



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/22

***BUQUE TANKER LNG 140000 m³ Y DISEÑO DE UNA
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO***

Número 2122-TFG-73

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e
ingeniería mecánica**

ALUMNA/O

Marina de la Peña Herrero

TUTORAS/ES

Pablo Fariñas Alvariño

Alberto Arce Ceinos

FECHA

Mayo 2022



BUQUE TANKER LNG 140000 M3 Y DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO. RESUMEN

En primer lugar, se desarrollará el proyecto de un buque tanker LNG. La particularidad de este buque es su carga, ya que requieren unas características muy concretas, debido a su temperatura, presión y flash point.

Una vez completado el proyecto de diseño del tanker de LNG, se desarrollará el diseño de una planta de potencia para la propulsión del buque, que se estima en un mínimo de 25 MW, basada en turbina de gas regenerativa empleando el propio LNG transportado como combustible. Esta turbina de gas regenerativa operará con dos compresores con una etapa de enfriamiento entre ambas compresiones y los gases de escape calientes se emplearán para precalentar el aire comprimido antes de entrar en la cámara de combustión.

En el diseño de esta planta de potencia se dimensionarán tanto en enfriador con agua de mar como del intercambiador gases-aire. Se compararán los resultados obtenidos en función de cómo los parámetros de diseño (relación de compresión, temperatura máxima, caudal de aire...) afecten a la eficiencia térmica de la planta. La comparación con turbina de gas simple y motor diésel se llevará a cabo en términos de eficiencia, coste y emisiones, estableciéndose las posibles ventajas e inconvenientes



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO/MÁSTER
CURSO 2021/22**

***BUQUE TANKER LNG 140000 m³ Y DISEÑO DE UNA
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO***

Número 2122-TFG-73

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e
ingeniería mecánica**

**CUADERNO 10
DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES**

CONTENIDO

<i>Buque tanker LNG 140000 m3 y diseño de una planta generadora de potencia con turbina de gas y ciclo regenerativo. Resumen.....</i>	2
<i>REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA.....</i>	5
<i>INTRODUCCIÓN</i>	6
<i>1 Justificación de la selección del motor propulsor.....</i>	7
1.1 Datos técnicos motor eléctrico.....	8
1.2 Descripción de la planta propulsora	8
<i>2 Justificación de la potencia de las máquinas primarias</i>	10
<i>3 Estimación del consumo y de la autonomía.</i>	17
3.1 Tanques de combustible	17
3.2 Tanque de aceite	18
3.3 Tanque aguas grises y negras	18
3.4 Tanque de lodos	18
3.5 Tanque agua dulce	19
3.6 Comprobación capacidad de tanques	19
<i>4 Sistemas auxiliares relacionados con la propulsión</i>	20
4.1 Sistema de refrigeración	20
4.1.1 Sistema interno de agua de refrigeración	21
4.1.2 Sistema externo de refrigeración	24
4.2 Sistema de combustible del motor	27
4.2.1 Sistema interno de fuel	27
4.2.2 Sistema externo de fuel.....	28
4.3 Aceite lubricante	37
4.3.1 Sistema interno del aceite lubricante.....	37
4.3.2 Sistema externo de aceite lubricante.....	39
4.4 Gases de exhaustación	42
4.4.1 Sistema interno de gases de escape.....	42
4.4.2 Salida de los gases de escape	43
4.4.3 Sistema externo de gases de escape.....	44
4.5 Aire de arranque	45
4.5.1 Sistema interno de aire comprimido	46
4.5.2 Sistema externo de aire comprimido	47
<i>5 Disposición cámara de máquinas</i>	51
<i>ANEXO I: Planos cámara de máquinas.....</i>	54
<i>ANEXO II: Planos motores</i>	55

REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA

A continuación, se presentarán los requisitos previos iniciales en los que se basará el diseño del buque:

Tipo de buque

Buque Transporte de LNG - 140000 m³

Clasificación y cotas

SOLAS, CIG, Bureau Veritas, MARPOL

Características de la carga

Tanques membrana

Velocidad y autonomía

Velocidad servicio de 17,2 nudos, 85% MCR 10 MM. Autonomía 10.000 millas

Propulsión

Diesel eléctrico

Tripulación y pasaje

28 tripulantes

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

INTRODUCCIÓN

En el siguiente cuaderno se pretende definir la configuración de la planta propulsora, así como de todos sus componentes. Además, se deberá justificar la adecuación de las selecciones anteriormente realizadas a partir de estimación, contando ahora con más datos sobre el proyecto.

También se realizará un esquema de la disposición de la cámara de máquinas una vez se haya establecido la adecuación de las máquinas elegidas y se hayan definido el resto de los elementos auxiliares necesarios en este espacio.

Para el desarrollo de todo lo citado previamente se utilizarán los datos y las decisiones tomadas en los cuadernos 6, 11 y 12.

