diseña la tubería de ventilación.

Según las sociedades de clasificación, la capacidad mínima de ventilación debe ser de al menos 30 cambios por hora. Con GUV incluida, estos 30 cambios de aire por hora corresponden normalmente a 20 mbar dentro del gabinete GUV según la experiencia de las instalaciones existentes. Sin embargo, en algunos casos, la presión requerida en la ventilación podría ser ligeramente superior a 20 mbar y puede ser aceptado en base al análisis de casos y mediciones.



**Fig 6-5 Example arrangement drawing of ventilation in double wall piping sys with enclosed GVUs (DBAC588146)**

Antes de que el gas llegue al motor, pasa a través de la ya mencionada unidad de válvula de gas (GVU). La GVV incluye una válvula de control de presión de gas y una serie de válvulas de bloqueo y purga para garantizar la fiabilidad y operación segura en el gas.

Esta unidad incluye: válvula de cierre manual, conexión de inertización, filtro, control de presión de gas combustible, válvulas de ventilación, transmisores / medidores de presión y armarios de control.

El filtro es una unidad de flujo completo que evita que las impurezas ingresen al sistema de gas combustible del motor. La finura del filtro es de 5  $\mu\text{m}$ . La caída de presión sobre el filtro está monitorizada con el fin de tener controlado el mantenimiento.

La válvula de control de presión ajusta la presión del gas al motor de acuerdo con carga que precise el motor.

Lecturas de sensores en la GVV, así como apertura y cierre de válvulas, es controlada electrónicamente por el sistema de control GVV. Todas las lecturas de los sensores y los estados de las válvulas se pueden leer desde la unidad de pantalla local (LDU). El LDU está montado en el gabinete de control de la GVV.

Las dos válvulas de cierre (V08-V09) junto con la válvula de ventilación de gas forman una función de doble bloqueo y purga.

Las válvulas de bloqueo V03 y V05 y la válvula de gas inerte V07 funcionan como fallos de cierre, es decir, se cerrarán por cuando haya problemas. Las válvulas de ventilación V02 y V04 solo se abrirán en caso de fallo actual.

Se requiere una GUV para cada motor. La GUV debe ubicarse cerca del motor para garantizar respuesta del motor a condiciones transitorias. La longitud máxima de la tubería de gas combustible entre GUV y la entrada de gas del motor es de 10 m.

El gas inerte y el aire comprimido deben estar secos y limpios. La presión del gas inerte es de 1.5 MPa (15 bar).

Todas las tuberías de respiración y ventilación que pueden contener gas combustible siempre deben ser construidas inclinadas hacia arriba, de modo que no haya posibilidad de que se acumule gas combustible dentro de la tubería.

Las líneas de ventilación de suministro de gas o GUV de diferentes motores no pueden ser interconectados. Sin embargo, las líneas de ventilación de la misma el motor puede estar interconectado a un colector común, que debe conducir a la atmósfera.

No está permitido conectar el motor o las líneas de ventilación de la GUV al mástil de ventilación de gas, habrá que considerar otro conducto.

Se muestra el esquema externo de gas:

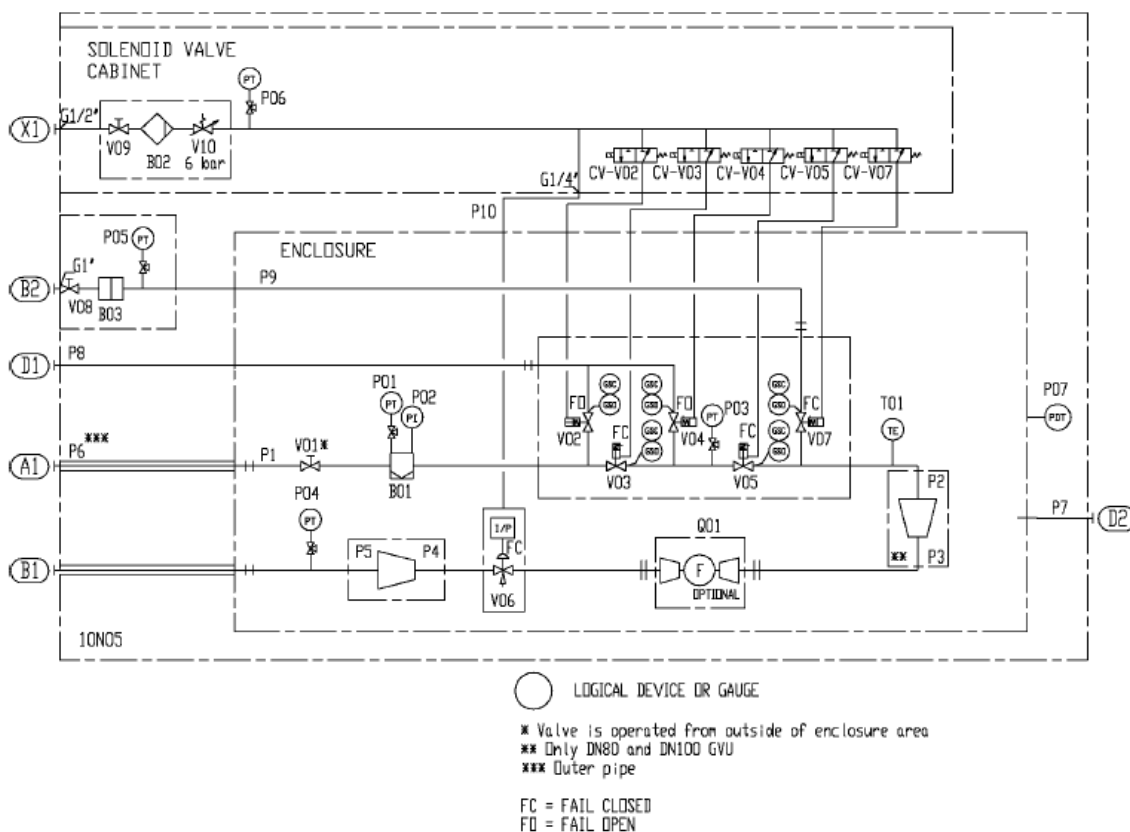


Fig 6-6 Gas valve unit P&I diagram (DAAF051037C)

Unit components:					
B01	Gas filter	V03	First block valve	V08	Shut off valve
B02	Control air filter	V04	Vent valve	V09	Shut off valve
B03	Inert gas filter	V05	Second block valve	V10	Pressure regulator
V01	Manual shut off valve	V06	Gas control valve	CV-V0#	Solenoid valve
V02	Vent valve	V07	Inerting valve	Q01	Mass flow meter

Sensors and indicators			
P01	Pressure transmitter, gas inlet	P05	Pressure transmitter, inert gas
P02	Pressure manometer, gas inlet	P06	Pressure transmitter, control air
P03	Pressure transmitter	P07	Pressure difference transmitter
P04	Pressure transmitter, gas outlet	T01	Temperature sensor, gas inlet

Pipe connections			
A1	Gas inlet [5-10 bar(g)]	D1	Gas venting
B1	Gas to engine	D2	Air venting
B2	Inert gas [max 15 bar(g)]	X1	Instrument air [6-8 bar(g)]

## 5.2. SISTEMA DE COMBUSTIBLE: MODO FUEL.

Se considerará, como ya ha sido definido, que este buque navegará utilizando HFO y MDO. A continuación se detallaran los diferentes componentes de este sistema.

### 5.2.1. SISTEMA INTERNO DE FUEL.

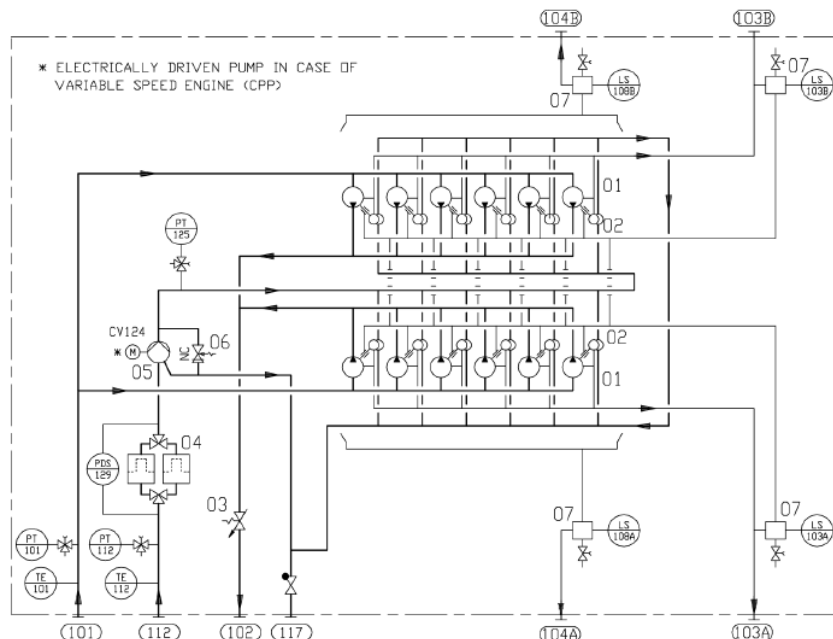


Fig 6-11 Internal fuel oil system, V-engines (3V69E8746-1h)

System components:					
01	Injection pump	04	Pilot fuel filter	07	Fuel leakage collector
02	Injection valve with pilot solenoid and nozzle	05	Pilot fuel pump	08	Water separator
03	Pressure control valve	06	Pilot fuel safety valve		

Sensors and indicators:			
PT101	Fuel oil inlet pressure	LS108A	Dirty fuel oil leakage level, A-bank
TE101	Fuel oil inlet temperature	LS108B	Dirty fuel oil leakage level, B-bank
PT112	Pilot fuel oil inlet pressure	CV124	Pilot fuel pressure control valve
TE112	Pilot fuel oil inlet temperature	PT125	Pilot fuel pressure
LS103A	Clean fuel oil leakage level, A-bank	PDS129	Pilot fuel diff.pressure over filter
LS103B	Clean fuel oil leakage level, B-bank		

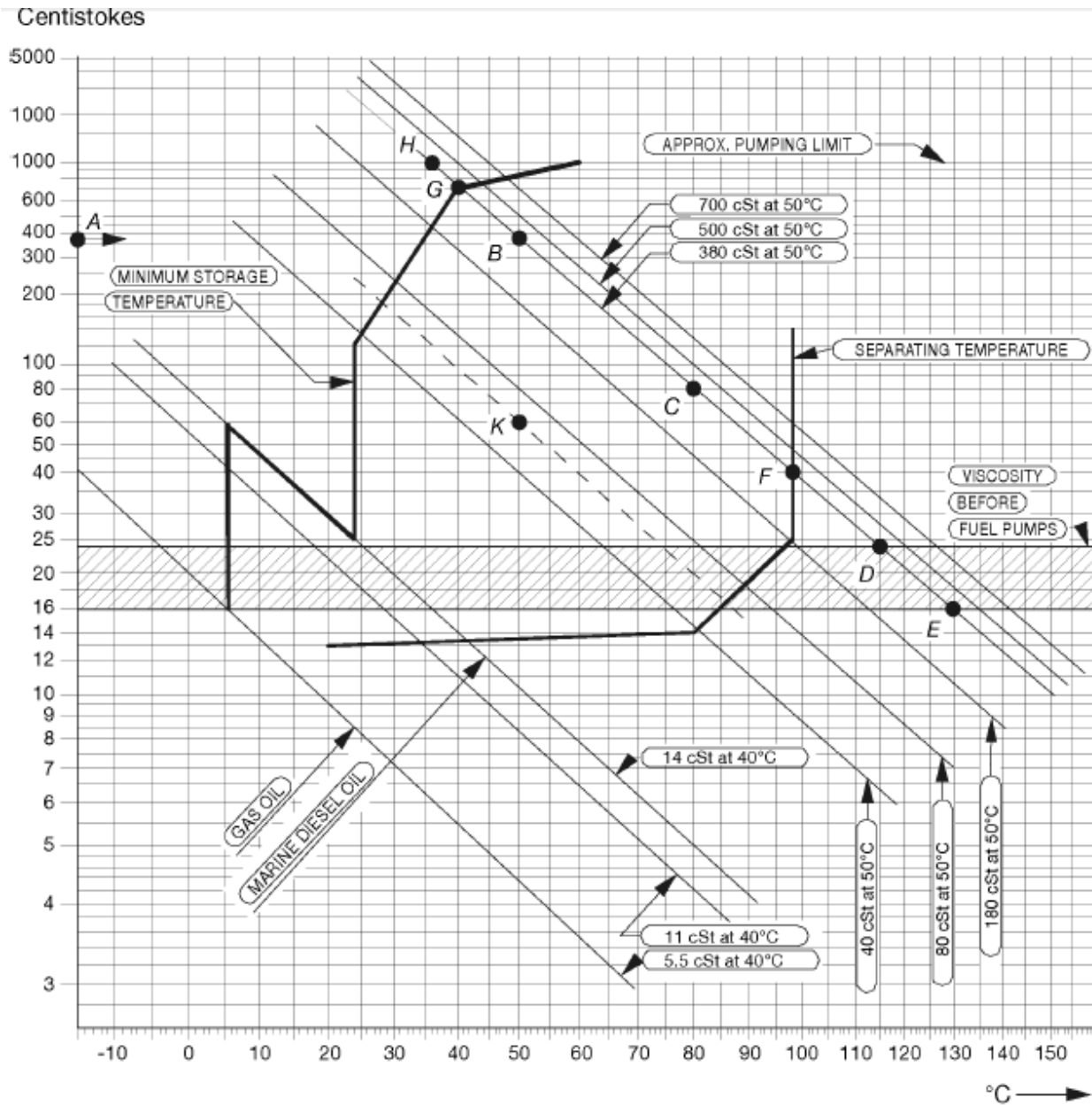
Pipe connections	Size	Pressure class	Standard	
101	Fuel inlet	DN32	PN40	ISO 7005-1
102	Fuel outlet	DN32	PN40	ISO 7005-1
103	Leak fuel drain, clean fuel	OD28		DIN 2353
104	Leak fuel drain, dirty fuel	OD48		DIN 2353
112	Pilot fuel inlet	DN15	PN40	ISO 7005-1
117	Pilot fuel outlet	DN15	PN40	ISO 7005-1

