



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster
CURSO 2016/2017

BUQUE LNG DE MEMBRANA DE 145.000 m³

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Ismael Grandal Mouriz

TUTORAS/ES

Vicente Díaz Casas

FECHA

SEPTIEMBRE DE 2017

CUADERNO 10

En el presente cuaderno escogeremos los motores generadores de nuestro buque, haremos una breve descripción de los mismos y calcularemos los elementos auxiliares a la propulsión.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

BUQUE LNG DE MEMBRANA DE 145.000 m³

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 10

DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y SUS AUXILIARES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2016-2017

PROYECTO NÚMERO: 17-32 P

TIPO DE BUQUE: Buque tanque LNG de membrana

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS, MARPOL, CIG.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: gas natural licuado con capacidad para 145.000 m³.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 19,5 nudos a la velocidad de servicio, 85% MCR + 15% MM. 12.000 millas a la velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: los habituales en este tipo de buque.

PROPULSIÓN: Propulsión Diesel eléctrico. Dos líneas de ejes

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Las habituales en este tipo de buque.

Ferrol, Abril de 2017

ALUMNO: D. Ismael Grandal Mouriz

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. JUSTIFICACIÓN DEL MOTOR PROPULSOR.....	6
3. JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA.....	7
3.1. SELECCIÓN DEL MOTOR.....	8
4. CONSUMOS DEL MOTOR Y AUTONOMÍA.....	10
5. SISTEMAS AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN.....	11
5.1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	14
5.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES.....	14
5.2. SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	26
5.3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	31
5.4. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.....	34
5.5. SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	37
6. DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.....	39
7. BIBLIOGRAFÍA.....	39

ANEXO I: CATÁLOGO MOTORES WÄRTSILÄ

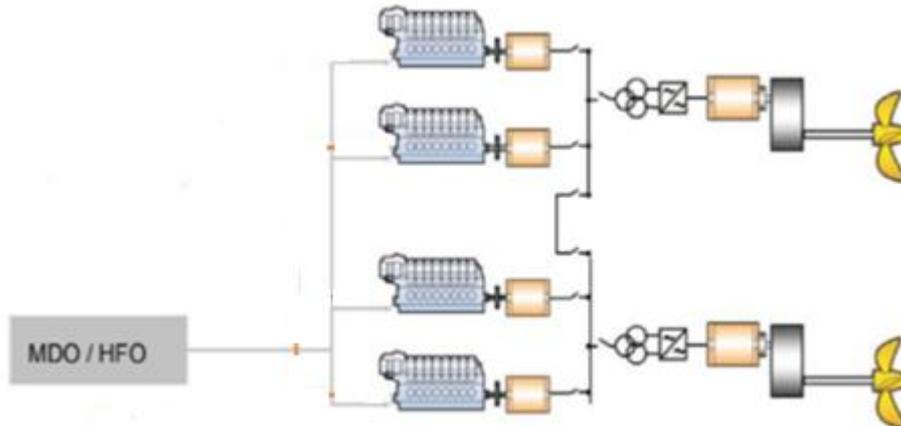
ANEXO II: PLANOS DE CUBIERTAS EN CÁMARA DE MÁQUINAS

1-INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno vamos a definir la planta propulsora, alguno de sus servicios principales y su disposición en el buque.

Para realizar el dimensionamiento y la distribución de algunos equipos en la cámara de máquinas, se utilizan como ejemplo las cámaras de máquinas de buques (Barcelona Knutsen) que tienen una planta propulsora diésel eléctrica, como la de nuestro buque.

A continuación se presenta un esquema de la planta propulsora del buque:



El sistema de maquinaria del buque tiene por objeto producir y suministrar la potencia necesaria para la propulsión y la energía demandante por los distintos equipos y sistemas a bordo.

Debemos tener en cuenta que la planta está definida como diésel eléctrica y, por tanto, tanto el sistema propulsivo como la energía destinada al consumo a bordo, se obtendrán de los mismos grupos generadores. Además, los motores generadores que instalaremos en el buque son duales, lo cual quiere decir que se pueden utilizar para la combustión combustibles líquidos (HFO y MDO), como en los motores tradicionales.

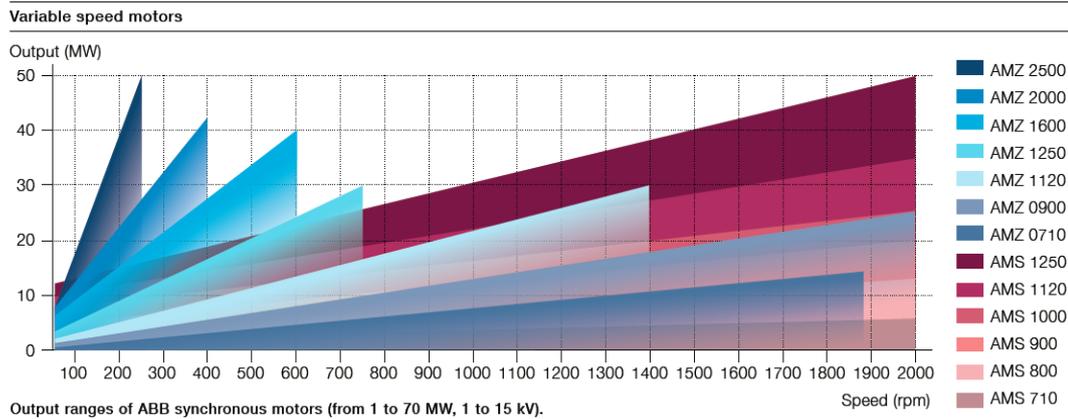
La utilización de este tipo de plantas propulsoras tiene ciertas ventajas, entre las principales se encuentran:

- La alta eficiencia de los diésel-generadores a altas cargas.
 - El hecho de mantener cargas constantes evita sobrecargas térmicas, lo que implica menor deterioro mecánico.
- No hay necesidad de utilizar diésel-generadores auxiliares.
 - Carece del sistema de embrague en la reductora lo que simplifica la instalación y las consiguientes tareas de mantenimiento.

2-JUSTIFICACIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

Para la propulsión del buque se utilizarán dos motores eléctricos de 22 MW cada uno (a un régimen del 85 %). La RPA nos exigen que sean motores eléctricos. En el siguiente apartado justificaremos la selección del motor necesario.

Consultamos el catálogo oficial del fabricante ABB y decidimos instalar a bordo dos motores eléctricos síncronos AMZ 1250 de velocidad variable.



El motor AMZ 1250 genera a una velocidad (rpm) de 740 rpm, 30 MW de potencia, y a 600 rpm, aproximadamente 22 MW. Este es el motor que más se ajusta a la potencia que necesitamos para la propulsión.

3-JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA

Hay una serie de características fijadas por nuestras RPA, entre ellas:

- Velocidad: 19,5 knot en régimen de servicio al 85 % de MCR.
- 15 % de margen de mar.

Para hacer la estimación de la potencia utilizamos el software NAVCAD.

En el apartado 2 del Cuaderno 6 podemos ver todo el proceso de cálculo de la potencia.

Primero calculamos la resistencia que ofrece el buque por sus formas. A continuación, a partir del empuje necesario para vencer esa resistencia, calculamos la potencia necesaria.

VELOCIDAD	BHP (KkW)
19,5	34.946,7

A esta potencia tenemos que aplicarle el régimen de 85 % del motor. El 15 % de margen de mar ya está incluido en los cálculos del software.

$$BHP_{FINAL} = \frac{BHP}{RM} = 41.114 \text{ kW}$$

Donde:

RM: régimen del motor (0,85, o lo que es lo mismo, 85 %).

La suma total de la potencia entregada por los dos motores eléctricos deberá ser 41.114 kW, es decir 20.557 kW cada uno.

3.1-SELECCIÓN DEL MOTOR

Como la propulsión del buque es eléctrica, por lo que los encargados de mover las hélices son los motores eléctricos. Los motores diesel son únicamente generadores de la electricidad necesaria para alimentar a estos motores y a los demás consumidores del buque.

La planta eléctrica será dimensionada en el Cuaderno 11.

Hemos decidido instalar a bordo cuatro motores duales de la marca WÄRTSILA. Dos del modelo 18V50 y otros dos 16V50.

Table 1.1 Rating table for Wärtsilä 50DF

Cylinder configuration	Main engines 514 rpm	Diesel electric applications			
		500 rpm		514 rpm	
	Engine [kW]	kW	BHP	kW	BHP
W 6L50DF	5850	5700	7750	5850	7950
W 8L50DF	7800	7600	10340	7800	10600
W 9L50DF	8775	8550	11630	8775	11930
W 12V50DF	11700	11400	15500	11700	15910
W 16V50DF	15600	15200	20670	15600	21210
W 18V50DF	N/A	17100	23260	17550	23860

Nominal speed 514 rpm is recommended for mechanical propulsion engines.

Se han instalado cuatro motores para generar la energía suficiente para alimentar la planta eléctrica del buque en la situación de carga eléctrica más desfavorable (salida de puerto a plena carga). Debemos también tener en cuenta la normativa SOLAS, que establece que la capacidad de los grupos electrógenos debe ser tal que aunque se averíe uno cualquiera de ellos, sea posible alimentar los servicios necesarios en condiciones operacionales normales.

El rápido desarrollo de los buques LNG en los últimos años ha llevado a la aparición de motores con el sistema de propulsión eléctrica como un innovador líder de la nueva tecnología en este ámbito y son hoy la principal solución a la propulsión de grandes buques LNG.

La propulsión eléctrica ofrece una ventaja competitiva clara sobre otras tecnologías de propulsión para satisfacer las necesidades actuales de buques LNG relacionada con operaciones de coste-efectividad respetuosas con el medio ambiente. Algunas de las principales ventajas de la propulsión eléctrica son:

- La capacidad de un motor eléctrico para proporcionar un par elevado a baja velocidad es un argumento importante a favor de la propulsión eléctrica.

- Menor consumo de combustible y reducción de emisiones debido a la posibilidad de optimizar la carga de motores diesel/generadores. Los generadores en funcionamiento pueden trabajar a altas cargas con alta eficiencia del motor. Esto se aplica especialmente a los buques que tienen una gran variación en la demanda de energía, por ejemplo, para un buque de

suministro offshore, que divide su tiempo entre el tránsito y de mantenimiento de la estación de operación.

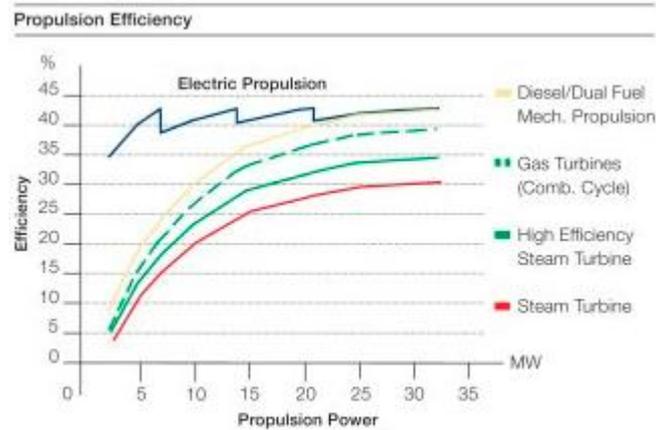
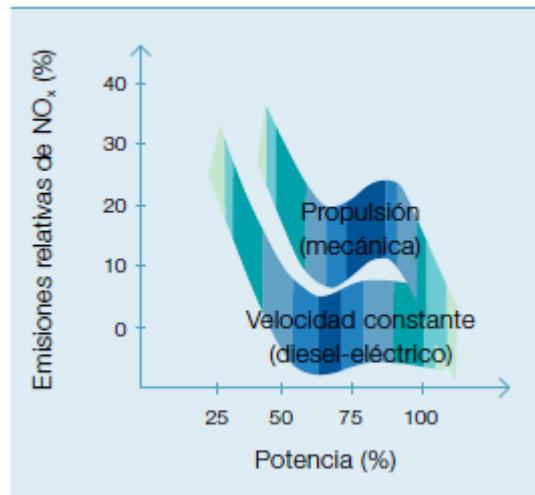


Fig. 3 Propulsion efficiency as a function of propeller loading

-La potencia instalada es más reducida, puesto que se utilizan los motores generadores para la propulsión y para las demás necesidades energéticas del buque.

-Los motores diesel no tienen el mismo nivel de contaminación en todo su rango de trabajo. En el régimen óptimo de operación, el rendimiento del combustible es considerablemente mayor y la contaminación es menor que operando a baja velocidad.

3 Se emite menos NO_x si la carga en el motor es alta (Fuente: Wärtsilä Diesel).



-Mejor eficiencia hidrodinámica de la hélice.

-Alta fiabilidad, debido a la redundancia de varios motores. Incluso si un motor / generador se avería, habrá suficiente energía para operar el buque de forma segura.

-Reducción del coste de ciclo de vida, resultante de la disminución de los costos operacionales y de mantenimiento.

-Los variadores de velocidad garantizan una flexibilidad total en el par, la rpm y la potencia de salida en el motor de propulsión.

4-CONSUMOS DEL MOTOR Y AUTONOMÍA

Autonomía

Según las RPA debemos tener 12.000 millas de autonomía a 19,5 knot. Señalar que un nudo (knot) es igual a una milla marina (mn) por hora.

$$t_{navegación} = \frac{Autonomía}{Velocidad} = 615,38 \approx 25 \text{ días}$$

Fuel Oil

El buque lleva instalados cuatro motores dual-fuel como generadores para suministrar energía a toda la planta eléctrica del buque. En ninguna condición de carga eléctrica funcionan los cuatro motores de manera simultánea, uno siempre estará en stand-by.

El dimensionamiento de los tanques de combustible lo realizaremos teniendo en cuenta la situación de mayor consumo, es decir estando parado uno de los motores 16V50.

Los consumos del fuel oil se pueden determinar de la forma:

$$Consumo_{FO} = c_e \cdot PS \cdot t_{nav} \cdot 10^{-6}$$

Donde:

c_e : consumo específico del motor (189 g/kWh), sacado del catálogo que adjuntamos como anexo.