A continuación, se muestran los parámetros de forma más actualizados que se tienen en este momento:

Lpp	255,105
B	41,972
D	30
T	12,3
Δ	110008
Fn	0,18
Cb (80%D)	0,873
Cb	0,81
Cm	0,833
Cp	0,97

1 JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

Las RPA del proyecto establecen que el buque ha de contar con una propulsión tipo diesel eléctrica, esto quiere decir que habrá motores diesel generadores que alimentan por un lado a los propulsores eléctricos que están conectados a la hélice y por otro alimentan al resto de consumidores. A continuación, se pueden observar algunas indicaciones sobre este tipo de planta:

- Ahorro de combustible, ya que los motores eléctricos son altamente eficientes.
- Reducción de la contaminación ya que este tipo de motores operan en el punto de trabajo para el que fueron diseñados.
- Mejor eficiencia hidrodinámica del propulsor
- Mas fiabilidad. Reducción del coste de vida debido a los costes de mantenimiento menores
- Reduce ruidos y vibraciones
- Mayor flexibilidad en la localización del equipo

Tal y como se indica en las RPA, la planta ha de ser capaz de suministrar la potencia necesaria para garantizar una autonomía de 10000 millas a una velocidad de 17,2 nudos.

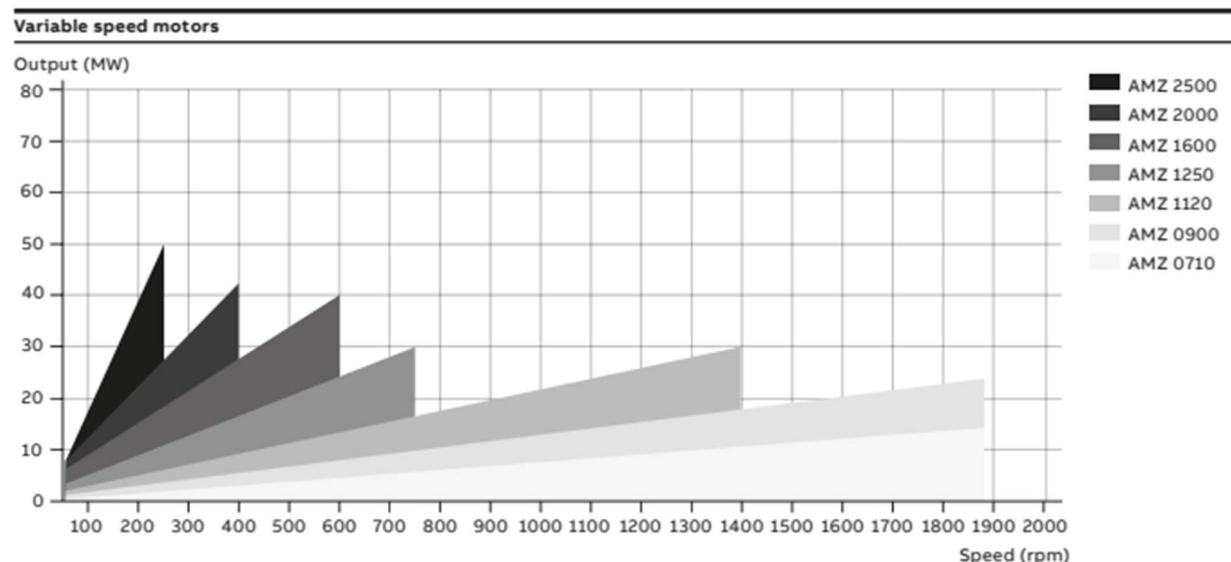
En el cuaderno 6 se realizó utilizando el Software Navcad una estimación de la potencia propulsora necesaria para vencer la resistencia al avance del buque y se eligió el motor

$$P_{Necesaria} = 21682,2kW$$

Teniendo en cuenta que, según indican las RPA del proyecto, el motor debe trabajar al 85% MCR y el margen de mar del 10%, se establece que para la velocidad de servicio del buque:

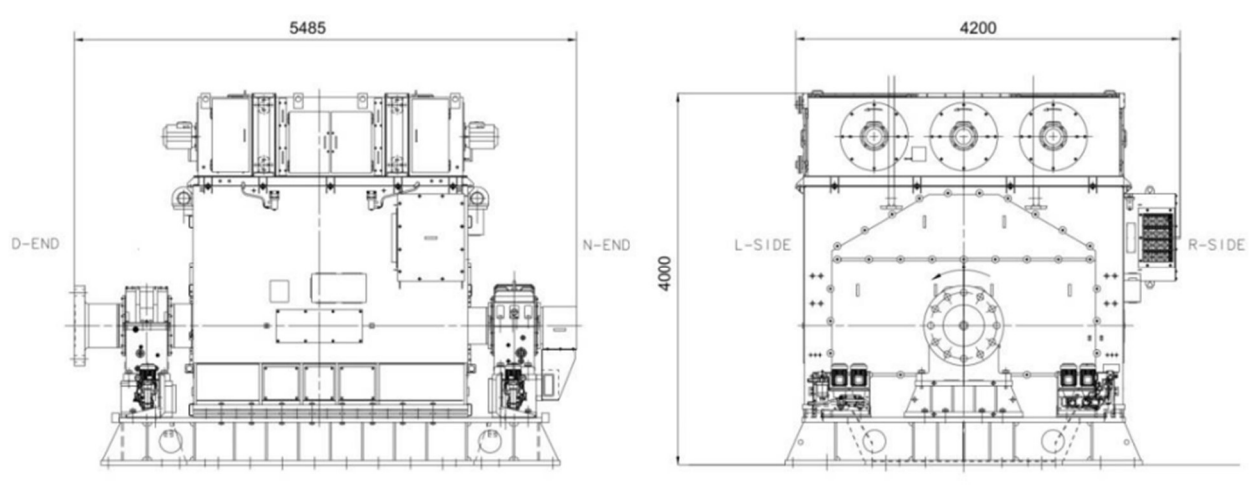
$$BKW = 28059,3 kW$$

Para la selección de un motor propulsor que fuera capaz de proporcionar esa potencia, se observaron distintos catálogos de proveedores de motores eléctricos típicos en el ámbito naval. Finalmente, teniendo en cuenta los consumos, tamaños y emisiones de distintos motores, se seleccionó el motor síncrono de velocidad variable del catálogo de ABB AMZ 1600.



1.1 Datos técnicos motor eléctrico

Rango de potencia	Máximo 50 MW
Velocidad	Baja velocidad (0-250 rpm) Media velocidad (250-700 rpm)
Polos	4-20
Protección	IP44
Aislamiento	Clase F
Compatibilidad convertidores (ACS, LCI drives y cyclo-converter)	Sí
Clasificación	LRS, DNV, GL, BV, NK, CCS, KRS, Russian Maritime, CS, ABS, RINA



Example of the main dimensions of a synchronous propulsion motor, type AMZ 1600.

Después de la selección del motor, se establece el diámetro del propulsor:

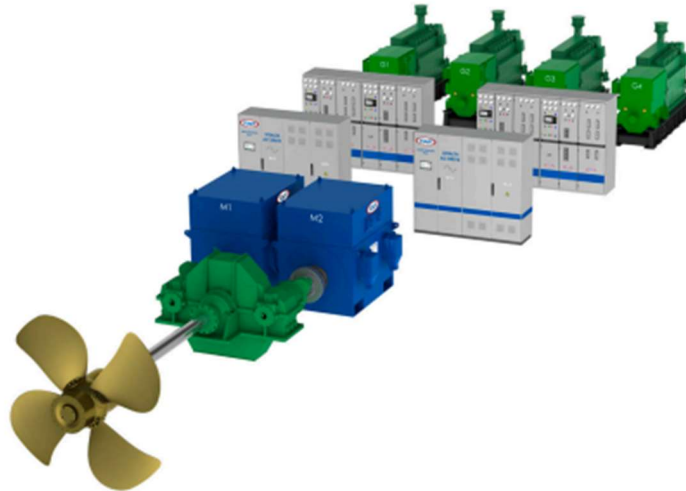
$$D_{Propulsor} = 8.8 \text{ m}$$

1.2 Descripción de la planta propulsora

En la siguiente imagen se muestra un esquema básico en el que se pueden observar los distintos elementos que forman la planta eléctrica del sistema de propulsión:

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero | **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**



Los elementos que representa el esquema anterior son:

- Grupo generador: El generador se encarga de generar la energía eléctrica que después necesitara el motor y el resto de los consumidores para funcionar. En este caso el grupo generador está formado por cuatro generadores Wärtsilä 12V46F de 4 tiempos, situados en cámara de máquinas.
- Cuadro de distribución principal: Compuesto por dispositivos de control y seguridad. Bus tie breaker que separa la instalación en dos grupos generadores para que en caso de fallo todo pueda seguir funcionando con normalidad.
- Convertidores de frecuencia: Dispositivos que se encargan de variar la velocidad de la hélice dependiendo de la situación de operación en cada momento.
- Alternadores: Es una maquina eléctrica que transforma la energía mecánica obtenida de los motores diesel en energía eléctrica
- Motor eléctrico: El motor eléctrico utiliza la energía generada por el grupo generador proporcionándosela al propulsor en forma de energía mecánica.
- Reductora: Debido a que el motor eléctrico gira a unas revoluciones muy superiores a las revoluciones óptimas a las que debe girar la hélice se instala una reductora. La relación de reducción se estimó en el cuaderno 6 mediante Navcad entorno 6-6.5.
- Propulsor, hélice: Es el elemento de fin de carrera. En el caso del buque proyectado, se contará con una hélice de paso fijo a bordo.