Las conexiones de la tubería del combustible principal y del combustible líquido piloto estarán separadas. El combustible principal puede ser Combustible Diesel Marino (MDF) o Combustible Pesado (HFO). El combustible piloto siempre es MDF y estará en funcionamiento para el modo de operación de gas y el de diesel.

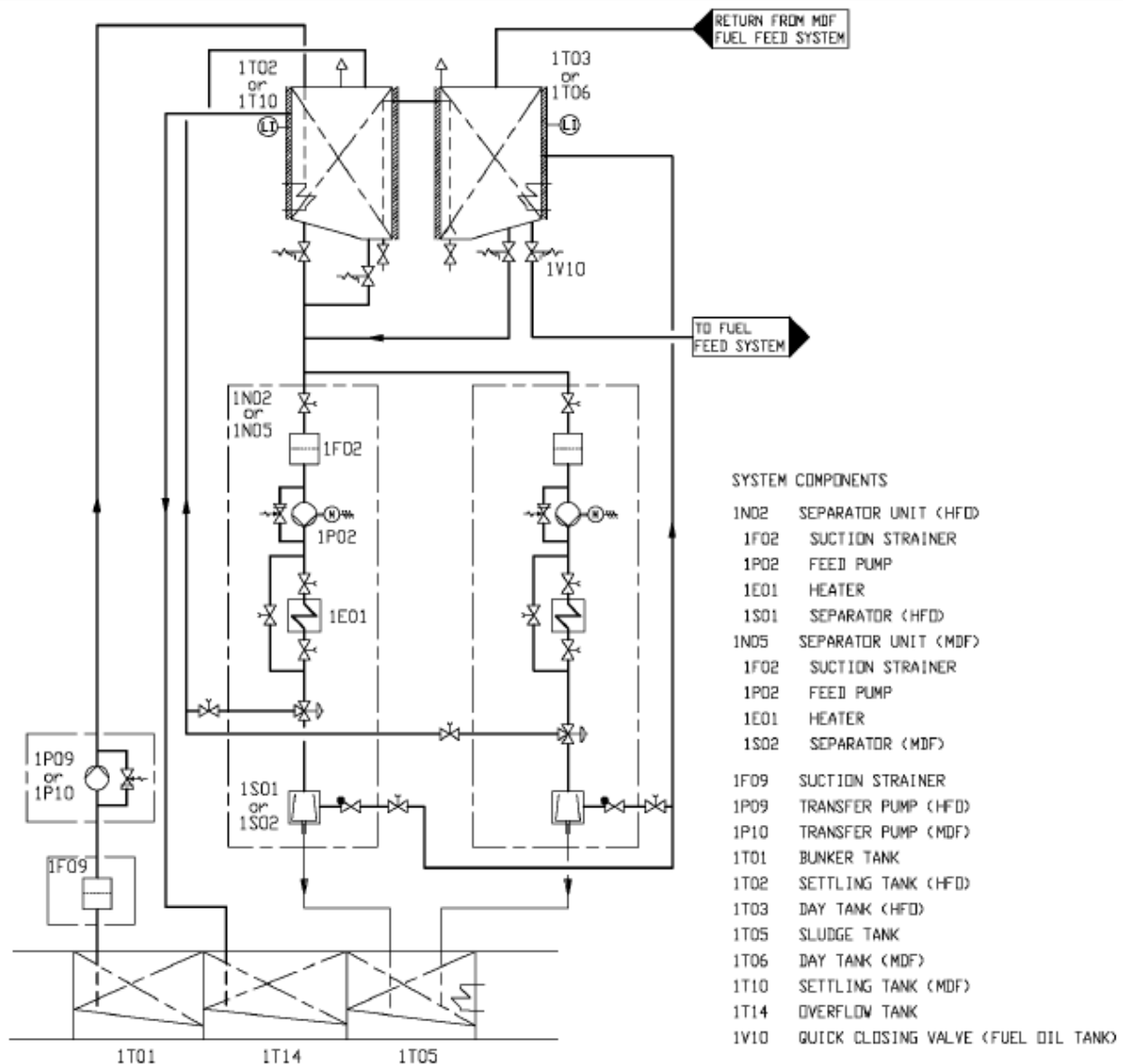


### 5.2.2. SISTEMA EXTERNO DE FUEL.

Todos los motores se conectan al mismo circuito de inyección de fuel que debe garantizarse en todas las condiciones de funcionamiento y con una viscosidad y presión considerada. El sistema de tratamiento de combustible debe comprender al menos un tanque de sedimentación y dos separadores. Este buque llevará dos tanques de sedimentación, dos separadores y dos tanques de uso diario. Se muestra la tabla utilizada para determinar el precalentamiento del fuel.



Se muestra el esquema externo de fuel de los motores:



**Fig 6-13 Fuel transfer and separating system (V76F6626F)**

El combustible se transfiere desde los tanques almacén, situados en proa en este proyecto, hasta los tanques de sedimentación de la cámara de máquinas. Después de la sedimentación, el combustible se transfiere a tanques de uso diario, los cuales se encargan de suministrarlo al motor.

Este buque lleva tanques separados de fuel y de diesel aunque el product guide contempla utilizar los mismos para ambos combustibles.

La temperatura en los tanques de sedimentación HFO debe mantenerse entre 50 ° C y 70 ° C, lo que requiere calentadores y aislamiento del tanque. Por lo general, los tanques de MDF no necesitan calefacción o aislamiento.

## SISTEMA DE TRASIEGO

El buque dispone de dos bombas de trasiego de fuel oil, más una de respeto. Deberá trabajar a una presión de 4 bares consiguiendo vencer las pérdidas de carga.

Esta bomba permite trasegar el fuel desde el tanque almacén hasta el tanque de sedimentación. Debe ser capaz de realizar tres funciones en un tiempo determinado:

- Llenado de un tanque de sedimentación en una guardia de 4 horas:

$$Q = \frac{\text{Volumen}_{T_{\text{sediment}}}}{n^{\circ}\text{bombas} * t}$$

Siendo dos las bombas que funcionarán, t las 4 horas que se estima de llenado y el volumen total de los tanques de sedimentación es 444 m<sup>3</sup> ya calculado al inicio. Se obtiene un caudal necesario:

$$Q = 51,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Achique completo de un tanque de almacén de combustible en 12 horas trabajando las dos simultáneamente:

$$Q = \frac{\text{Volumen}_{T_{\text{almacen}}}}{n^{\circ}\text{bombas} * t}$$

Siendo el volumen de un tanque almacén 1.188 m<sup>3</sup>

$$Q = 49,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Garantía de caudal igual a diez veces el consumo del motor principal:

$$Q = 10 * \frac{C_e * MCR}{\rho_{\text{comb}}} * 10^{-6}$$

Siendo  $C_e$  el consumo de los motores 198 g/Kwh y MCR la potencia del motor de mayor consumo 42.330 Kw y la densidad obtenida del catálogo 0,99 Kg/m<sup>3</sup>. Se obtiene, por tanto:

$$Q = 84,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Teniendo en cuenta que la bomba de trasiego debe realizar esas tres tareas se escogerá el caudal mayor, es decir el caudal mínimo de la bomba de trasiego será:

$$Q = 84,7 \text{ m}^3/h$$

La bomba escogida será una bomba de tornillo autoaspirante capaz de trasegar fuel que trabajará:

- $Q = 85 \text{ m}^3/h$
- $P = 4 \text{ bar}$

## SISTEMA DE TRATAMIENTO

El combustible HFO contiene impurezas y deberá ser depurado antes de transferirlo al tanque de día. Este buque llevará dos separadores.

El catálogo del motor recomienda separadores de pila de discos centrífugos, incluso también para instalaciones que funcionan solo con MDF.

Se utilizan para eliminar agua o partículas presentes en el combustible.

Cuando se usan separadores con disco de gravedad, cada separador debe ser operado en serie con otro separador, de modo que el primero actúa como un purificador y el segundo como clarificador. Esta disposición puede usarse para combustibles con una densidad de máx. 991 kg / m<sup>3</sup> a 15 ° C.

Los separadores serán del mismo tamaño como estipula la guía del motor. En la imagen contenida al inicio de este punto se muestra la unidad de separación 1N02 o 1N05.

Las bombas de alimentación deben dimensionarse para la calidad real del combustible y el rendimiento recomendado del separador, deberán estar en un rango de:

Design data:	HFO	MDF
Design pressure	0.5 MPa (5 bar)	0.5 MPa (5 bar)
Design temperature	100°C	50°C
Viscosity for dimensioning electric motor	1000 cSt	100 cSt

Cuanto menor sea el caudal que llegue al separador, mejor será la eficiencia de separación. Las válvulas de muestra deben colocarse antes y después del separador. El caudal necesario en el separador se estima mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{P \times b \times 24[h]}{\rho \times t}$$

where:

P = max. continuous rating of the diesel engine(s) [kW]

b = specific fuel consumption + 15% safety margin [g/kWh]

$\rho$  = density of the fuel [kg/m<sup>3</sup>]

t = daily separating time for self cleaning separator [h] (usually = 23 h or 23.5 h)

$$Q = \frac{42.330 * 198 * 1,15 * 24}{0,9 * 23}$$

$$Q = 11.175 \text{ l/h}$$

Se escogería en el catálogo una bomba que trabajara a 4 bares y

$$Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia que necesita se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

Siendo Q el caudal antes calculado,  $\gamma$  el peso específico del combustible y H la altura en metros de la columna de agua. Se considerará que la bomba trabaja a 3,5 bares de presión y se estima unas pérdidas de 1,5, por tanto H=50 mca. El rendimiento de estas bombas se aproximará a 0,55. Operando estos valores se obtiene una potencia de:

$$P = 3.637 \text{ W}$$

$$P = 3,7 \text{ kW}$$

## SISTEMA DE CALEFACCIÓN

El calentador se dimensionará teniendo en cuenta la bomba de alimentación. Se dimensionará para todos los tanques de fuel y para el sistema de tuberías.

La temperatura de la superficie del calentador no debe ser demasiado alta para evitar el agrietamiento del combustible. El control de temperatura debe poder mantener la temperatura del combustible dentro de  $\pm 2^\circ \text{C}$ .

La temperatura recomendada del combustible depende de la viscosidad, un valor típico es  $98^\circ \text{C}$  para HFO y  $20 - 40^\circ \text{C}$  para MDF. La temperatura de funcionamiento óptima estará definida por fabricante del sistema de calefacción.