PS: potencia del motor en kW

La potencia del motor en condiciones de servicio será:

$$PS = MCR \cdot Margen = 17.700 \cdot 0,85 = 14.535 \text{ kW}$$

$$PS = MCR \cdot Margen = 15.200 \cdot 0,85 = 12.920 \text{ kW}$$

T_{nav} : tiempo de navegación ininterrumpida (615,38 h.)

Por lo que el consumo de fuel será:

$$Consumo_{FO} 18V50 = 1.690,52 \text{ t}$$

$$Consumo_{FO} 16V50 = 1.502,68 \text{ t}$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta que de manera simultánea trabajan dos motores 18V50 y un motor 16V50, el consumo de fuel oil de los motores principales es:

$$Consumo_{FO} = 2 \cdot 1.690,52 + 1 \cdot 1.502,68 = 4.883,72 \text{ t}$$

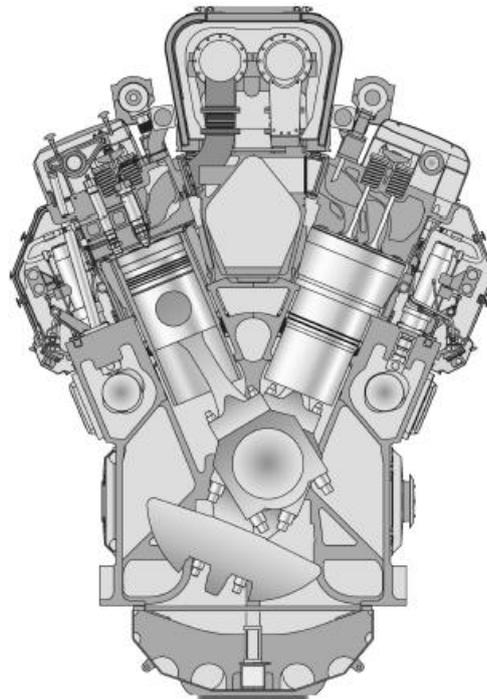
La estimación de los consumos del buque la hemos realizado en el cuaderno 4

Tanques	Volumen requerido (m ³)	Volumen real (m ³)
Carga	147.960	149.647,760
FO Almacén	4.347,51	3.428,012 x 2 = 6.856,024
Diesel	846,51	426,439 x 2 = 852,878
FO Sed.	294,53	151,427 x 2 = 302,854
FO UD	196,35	99,380 x 2 = 198,76
Aceite	108,34	54,908 x 2 = 109,816
Agua dulce	153,125	77,236 x 2 = 154,472
Aguas grises	157,5	164,884
Lodos	72	73,905

5-SISTEMAS AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN

Los generadores Wärtsilä 18V50 y 16V50 son motores de combustible duales de 4 tiempos, no reversibles, con turbocompresor y refrigeración interna, con inyección directa de combustible.

Para la definición de la planta propulsora utilizaremos la Product guide de los motores generadores.



Características de los generadores:

Cylinder bore	500 mm
Stroke	580 mm
Piston displacement	113.9 l/cyl
Number of valves	2 inlet valves and 2 exhaust valves
Cylinder configuration	6, 8 and 9 in-line; 12, 16 and 18 in V-form
V-angle	45°
Direction of rotation	clockwise
Speed	500, 514 rpm
Mean piston speed	9.7, 9.9 m/s

Potencia máxima continua del generador:

Table 1.1 Rating table for Wärtsilä 50DF

Cylinder configuration	Main engines 514 rpm	Diesel electric applications			
		500 rpm		514 rpm	
	Engine [kW]	kW	BHP	kW	BHP
W 6L50DF	5850	5700	7750	5850	7950
W 8L50DF	7800	7600	10340	7800	10600
W 9L50DF	8775	8550	11630	8775	11930
W 12V50DF	11700	11400	15500	11700	15910
W 16V50DF	15600	15200	20670	15600	21210
W 18V50DF	N/A	17100	23260	17550	23860

Nominal speed 514 rpm is recommended for mechanical propulsion engines.

Para nuestros generadores 18V50 tenemos una potencia de 17.550 kW.

La guía de los generadores Wärtsilä considera las siguientes velocidades máximas en la impulsión de la bomba:

Piping	Pipe material	Max velocity [m/s]
LNG piping	Stainless steel	3
Fuel gas piping	Stainless steel / Carbon steel	20
Fuel oil piping (MDF and HFO)	Black steel	1.0
Lubricating oil piping	Black steel	1.5
Fresh water piping	Black steel	2.5
Sea water piping	Galvanized steel	2.5
	Aluminum brass	2.5
	10/90 copper-nickel-iron	3.0
	70/30 copper-nickel	4.5
	Rubber lined pipes	4.5

El consumo de las bombas que mueve el propio motor para su lubricación y refrigeración está incluido en los cálculos. En la hipótesis de que tengamos sistemas de refrigeración externos debemos restar el consumo que viene en las siguientes tablas:

The basic fuel consumption given in the technical data tables are with engine driven lubricating oil and cooling water pumps. The decrease in fuel consumption, without engine driven pumps, in g/kWh is given in the table below:

Decrease in fuel consumption		Engine load [%]		
		100	75	50
Lubricating oil pump	g/kWh	2	3	4
HT- and LT-water pump	g/kWh	1	1.6	2

For calculation of gas consumption adjusted without engine driven pumps; use values in the table below calculated using above table and with Methane (CH₄) as reference fuel gas, with lower calorific value of 50 MJ/kg.

Decrease in gas consumption		Engine load [%]		
		100	75	50
Lubricating oil pump	kJ/kWh	100	150	200
HT- and LT-water pump	kJ/kWh	50	80	100

Utilizamos la guía del motor ya que nos proporciona todos los datos necesarios para los cálculos de bombas, calentadores, etc. La vamos a seguir punto a punto para el cálculo de todos los valores que mostramos a continuación.

5.1-SISTEMA DE COMBUSTIBLE

5.1.1-CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES

MDO (Marine Diesel Oil)

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. ¹⁾	cSt	2.0	2.0	2.0	
Viscosity, before pilot fuel pump, max. ¹⁾	cSt	11.0	11.0	11.0	
Viscosity, before main injection pumps, min. ¹⁾	cSt	2.0	2.0	2.0	
Viscosity, before main fuel injection pumps, max. ¹⁾	cSt	24.0	24.0	24.0	
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 ³	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. ²⁾	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 ³⁾	ISO 10307-1
Oxidation stability, max.	g/m ³	25	25	25 ⁴⁾	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. ⁵⁾	°C	-6	-6	0	ISO 3016
Pour point (upper) , summer quality, max. ⁵⁾	°C	0	0	6	ISO 3016
Appearance	—	Clear and bright ⁶⁾		^{3) 4) 7)}	
Water, max.	% volume	—	—	0.3 ³⁾	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. ⁸⁾	µm	520	520	520 ⁷⁾	ISO 12156-1

HFO (Heavy Fuel Oil)

Table 6.3 HFO specifications

Property	Unit	Limit HFO 1	Limit HFO 2	Test method ref.
Viscosity, before injection pumps ¹⁾	cSt	16...24	16...24	
Viscosity at 50°C, max.	cSt	700	700	ISO 3104
Density at 15°C, max.	kg/m ³	991 / 1010 ²⁾	991 / 1010 ²⁾	ISO 3675 or 12185
CCAI, max. ³⁾		850	870	ISO 8217, Annex F
Sulphur, max. ^{4) 5)}	% mass	Statutory requirements		ISO 8754 or 14596
Flash point, min.	°C	60	60	ISO 2719
Hydrogen sulfide, max. ⁶⁾	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. ¹⁾	% mass	8	14	ASTM D 3279
Pour point (upper), max. ⁷⁾	°C	30	30	ISO 3016
Water, max.	% volume	0.5	0.5	ISO 3733 or ASTM D6304-C ¹⁾
Water before engine, max. ¹⁾	% volume	0.3	0.3	ISO 3733 or ASTM D6304-C ¹⁾
Ash, max.	% mass	0.05	0.15	ISO 6245 or LP1001 ¹⁾
Vanadium, max. ⁵⁾	mg/kg	100	450	ISO 14597 or IP 501 or IP 470

Property	Unit	Limit HFO 1	Limit HFO 2	Test method ref.
Sodium, max. ⁵⁾	mg/kg	50	100	IP 501 or IP 470
Sodium before engine, max. ^{1) 5)}	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. ¹⁾	mg/kg	15	15	ISO 10478 or IP 501 or IP 470
Used lubricating oil, calcium, max. ⁸⁾	mg/kg	30	30	IP 501 or IP 470
Used lubricating oil, zinc, max. ⁸⁾	mg/kg	15	15	IP 501 or IP 470
Used lubricating oil, phosphorus, max. ⁸⁾	mg/kg	15	15	IP 501 or IP 500

Principios de operación

Los motores Wartsila 50 funcionan en modo diesel/fuel.

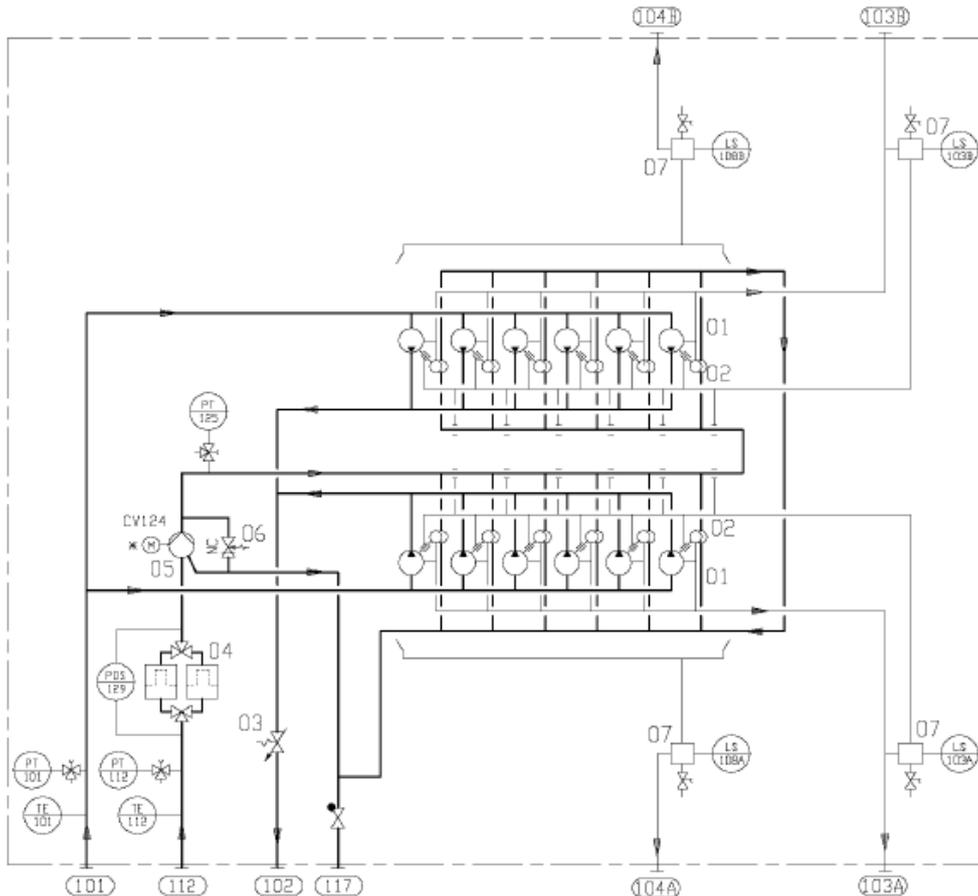
Operación en modo diesel

En el modo de funcionamiento diesel el motor funciona sólo con combustible líquido. El MDF o el HFO se utilizan como combustible en un sistema de inyección de combustible diesel convencional. El sistema de inyección piloto de MDF está siempre activo.

Sistema interno de combustible (HFO y MDO)

El esquema de este sistema es el siguiente:

Figure 6.10 Internal fuel oil system, V-engines (3V69E8746-1h)



* ELECTRICALLY DRIVEN PUMP IN CASE OF VARIABLE SPEED ENGINE (CPP)

System components:

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

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

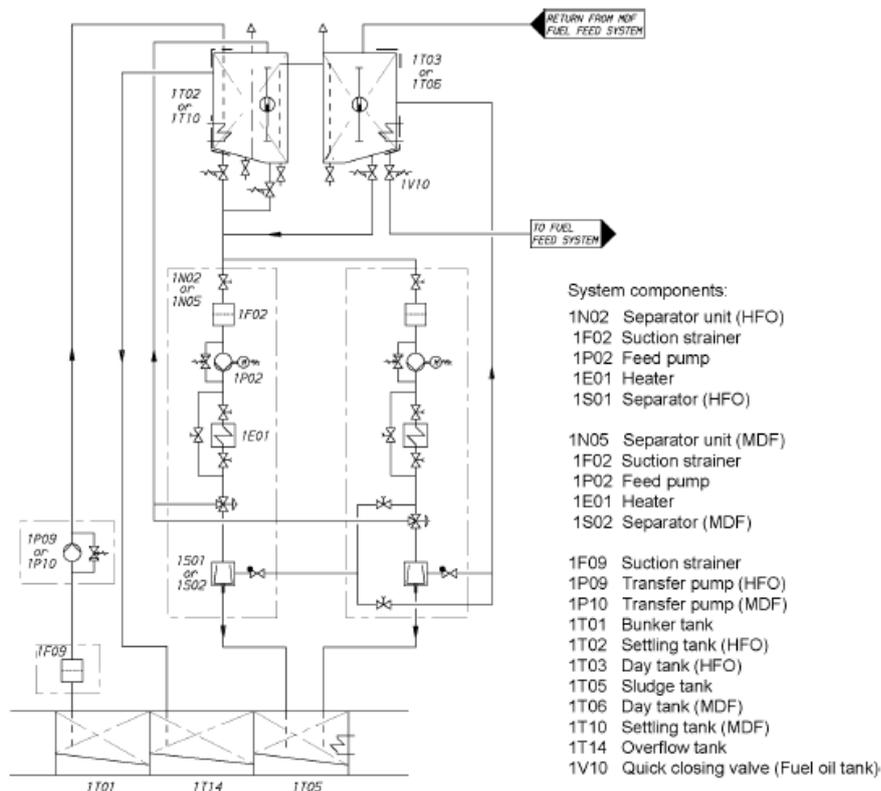
Hay conexiones separadas para las tuberías de combustible principal y diesel piloto. El combustible principal puede ser MDF o HFO. El combustible piloto es siempre MDF.