2 JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA DE LAS MÁQUINAS PRIMARIAS

La potencia que proporcionar al sistema de propulsión es de 21682,2 kw. A ese valor, hay que sumarle la potencia que consumen el resto de los equipos del buque, el valor de la potencia del resto de la instalación eléctrica se calcula en el cuaderno 11, en este momento preliminar se toma el valor de lo calculado en la primera fase de la espiral de diseño.

Por tanto, finalmente el valor de la potencia instalada a bordo del buque asciende a 28600 kW.

El buque lleva instalados cuatro motores generadores del catálogo Wärtsilä modelo 12V46F alimentados con diesel marino, que suministran energía eléctrica al buque. Tal y como se indica en la tabla siguiente, cada uno de ellos suministra una potencia de 14400 kW, siendo el total de la potencia disponible a bordo de 57600 kW. Teniendo en cuenta que uno de los generadores ha de estar sin operar, es decir, según la normativa, todos los equipos del buque han de ser alimentados con normalidad con n-1 generadores, siendo “n” el número total de generadores instalados, la potencia disponible es de 43200 kW. También hay que considerar el hecho de que los generadores trabajan entre el 70-90% de su máximo y el resto constituye la reserva pick-up, una reserva para una necesidad puntual o rápida durante el funcionamiento, esto es porque es el punto de funcionamiento en el que el consumo de combustible es mejor y además contribuye a que el motor no sufra, por tanto, durante la operación habitual, hay disponibles entre 30240 y 38880 kW.

Rated power	
Engine type	kW
6L46F	7 200
7L46F	8 400
8L46F	9 600
9L46F	10 800
12V46F	14 400
14V46F	16 800
16V46F	19 200

A continuación, se muestra una formula con la cual se pretende comprobar que la potencia indicada en el párrafo anterior se cumple, para ello:

$$N_b = \frac{P_{me} * n * i * V_c}{a * 0,6}$$

Siendo,

- “Nb” la potencia del motor
- “n” las revoluciones por minuto
- “i” el número de cilindros
- “Vc” la cilindrada en metros cúbicos. Se calcula con el largo y el diámetro del pistón.
- “a” es un coeficiente que depende de si el motor es rápido o lento. Para motores lentos toma el valor de 1.
- “Pme” es la presión media indicada en bares.

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Wärtsilä 46F			
Cylinder bore	460 mm	Cylinder bore	460 mm
Piston stroke	580 mm	Stroke	580 mm
Cylinder output	1200 kW/cyl	Piston displacement	96.4 l/cyl
Speed	600 rpm	Number of valves	2 inlet valves and 2 exhaust valves
Mean effective pressure	24.9 bar	Cylinder configuration	6, 7, 8 and 9 in-line; 12, 14 and 16 in V-form
Piston speed	11.6 m/s	Direction of rotation	clockwise, counter-clockwise on request
		Speed	600 rpm
		Mean piston speed	11.6 m/s

Buscando estos parámetros en los datos técnicos del motor, resulta:

$$N_b = \frac{24,9 * 600 * 12 * 0,0964}{2 * 0,6} = 14402,15 \text{ kW}$$

Se puede comprobar que el valor calculado y el valor mostrado en el catálogo del fabricante para la potencia no difiere.

Se decide instalar este grupo de generadores ya que proporciona la potencia necesaria, además, nos proporcionan flexibilidad en cuanto al combustible que se puede utilizar, esto es una ventaja en los tiempos que corren, ya que el precio de los combustibles oscila sin seguir ninguna directriz y la dependencia del combustible de otros países con los que no siempre habrá buenas relaciones internacionales.

Se muestran las dimensiones y peso de estos equipos:

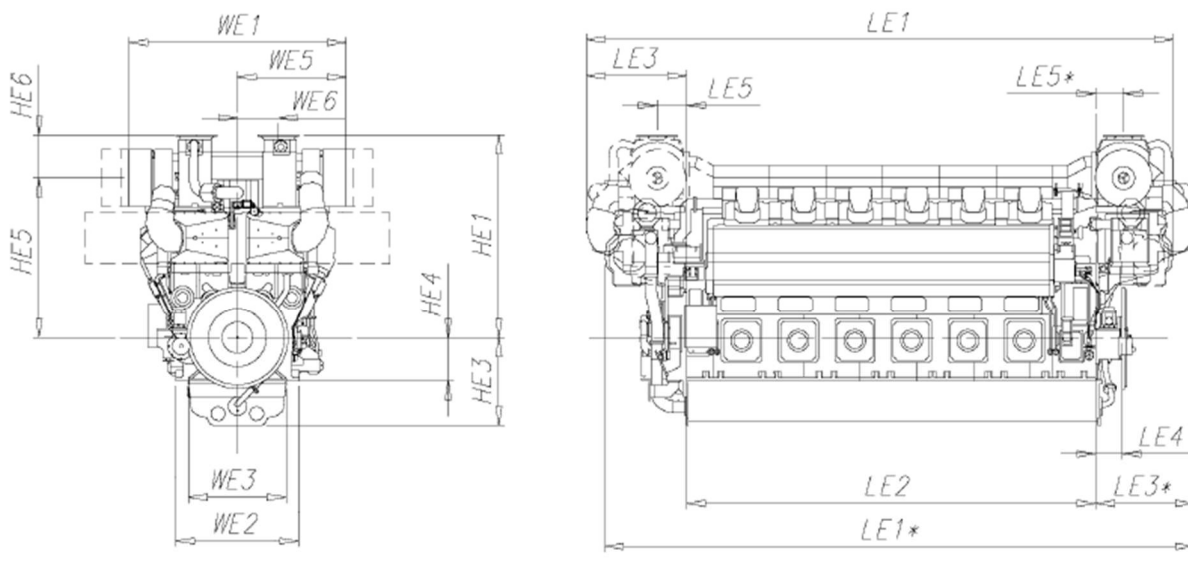


Fig 1-2 V-engines (DAAE075826B)

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Engine	LE1*	LE1	LE2	LE3*	LE3	LE4	LE5*	LE5	HE1	HE3
12V46F	10945	10284	7600	1830	1952	460	520	774	3765* / 3770	1620
14V46F	-	11728	8650	-	2347	485	-	872	4234	1620
16V46F	-	12871	9700	-	2347	485	-	872	4234	1620

Engine	HE4	HE5	HE6	WE1	WE2	WE3	WE5	WE6	Weight [ton]
12V46F	800	2975* / 2980	790	4040* / 4026	2290	1820	2825* / 3150	760	177
14V46F	800	3134	1100	4678	2290	1820	3150	892	216
16V46F	800	3134	1100	4678	2290	1820	3150	892	233

A continuación, se muestran los datos técnicos proporcionados por Wärtsilä:

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero | Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Wärtsilä 12V46DF

Wärtsilä 12V46DF		ME CPP Variable Speed		ME CPP Constant Speed		DE DE Constant Speed	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	1145		1145		1145	
Engine speed	rpm	600		600		600	
Engine output	kW	13740		13740		13740	
Mean effective pressure	MPa	2.38		2.38		2.38	
Combustion air system (Note 1)							
Flow at 100% load	kg/s	22.1	24.6	22.1	24.6	22.1	24.6
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 (Note 2)							
Flow at 100% load	kg/s	22.0	27.4	22.0	27.4	22.0	26.9
Flow at 75% load	kg/s	16.4	21.5	16.7	23.3	16.7	22.9
Temperature after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	367	301	367	301	365	314
Temperature after turbocharger at 85% load (TE 517)	°C	384	294	392	292	390	305
Temperature after turbocharger at 75% load (TE 517)	°C	390	304	409	292	407	304
Temperature after turbocharger at 50% load (TE 517)	°C	347	298	449	297	449	306
Backpressure, max.	kPa	4		4		4	
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	1200	1269	1200	1269	1198	1272
Heat balance at 100% load (Note 3)							
Jacket water, HT-circuit	kW	1668	2160	1668	2160	1656	2136
Charge air, HT-circuit	kW	2772	4032	2772	4032	2772	3756
Charge air, LT-circuit	kW	1272	1764	1272	1764	1272	1716
Lubricating oil, LT-circuit	kW	804	1536	804	1536	804	1524
Radiation	kW	384	408	384	408	384	408
Fuel consumption (Note 4)							
BSEC total at 100% load	kJ/kWh	7410.0	-	7410.0	-	7390.0	-
BSEC total at 85% load	kJ/kWh	7420.0	-	7540.0	-	7530.0	-
BSEC total at 75% load	kJ/kWh	7470.0	-	7680.0	-	7660.0	-
BSEC total at 50% load	kJ/kWh	7710.0	-	8230.0	-	8210.0	-
BSEC gas fuel at 100%	kJ/kWh	7365.0	-	7365.0	-	7350.0	-
BSEC gas fuel at 85%	kJ/kWh	7373.0	-	7501.0	-	7485.0	-
BSEC gas fuel at 75%	kJ/kWh	7422.0	-	7611.0	-	7594.0	-
BSEC gas fuel at 50%	kJ/kWh	7620.0	-	8091.0	-	8071.0	-
Pilot fuel consumption at 100% load	g/kWh	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.6
Pilot fuel consumption at 85% load	g/kWh	1.2	0.7	1.2	0.8	1.2	0.8
Pilot fuel consumption at 75% load	g/kWh	1.3	0.7	1.3	0.8	1.3	0.8
Pilot fuel consumption 50% load	g/kWh	2.0	1.0	3.5	1.3	3.5	1.3
SFOC at 100% load - LFO	g/kWh	-	186.3	-	186.3	-	185.3
SFOC at 85% load - LFO	g/kWh	-	178.2	-	181.0	-	181.0