El flujo necesario para la calefacción del fuel se calcula como:

$$m_{HFO} * C_{PHFO} * \Delta T_{HFO} = m_{AD} * C_{Pad} * \Delta T_{AD}$$

$m_{AD}$  el flujo de agua dulce necesario para calentar el fuel, en [m<sup>3</sup>/h].

$C_{PHFO}$  el calor específico del fuel, igual a 1,7 KJ/Kg°C.

$\Delta T_{HFO}$  el incremento de la temperatura del fuel, igual a  $40^\circ \text{C}$ .

$m_{HFO}$  el flujo de fuel, en [18 m<sup>3</sup>/h].

$C_{Pad}$  el calor específico del agua dulce, igual a 4,20 KJ/Kg°C.

$\Delta T_{AD}$  el incremento de la temperatura del agua dulce, igual a  $25^\circ \text{C}$ .

El flujo de agua salda por tanto será:

$$m_{AD} = \frac{18 * 1,7 * 40}{4,20 * 25}$$

$$m_{AD} = 11,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de esta bomba será:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

$$P = \frac{11,66 * 1025 * 40}{3600 * 75 * 0,55}$$

$$P = 3,3 \text{ kW}$$

**SISTEMA TRASIEGO LODOS**

La bomba de trasiego de lodos debe tener capacidad para aspirar del tanque de lodos y descargar al tanque del incinerador o bien descargar a puerto mediante una conexión a tierra en un tiempo estimado de cinco horas. El volumen del tanque de lodos es de 79,8 m<sup>3</sup>. El caudal necesario para la bomba será de:

$$Q = \frac{79,8}{5}$$

$$Q = 16 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba será:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

Siendo Q el caudal antes calculado,  $\gamma$  el peso específico del combustible y H la altura en metros de la columna de agua. Se considerará que la bomba trabaja a 3,5 bares de presión y se estima unas pérdidas de 1,5, por tanto H=50 mca. El rendimiento de estas bombas se aproximará a 0,55. Operando estos valores se obtiene una potencia de:

$$P = 4849 \text{ W}$$

$$P = 5 \text{ kW}$$

## SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

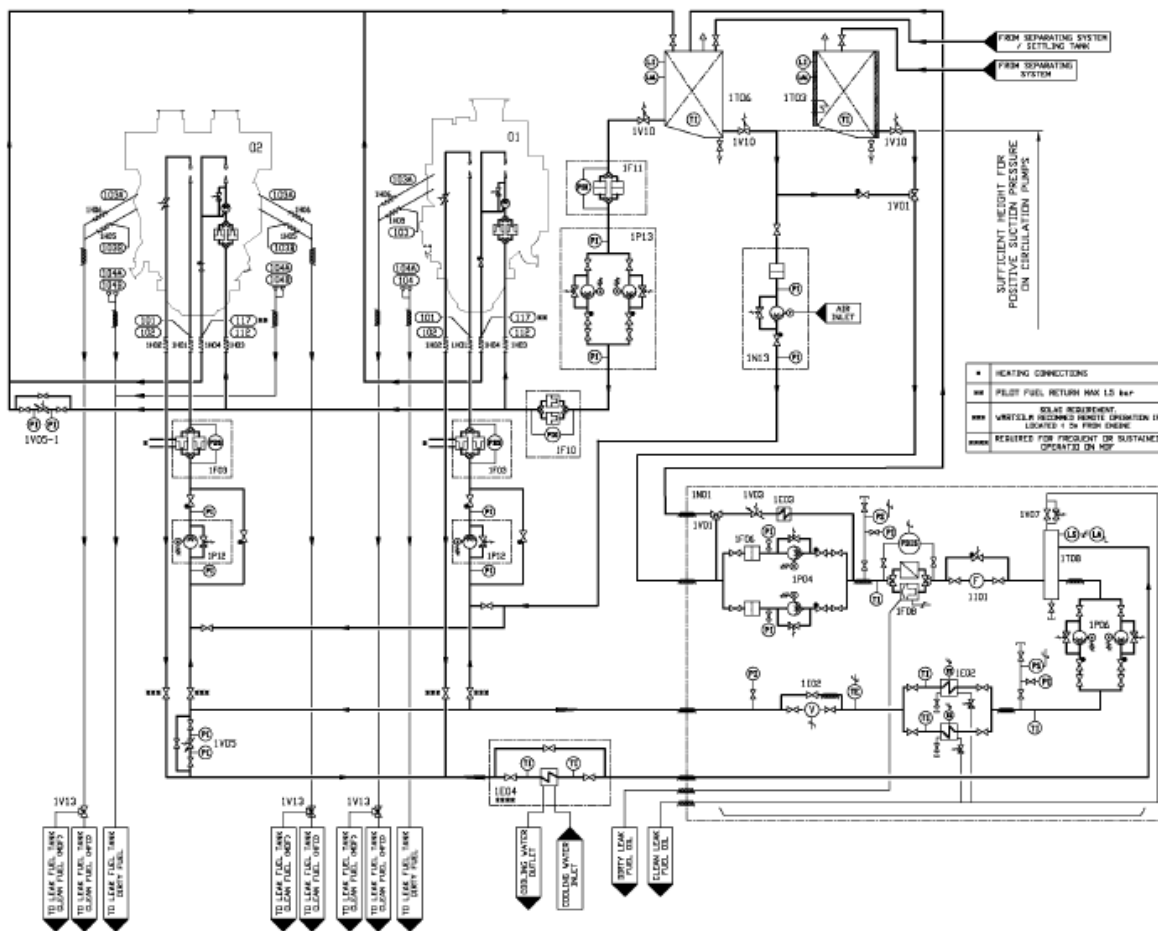


Fig 6-20 Example of fuel oil system (HFO), one booster unit (DAAF335566)



System components:			
01	WL50DF	1N13	Black start fuel oil pump unit
02	WV50DF	1P04	Fuel feed pump (booster unit)
1E02	Heater (booster unit)	1P06	Circulation pump (booster unit)
1E03	Cooler (booster unit)	1P13	Pilot fuel feed pump (MDF)
1E04	Cooler (MDF)	1T03	Day tank (HFO)
1F03	Safety filter (HFO)	1T06	Day tank (MDF)
1F06	Suction filter (booster unit)	1T08	De-aeration tank (booster unit)
1F08	Automatic filter (booster unit)	1V01	Changeover valve
1F10	Pilot fuel fine filter (MDF)	1V03	Pressure control valve (booster unit)
1F11	Suction strainer for pilot fuel (MDF)	1V05	Overflow valve (HFO/MDF)
1H0X	Flexible pipe connections	1V05-1	Overflow valve (HFO/MDF)
1I01	Flow meter (booster unit)	1V07	Venting valve (booster unit)
1I02	Viscosity meter (booster unit)	1V10	Quick closing valve (fuel oil tank)
1N01	Feeder/booster unit	1V13	Change over valve for leak fuel

Pipe connections		V50DF	L50DF	Pipe connections		V50DF	L50DF
101	Fuel inlet	DN32	DN32	104	Leak fuel drain, dirty fuel	4*OD48	4*OD48
102	Fuel outlet	DN32	DN32	112	Pilot fuel inlet	DN15	DN15
103	Leak fuel drain, clean fuel	4*OD28	4*OD28	117	Pilot fuel outlet	DN15	DN15

Las bombas de trasiego de fuel antes calculadas llevarán el combustible de los tanques almacén de proa a los tanques de sedimentación en la cámara de máquinas. Este circuito trabajará a presiones bajas de 4-5 bares, la presión aumentará cuando se disponga el combustible a entrar en el motor que se elevará hasta unos 10 bares según indica el catálogo del motor. Estas bombas serán las bombas de circulación.

El caudal debe ser mayor que el máximo consumo de los motores. El exceso de combustible se recirculará, bien al tanque de uso diario o bien a la aspiración de las bombas de circulación. Los gases producidos son extraídos por medio de la válvula de aireación y se envían al tanque de uso diario, el cual los libera a través del atmosférico.

Las tuberías de HFO deben estar debidamente aisladas. Si la viscosidad del combustible es 180 cSt / 50 ° C o más, las tuberías deben estar equipadas con calefacción como será el caso en este proyecto. Será posible apagar la calefacción de las tuberías cuando se trabaje con MDF.

Antes de la entrada al motor habrá dispositivos que controlen la viscosidad del combustible así como filtros para reducir las impurezas.

La operación de arranque en modo diesel será la habitual, aunque el motor puede arrancarse y detenerse en HFO siempre y cuando el sistema esté precalentado a la temperatura de funcionamiento.

El combustible deberá circular continuamente aun estando el motor parado para mantener la temperatura de funcionamiento.

Antes de la revisión o el apagado del sistema externo, el sistema de combustible del motor debe enjuagarse y llenarse con MDF.

## UNIDAD DE ALIMENTACIÓN BOOSTER

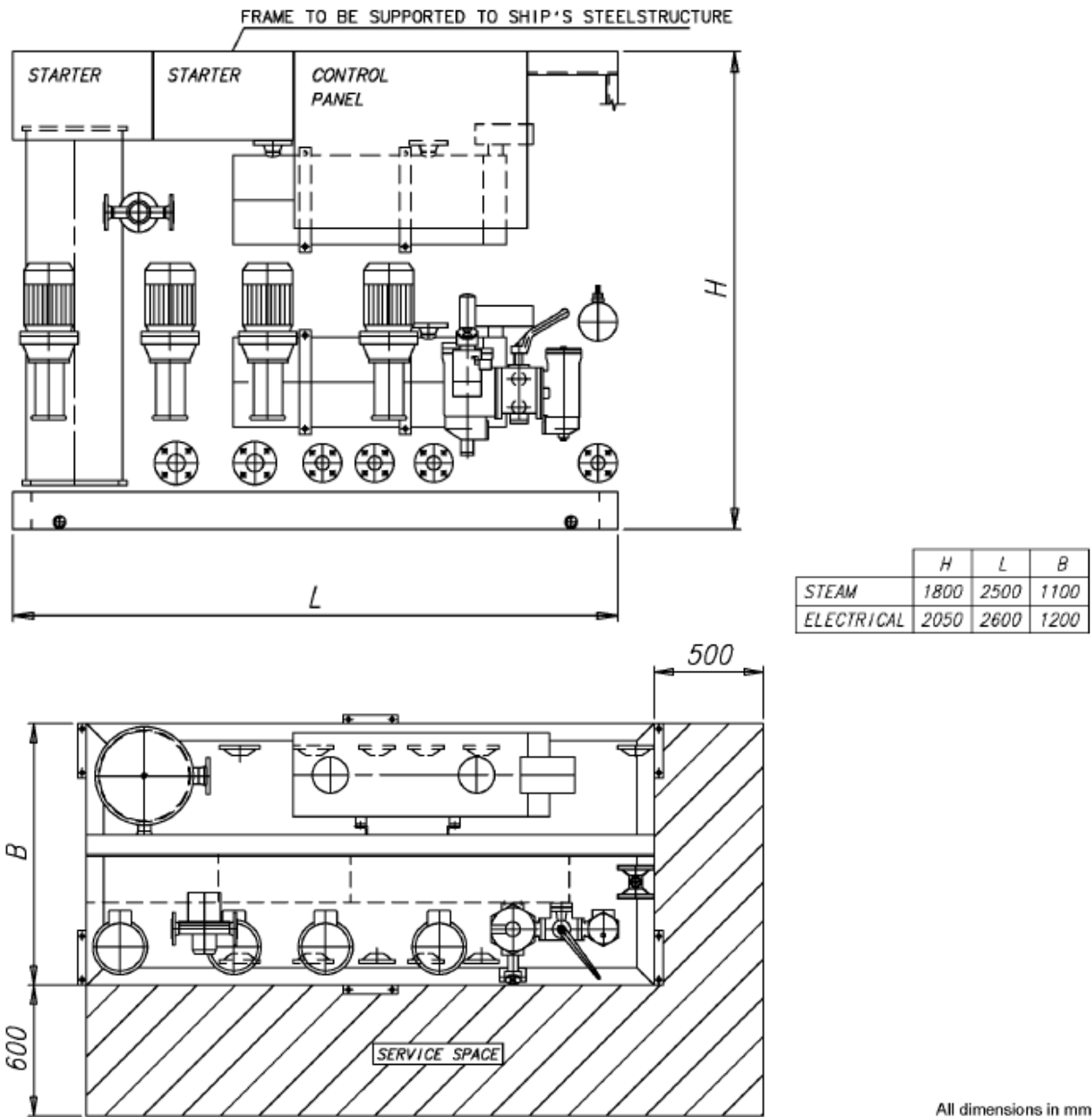


Fig 6-21 Feeder/booster unit, example (DAAE006659)

Esta unidad comprende lo siguiente:

- Dos filtros de succión.
- Dos bombas de alimentación de combustible de tipo tornillo, equipadas con válvulas de seguridad incorporadas y motores eléctricos.
- Una válvula de control / desbordamiento de presión.
- Un tanque de desaireación presurizado, equipado con una válvula de ventilación accionada por un interruptor de nivel.