Una válvula de control de presión en la tubería de retorno de combustible principal en el motor mantiene la presión deseada antes de las bombas de inyección.

Sistema externo de combustible (HFO y MDO)

El esquema del sistema de combustible líquido es el siguiente:

Figure 6.12 Fuel transfer and separating system (3V76F6626d)



El diseño del sistema de combustible externo puede variar según el barco, pero cada sistema debe proporcionar el limpiado de combustible de la viscosidad y presión correctas para cada motor. Se requiere un control de temperatura para mantener la viscosidad del combustible estable antes de las bombas de inyección.

Todos los motores se conectan al mismo circuito que debe garantizarse en todas las condiciones de funcionamiento.

En el buque de proyecto disponemos de cuatro motores. La guía de proyecto de los motores recomienda la instalación de cuatro bombas de alimentación antes de cada motor para tener un único sistema de alimentación.

Sistema de trasiego de HFO

El sistema de trasiego de fuel oil lleva el fuel desde los tanques almacén hasta las depuradoras para su tratamiento. Esta es la primera etapa en el proceso de proporcionar el combustible a los motores.

El buque dispone de dos bombas de trasiego de fuel oil, una de las cuales es de respeto. Esta bomba permite trasegar el fuel oil desde el tanque almacén hasta el tanque de sedimentación en un tiempo máximo de cuatro horas a una presión de 4 bares.

$$Q = \frac{V_{T.Sed.}}{t} = 75,71 \text{ m}^3/h$$

Donde:

$V_{T.Sed.}$: volumen del tanque de sedimentación (302,854 m³)

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 15,54 \text{ CV} = 11,44 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b : caudal de la bomba (75,71 m³/h)

γ : peso específico del HFO (970 kg/m³)

H: altura de la bomba (40 m.c.a.)

η : rendimiento de la bomba (0,7)

Sistema de tratamiento de HFO

Los combustibles pesados tienen en general muchas impurezas y contenidos en agua que pueden llegar a un 2 %, pudiendo ser agua salada y, por tanto, con alto contenido en sodio, además de las impurezas añadidas por transporte y almacenamiento. Estas sustancias pueden dañar las bombas, los inyectores, las válvulas de exhaustación..., por lo que es necesario depurar el combustible.

Los tanques de sedimentación permiten realizar una primera separación de agua y lodos del combustible, después el combustible es impulsado hacia las centrifugadoras o purificadoras a través de las bombas de alimentación.

Normalmente se suelen instalar a bordo dos bombas de alimentación por cada purificadora, una de ellas de respeto. Estas bombas por regla general van incluidas en la purificadora y pueden ser de aspiración o impulsión dependiendo de la situación del tanque de sedimentación respecto a la purificadora.

Purificadoras de HFO

Tal y como indica la guía de proyecto del motor, instalaremos a bordo dos purificadoras del mismo tipo, una estará en funcionamiento y otra en standby.

$$Q = \frac{P \cdot b_e}{\rho} = \frac{(1 \cdot 15200 + 2 \cdot 17100) \cdot 189 \cdot 10^{-6}}{0,97} = 9,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

Q: caudal de la purificadora (m³/h)

P: potencia del motor en kW.

b_e: consumo de fuel (189·10⁻⁶ g/kWh)

ρ: densidad del fuel (0,97 t/m³)

La potencia consumida por la purificadora (datos de referencia de otros buques) ronda los 29 kW.

Bomba de las depuradoras de HFO

Esta bomba se utiliza para alimentar la purificadora de fuel oil. El caudal de la purificadora es 9,62 m³/h.

Se dispondrá de dos bombas, una en funcionamiento y otra de respeto, que bombearán el combustible desde los tanques de sedimentación hasta las purificadoras.

La potencia de las bombas será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 2,30 \text{ CV} = 1,70 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b: caudal de la bomba (9,62 m³/h)

γ: peso específico del HFO (970 kg/m³)

H: altura de la bomba (40 m.c.a.)

η: rendimiento de la bomba (0,6)

Necesidad de calefacción de HFO

La calefacción es necesaria para:

-Tanques de almacenamiento, tanques de sedimentación y tanques de uso diario

-Tubos

-Separadores

-Las unidades de alimentación de combustible. Tendrán una presión de diseño de 5 MPa.

Para permitir el bombeo la temperatura de los tanques de combustible siempre se debe mantener 5-10°C por encima del punto de viscosidad mínimo, por lo general a unos 40-50°C. Los serpentines de calefacción se diseñan para una temperatura de 60°C.

En el cuaderno 12 se hará el cálculo detallado del balance de vapor para la calefacción de los tanques hasta los 50 °C.

Podemos calcular la potencia de los calentadores como:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta T}{1700} = \frac{9620 \cdot (60 - 25)}{1700} = 198,05 \text{ kW}$$

P: potencia del calentador en kW.

Q: caudal de la bomba de alimentación en l/h (9.620)

ΔT : incremento de temperatura (°C)

Bomba de lodos

La bomba de lodos debe tener una capacidad suficiente para aspirar del tanque de lodos y descargar al tanque del incinerador o descargar a puerto en un tiempo estimado de 5 horas.

El caudal necesario para la bomba es:

$$Q = \frac{V_{T.Lodos}}{t} = \frac{73,905}{5} = 14,78 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 4,69 \text{ CV} = 3,45 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b: caudal de la bomba (14,78 m³/h)

γ : peso específico del HFO (1500 kg/m³)

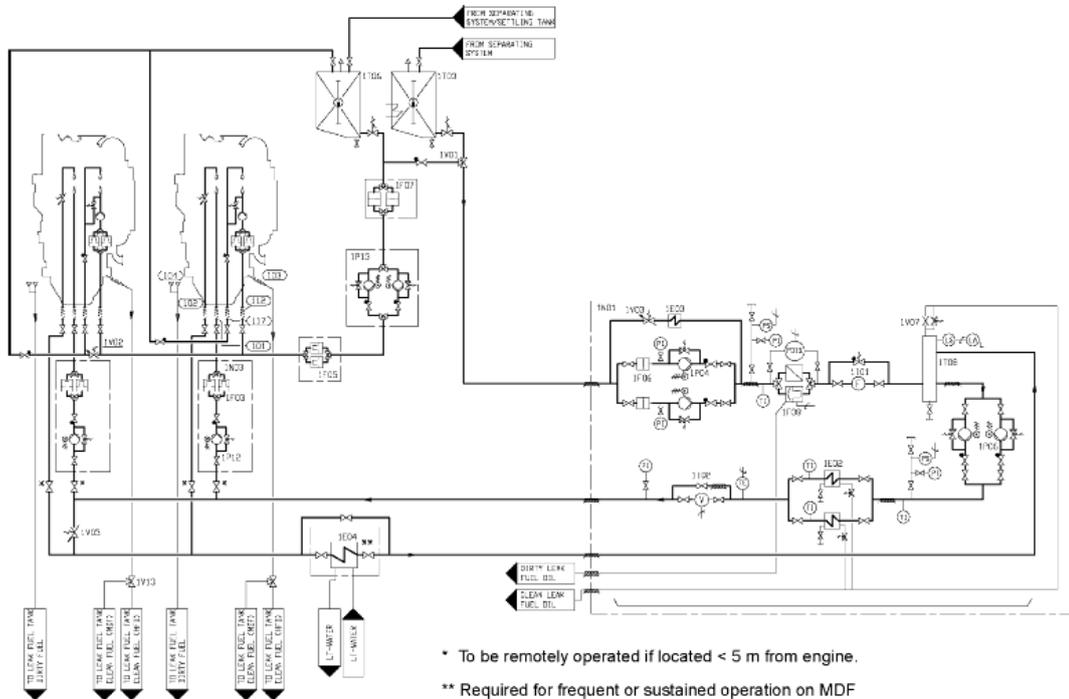
H: altura de la bomba (40 m.c.a.)

η : rendimiento de la bomba (0,7)

Sistema de alimentación de combustible HFO

Este sistema está diseñado tanto para trabajar con fuel como con diesel. Podemos ver sus distintos elementos en la siguiente figura:

Figure 6.14 Example of fuel oil system (HFO), multiple engine installation (DAAE010197f)



System components:

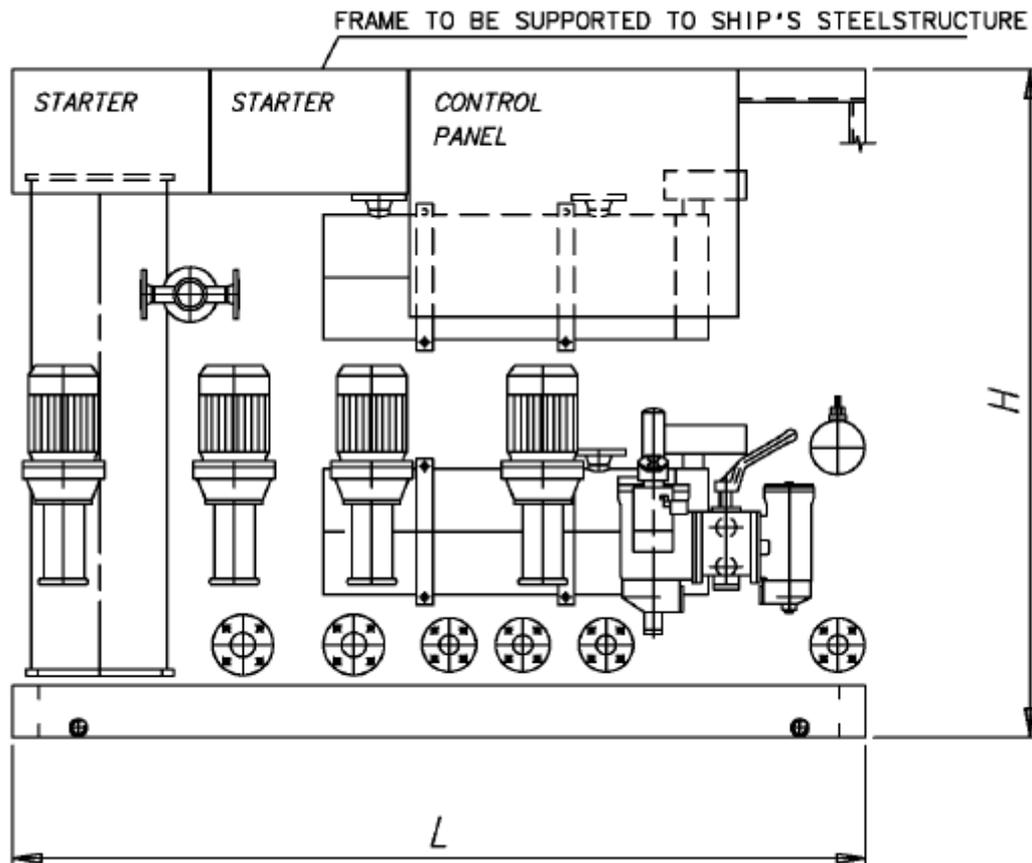
1E02	Heater (booster unit)	1P06	Circulation pump (booster unit)
1E03	Cooler (booster unit)	1P12	Circulation pump (HFO/MDF)
1E04	Cooler (MDF)	1P13	Pilot fuel feed pump (MDF)
1F03	Safety filter (HFO)	1T03	Day tank (HFO)
1F05	Fine filter (MDF)	1T06	Day tank (MDF)
1F06	Suction filter (booster unit)	1T08	De-aeration tank (booster unit)
1F07	Suction strainer (MDF)	1V01	Changeover valve
1F08	Automatic filter (booster unit)	1V02	Pressure control valve (MDF)
1I01	Flow meter (booster unit)	1V03	Pressure control valve (booster unit)
1I02	Viscosity meter (booster unit)	1V05	Overflow valve (HFO/MDF)
1N01	Feeder/booster unit	1V07	Venting valve (booster unit)
1N03	Pump and filter unit (HFO/MDF)	1V13	Change over valve for leak fuel
1P04	Fuel feed pump (booster unit)		

Desde los tanques de uso diario el combustible entra en el circuito de baja presión y es impulsado por las bombas de alimentación a una presión de 4 bares hasta el circuito de alta presión, en el que están las bombas de circulación que elevan su presión hasta 10 bares, de esta forma, el combustible tiene la presión adecuada a la entrada del motor.

El caudal de las bombas de circulación es mayor que el máximo consumo de los motores, el exceso de combustible es recirculado, bien al tanque de uso diario o bien a la aspiración de las bombas de circulación.

Antes de que el combustible llegue a los motores, este pasa a través de una serie de filtros para impedir que posibles impurezas puedan obstruir los inyectores. A continuación de pasar por los filtros y antes de entrar en el motor, un viscosímetro permite controlar la viscosidad del combustible para que esta sea la adecuada a la entrada del motor.

A continuación podemos ver un esquema de la unidad de alimentación (booster)



Esta unidad cuenta con los siguientes equipos:

- Dos filtros de aspiración
 - Dos bombas de alimentación de combustible de tipo tornillo, equipadas con válvulas de seguridad y motores eléctricos.
- Una válvula de control de presión y válvula de desbordamiento.
 - Un tanque a presión de desaireación, equipado con un interruptor de nivel operado por una válvula de ventilación.
- Dos bombas de circulación del mismo tipo que las bombas de alimentación de combustible.
- Dos calentadores (un calentador en funcionamiento, el otro de repuesto).
- Un filtro automático de lavado con filtro by-pass.
- Un viscosímetro para el control de los calentadores.

- Una válvula de control de vapor o aceite térmico de los calentadores y un armario de distribución para los calentadores eléctricos.
- Una válvula termostática para el control de emergencia de los calentadores.
- Un panel de alarma.

Bomba de alimentación de HFO

La bomba de alimentación de HFO mantiene la presión en el sistema de alimentación de combustible. Es recomendable el uso de una bomba de tornillo.

Se debe instalar un filtro de succión con una finura de 0,5 mm antes de cada bomba. Debe haber una presión estática positiva de aproximadamente 30 kPa en el lado de succión de la bomba.