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Wärtsilä 12V46DF		ME CPP Variable Speed		ME CPP Constant Speed		DE DE Constant Speed	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	1145		1145		1145	
Engine speed	rpm	600		600		600	
SFOC at 75% load - LFO	g/kWh	-	189.1	-	193.0	-	193.0
SFOC at 50% load - LFO	g/kWh	-	192.3	-	198.5	-	198.5
SFOC at 100% load - HFO	g/kWh	-	186.3	-	186.3	-	185.3
SFOC at 85% load - HFO	g/kWh	-	177.2	-	180.1	-	180.1
SFOC at 75% load - HFO	g/kWh	-	191	-	195	-	195
SFOC at 50% load - HFO	g/kWh	-	197	-	203	-	203
Fuel gas system (Note 5)							
Gas pressure at engine inlet, min (PT901) at 100% load	kPa (a)	600..800	-	600..800	-	600..800	-
Pressure drop over the Gas Valve unit, min	kPa (a)	120	-	120	-	120	-
Gas temperature at engine inlet	°C	0..60	-	0..60	-	0..60	-
Fuel oil system							
Pressure before injection pumps (PT101) at 85% load - HFO	kPa	900...950		900...950		900...950	
Pressure before injection pumps (PT 101) at idle speed (check value)	kPa	1000...1050		1000...1050		1000...1050	
Fuel oil flow to engine, range	m³/h	10.2...12.0		10.2...12.0		10.2...12.0	
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	40		40		40	
Leak fuel quantity (HFO), clean fuel at 100% load	kg/h	-	9.0	-	9.0	-	9.0
Leak fuel quantity (MDF), clean fuel at 100% load	kg/h	24.0	45.0	24.0	45.0	24.0	45.0
Pilot fuel (MDF) viscosity before the engine	cSt	2...11		2...11		2...11	
Pilot fuel pressure at engine inlet (PT 112)	kPa(g)	550...750		550...750		550...750	
Pilot fuel outlet pressure, max	kPa(g)	150		150		150	
Pilot fuel return flow at 100% load	kg/h	470		470		470	
External Pilot fuel feed pump, 1 feeder per engine allowed flow range	l/h	750...1500		750...1500		750...1500	
External Pilot fuel feed pump, 1 feeder per multiple engines allowed flow range	l/h	=(850...1500) x num_of_eng		=(850...1500) x num_of_eng		=(850...1500) x num_of_eng	
Pilot line, temperatur before pilot pumps (TE112)	°C	5...50		5...50		5...50	
Lubricating oil system							
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	500		500		500	
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	55...58		55...58		55...58	
Temperature after engine, approx.	°C	75		75		75	
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	299		256		256	
Pump capacity (main), electrically driven	m³/h	256		256		256	

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero; Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Wärtsilä 12V46DF		ME CPP Variable Speed		ME CPP Constant Speed		DE DE Constant Speed	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	1145		1145		1145	
Engine speed	rpm	600		600		600	
Oil flow through engine	m ³ /h	220		220		220	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m ³ /h	60.0 / 60.0		60.0 / 60.0		60.0 / 60.0	
Oil volume in separate system oil tank	m ³	22.5		22.5		22.5	
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5		0.5		0.5	
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	5600		5600		5600	
Crankcase volume	m ³	30.1		30.1		30.1	
Crankcase ventilation backpressure, max.	kPa	0.5		0.5		0.5	
Oil volume in turning device	l	68.0...70.0		68.0...70.0		68.0...70.0	
Oil volume in speed governor	l	7.1		7.1		7.1	
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) at 100% nom.	kPa	530		530		530	
Temperature to HT suction, max (before by-pass pipe return to HT pump suction)	°C	70		70		70	
Temperature before cylinders (TE 401) at 100% nom.	°C	75	72	75	72	75	72
Temperature after charge air cooler (TE432)	°C	93	97	93	97	93	97
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	240		240		240	
Pressure drop over engine (including HT CAC and temperature control valve)	kPa	150		150		150	
Pressure drop in external system, max.	kPa	100		100		100	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
Water volume in engine	m ³	2.0		2.0		2.0	
LT cooling water system (Note 6)							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 471)	kPa	250+ static		250+ static		250+ static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 471)	kPa	530		530		530	
Temperature before charge air cooler (TE471) at 100% nom.	°C	38	42	38	42	38	42
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	240		240		240	
Pressure drop over charge air cooler	kPa	50		50		50	
Pressure drop over lubricating oil cooler insert, max	kPa	35		35		35	
Pressure drop over thermostatic valve (built on)	kPa	30		30		30	
Pressure drop in external system, max.	kPa	135		135		135	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
Starting air system (Note 7)							
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Pressure at engine during start, min. (20 °C) (PT 301)	kPa	1500		1500		1500	
Pressure at engine during start, max. (20 °C) (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Low pressure limit in starting air vessel	kPa	1800		1800		1800	