- Dos bombas de circulación, del mismo tipo que las bombas de alimentación de combustible.
- Dos calentadores, vapor, aceite eléctrico o térmico (un calentador en funcionamiento, el otro como repuesto).
- Un filtro con lavado automático.
- Un viscosímetro para el control de los calentadores.
- Una válvula termostática para el control de emergencia de los calentadores.
- Un armario de control que incluye arrancadores para bombas.
- Un panel de alarma.

El equipo anterior está construido sobre un marco de acero, que puede soldarse o atornillarse a su base en el buque. La unidad tiene todo el cableado interno y las tuberías completamente ensambladas. Todas las tuberías HFO son aisladas y llevan calefacción como ya se ha mencionado anteriormente.

La bomba de esta unidad (**1P04**) recomienda el fabricante que sea de tipo tornillo y que la capacidad sea suficiente para evitar la caída de presión durante el enjuague del filtro automático.

Se debe instalar un filtro de 0,5 mm antes de cada bomba. En ese punto debe haber una presión estática positiva de aproximadamente 30 kPa en el lado de aspiración de la bomba.

Capacity	Total consumption of the connected engines added with the flush quantity of the automatic filter (1F08)
Design pressure	1.6 MPa (16 bar)
Max. total pressure (safety valve)	0.7 MPa (7 bar)
Design temperature	100°C
Viscosity for dimensioning of electric motor	1000 cSt

$$Q = \frac{P * b}{\rho}$$

Siendo, P la potencia de los motores generados conectados 44.753 kW, b el consumo de los motores 198 g/kWh y 900 Kg/m<sup>3</sup> de densidad.

$$Q = \frac{44.753 * 0,198}{900}$$

$$Q = 9,3 \frac{m^3}{h}$$

Y la potencia esperada para dicha bomba será:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

Siendo Q el caudal,  $\gamma$  el peso específico del combustible y H la altura en metros de la columna de agua. Se considerará que la bomba trabaja a 10 bares de presión, por tanto H=100 mca. El rendimiento de estas bombas se aproximará a 0,55. Operando estos valores se obtiene una potencia de:

$$P = 5.637 W$$

$$P = 5,7 kW$$

La válvula de control de presión en la unidad de alimentación BOOSTER (1V03) mantiene la presión en el tanque de desaireador dirigiendo el flujo excedente hacia el lado de aspiración de la bomba de alimentación.

**Design data:**

Capacity	Equal to feed pump
Design pressure	1.6 MPa (16 bar)
Design temperature	100°C
Set-point	0.3...0.5 MPa (3...5 bar)

El **filtro automático (1F08)** en esta instalación debe acoplarse antes del calentador, entre la bomba de alimentación y el tanque desaireador, y debe estar equipado con una camisa de calentamiento superior a 100°C. Debe ser posible apagar la calefacción para el funcionamiento en MDF.

**Design data:**

Fuel viscosity	According to fuel specification
Design temperature	100°C
Preheating	If fuel viscosity is higher than 25 cSt/100°C
Design flow	Equal to feed pump capacity
Design pressure	1.6 MPa (16 bar)
Fineness:	
- automatic filter	35 $\mu$ m (absolute mesh size)
- by-pass filter	35 $\mu$ m (absolute mesh size)

Maximum permitted pressure drops at 14 cSt:

- clean filter	20 kPa (0.2 bar)
- alarm	80 kPa (0.8 bar)

El tanque **desaireador (1T08)** deberá estar aislado y equipado con una bobina de calentamiento. El volumen del tanque debe ser de al menos 100 l.

## 6. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

En la instalación donde los motores funcionan periódicamente con diferentes calidades de combustible, es decir, gas natural, MDF y HFO, la calidad del aceite lubricante debe elegirse en función de los requisitos de HFO. Los lubricantes BN 50-55 deben seleccionarse en primer lugar para operar con HFO. Los lubricantes BN 40 también se pueden usar con HFO siempre que el contenido de azufre del combustible sea relativamente bajo y el BN permanezca por encima del límite para intervalos de cambio de aceite aceptables.

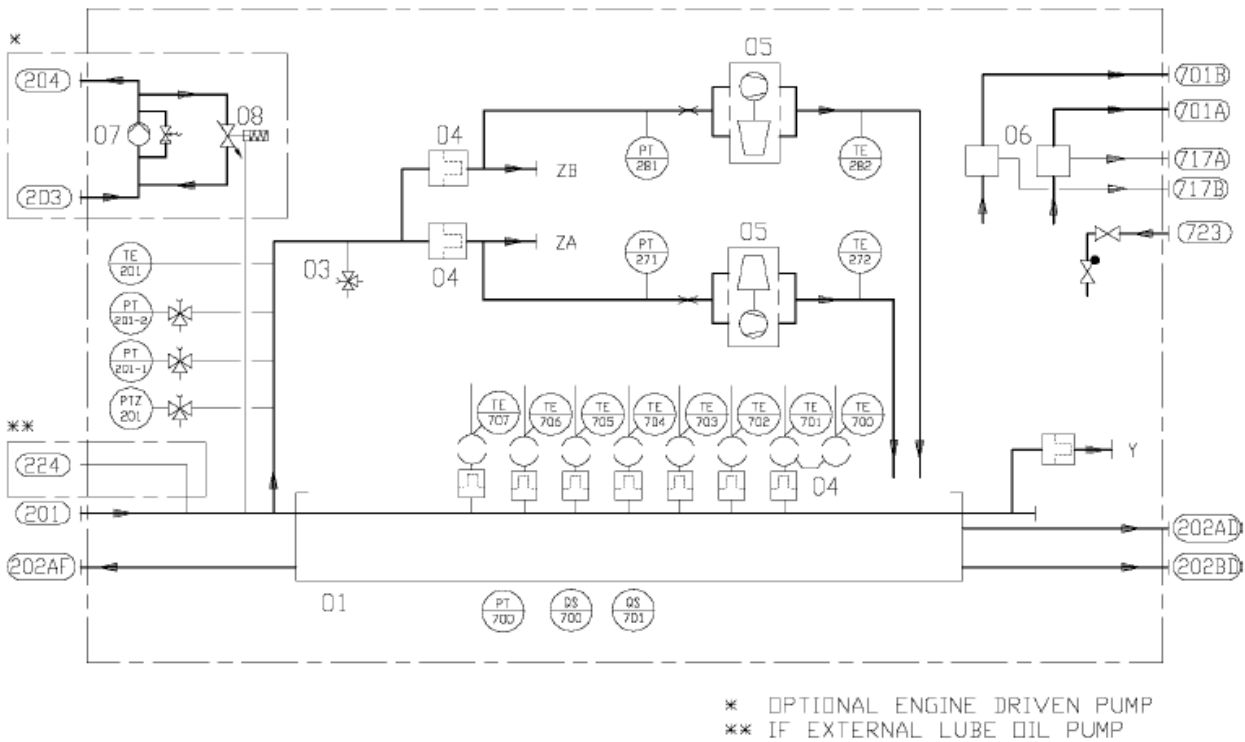
No será perjudicial para el motor utilizar un BN más alto que el recomendado para la calidad del combustible.

No pueden mezclarse, a menos que sea aprobado por los proveedores, diferentes marcas de aceite. También deberá ser aprobado por Wartsilla dicha mezcla.

**Table 7-2 Fuel standards and lubricating oil requirements, HFO operation**

Category	Fuel standard		Lubricating oil BN	Fuel S content, [% m/m]
C	ASTM D 975-01 ASTM D 396-04, BS MA 100: 1996 CIMAC 2003, ISO 8217: 2012 (E)	GRADE NO. 4D GRADE NO. 5-6 DMC, RMA10-RMK55 DC, A30-K700 RMA10-RMK700	30...55	4.5

### 6.1. SISTEMA INTERNO DE LUBRICACIÓN.



**Fig 7-2 Internal lubricating oil system, V-engines (3V69E8746-2h)**

System components:					
01	Oil sump	05	Turbocharger	07	Lubricating oil main pump
03	Sampling cock	06	Crankcase breather	08	Pressure control valve
04	Running-in filter <sup>1)</sup>				
1) To be removed after commissioning					

Sensors and indicators:					
PTZ201	Lubricating oil inlet pressure	PT281	Lube oil before turbocharger pressure, B-bank		
PT201-1	Lubricating oil inlet pressure	TE282	Lube oil temperature after turbocharger, B-bank		
PT201-2	Lubricating oil inlet pressure, backup	PT700	Crankcase pressure		
TE201	Lube oil inlet temperature	QS700	Oil mist in crankcase, alarm		
PT271	Lube oil before turbocharger pressure, A-bank	QS701	Oil mist in crankcase, shutdown		
TE272	Lube oil temp after turbocharger, A-bank	TE700...	Main bearing temperature		

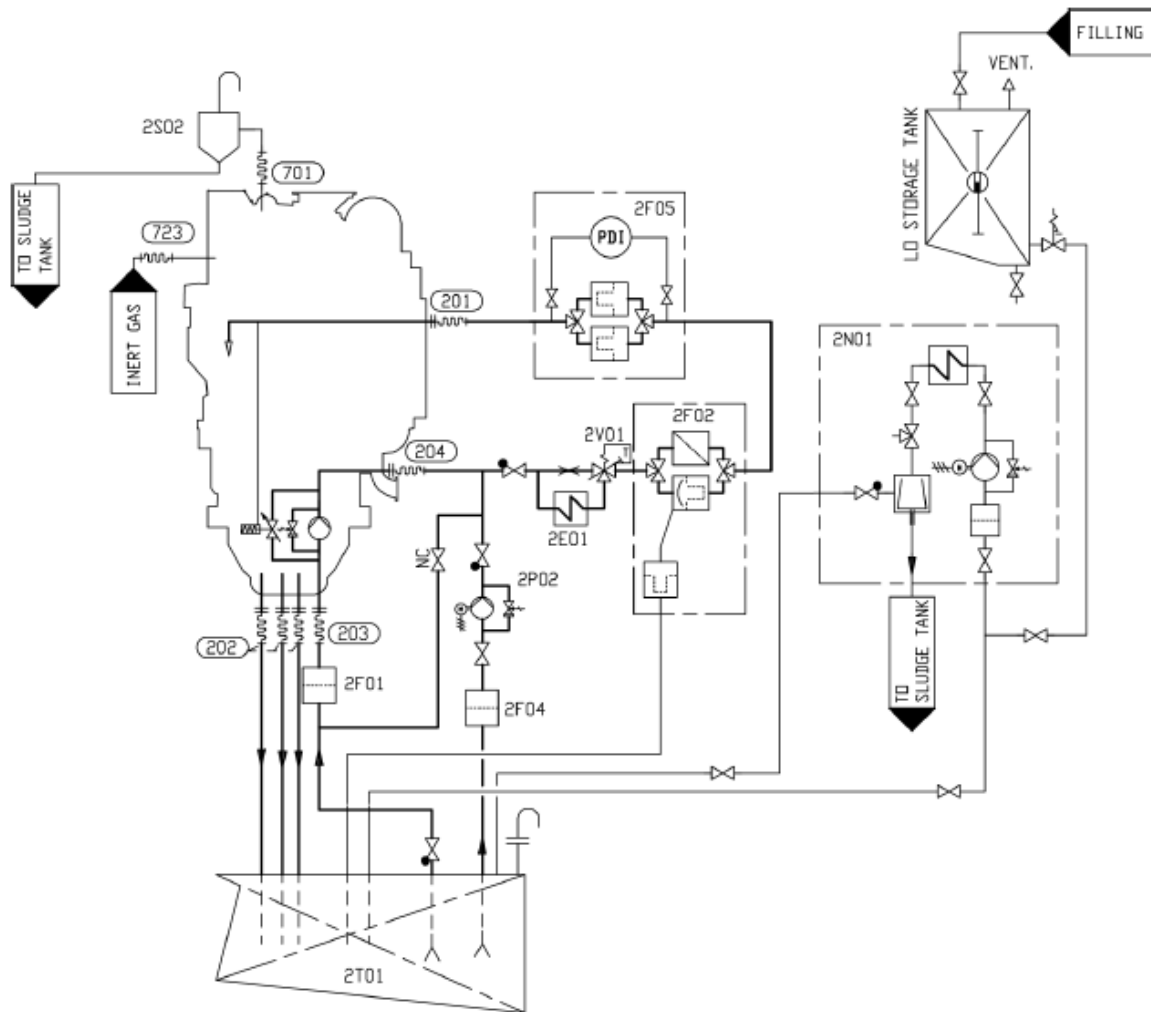
Pipe connections		Size	Pressure class	Standard
201	Lubricating oil inlet (to manifold)	DN200	PN10	ISO 7005-1
202AD	Lubricating oil outlet (from oil sump), D.E.	DN250	PN10	ISO 7005-1
202AF	Lubricating oil outlet (from oil sump), F.E.	DN250	PN10	ISO 7005-1
202BD	Lubricating oil outlet (from oil sump), D.E.	DN250	PN10	ISO 7005-1
203	Lubricating oil to engine driven pump	DN300	PN10	ISO 7005-1
204	Lubricating oil from engine driven pump	DN200	PN10	ISO 7005-1
224	Control oil to lube oil pressure control valve (if external lube oil pump)	M18 x 1.5		
701A/B	Crankcase air vent, A-bank	12, 16V: OD114 18V: OD140		DIN 2353
717A/B	Crankcase breather drain	-		
723	Inert gas inlet	DN50	PN40	ISO 7005-1

El sumidero de aceite será del tipo de sumidero seco. Hay tres salidas de aceite en los extremos del motor. Una salida en el extremo libre y dos salidas en el extremo motriz. Estas salidas deberán estar conectadas al tanque de aceites.