Design data:

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 data:

Design temperature	100°C
Viscosity for dimensioning of electric motor	1000 cSt

El consumo de los motores conectados es de:

$$Q = \frac{(1 \cdot 15200 + 2 \cdot 17100) \cdot 189 \cdot 10^{-6}}{0,97} = 9,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Añadiremos un margen de un 10 % debido al flujo del filtro automático. El caudal de la bomba será, por tanto:

$$Q = 9,62 \cdot 1,10 = 10,58 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba de alimentación será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 2,17 \text{ CV} = 1,60 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b: caudal de la bomba (10,58 m³/h)

γ: peso específico del HFO (970 kg/m³)

H: altura de la bomba (70 m.c.a.)

η: rendimiento de la bomba (0,7)

Válvula de control de presión de la inyección

La válvula de control de presión en la unidad de alimentación mantiene la presión en el tanque de desaireación dirigiendo el flujo excedente hacia el lado de succión 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)

Filtro automático

Se recomienda instalar un filtro automático con un filtro de limpiado manual antes del calentador, entre la bomba de alimentación y el tanque de aireación.

El filtro se debe poder inutilizar para desconectar la calefacción cuando se opere el motor con MDF.

Tanque desaireador

Deberá estar equipado con un interruptor de alarma de bajo nivel y una válvula de ventilación. El tanque debe estar aislado y equipado con una bobina de calefacción. El volumen del tanque debe ser de al menos 100 l.

Bomba de circulación de la unidad de inyección

El propósito de esta bomba es hacer circular el combustible en el sistema y para mantener la presión requerida en las bombas de inyección. Haciendo circular el combustible en el sistema también se mantiene la viscosidad correcta, y se mantienen las tuberías y las bombas de inyección a temperatura de funcionamiento correcta.

Las características de la bomba se muestran a continuación:

Design data:

Capacity:

- without circulation pumps (1P12)	4 x the total consumption of the connected engines
- with circulation pumps (1P12)	15% more than total capacity of all circulation pumps
Design pressure	1.6 MPa (16 bar)
Max. total pressure (safety valve)	1.0 MPa (10 bar)
Design temperature	150°C
Viscosity for dimensioning of electric motor	500 cSt

El caudal de la bomba de alimentación será el mismo que el de las bombas anteriores pero con un margen de un 15 %.

$$Q = 9,62 \cdot 1,15 = 11,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 0,90 \text{ CV} = 0,67 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b : caudal de la bomba (11,06 m³/h)

γ : peso específico del HFO (970 kg/m³)

H: altura de la bomba (16 m.c.a.)

η : rendimiento de la bomba (0,7)

Calentador de la unidad de inyección

Es necesario tener un calentador de HFO para mantener la viscosidad del fuel a la entrada de los motores

El caudal de la bomba será:

$$Q = \frac{(1 \cdot 15200 + 2 \cdot 17100) \cdot 189 \cdot 10^{-6}}{0,97} = 9,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal de la bomba será el necesario para la combustión más un margen de un 15 %:

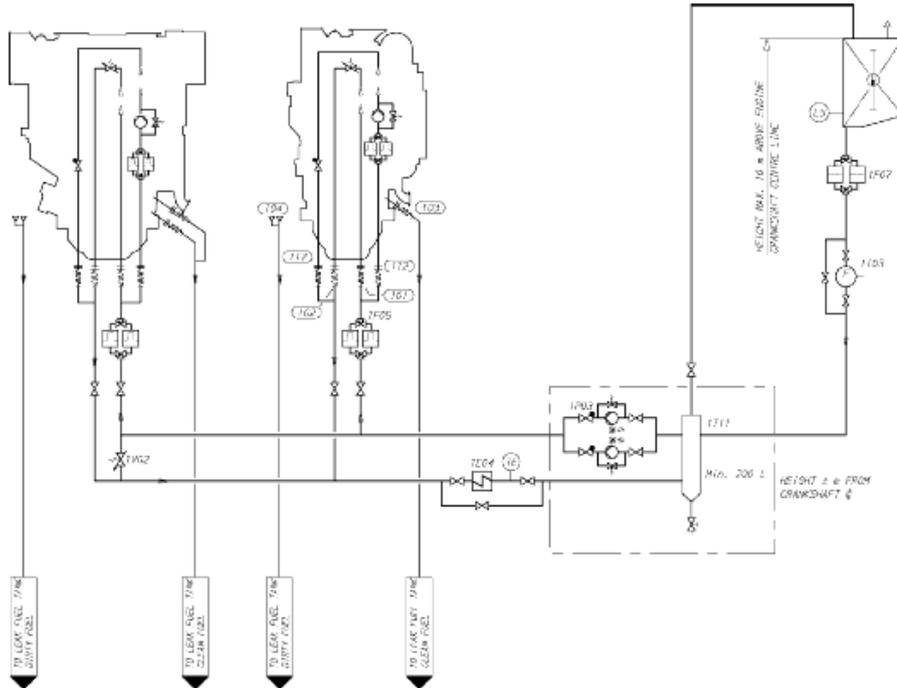
$$Q = 9,62 \cdot 1,15 = 11,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia del calentador la podemos calcular mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta T}{1700} = \frac{11060 \cdot 12,5}{1700} = 81,32 \text{ CV} = 59,85 \text{ kW}$$

Sistema de alimentación de combustible para MDO

Figure 6.13 Example of fuel feed system (DAAE015150d)



System components:

1E04	Cooler (MDF)	1P03	Circulation pump (MDF)
1F05	Fine filter (MDF)	1T06	Day tank (MDF)
1F07	Suction strainer (MDF)	1T11	Mixing tank, min. 200 l
1I03	Flowmeter (MDF)	1V02	Pressure control valve (MDF)

Pipe connections:

101	Fuel inlet	104	Leak fuel drain, dirty fuel
102	Fuel outlet	112	Pilot fuel inlet
103	Leak fuel drain, clean fuel	117	Pilot fuel outlet

Calcularemos también, las características de las bombas de diesel, para cuando sea necesario utilizarlo:

Bomba de alimentación

Design data:

Capacity	4 x the total consumption of the connected engines and the flush quantity of a possible automatic filter
Design pressure	1.6 MPa (16 bar)
Max. total pressure (safety valve)	1.0 MPa (10 bar)
Nominal pressure	see chapter "Technical Data"
Design temperature	50°C
Viscosity for dimensioning of electric motor	90 cSt

El consumo de los motores conectados es de:

$$Q = \frac{(1 \cdot 15200 + 2 \cdot 17100) \cdot 189 \cdot 10^{-6}}{0,90} = 10,374 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba de alimentación será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 3,458 \text{ CV} = 2,54 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b : caudal de la bomba (10,374 m³/h)

γ : peso específico del HFO (900 kg/m³)

H: altura de la bomba (70 m.c.a.)

η : rendimiento de la bomba (0,7)

Bomba de circulación de unidad de inyección

El caudal de la bomba de alimentación será el mismo que el de las bombas anteriores pero con un margen de un 15 %.

$$Q = 10,374 \cdot 1,15 = 11,93 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 0,91 \text{ CV} = 0,67 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b : caudal de la bomba (11,93 m³/h)

γ : peso específico del HFO (900 kg/m³)

H: altura de la bomba (16 m.c.a.)

η : rendimiento de la bomba (0,7)

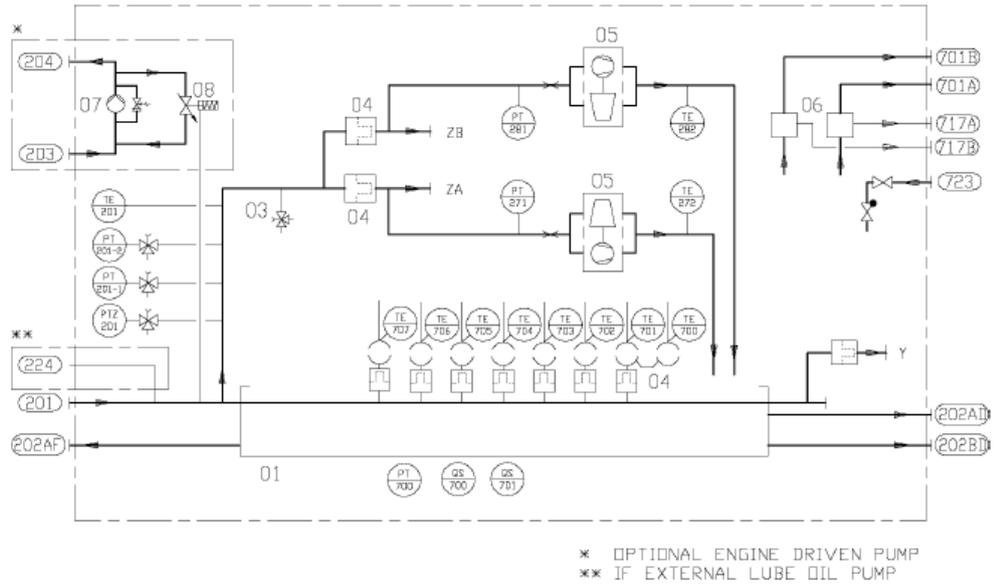
5.2-SISTEMA DE LUBRICACION

La lubricación de los mecanismos de transmisión y soporte del motor se realiza con aceites convencionales y diferentes a los empleados para el engrase de otras zonas como pueden ser las camisas.

El consumo de aceite de lubricación es pequeño y es resultado de las pérdidas en el circuito.

La lubricación de las camisas del motor presenta una mayor dificultad debido a la presencia de los residuos de la combustión y de componentes nocivos de los combustibles pesados, por lo que será necesario emplear aceites especiales.

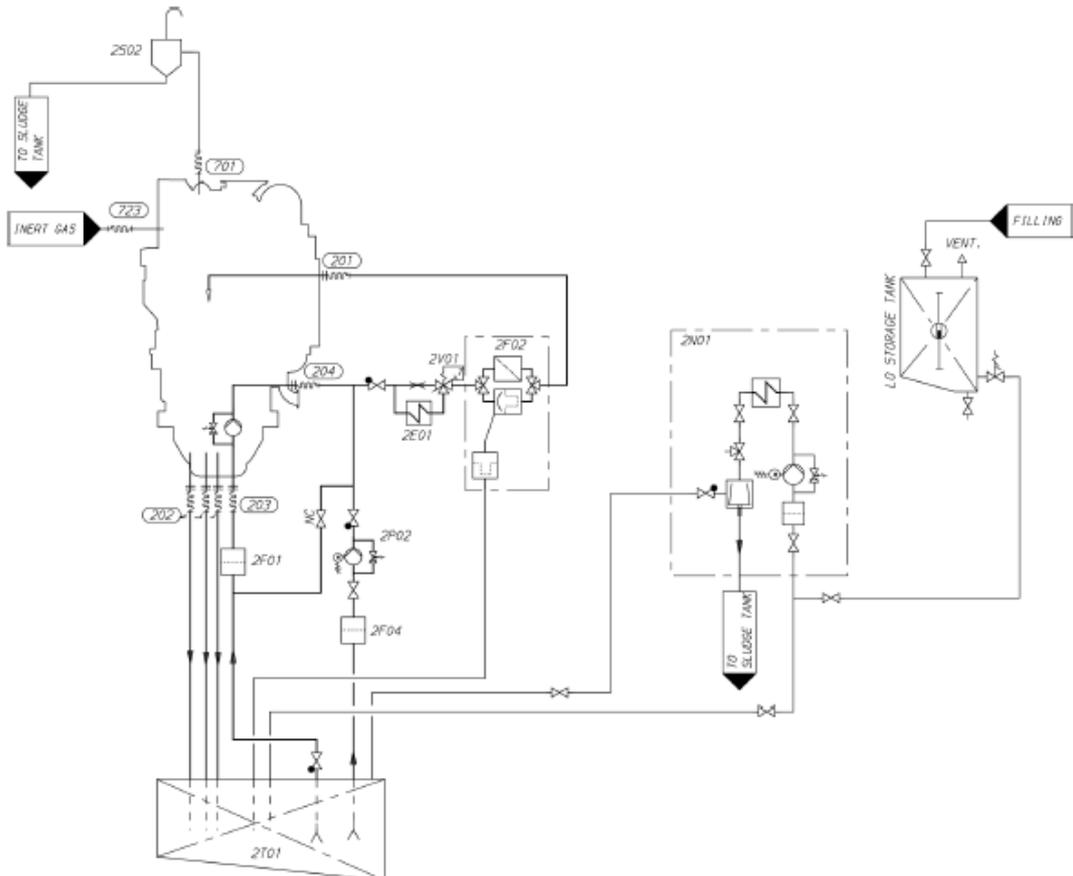
A continuación podemos ver el esquema del sistema de lubricación interior:



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 1)				

Esquema del sistema de lubricación exterior con bombas accionadas por el motor:



System components:

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

Pipe connections:

201	Lubricating oil inlet	204	Lubricating oil from engine driven pump
202	Lubricating oil outlet	701	Crankcase air vent
203	Lubricating oil to engine driven pump	723	Inert gas inlet

Sistema de tratamiento de aceite de lubricación

Purificadora de aceite de lubricación

La capacidad de la purificadora de aceite debe ser (según la guía de los motores):

$$Q = \frac{1,35 \cdot P \cdot n}{t} = \frac{1,35 \cdot (1 \cdot 15200 + 2 \cdot 17100) \cdot 5}{23} = 14.4497,82 \text{ l/h}$$

Donde:

Q: caudal en l/h.

P: potencia del motor en kW.

n: 5 para HFO, 4 para MDF.

t: tiempo de operación en h/día. 24 para continuo, 23 para dimensionamiento normal.

La potencia consumida por la purificadora (datos de otros buques), ronda los 20 kW.

Bomba de alimentación de la purificadora

La potencia de la bomba de alimentación de la purificadora será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 3,21 \text{ CV} = 2,36 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b: caudal de la bomba (14,45 m³/h)

γ: peso específico del HFO (900 kg/m³)

H: altura de la bomba (40 m.c.a.)

η: rendimiento de la bomba (0,6)

Sistema de alimentación de aceite de lubricación

A través de este sistema se surte a los motores de aceite lubricante ya tratado.