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero | Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Wärtsilä 12V46DF		ME CPP Variable Speed		ME CPP Constant Speed		DE DE Constant Speed	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	1145		1145		1145	
Engine speed	rpm	600		600		600	
Consumption per start at 20 °C (successful start)	Nm ³	12.0		12.0		12.0	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm ³	15.0		15.0		15.0	

Notes:

- Note 1 At ISO 15550 conditions (ambient air temperature 25°C) and 100% load. Flow tolerance 8%.
- Note 2 At ISO 15550 conditions (ambient air temperature 25°C). Flow tolerance 8% and temperature tolerance 15°C. Available max backpressure is 6 kPa; in this condition all consumption and HB value have to be evaluated. Please contact Wärtsilä to have further information.
- Note 3 At ISO 15550 conditions (ambient air temperature 25°C) and 100% load. Tolerance for cooling water heat 10%, tolerance for radiation heat 30%. Fouling factors and a margin to be taken into account when dimensioning heat exchangers.
- Note 4 According to ISO 15550, lower calorific value 42700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. The fuel consumption at 85 % load is guaranteed and the values at other loads are given for indication only.
 Consumption values in constant speed are valid for D2/E2 IMO cycles. Fuel consumption values for EEDI calculation available upon request.
 *If SCR (with a max Sulphur content of 0.5%*m/m*) is applied SFOC consumption values @ 85% may vary in this way: SFOC(85%) + 0.5g/kWh + (335- (Temperature after turbocharger at 85%))*0.04 g/kWh. Please contact Wärtsilä to have further information.
- Note 5 Fuel gas pressure given at LHV \geq 28MJ/Nm³. 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 6 Pressure drop over lubricating oil cooler and over thermostatic valve are valid only if these components are mounted on engine.
- Note 7 At manual starting the consumption may be 2...3 times lower.

ME = Engine driving propeller, variable or constant speed

DE = Diesel-Electric engine driving generator

Subject to revision without notice.

3 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO Y DE LA AUTONOMÍA.

En el cuaderno 4 se estimó la capacidad de los tanques de combustible, lodos, etcétera. En este cuaderno se calcula a partir de datos reales de los equipos ya definidos los consumos reales, sirviendo de comprobación de que los tanques establecidos en el cuaderno 4 son suficientes para satisfacer las necesidades. Para ello se usará, además de los datos del motor, la autonomía establecida en las RPA.

3.1 Tanques de combustible

La capacidad de tanques de combustible debe permitir disponer de la cantidad necesaria de combustible para satisfacer la autonomía y velocidad indicados en las RPA.

En primer lugar, se realizará el cálculo del combustible necesario para cumplir con los requisitos, teniendo en cuenta que ahora conocemos los motores generadores instalados, y, por tanto, su consumo. Después, se comparará con lo que se estimó en el cuaderno 4, para comprobar así si los tanques que se dispusieron cumplen con los consumos reales.

Para ello, se utilizarán los datos proporcionados en el Project Guide de los motores generadores seleccionados, en el cual se indican los consumos de combustible de los motores. Se tiene en cuenta que, para una operación normal, los motores generadores trabajan al 85% de su máximo, por tanto:

Wärtsilä 12V46DF		ME CPP Variable Speed		ME CPP Constant Speed		DE DE Constant Speed	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	1145		1145		1145	
Engine speed	rpm	600		600		600	
SFOC at 75% load - LFO	g/kWh	-	189.1	-	193.0	-	193.0
SFOC at 50% load - LFO	g/kWh	-	192.3	-	198.5	-	198.5
SFOC at 100% load - HFO	g/kWh	-	186.3	-	186.3	-	185.3
SFOC at 85% load - HFO	g/kWh	-	177.2	-	180.1	-	180.1
SFOC at 75% load - HFO	g/kWh	-	191	-	195	-	195
SFOC at 50% load - HFO	g/kWh	-	197	-	203	-	203

Para calcular el consumo total se tienen en cuenta los siguientes requisitos indicados en las RPA: Autonomía de 10000 millas y 17.2 nudos de velocidad de servicio.

$$\text{Consumo} = h_{\text{Autonomia}} \times n^{\circ} \text{generadores(operación)} \times \text{regimen} \times \text{Pot(gen)} \times \text{Consumo}$$

Siendo:

$$h_{\text{Autonomia}} = \frac{\text{autonomia}}{\text{Velocidad}} = \frac{10000}{17.2} = 581.4 \text{ horas}$$

Resulta:

$$\text{Consumo} = 581.4 \times 3 \times 0.85 \times 14400 \times 177.2 = 3783044218 \text{ g} = 3783 \text{ toneladas}$$

Para conocer el volumen total de los tanques dedicados al combustible, se utiliza la densidad del combustible diesel, resultando:

$$V_{\text{Comb(Real)}} = \frac{3783}{0.85} = 4450.6 \text{ m}^3 \text{ (TOTAL PARA TODOS LOS MOTORES)}$$

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

➤ TANQUE ALMACÉN

Se instalarán dos tanques almacén en proa, con una capacidad total del volumen de combustible total menos el consumo de dos días.