La bomba del aceite lubricante será del tipo accionamiento directo y de tipo tornillo. Estará equipada con una válvula de control de presión. Estas bombas están definidas en los datos técnicos del punto 4 de este cuaderno, en la tabla de los motores adjuntada.

- 18V50DF → Q=345 m<sup>3</sup>/h

## 6.2. SISTEMA EXTERNO DE LUBRICACIÓN.



**Fig 7-3 Example of lubricating oil system, with engine driven pumps (DAAE021746B)**

System components:			
2E01	Lubricating oil cooler	2N01	Separator unit
2F01	Suction strainer (main lubricating oil pump)	2P02	Prelubricating oil pump
2F02	Automatic filter	2S02	Condensate trap
2F04	Suction strainer (pre lubricating oil pump)	2T01	System oil tank
2F05	Safety filter (LO)	2V01	Temperature control valve

Pipe connections:		L50DF	V50DF	Notes
201	Lubricating oil inlet	DN125	DN200	
202	Lubricating oil outlet	DN200	DN250	
203	Lubricating oil to engine driven pump	DN250	DN300	9L50DF: DN300
204	Lubricating oil from engine driven pump	DN150	DN200	9L50DF: DN200
701	Crankcase air vent	OD114	2 * OD114	
723	Inert gas inlet (optional)	DN50	DN50	



## Unidad separadora (2N01)

El sistema de tratamiento de aceite de lubricación es el encargado de eliminar los residuos que pueda contener el aceite antes de ser inyectado en los motores. En instalaciones donde se usa HFO como combustible, cada motor debe tener un separador de aceite lubricante independiente. Por lo general, las unidades separadoras de aceites lubricantes comerciales están equipadas con:

- Bomba de alimentación con filtro de succión y válvula de seguridad.
- Precalentador.
- Separador.
- Gabinete de control.

La unidad separadora de aceite lubricante también puede estar equipada con un tanque de lodo intermedio y una bomba de lodo, que ofrece a la hora de colocar el separador, ya que no es necesario tener un tanque de lodo directamente debajo del separador.

El caudal de la bomba de alimentación de este sistema de lubricación la estipula el catálogo:

$$Q = \frac{1.35 \times P \times n}{t}$$

**where:**

Q = volume flow [l/h]

P = engine output [kW]

n = number of through-flows of tank volume per day: 5 for HFO, 4 for MDF

t = operating time [h/day]: 24 for continuous separator operation, 23 for normal dimensioning

$$Q = \frac{1,35 * 44.753 * 5}{24}$$

$$Q = 11.905 \text{ l/h}$$

$$Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia que absorberá esta bomba será:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

Siendo Q el caudal calculado,  $\gamma$  el peso específico, 900kg/m y H la altura de la columna de agua que se tomará 40 m ya que en el punto 4 se define la presión a la que trabajará el sistema de lubricación.

$$P = 2910 W$$

$$P = 3 kW$$

### **Bomba de aceite prelubricante (2P02)**

La bomba de aceite prelubricante es una bomba de engranaje que debe equiparse con una válvula de seguridad.

La instalación de una bomba prelubricante es obligatoria y no se podrá usar una bomba principal o una bomba de reserva eléctrica en lugar de una bomba de prelubricación específica. La presión máxima permitida es de 200 kPa (2 bar) para evitar fugas a través del sello laberíntico en el turbocompresor.

La tubería debe estar dispuesta de modo que la bomba de aceite prelubricante llene la bomba de aceite principal, cuando la bomba principal es accionada por el motor.

La bomba prelubricante estará siempre funcionando aun estando el motor parado.

#### **Design data:**

Capacity	see <i>Technical data</i>
Max. pressure (safety valve)	350 kPa (3.5 bar)
Design temperature	100°C
Viscosity for dimensioning of the electric motor	500 cSt

En el punto cuatro, están los datos técnicos del motor, de este punto se obtiene:

- 18V50DF → Q=100 m<sup>3</sup>/h

La potencia que demandarán estas bombas se calcula de la misma forma que en los puntos anteriores:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

$$P = \frac{(3 * 100) * 900 * 40}{3600 * 75 * 0,55}$$

$$P = 69.091 W$$

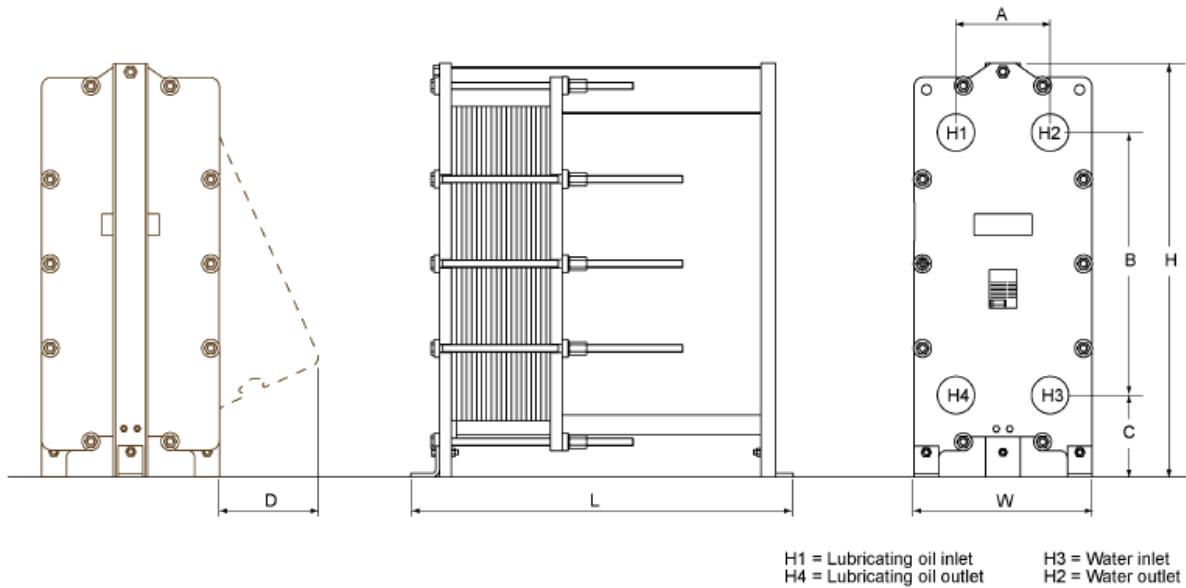
$$P = 69,1 kW$$

### Enfriador de aceite lubricante (2E01)

Podrá ser de tipo placa o tubular este intercambiador.

#### Design data:

Oil flow through cooler	see <i>Technical data</i> , "Oil flow through engine"
Heat to be dissipated	see <i>Technical data</i>
Max. pressure drop, oil	80 kPa (0.8 bar)
Water flow through cooler	see <i>Technical data</i> , "LT-pump capacity"
Max. pressure drop, water	60 kPa (0.6 bar)
Water temperature before cooler	45°C
Oil temperature before engine	63°C
Design pressure	1.0 MPa (10 bar)
Margin (heat rate, fouling)	min. 15%



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

Engine	Weight, dry [kg]	Dimensions [mm]						
		H	W	L	A	B	C	D
W 16V50DF	1560	1675	720	1987	380	1057	330	300
W 18V50DF	2150	1937	877	1534	465	1290	330	400

### Válvula de control de temperatura (2V01)

La válvula de control de temperatura mantiene la temperatura de aceite deseada en la entrada del motor, al dirigir parte del flujo de aceite a través de la línea de derivación en lugar de a través del enfriador. De esta manera se mantiene la temperatura deseada.

La válvula de control deberá estar a 63°C totalmente abierta para evitar aumentos de temperatura. Por tanto, esta válvula deberá ajustarse a 57°C, así comenzará a abrir unos grados antes.

#### Design data:

Temperature before engine, nom	63°C
Design pressure	1.0 MPa (10 bar)
Pressure drop, max	50 kPa (0.5 bar)

## 7. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

El agua dulce en el sistema de agua de refrigeración del motor debe cumplir los siguientes requisitos:

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

Se recomienda utilizar agua producida por un evaporador a bordo. El agua dulce producida por las plantas de ósmosis inversa puede un contenido de cloruro más alto que el permitido.

Solo el agua dulce tratada con inhibidores de corrosión aprobados por el fabricante puede circular a través de los motores. Es importante que los inhibidores de corrosión se usen directamente cuando el sistema se llena después de la instalación completa.

Este buque utilizará un sistema de refrigeración central con 3 subcircuitos:

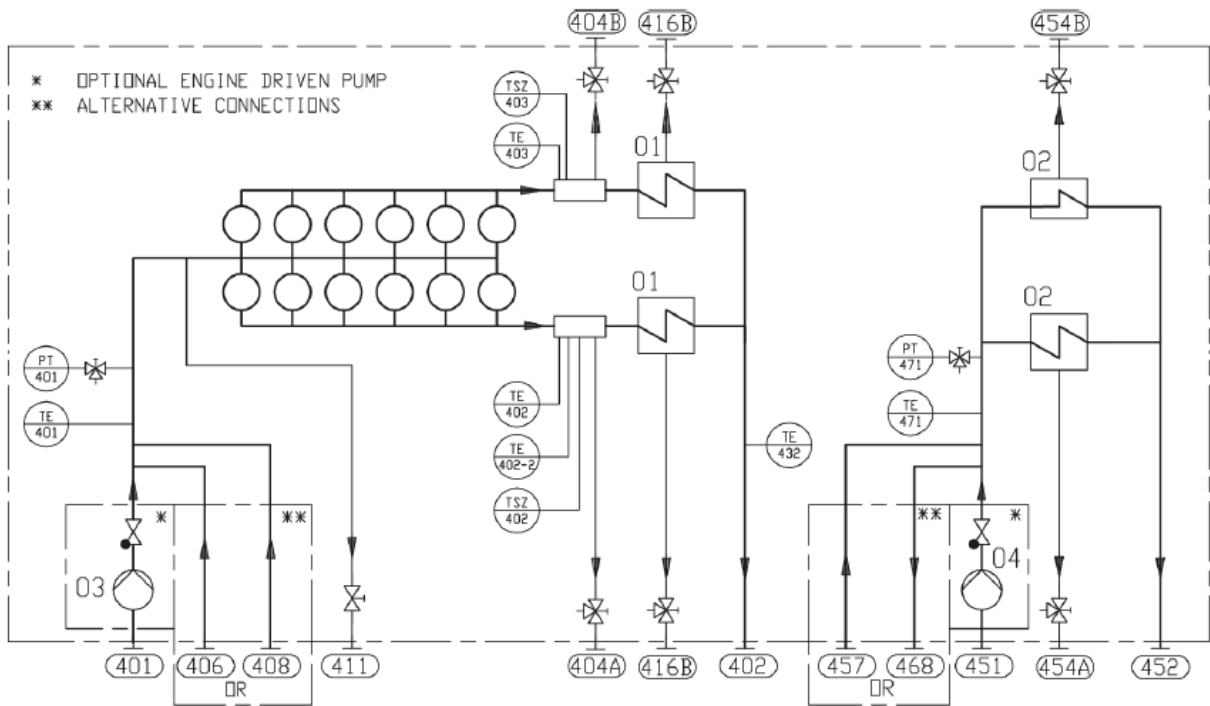
- Circuito de agua salada.
- Circuito de agua dulce para baja temperatura (aceite de lubricación y aire de barrido).
- Circuito de agua dulce para temperaturas mayores (refrigeración de las camisas de los cilindros).