Bomba de prelubricación

La bomba de aceite de prelubricación es una bomba de tornillo equipada con una válvula de seguridad. La instalación de esta bomba de prelubricación es obligatoria.

La capacidad de la bomba de prelubricación es de 85 m³/h para los motores 16V50 y 100 m³/h para los motores 18V50

La potencia de las bombas de prelubricación es la siguiente:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{(1 \cdot 85 + 2 \cdot 100) \cdot 900 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 63,33 \text{ CV} = 46,61 \text{ kW}$$

Bomba principal de lubricación

Design data:

Capacity	see <i>Technical data</i>
Design pressure	1.0 MPa (10 bar)
Max. pressure (safety valve)	350 kPa (3.5 bar)
Design temperature	100°C
Viscosity for dimensioning of the electric motor	500 cSt

La capacidad de la bomba de lubricación es de 263 m³/h para los motores 16V50 y 335 m³/h para los motores 18V50.

Por tanto, la potencia de las bombas de lubricación es:

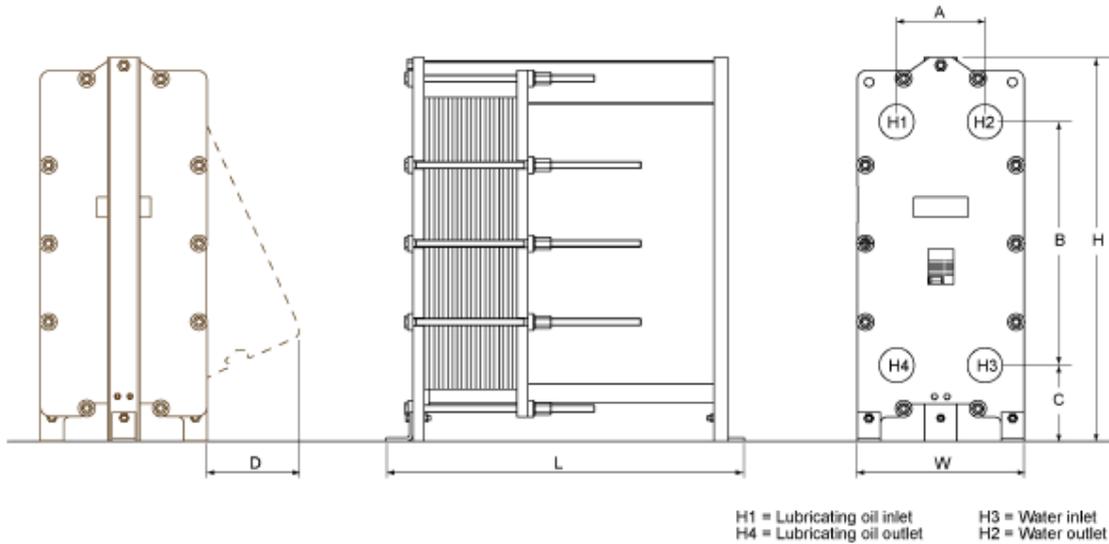
$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{(1 \cdot 263 + 2 \cdot 335) \cdot 900 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 207,33 \text{ CV} = 152,6 \text{ kW}$$

Enfriador de aceite de lubricación

El enfriador de aceite lubricante externo puede ser de placa o tipo tubular.

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%



Engine	Weight, dry [kg]	Dimensions [mm]						
		H	W	L	A	B	C	D
W 6L50DF	1180	1675	720	1237	380	1057	330	300
W 8L50DF	1220	1675	720	1237	380	1057	330	300
W 9L50DF	1250	1675	720	1487	380	1057	330	300
W 12V50DF	1390	1675	720	1737	380	1057	330	300
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 de aceite de lubricación

Es una válvula que controla la temperatura del aceite y está situada a la salida del enfriador de aceite de lubricación, es una válvula de tres vías, que devuelve parte del flujo o la totalidad de este.

Design data:

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

Filtro

Antes de introducir el aceite de lubricación en los motores debe pasar por un filtro para eliminar cualquier resto sólido o impureza que pueda contener.

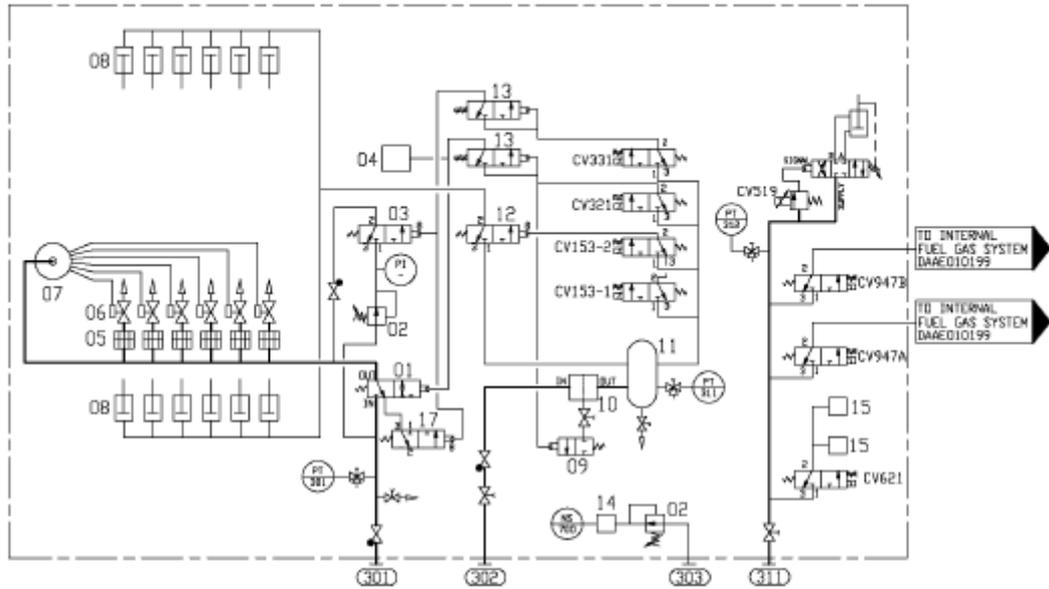
Design data:	
Oil viscosity	50 cSt (SAE 40, VI 95, approx. 63°C)
Design flow	see <i>Technical data, "Oil flow through engine"</i>
Design temperature	100°C
Design pressure	1.0 MPa (10 bar)
Fineness:	
- automatic filter	35 µm (absolute mesh size)
- insert filter	35 µm (absolute mesh size)
Max permitted pressure drops at 50 cSt:	
- clean filter	30 kPa (0.3 bar)
- alarm	80 kPa (0.8 bar)

5.3-SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

En principio haremos los cálculos para un solo generador y posteriormente los haremos extensivos a cuatro. Los motores arrancan por medio de aire comprimido 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.

Evidentemente, para un buen funcionamiento de los diferentes componentes en el sistema de aire comprimido, éste debe estar libre de partículas sólidas y/o aceite.

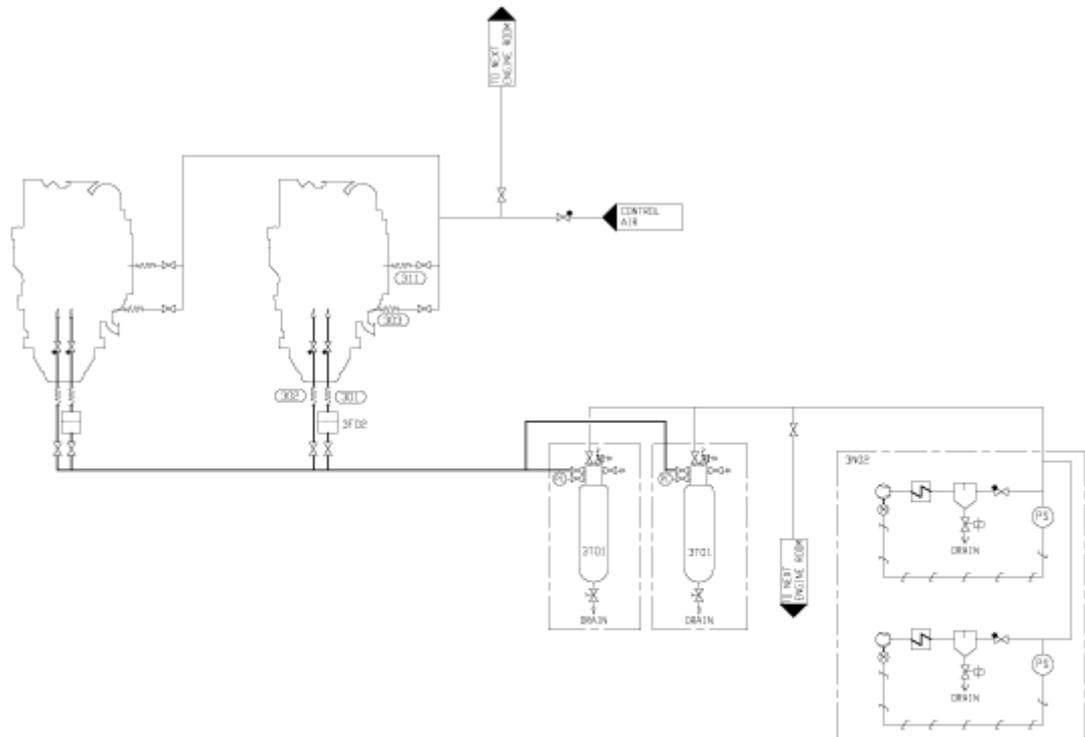
A continuación podemos ver el esquema interno de aire comprimido:



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

El esquema del sistema externo de aire comprimido es el siguiente:



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)

Compresor de aire de arranque (3N02)

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.

Separador de agua y aceite (3S01)

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

Botellas de aire de arranque (3T01)

Las botellas de aire de arranque 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.

Las botellas de aire de arranque deberán estar equipadas con al menos una válvula manual para el drenaje de condensado.

El volumen de aire requerido se puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$V_R = \frac{p_E \cdot V_E \cdot n}{p_{R_{\max}} - p_{R_{\min}}} = 4,5 \text{ m}^3$$

Donde:

V_R : volumen total de aire requerido para el arranque (m³)

p_E : presión atmosférica (0,1 MPa)

V_E : consumo de aire por arranque (9 Nm³)

n : número de arranques definidos por la Sociedad de Clasificación: 6 arranques (Pt. 4 Ch. 6 Sec. 5 I300, DNV).

$p_{R_{\max}}$: presión máxima del aire para el arranque (3MPa)

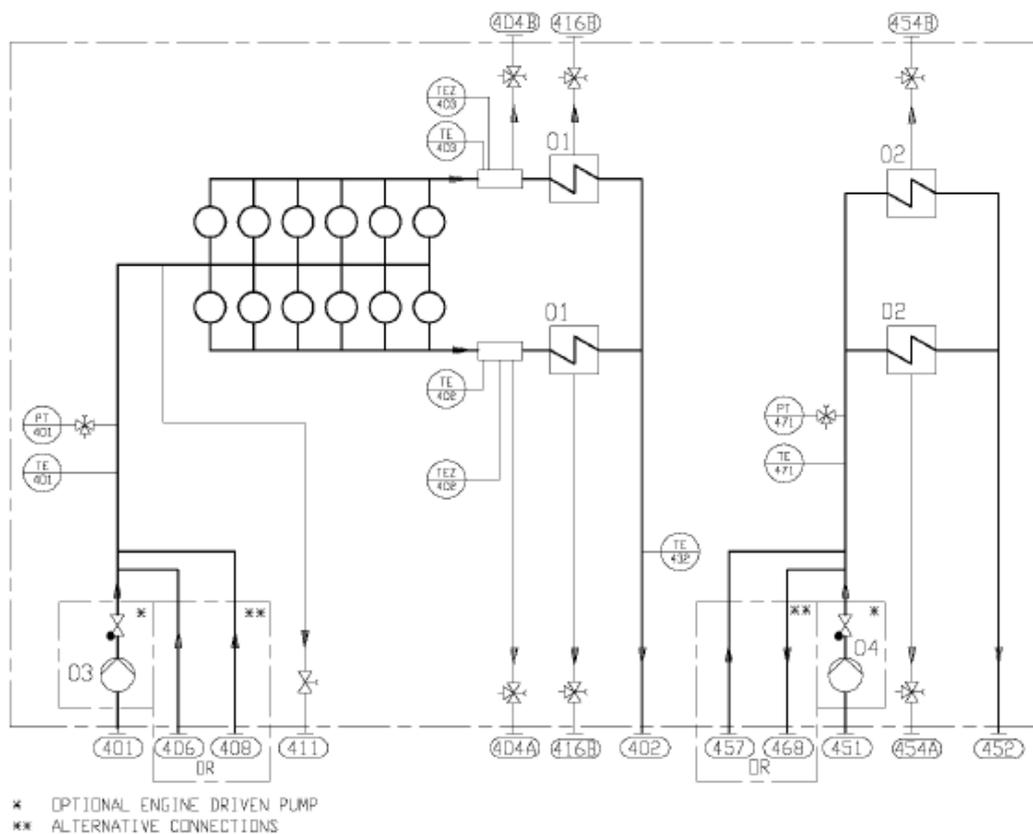
$p_{R_{\min}}$: presión mínima del aire para el arranque (1,8 MPa)

El volumen total debe dividirse en al menos dos botellas. Hay que tener en cuenta que tenemos 4 generadores y, por tanto, tendremos 8 botellas de arranque.

5.4-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AGUA

Los cálculos los realizaremos para un solo generador y una vez que tengamos todo calculado multiplicaremos por cuatro.