Las ventajas de este tipo de refrigeración son las siguientes:

- Solo existe un intercambiador refrigerado por agua de mar, el resto son refrigerados por agua dulce.
- Se necesita instalar pocas tuberías de alta resistencia a la corrosión (más caras), solo la que llevan agua de mar, es decir las que van al intercambiador central.
- Reducido mantenimiento de intercambiadores y otros componentes.
- Mejor rendimiento térmico.

Tendrá como inconveniente un mayor coste de adquisición, al ser necesarias tres bombas para el sistema.

## 7.1. SISTEMA INTERNO DE REFRIGERACIÓN.



**Fig 9-2 Internal cooling water system, V-engines (3V69E8746-4h)**

System components:			
01	Charge air cooler (HT)	03	HT-water pump
02	Charge air cooler (LT)	04	LT-water pump

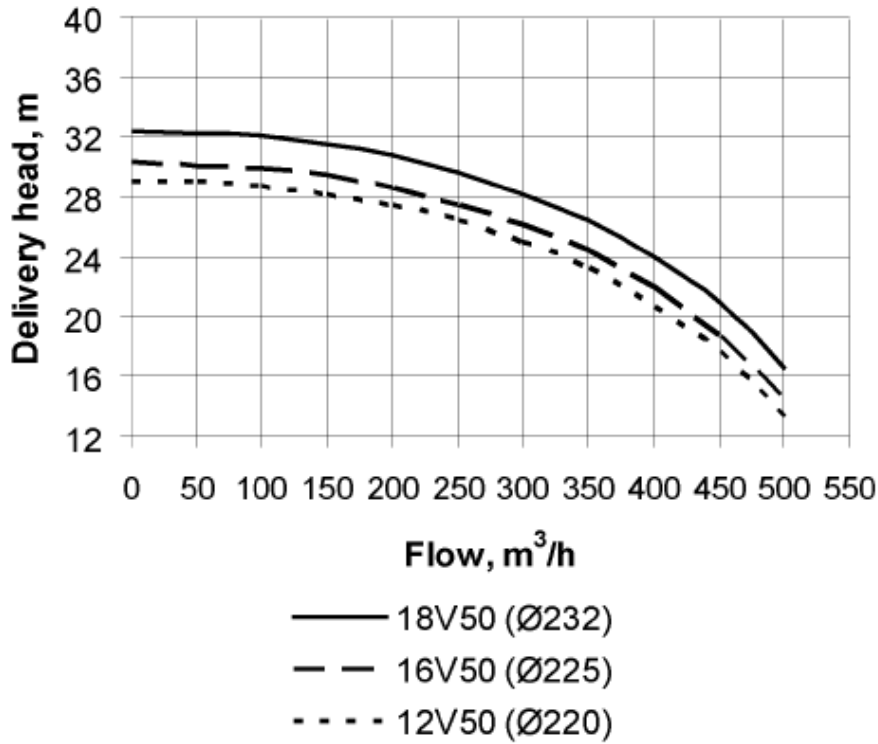
Sensors and indicators:			
PT401	HT-water inlet pressure	TSZ403	HT-water outlet temperature
TE401	HT-water inlet temperature	TE432	HT-water temperature after charge air cooler
TE402	HT-water outlet temperature, A-bank	PT471	LT-water inlet pressure
TE403	HT-water outlet temperature, B-bank	TE471	LT-water inlet temperature
TEZ402	HT-water outlet temperature		

Pipe connections		Size	Pressure class	Standard
401	HT-water inlet	DN200	PN10	ISO 7005-1
402	HT-water outlet	DN200	PN10	ISO 7005-1
404A/B	HT-water air vent	OD12		DIN 2353
406	Water from preheater to HT-circuit	DN40	PN40	ISO 7005-1
408	HT-water from stand-by pump	DN150	PN16	ISO 7005-1
411	HT-water drain	OD48		DIN 2353
416A/B	HT-water air vent from air cooler	OD12		DIN 2353
451	LT-water inlet	DN200	PN10	ISO 7005-1
452	LT-water outlet	DN200	PN10	ISO 7005-1
454A/B	LT-water air vent from air cooler	OD12		DIN 2353
457	LT-water from stand-by pump	DN200	PN10	ISO 7005-1
468	LT-water, air cooler by-pass	DN200	PN10	ISO 7005-1

El sistema de enfriamiento de agua dulce se divide en un circuito de alta temperatura (HT) y uno de baja temperatura (LT). El agua HT circula a través de las camisas del cilindro, culatas y la primera etapa del enfriador de aire de carga. El agua HT pasa a través de las camisas de los cilindros antes de que ingrese a la etapa HT del enfriador de aire de carga. El agua LT enfría la segunda etapa del enfriador de aire de carga y el aceite lubricante. Un enfriador de aire de carga de dos etapas permite una recuperación de calor más eficiente y el calentamiento del aire de combustión fría.

En el circuito HT, el control de temperatura se basa en la temperatura del agua después del motor, mientras que la temperatura del aire de carga se mantiene en un nivel constante con la disposición del circuito LT. El agua LT parcialmente deriva el enfriador de aire de carga dependiendo de la condición de operación para mantener una temperatura de aire constante después del enfriador.

Las bombas de los circuitos de refrigeración HT y LT son bombas accionadas por motores eléctricos. Las curvas para el dimensionamiento de las bombas se muestran a continuación.



**Fig 9-4**      **Wärtsilä 50DF 500 rpm V-engine HT and LT cooling water pump curves (4V19L0333A)**

En los datos se obtiene que las bombas de refrigeración demandan un caudal de 355 m<sup>3</sup>/h. El buque llevará tres bombas para el agua a alta temperatura y tres bombas para agua a baja temperatura que serán de igual tamaño y características.

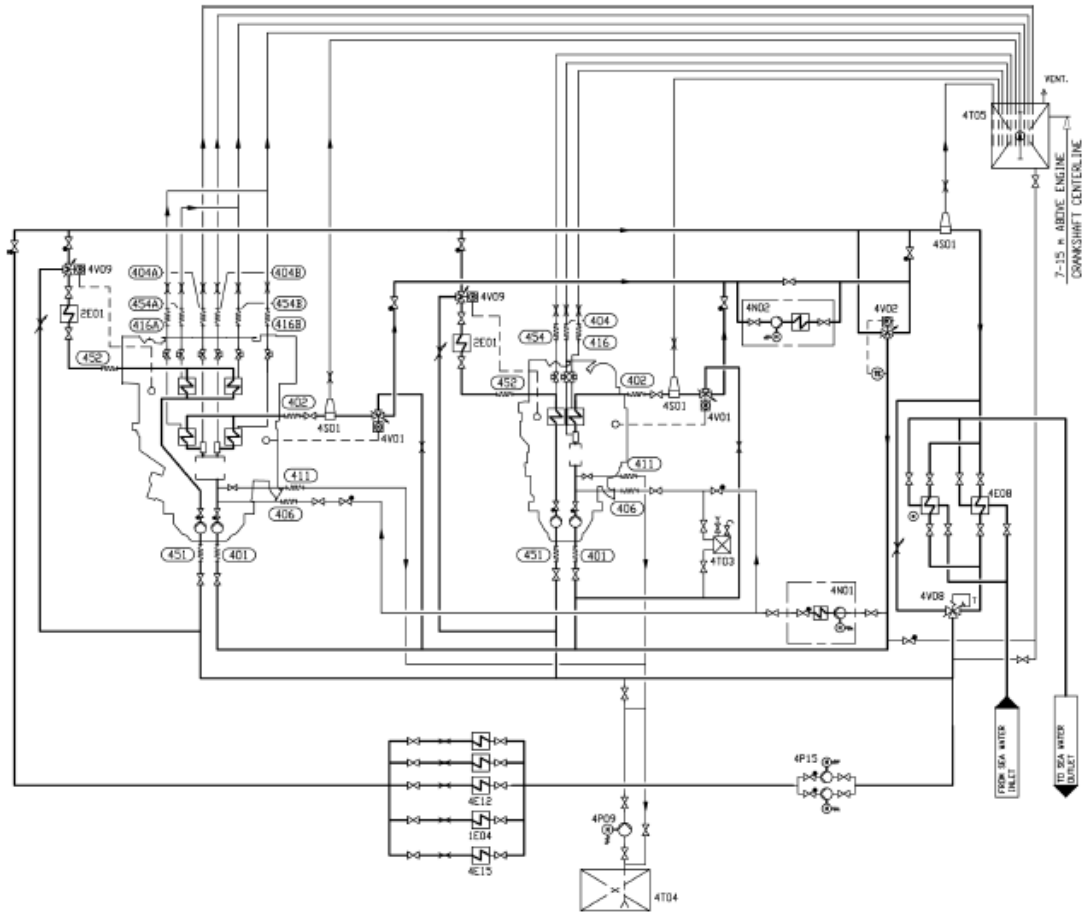
$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

$$P = \frac{6 * 355 * 1000 * 40}{3600 * 75 * 0,55}$$

$$P = 573,7 \text{ kW}$$



## 7.2. SISTEMA EXTERNO DE REFRIGERACIÓN.



**Fig 9-8 Cooling water system, in-line and V-engines in dedicated circuits with built-on pumps, generator cooling and evaporator (DAAF072974)**

System components:			
1E04	Cooler (MDF return line)	4S01	Air venting
2E01	Lubricating oil cooler	4T03	Additive dosing tank
4E08	Central cooler	4T04	Drain tank
4E12	Cooler (installation parts)	4T05	Expansion tank
4E15	Cooler (generator)	4V01	Temperature control valve (HT)
4N01	Preheating unit	4V02	Temperature control valve (Heat recovery)
4N02	Evaporator unit	4V08	Temperature control valve (LT)
4P09	Transfer pump	4V09	Temperature control valve (charge air)
4P15	Circulating pump		

*Pipe connections are listed in section "Internal cooling water system".*

Se recomienda dividir el sistema de los motores por separado consiguiendo mayor redundancia, pero también será más fácil sintonizar los flujos individuales en un sistema más pequeño.

En el sistema de enfriamiento de agua dulce no podrán utilizarse tuberías con superficies internas galvanizadas. Algunos aditivos de agua de refrigeración reaccionan con el zinc, formando lodo nocivo. El zinc también se vuelve más noble que el hierro a temperaturas elevadas, lo que causa una corrosión severa de los componentes del motor.

### Bomba de agua de mar (4P11)

Las bombas de agua de mar están siempre separadas del motor y accionadas eléctricamente. La capacidad de las bombas está determinada por el tipo de enfriadores y la cantidad de calor disipada. Esta bomba se estimará a partir de las bombas de agua dulce obtenidas en el punto anterior. El flujo de la bomba de mar será de:

$$Q = m_{AS} * C_p * \Delta T$$

El caudal del agua dulce será igual al caudal necesario para el agua salada:

$$m_{AS} * C_{pas} * \Delta T_{AS} = m_{AD} * C_{pad} * \Delta T_{AD}$$

$m_{AS}$  el flujo de agua salada, en [m<sup>3</sup>/h].

$C_{pas}$  el calor específico del agua salada, igual a 4,04 KJ/Kg°C.

$\Delta T_{AS}$  el incremento de la temperatura del agua salada, igual a 20 °C.

$m_{AD}$  el flujo de agua dulce, en [m<sup>3</sup>/h].

$C_{pad}$  el calor específico del agua dulce, igual a 4,20 KJ/Kg°C.

$\Delta T_{AD}$  el incremento de la temperatura del agua dulce, igual a 25°C.