El esquema del sistema de refrigeración interno por agua dulce es el siguiente:



System components:

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

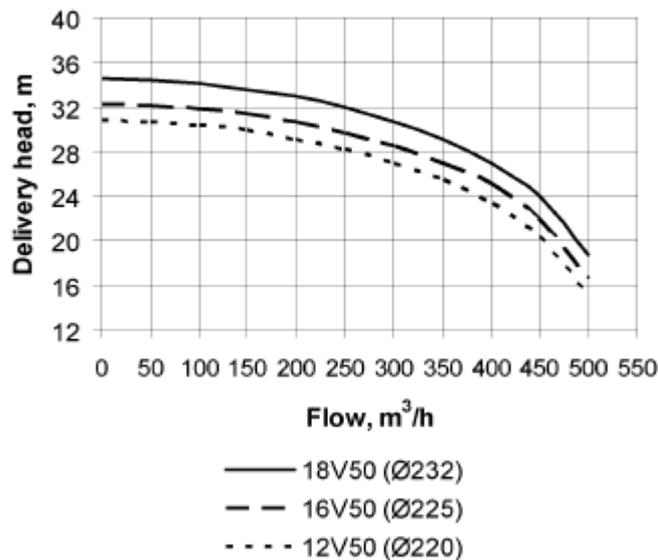
Bombas de refrigeración HT y LT

Las bombas de alta y baja temperatura son accionadas por el propio motor. Tendremos dos bombas de cada tipo, una principal y otra de respeto.

Bombas de agua a alta temperatura: tienen una capacidad de 400 m³/h (18V50) y 355 m³/h (16V50) y una presión nominal de 250 kPa. La temperatura de trabajo se sitúa en torno a los 74°C y la presión en la entrega depende del tanque de expansión.

Bombas de agua a baja temperatura: tienen una capacidad de 400 m³/h (18V50) y 355 m³/h (16V50) y una presión nominal de 250 kPa. La temperatura de trabajo se sitúa en torno a los 45°C y la presión en la entrega depende del tanque de expansión

Figure 9.6 Wärtsilä 50DF 514 rpm V-engine HT and LT cooling water pump curves (4V19L0333A)



La potencia de las bombas la calcularemos con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta}$$

La potencias de las bombas de HT y LT para motores 18V50 es:

$$P_{B_{HT}} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 1000 \cdot 27}{3600 \cdot 75 \cdot 0,7} = 114,28 \text{ CV} \rightarrow 84,11 \text{ kW}$$

$$P_{B_{LT}} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 1000 \cdot 27}{3600 \cdot 75 \cdot 0,7} = 114,28 \text{ CV} \rightarrow 84,11 \text{ kW}$$

La potencia de las bombas de HT y LT para motores 16V50 es:

$$P_{B_{HT}} = \frac{2 \cdot 355 \cdot 1000 \cdot 25}{3600 \cdot 75 \cdot 0,7} = 93,9 \text{ CV} \rightarrow 69,11 \text{ kW}$$

$$P_{B_{LT}} = \frac{2 \cdot 355 \cdot 1000 \cdot 25}{3600 \cdot 75 \cdot 0,7} = 93,9 \text{ CV} \rightarrow 69,11 \text{ kW}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b: caudal de la bomba (m³/h)

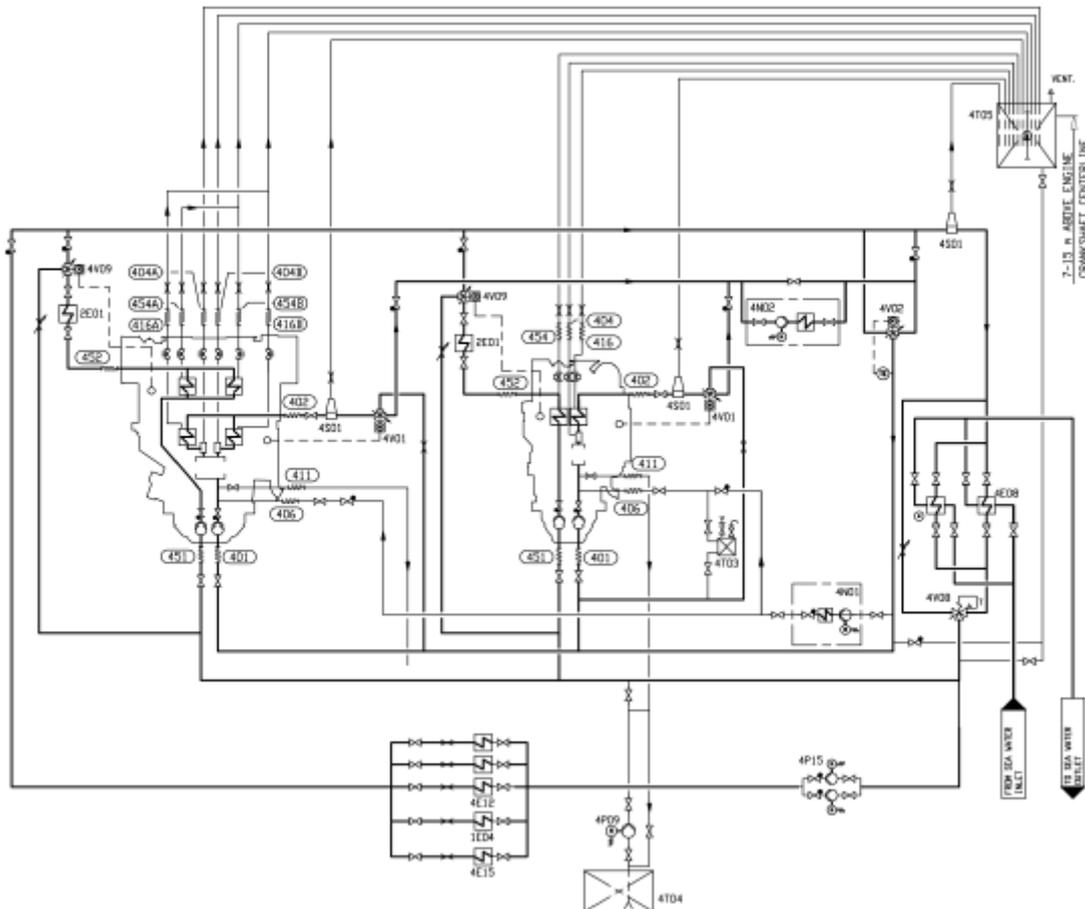
γ : peso específico del agua (1000 kg/m^3)

H: altura de la bomba (27 m. para agua caliente y para agua fría en motores 18V50 y 25 m. en motores 16V50)

η : rendimiento de la bomba (0,7)

El esquema del sistema externo de refrigeración es el siguiente:

Figure 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		

Bombas de circulación de agua salada

Las bombas de agua de mar deben estar siempre separadas del motor y ser de accionamiento eléctrico.

La capacidad de las bombas se determina por el tipo de refrigeradores y la cantidad de calor a disipar.

Para dimensionar la bomba de circulación de agua salada es preciso conocer el flujo necesario:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Partiendo de esta expresión podemos escribir:

$$\dot{m}_{as} \cdot c_{p_{as}} \cdot \Delta T_{as} = \dot{m}_{ad} \cdot c_{p_{ad}} \cdot \Delta T_{ad}$$

Donde:

\dot{m}_{as} : flujo de agua salada (m³/h)

\dot{m}_{ad} : flujo de agua dulce (m³/h)

$c_{p_{as}}$: calor específico del agua salada (4,04 kJ/kg°C)

$c_{p_{ad}}$: calor específico del agua dulce (4,20 kJ/kg°C)

ΔT_{as} : incremento de temperatura del agua salada (20 °C)

ΔT_{ad} : incremento de temperatura del agua dulce (25 °C)

Despejando:

$$\dot{m}_{as} = \frac{\dot{m}_{ad} \cdot c_{p_{ad}} \cdot \Delta T_{ad}}{c_{p_{as}} \cdot \Delta T_{as}} = \frac{(2 \cdot 355 + 2 \cdot 400) \cdot 4,20 \cdot 25}{4,04 \cdot 20} = 1.962,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por tanto, la potencia de la bomba de circulación de agua salada es:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{1962,25 \cdot 1025 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,7} = 425,67 \text{ CV} \rightarrow 313,3 \text{ kW}$$

5.5-VENTILACIÓN EN CÁMARA DE MÁQUINAS

A continuación se procede al cálculo del flujo de aire necesario para la ventilación de la cámara de máquinas. Se utiliza como guía la norma UNE-ENISO 8861.

Las condiciones de trabajo que se consideran adecuadas son de una temperatura entre 5 y 40 °C y una humedad relativa del 90 %.

Flujo de aire para la combustión de los motores generadores

Calculamos el flujo de aire necesario con la siguiente fórmula:

$$q_{dg} = \frac{m'}{\rho} = \frac{1 \cdot 30,1}{1,13} + \frac{2 \cdot 33,8}{1,13} = 86,46 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

q_{dg} : flujo de aire necesario para la combustión (m³/s)

m' : consumo de aire (kg/s)

Motor	Potencia	Consumo de aire
16V50	15.200 kW	30,1 kg/s
18V50	17.100 kW	33,8 kg/s

ρ : densidad del aire (1,13 kg/m³)

Flujo de aire para la evacuación del calor emitido

El flujo de aire necesario para evacuar el calor generado por radiación de los elementos que están instalados en la cámara de máquinas se calcula mediante la fórmula:

$$q_h = \frac{\Phi_{dg} + \Phi_{el} + \Phi_o}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} - 0,4 \cdot q_{dg} = \frac{4940 + 9880}{1,13 \cdot 1,01 \cdot 12,5} - 0,4 \cdot 86,46 = 1004,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

q_h : flujo de aire necesario (m³/s)

Φ_{dg} : emisión de calor del generador (es) (kW)

Φ_{el} : emisión de calor de las instalaciones eléctricas (kW)

Φ_o : emisión de calor de otros componentes (kW)

q_{dp} : flujo de aire necesario para la combustión (m³/s)

ρ : densidad del aire (1,13 kg/m³)

c : calor específico del aire (1,01 kJ/kgK)

ΔT : aumento de temperatura en la cámara de máquinas (K)

Para realizar el cálculo de la emisión de calor de generador utilizamos la siguiente fórmula:

$$\Phi_{dg} = P_{dp} \cdot \frac{\Delta h_d}{100} = (2 \cdot 17100 + 1 \cdot 15200) \cdot 0,10 = 4.940 \text{ kW}$$

Donde:

P_{dp} : es la potencia normalizada de servicio de los motores generadores al máximo (kW)

Δh_d : es la pérdida de calor de los motores, en porcentaje

El cálculo de la emisión de calor de la instalación eléctrica se puede aproximar como el 20 % de la potencia total de la instalación eléctrica.

$$\Phi_{el} = P_{el} \cdot 0,20 = (2 \cdot 17100 + 1 \cdot 15200) \cdot 0,20 = 9.880 \text{ kW}$$

Donde:

Φ_{el} : emisión de calor de las instalaciones eléctricas (kW)

P_{el} : potencia de la instalación eléctrica (kW)

Flujo de aire total

El flujo de aire total (Q) es la suma del flujo de aire necesario para la combustión más el flujo de calor radiado:

$$Q = q_{dg} + q_h = 86,46 + 1004,23 = 1.090,69 \text{ m}^3/\text{s}$$

El flujo de aire total en m³/h es:

$$Q = 1090,69 \frac{m^3}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h} = 3.926.484 m^3/h$$

Potencia de los ventiladores

La potencia total de los ventiladores que deberemos instalar en la cámara de máquinas es la siguiente:

$$P = \frac{Q \cdot p}{75 \cdot 3600 \cdot \eta} = 894,92 CV = 658,66 kW$$

Donde:

P: potencia total en CV

Q: flujo total de aire (3.926.484 m³/h)

p: presión (40 mm.ca)

η: rendimiento (0,65)

6-DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

En los planos anexos podemos ver una vista longitudinal que muestra la representación esquemática de la cámara de máquinas. Al mismo tiempo, también podemos ver planos esquemáticos de las cubiertas que hay en cámara de máquinas:

- Doble fondo.
- Cubierta a 11,5 m. sobre la línea base.
- Cubierta a 14,9 m. sobre la línea base.
- Cubierta a 18,3 m.sobre la línea base.

7-BIBLIOGRAFÍA

- Catálogo de motores Wärtsila.
- NORMA UNE-EN ISO 8861.

ANEXO I

Catálogo motores Wärtsilä

3.6 Wärtsilä 16V50DF

Wärtsilä 16V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2		ME IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975		975	
Engine speed	rpm	500		514		514	
Engine output	kW	15200		15600		15600	
Mean effective pressure	MPa	2.0		2.0		2.0	
Combustion air system (Note 1)							
Flow at 100% load	kg/s	24.5	30.1	24.4	30.0	24.4	29.1
Temperature at turbocharger intake, max.	°C	45		45		45	
Temperature after air cooler, nom. (TE 601)	°C	45	50	45	50	45	50
Exhaust gas system							
Flow at 100% load	kg/s	25.1	30.9	25.1	30.9	25.1	30.0
Flow at 75% load	kg/s	18.9	23.9	18.9	23.9	19.2	22.3
Flow at 50% load	kg/s	14.4	16.9	14.4	16.9	14.1	16.2
Temperature after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	373	343	373	343	369	350
Temperature after turbocharger at 75% load (TE 517)	°C	424	351	424	351	388	380
Temperature after turbocharger at 50% load (TE 517)	°C	426	385	426	385	390	370
Backpressure, max.	kPa	4		4		4	
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	1289	1397	1289	1397	1285	1384
Heat balance at 100% load (Note 2)							
Jacket water, HT-circuit	kW	1760	2723	1760	2723	1707	2880
Charge air, HT-circuit	kW	2240	3360	2240	3360	2293	3307
Charge air, LT-circuit	kW	1333	1680	1333	1680	1333	1627
Lubricating oil, LT-circuit	kW	1253	2080	1253	2080	1253	2187
Radiation	kW	427	480	427	480	560	613
Fuel consumption (Note 3)							
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7300	-	7300	-	7300	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	7620	-	7620	-	7490	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8260	-	8260	-	7830	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7258	-	7258	-	7258	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7562	-	7562	-	7429	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8153	-	8153	-	7734	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.0	189	1.0	189	1.0	190
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	1.5	192	1.5	192	1.5	196
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	2.4	204	2.4	204	2.3	200
Fuel gas system (Note 4)							
Gas pressure at engine inlet, min (PT901)	kPa (a)	472	-	472	-	472	-
Gas pressure to Gas Valve unit, min	kPa (a)	592	-	592	-	592	-
Gas temperature before Gas Valve Unit	°C	0...60	-	0...60	-	0...60	-
Fuel oil system							
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	800±50		800±50		800±50	
Fuel oil flow to engine, approx	m³/h	16.2		16.6		16.7	
HFO viscosity before the engine	cSt	-	16...24	-	16...24	-	16...24
Max. HFO temperature before engine (TE 101)	°C	-	140	-	140	-	140
MDF viscosity, min.	cSt	2.0		2.0		2.0	
Max. MDF temperature before engine (TE 101)	°C	45		45		45	
Leak fuel quantity (HFO), clean fuel at 100% load	kg/h	-	12.1	-	12.1	-	12.4
Leak fuel quantity (MDF), clean fuel at 100% load	kg/h	32.1	60.3	32.1	60.3	31.1	62.2
Pilot fuel (MDF) viscosity before the engine	cSt	2...11		2...11		2...11	
Pilot fuel pressure at engine inlet (PT 112)	kPa	400...800		400...800		400...800	
Pilot fuel pressure drop after engine, max	kPa	150		150		150	
Pilot fuel return flow at 100% load	kg/h	317		317		317	
Lubricating oil system (Note 5)							
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	400		400		400	
Pressure after pump, max.	kPa	800		800		800	
Suction ability, including pipe loss, max.	kPa	40		40		40	
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	80		80		80	
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63		63		63	
Temperature after engine, approx.	°C	78		78		78	
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	263		272		279	