El flujo de agua salda por tanto será:

$$m_{AS} = \frac{3 * 355 * 4,20 * 25}{4,04 * 20}$$

$$m_{AS} = 1.384 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de esta bomba será:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

$$P = \frac{1.384 * 1025 * 40}{3600 * 75 * 0,55}$$

$$P = 382,1 \text{ kW}$$

### Bomba de circulación del precalentador (4P04)

La bomba que suministra agua al precalentador debe tener las siguientes características:

Design data:

Capacity

1.6 m<sup>3</sup>/h per cylinder

Delivery pressure

80...100 kPa (0.8...1.0 bar)

$$Q = (12 + 2 * 18) * 1,6$$

$$Q = 76,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de esta bomba será:

$$P = \frac{Q * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta}$$

$$P = \frac{76,8 * 1000 * 10}{3600 * 75 * 0,55}$$

$$P = 5,2 \text{ kW}$$

## 8. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE.

El aire comprimido se utiliza para arrancar motores y para proporcionar energía de accionamiento para dispositivos de seguridad y control.

Para garantizar la funcionalidad de los componentes en el sistema de aire comprimido, éste debe estar libre de partículas sólidas y aceite.

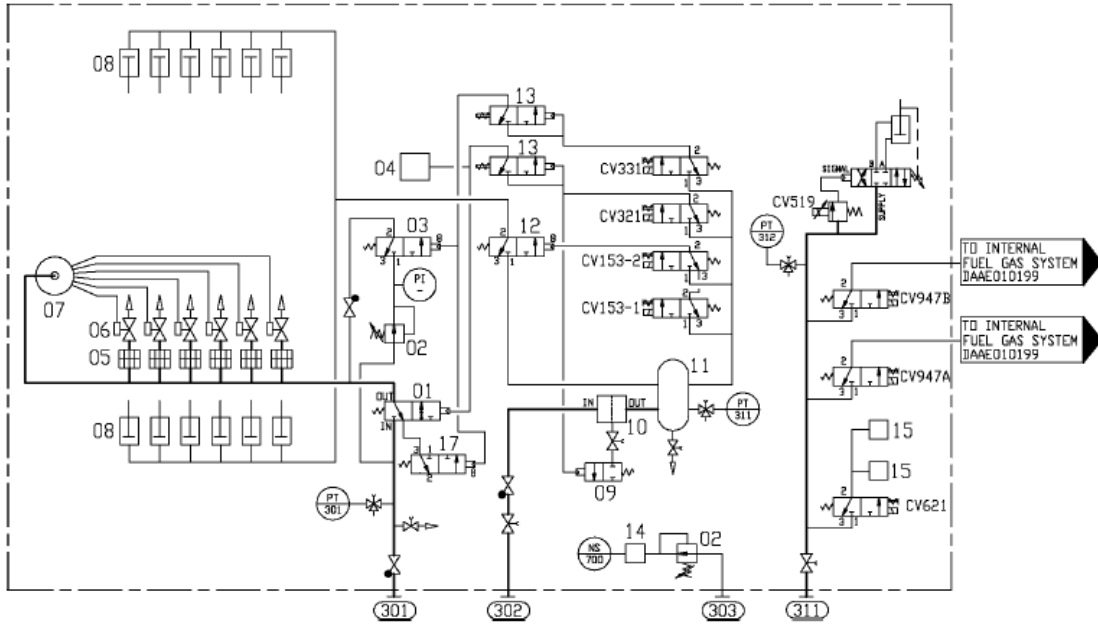
Wärtsilä 16V50DF		DE		DE		ME	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975		975	
Engine speed	rpm	500		514		514	
<b>Starting air system (Note 6)</b>							
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Pressure at engine during start, min. (20 °C)	kPa	1000		1000		1000	
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Low pressure limit in starting air vessel	kPa	1800		1800		1800	
Consumption per start at 20 °C (successful start)	Nm <sup>3</sup>	7.8		7.8		7.8	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm <sup>3</sup>	9.4		9.4		9.4	

Wärtsilä 18V50DF		DE		DE	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
<b>Starting air system (Note 6)</b>					
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000		3000	
Pressure at engine during start, min. (20 °C)	kPa	1000		1000	
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000		3000	
Low pressure limit in starting air vessel	kPa	1800		1800	
Consumption per start at 20 °C (successful start)	Nm <sup>3</sup>	9.0		9.0	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm <sup>3</sup>	10.8		10.8	

Los motores arrancan a una presión de 3 MPa.

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. La velocidad de arranque ha de ser superior al 30% de la velocidad de servicio. El par de arranque ha de ser suficiente para poder vencer las pérdidas por rozamiento en el motor y la resistencia del eje propulsor.

### 8.1. SISTEMA INTERNO DE AIRE DE ARRANQUE.



**Fig 8-2 Internal compressed air system, V-engines (3V69E8746-3h)**

System components:			
01	Starting air master valve	09	Valve for automatic draining
02	Pressure control valve	10	High pressure filter
03	Slow turning valve	11	Air container
04	Starting booster for speed governor	12	Stop valve
05	Flame arrestor	13	Blocking valve, when turning gear engaged
06	Starting air valve in cylinder head	14	Oil mist detector
07	Starting air distributor	15	Charge air shut-off valve (optional)
08	Pneumatic cylinder at each injection pump	17	Drain valve

Sensors and indicators:			
CV153-1	Stop solenoid	CV331	Slow turning solenoid
CV153-2	Stop solenoid	CV519	I/P converter for waste gate valve
PT301	Starting air inlet pressure	CV621	Charge air shut-off valve (optional)
PT311	Control air pressure	CV947	Gas venting solenoid
PT312	Low pressure control air pressure	NS700	Oil mist detector
CV321	Starting solenoid	PI	Manometer

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
303	Driving air inlet to oil mist detector, 0.2...1.2 MPa	OD10		DIN 2353
311	Control air inlet, 0.8 MPa	OD12		DIN 2353

La presión de aire mínima recomendada es de 1,8 MPa. El arranque se realiza por inyección directa de aire en los cilindros a través de las válvulas de aire de arranque en las culatas.

Todos los motores tienen válvulas anti-retorno y detectores de llamas incorporados. La válvula de arranque principal, construida en el motor, puede funcionar tanto de forma manual como eléctrica.

Además del sistema de arranque, el sistema de aire comprimido también se usa para operar los siguientes sistemas:

- Dispositivo de viaje de sobrevelocidad electroneumático
- Limitador de combustible de arranque
- Giro lento
- Amplificador de actuador de combustible
- Válvula de compuerta de residuos
- Limpieza del turbocompresor
- Válvula de derivación del enfriador de aire de carga HT
- Válvula de ventilación de gas combustible
- Detector de niebla de aceite

## 8.2. SISTEMA EXTERNO DE AIRE DE ARRANQUE.

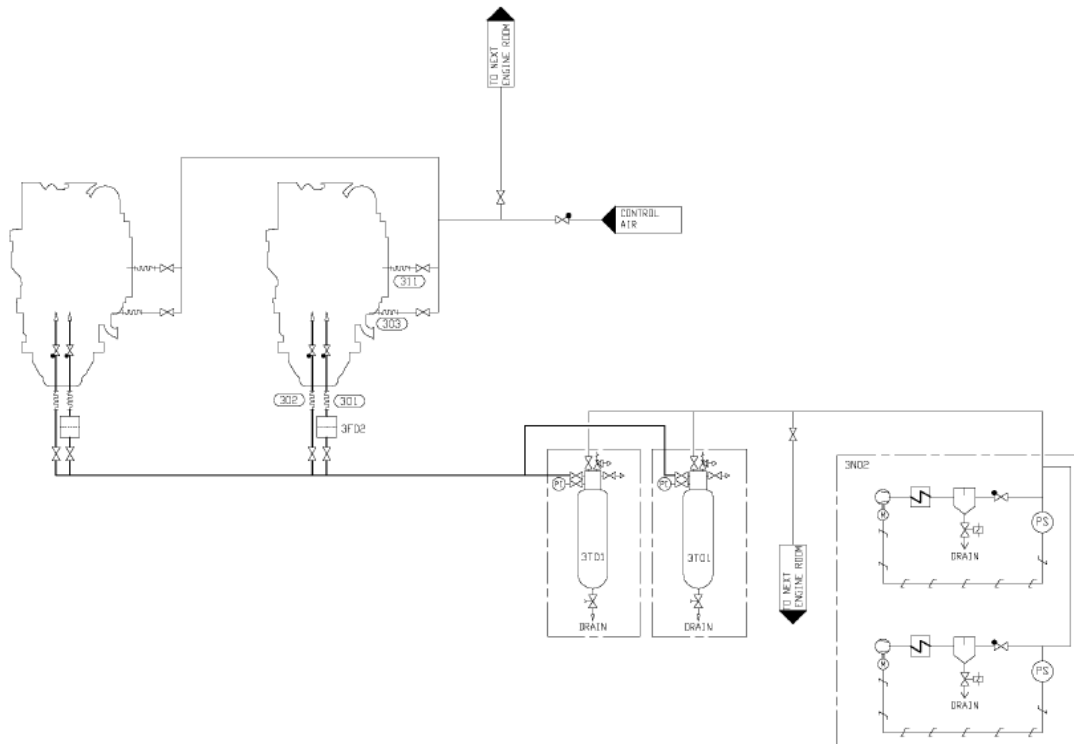


Fig 8-3 Example of external compressed air system (3V76H4173D)

System components		Pipe connections	
3F02	Air filter (starting air inlet)	301	Starting air inlet, 3 MPa
3N02	Starting air compressor unit	302	Control air inlet, 3 MPa
3T01	Starting air receiver	303	Driving air to oil mist detector, 0.8 MPa
		311	Control air to bypass / wastegate valve, 0.8 MPa
		314	Air supply to turbine and compressor cleaning unit (ABB TC)

Se deben instalar al menos dos compresores de aire de arranque. Se recomienda que los compresores sean capaces de llenar el depósito de aire de arranque desde el mínimo (1,8 MPa) hasta la presión máxima en 15-30 minutos.

Debe instalarse un separador de agua y aceite en el tubo entre el compresor y el recipiente de aire.

Las **botellas de aire de arranque (3T01)** deben estar dimensionadas para una presión nominal de 3 MPa. El número y la capacidad de las botellas de aire para motores de propulsión dependen de los requisitos de la sociedad de clasificación y el tipo de instalación.

Se recomienda utilizar una presión de aire mínima de 1,8 MPa, cuando se calcula el volumen requerido de la botella. Las botellas de aire de arranque deberán estar equipadas con al menos una válvula manual para el drenaje de condensado.

El volumen total requerido del recipiente de aire de partida puede calcularse usando la fórmula:

$$V_R = \frac{p_E \times V_E \times n}{p_{Rmax} - p_{Rmin}}$$

$V_R$  = total starting air vessel volume [m<sup>3</sup>]

$p_E$  = normal barometric pressure (NTP condition) = 0.1 MPa

$V_E$  = air consumption per start [Nm<sup>3</sup>] See *Technical data*

$n$  = required number of starts according to the classification society

$p_{Rmax}$  = maximum starting air pressure = 3 MPa

$p_{Rmin}$  = minimum starting air pressure = See *Technical data*

$$V_R = \frac{0,1 * (7,8 + 2 * 9) * 6}{3 - 1}$$

Bureau Veritas exige que las botellas de aire de arranque tengan capacidad para 6 arrancadas.

$$V_R = 7,8 m^3$$

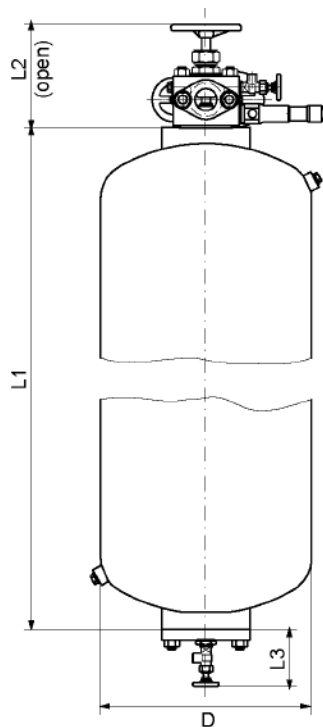


Fig 8-4 Starting air vessel

Size [Litres]	Dimensions [mm]				Weight [kg]
	L1	L2 <sup>1)</sup>	L3 <sup>1)</sup>	D	
500	3204	243	133	480	450
1000	3560	255	133	650	810
1250	2930	255	133	800	980
1500	3460	255	133	800	1150
1750	4000	255	133	800	1310
2000	4610	255	133	800	1490