Wärtsilä 16V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2		ME IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975		975	
Engine speed	rpm	500		514		514	
Pump capacity (main), electrically driven	m ³ /h	260		260		260	
Oil flow through engine	m ³ /h	230		230		230	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m ³ /h	85.0 / 85.0		85.0 / 85.0		85.0 / 85.0	
Oil volume in separate system oil tank	m ³	22		22		22	
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5		0.5		0.5	
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	3600		3600		3600	
Crankcase volume	m ³	39.4		39.4		39.4	
Crankcase ventilation backpressure, max.	Pa	500		500		500	
Oil volume in turning device	l	68.0...70.0		68.0...70.0		68.0...70.0	
Oil volume in speed governor	l	6.2		6.2		6.2	
HT cooling water system							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	250 + static		250 + static		250 + static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	480		480		480	
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	74		74		74	
Temperature after charge air cooler, nom.	°C	91		91		91	
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	355		355		355	
Pressure drop over engine, total	kPa	50		50		50	
Pressure drop in external system, max.	kPa	150		150		150	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
Water volume in engine	m ³	2.1		2.1		2.1	
LT cooling water system							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 471)	kPa	250+ static		250+ static		250+ static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 471)	kPa	440		440		440	
Temperature before engine, max. (TE 471)	°C	38		38		38	
Temperature before engine, min. (TE 471)	°C	25		25		25	
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	355		355		355	
Pressure drop over charge air cooler	kPa	30		30		30	
Pressure drop in external system, max.	kPa	200		200		200	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
Starting air system (Note 6)							
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 ³	7.8		7.8		7.8	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm ³	9.4		9.4		9.4	

Notes:

- Note 1 At Gas LHV 49620kJ/kg
- Note 2 At 100% output and nominal speed. The figures are valid for ambient conditions according to ISO 15550, except for LT-water temperature, which is 35°C in gas operation and 45°C in back-up fuel operation. And with engine driven water, lube oil and pilot fuel pumps.
- Note 3 According to ISO 15550, lower calorific value 42700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. Gas Lower heating value >28 MJ/m³N and Methane Number High (>80). The fuel consumption BSEC and SFOC are guaranteed at 100% load and the values at other loads are given for indication only.
- Note 4 Fuel gas pressure given at LHV ≥ 36MJ/m³N. Required fuel gas pressure depends on fuel gas LHV and need to be increased for lower LHV's. Pressure drop in external fuel gas system to be considered. See chapter Fuel system for further information.
- Note 5 Lubricating oil treatment losses and oil changes are not included in oil consumption. The lubricating oil volume of the governor is depending of the governor type.
- Note 6 At manual starting the consumption may be 2...3 times lower.

ME = Engine driving propeller, variable speed

DE = Diesel-Electric engine driving generator

Subject to revision without notice.

3.7 Wärtsilä 18V50DF

Wärtsilä 18V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2	
		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	
Combustion air system (Note 1)					
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
Exhaust gas system					
Flow at 100% load	kg/s	28.2	34.7	28.2	34.7
Flow at 75% load	kg/s	21.3	26.9	21.3	26.9
Flow at 50% load	kg/s	16.2	19.0	16.2	19.0
Temperature after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	373	343	373	343
Temperature after turbocharger at 75% load (TE 517)	°C	424	351	424	351
Temperature after turbocharger at 50% load (TE 517)	°C	426	385	426	385
Backpressure, max.	kPa	4		4	
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	1366	1480	1366	1480
Heat balance at 100% load (Note 2)					
Jacket water, HT-circuit	kW	1980	3120	1980	3120
Charge air, HT-circuit	kW	2520	3780	2520	3780
Charge air, LT-circuit	kW	1500	1890	1500	1890
Lubricating oil, LT-circuit	kW	1410	2340	1410	2340
Radiation	kW	480	540	480	540
Fuel consumption (Note 3)					
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7300	-	7300	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	7620	-	7620	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8260	-	8260	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7258	-	7258	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7562	-	7562	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8153	-	8153	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.0	189	1.0	189
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	1.5	192	1.5	192
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	2.4	204	2.4	204
Fuel gas system (Note 4)					
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	-
Fuel oil system					
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	800±50		800±50	
Fuel oil flow to engine, approx	m³/h	18.2		18.7	
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 pressure drop after engine, max	kPa	150		150	
Pilot fuel return flow at 100% load	kg/h	325		325	
Lubricating oil system (Note 5)					
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	m³/h	335		345	

Wärtsilä 18V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
Pump capacity (main), electrically driven	m ³ /h	335		335	
Oil flow through engine	m ³ /h	260		260	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m ³ /h	100.0 / 100.0		100.0 / 100.0	
Oil volume in separate system oil tank	m ³	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 ³	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	
HT cooling water system					
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	91		91	
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	400		400	
Pressure drop over engine, total	kPa	50		50	
Pressure drop in external system, max.	kPa	150		150	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150	
Water volume in engine	m ³	2.6		2.6	
LT cooling water system					
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	45		45	
Temperature before engine, min. (TE 471)	°C	25		25	
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	400		200	
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	
Starting air system (Note 6)					
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 ³	9.0		9.0	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm ³	10.8		10.8	

Notes:

- Note 1 At Gas LHV 49620kJ/kg
- Note 2 At 100% output and nominal speed. The figures are valid for ambient conditions according to ISO 15550, except for LT-water temperature, which is 35°C in gas operation and 45°C in back-up fuel operation. And with engine driven water, lube oil and pilot fuel pumps.
- Note 3 According to ISO 15550, lower calorific value 42700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. Gas Lower heating value >28 MJ/m³N and Methane Number High (>80). The fuel consumption BSEC and SFOC are guaranteed at 100% load and the values at other loads are given for indication only.
- Note 4 Fuel gas pressure given at LHV ≥ 36MJ/m³N. Required fuel gas pressure depends on fuel gas LHV and need to be increased for lower LHV's. Pressure drop in external fuel gas system to be considered. See chapter Fuel system for further information.
- Note 5 Lubricating oil treatment losses and oil changes are not included in oil consumption. The lubricating oil volume of the governor is depending of the governor type.
- Note 6 At manual starting the consumption may be 2...3 times lower.

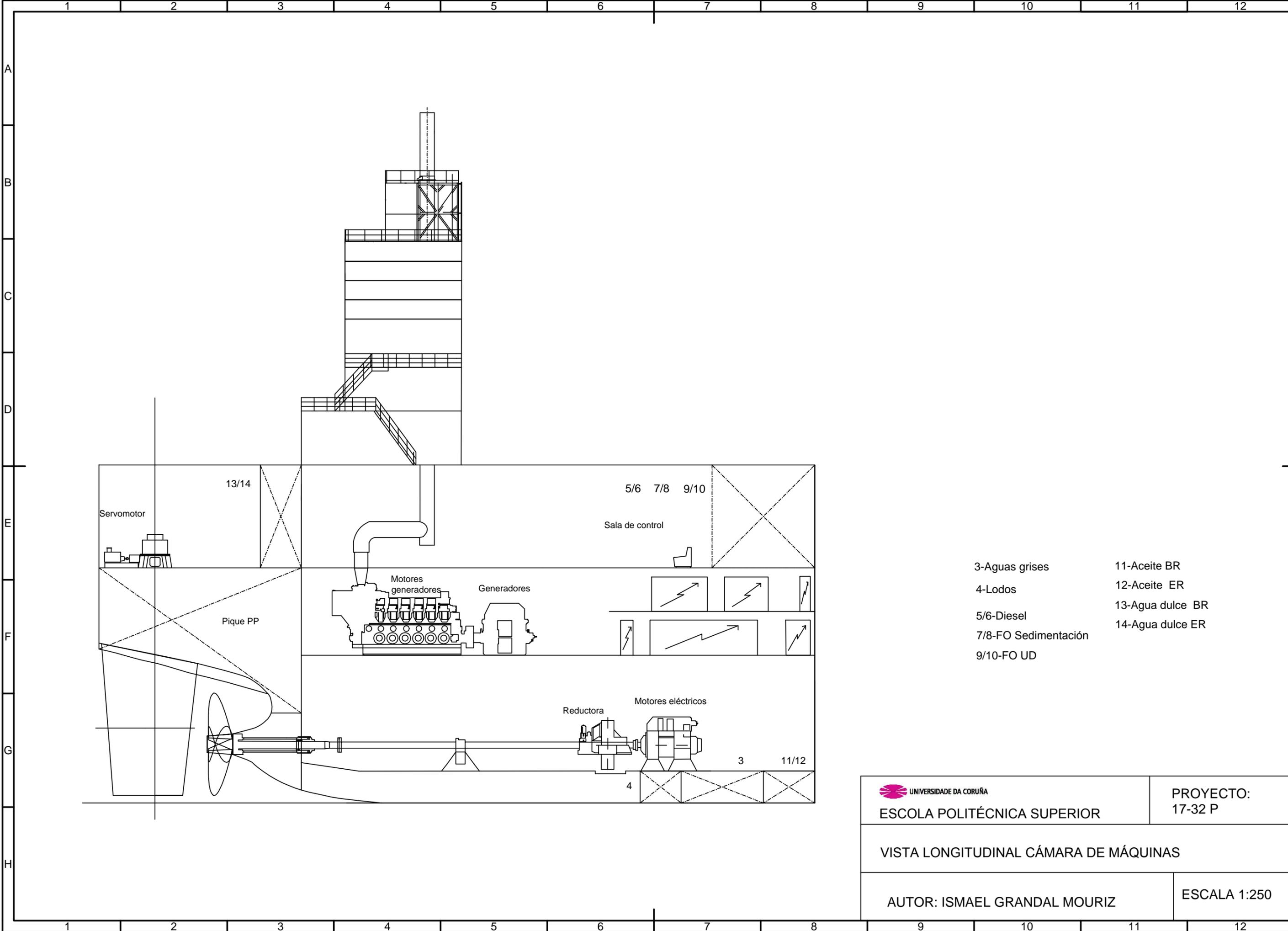
ME = Engine driving propeller, variable speed

DE = Diesel-Electric engine driving generator

Subject to revision without notice.

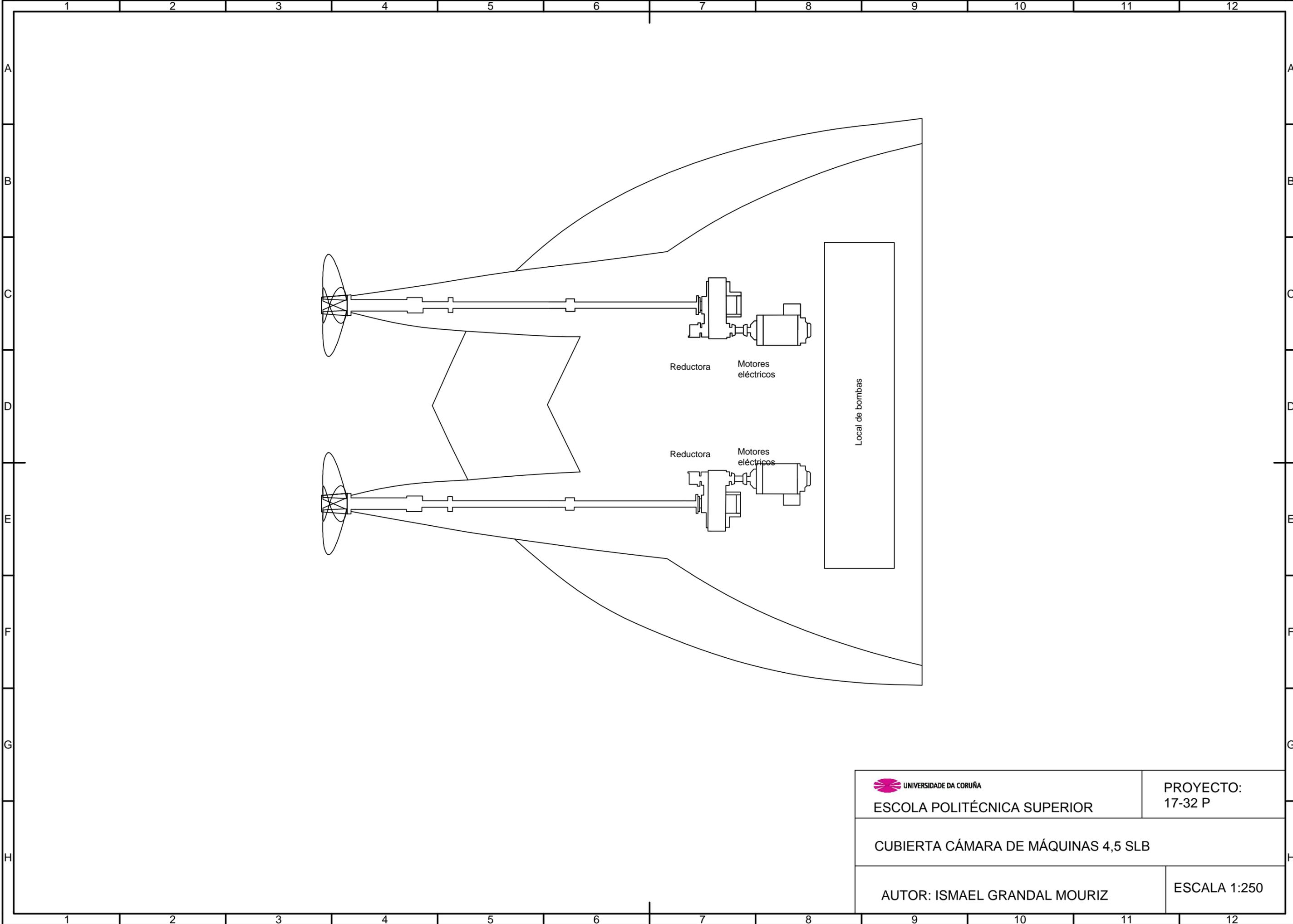
ANEXO II

Planos de cubiertas en cámara de
máquinas

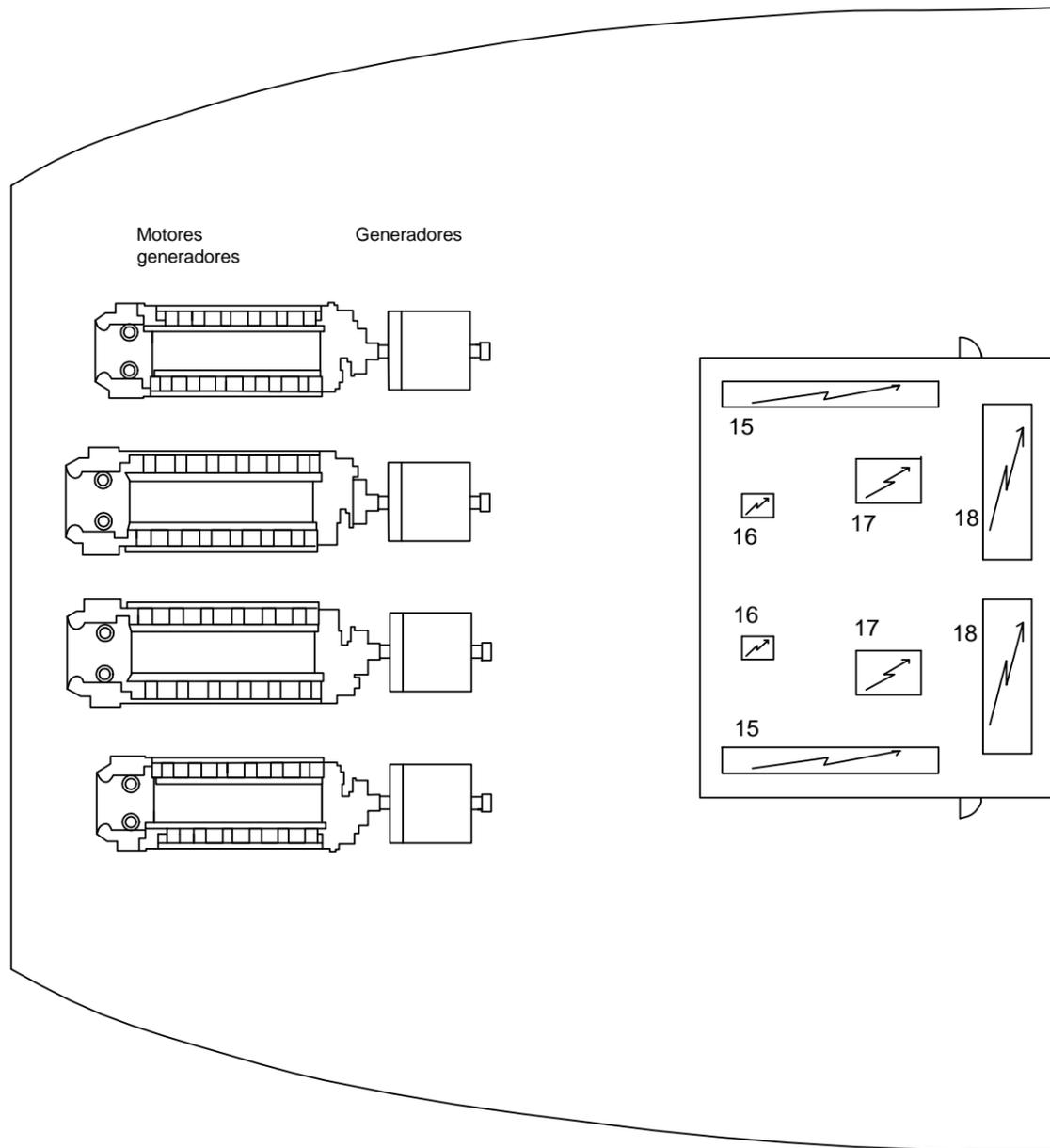


- 3-Aguas grises
- 4-Lodos
- 5/6-Diesel
- 7/8-FO Sedimentación
- 9/10-FO UD
- 11-Aceite BR
- 12-Aceite ER
- 13-Agua dulce BR
- 14-Agua dulce ER

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO: 17-32 P
	VISTA LONGITUDINAL CÁMARA DE MÁQUINAS
AUTOR: ISMAEL GRANDAL MOURIZ	
ESCALA 1:250	

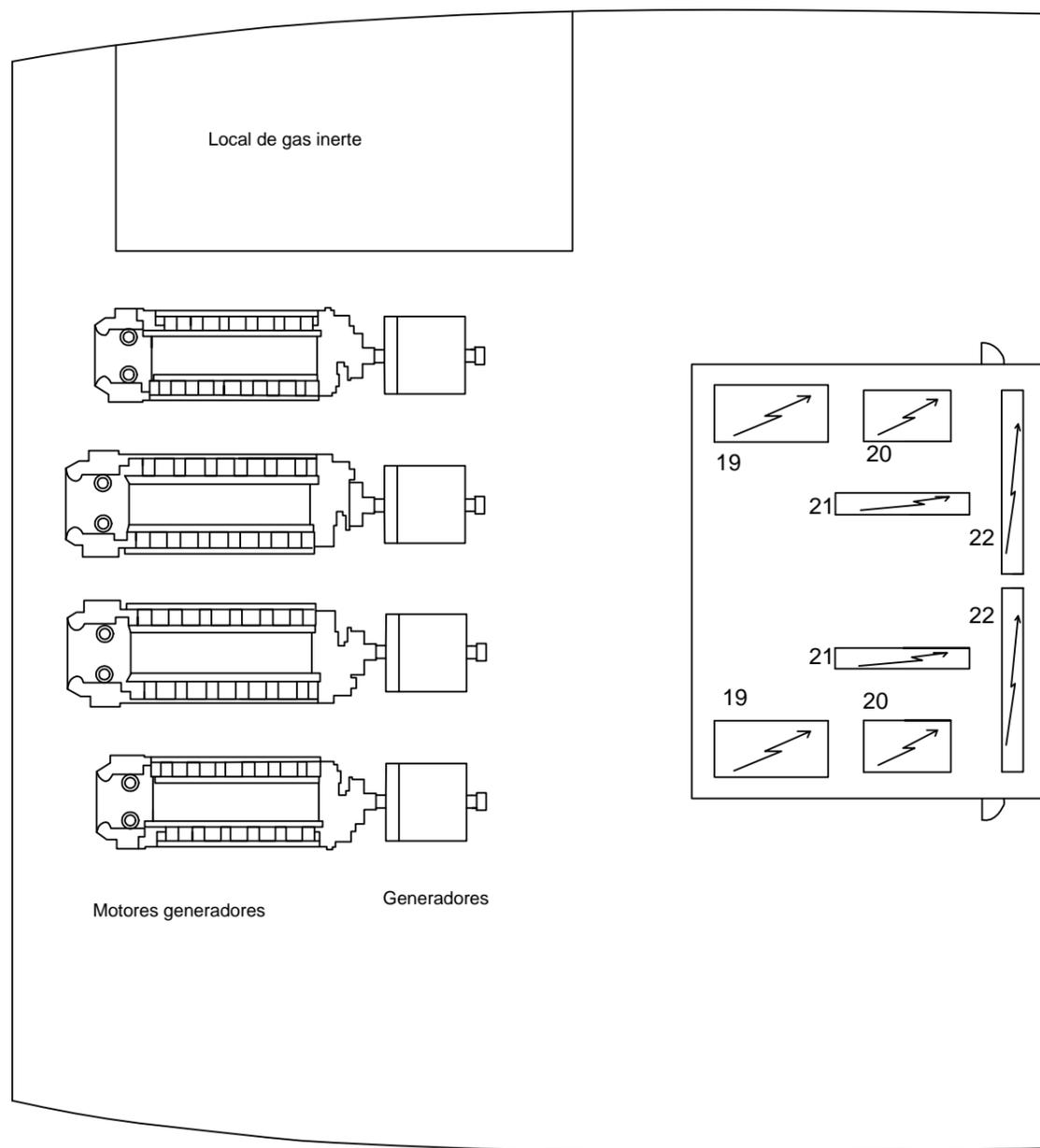


 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO: 17-32 P
CUBIERTA CÁMARA DE MÁQUINAS 4,5 SLB	
AUTOR: ISMAEL GRANDAL MOURIZ	ESCALA 1:250



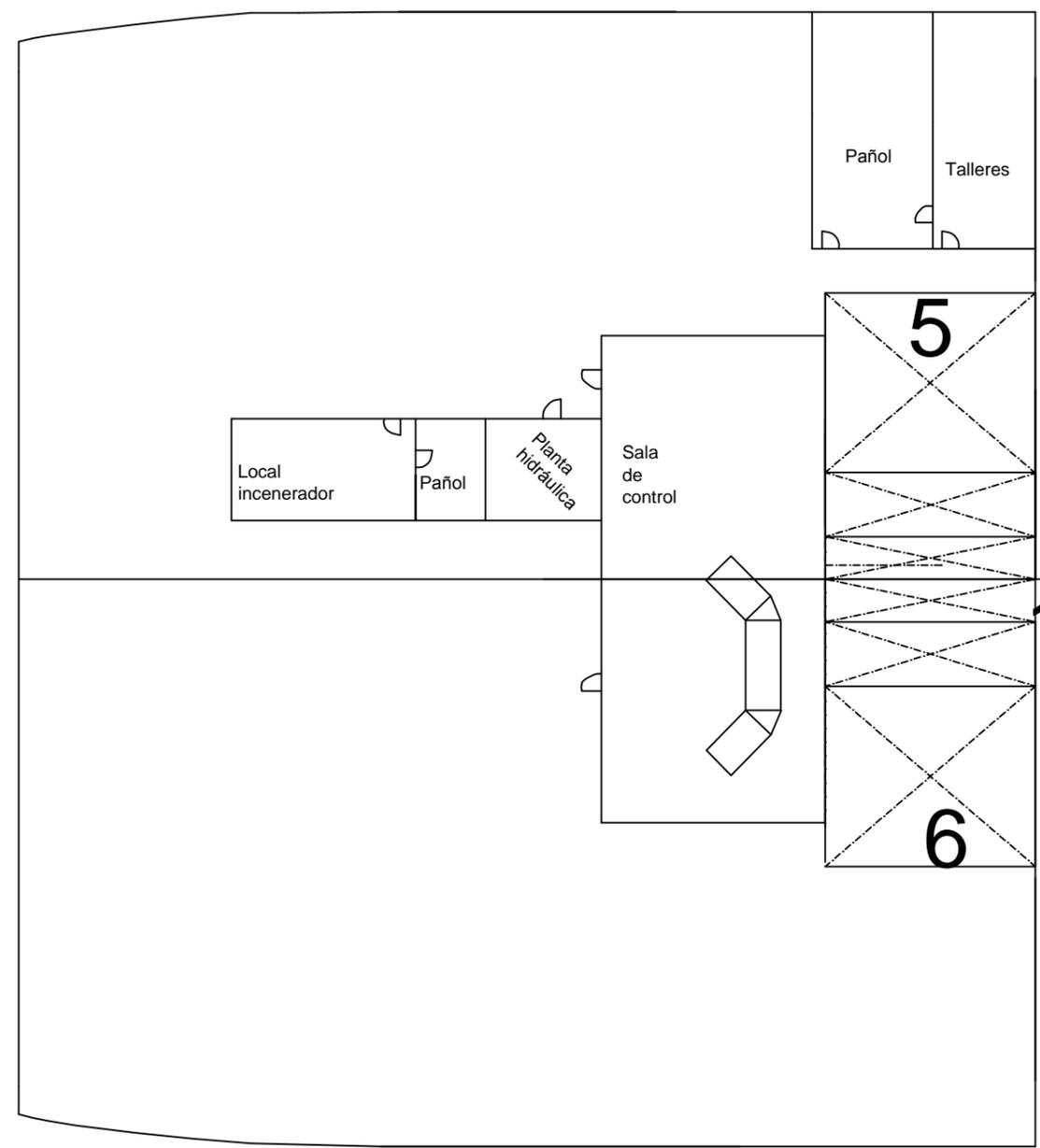
- 15-Convertidor motor eléctrico
- 16-Tierra
- 17-Transformador 6600/440
- 18-Cuadro principal 6,6 kV

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO: 17-32 P
	CUBIERTA CÁMARA DE MÁQUINAS 11,5 SLB
AUTOR: ISMAEL GRANDAL MOURIZ	
ESCALA 1:250	



- 19-Transformador motor eléctrico
- 20-Cuadro eléctrico de carga 6,6 kV
- 21-440 V
- 22-440-220 V

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO: 17-32 P
	CUBIERTA CÁMARA DE MÁQUINAS 14,9 SLB
AUTOR: ISMAEL GRANDAL MOURIZ	
ESCALA 1:250	



- 5-Diesel BR
- 6-Diesel ER
- 7-FO Sed. BR
- 8-FO Sed. ER
- 9-FO UD BR
- 10-FO UD ER
- 11-Aceite BR
- 12-Aceite ER
- 13-Agua dulce BR
- 14-Agua dulce ER

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO: 17-32 P
	CUBIERTA CÁMARA DE MÁQUINAS 18,3 SLB
AUTOR: ISMAEL GRANDAL MOURIZ	
ESCALA 1:250	