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

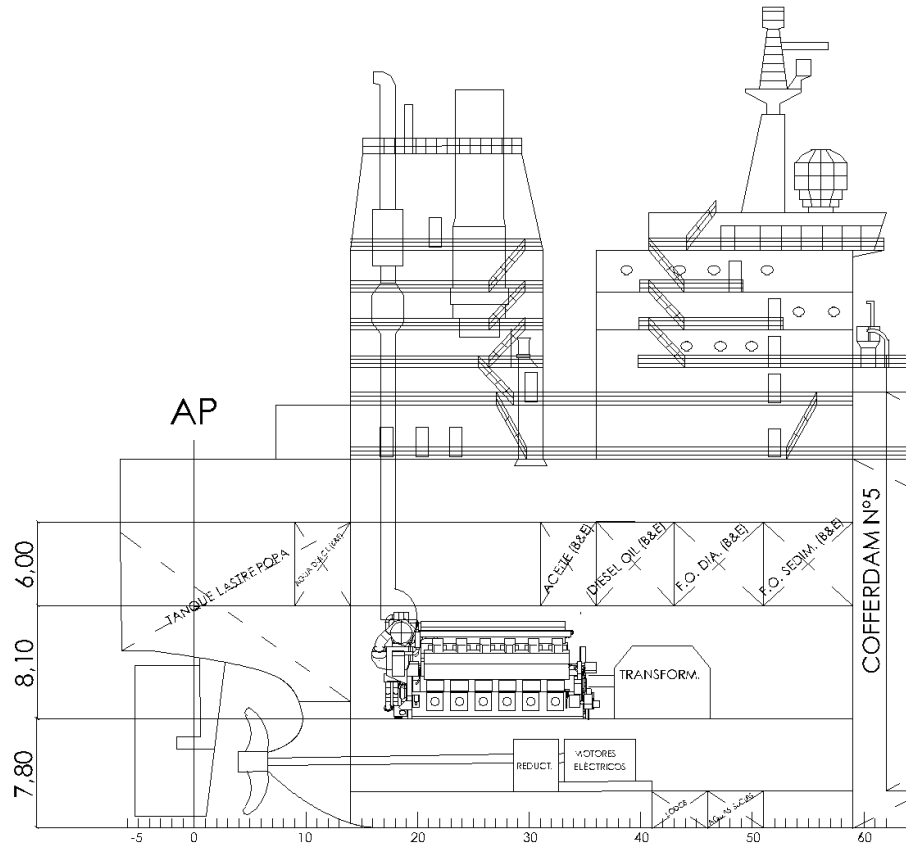
Se instalarán, por tanto, 4 botellas de 2.000 litros de capacidad, cumpliendo así con el volumen mínimo exigido.



## 9. DISPOSICIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS.

La disposición de la cámara de máquinas se ha descrito en anteriores cuadernos. En este punto se verificará que la disposición que se ha planteado es válida. Se han considerado diferentes aspectos:

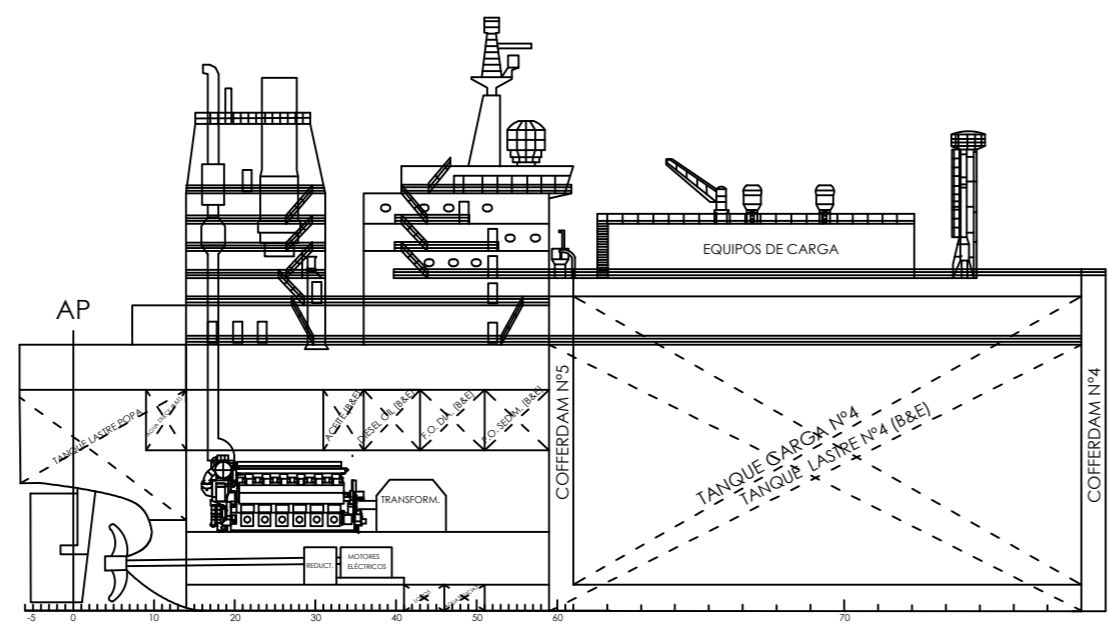
- Los motores tienen espacio suficiente y directo con la chimenea para la colocación de la tubería de exhaustación de gases de combustión. El buque lleva 4 motores generadores y 2 motores eléctricos para el accionamiento de la hélice.
- Los tanques de aceite y de combustible están colocados en una cubierta superior al motor favoreciendo así la circulación.
- Las tapas de los tanques tienen acceso desde la cubierta correspondiente.
- Los tanques de lodos y sentinas están colocados en el fondo favoreciendo la recogida.
- La cámara de máquinas tiene 1.523 m<sup>2</sup>, dato tomado del plano de formas a la altura del doble fondo. La longitud es de 47,2 m.
- Si consideramos los motores 18V50DF se requerirá una eslora de 18,5 m y una manga de 4,7 m. Teniendo en cuenta las dimensiones de esta cámara de máquinas no habrá problemas para el encaje de motores. Los datos se han obtenido del catálogo.
- La altura de las cubiertas será la suficiente para adaptar cualquier equipo así como posibles entrecubiertas para facilitar el trabajo de la tripulación en los equipos. Se definen a continuación:



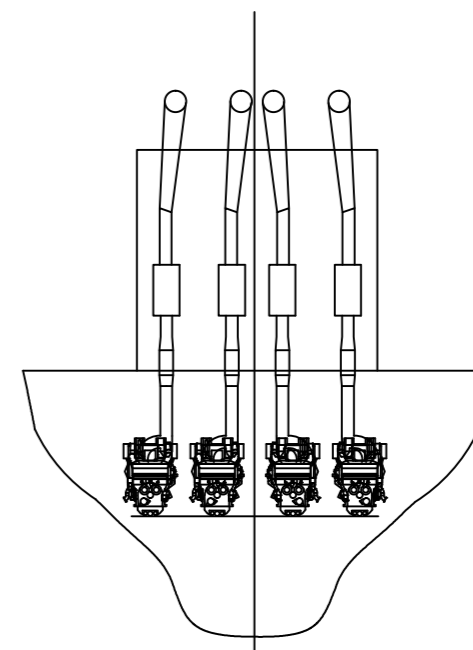
La disposición planteada en este proyecto se ajusta a la de los buques de este tipo, en el anexo se presenta el plano de la disposición esquemática de la cámara de máquinas para este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

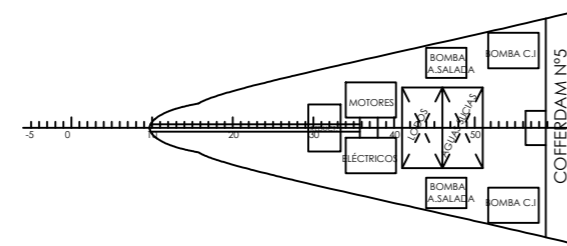
- PROYECTOS DE BUQUES Y ARTEFACTOS. Fernando Junco – EPS – UDC – Ferrol.
- EL PROYECTO BÁSICO DEL BUQUE MERCANTE. Ricardo Alvariño, Juan J. Aspiroz, Manuel Meizoso – FEIN Madrid.
- [www.wartsilla.com](http://www.wartsilla.com)



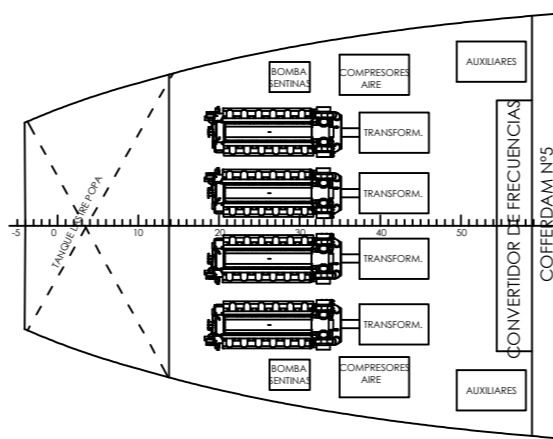
SECCIÓN LONGITUDINAL



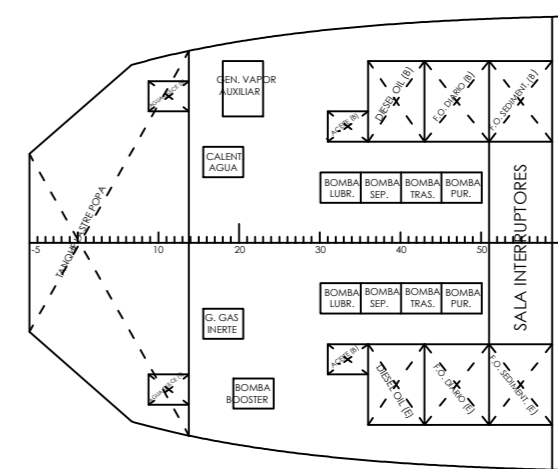
SECCIÓN TRANSVERSAL



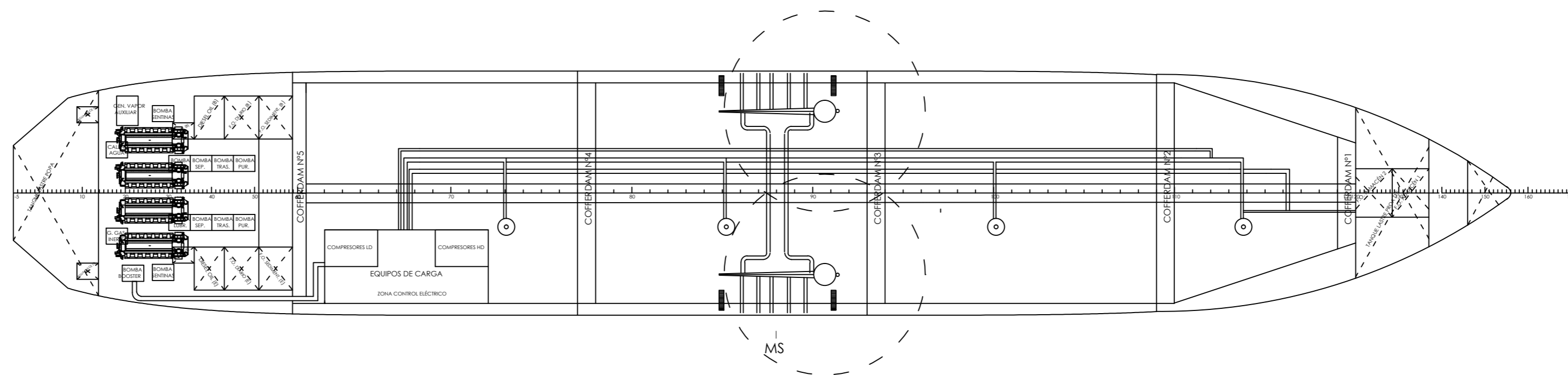
CUBIERTA DE DOBLE FONDO (2,6 m)



CUBIERTA 1 (7,80 m)



CUBIERTA 2 (15,90 m)



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO 17/05
DISPOSICIÓN CÁMARA MÁQUINAS LNG 160.000 m <sup>3</sup>	
AUTORA: CARMEN SEOANE FERNÁNDEZ TUTOR: VICENTE DÍAZ CASÁS	ESCALA 1:750