El combustible que se consume en dos días se calcula de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{2D} &= 48h \times 3 \times 0.85 \times 14400 \times 177.2 = 312325632 \text{ g} = 312.3 \text{ toneladas} \\ &= 367.44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Por tanto, la capacidad de cada tanque de combustible del almacén resulta:

$$\text{Capacidad}_{\text{TanqueAlm}} = \frac{4450.6 \text{ m}^3 - 367.44 \text{ m}^3}{2} = 2042 \text{ m}^3$$

➤ TANQUE DE SEDIMENTACION

El tanque de sedimentación es el tanque intermedio entre los tanques de combustible en el almacén y el tanque de uso diario, por tanto, tendrán una capacidad capaz de suministrar el combustible al tanque de uso diario, que en el caso proyectado se ha dimensionado para 2 días. Se localizará en cámara de máquinas y su capacidad será:

$$V_{\text{TanqueSedimentacion}} = 370 \text{ m}^3$$

➤ TANQUE DE USO DIARIO

El tanque de uso diario se sitúa en cámara de máquinas y tendrá capacidad para albergar el combustible necesario para dos días de navegación, por tanto:

$$V_{\text{UsoDiario}} = 370 \text{ m}^3$$

3.2 Tanque de aceite

Observando el consumo de aceite indicado en los datos técnicos del motor, y teniendo en cuenta que el buque lleva a bordo 4 motores:

$$C_{\text{Aceite}} = C_e * P_{ot} * t_{Nav} = 0.5 \frac{\text{g}}{\text{kW}} * 581.4 \text{ h} * 28600 * 10^{-6} = 8.3 \text{ Toneladas}$$

Teniendo en cuenta la densidad del aceite que es 0.9 ton/m³:

$$V_{\text{Aceite}} = \frac{8.3}{0.9} = 9.24 \text{ m}^3 \text{ (TOTAL TODOS LOS MOTORES)}$$

Se instala un tanque de aceite en la cámara de máquinas.

3.3 Tanque aguas grises y negras

Se estima en la norma UNE 15749 que cada tripulante genera al día 180 litros de aguas sucias, por tanto, en el caso del buque proyectado resulta:

$$V_{\text{AguasSucias}} = 126000 \text{ litros} = 126 \text{ m}^3$$

Se coloca un tanque en el doble fondo de la cámara de máquinas.

3.4 Tanque de lodos

Para dimensionar este tanque se utiliza la normativa MARPOL, que estima:

$$V_{\text{TLodos}} = k * C * D$$

Siendo,

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

- “k” un factor que toma el valor de 0.01 los buques que utilizan fuel oil en las maquinas principales.
- “C” el consumo diario de fuel
- “D” el tiempo máximo que esta el buque sin parar en puerto se tomara como la autonomía del buque.

Resulta:

$$V_{TLodos} = 0.01 * 185 * 25$$
$$V_{TLodos} = 46.25 \text{ m}^3 \text{ (TOTAL)}$$

Este tanque se localizará también en el doble fondo de la cámara de máquinas.

3.5 Tanque agua dulce

Se utiliza la norma UNE ISO 15748 para estimar el consumo de agua dulce en el buque, esta norma aproxima a 175 litros de agua dulce consumida por persona y día:

$$V_{AD} = 175 * 25 * 28 = 122500 \text{ litros} = 122.5 \text{ m}^3$$

3.6 Comprobación capacidad de tanques

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre los datos calculados en este momento y la capacidad de tanques establecida en el cuaderno 4:

TANQUE	MÍNIMO [m3]	C4 [m3]
Combustible almacén 1	2042	2554.35
Combustible almacén 2	2042	2554.35
Combustible uso diario	370	441
Combustible sedimentación	370	441
Aceite cámara de máquinas	10,33	31.36
Aguas grises y negras	126,5	267.1
Lodos	46,25	264.9
Agua dulce	122,5	211.7
LASTRE TOTAL	41000	53152.6
Pique proa		6626.9
Pique popa		11221.3
Doble fondo		15526.3
Almacén		12766.1
Doble casco		7012
CARGA TOTAL	140000	147561.4
Carga 1A		19273.8
Carga 1B		19307.5
Carga 2A		18433.8
Carga 2B		18433.8
Carga 3A		18433.8
Carga 3B		18433.8
Carga 4A		18433.8
Carga 4B		18433.8

4 SISTEMAS AUXILIARES RELACIONADOS CON LA PROPULSIÓN

En este punto se definen los sistemas auxiliares necesarios para el funcionamiento del grupo generador, para ello se utiliza la guía de proyecto del fabricante con nombre:

Product guide Wärtsilä 46DF. Wärtsilä 12V46DF. IMO Tier III. Revisión del 11/2019.

Tal y como se indicó en el cuaderno 7, los cuatro generadores se situarán en cámara de máquinas, en la cubierta por encima de los motores eléctricos dedicados a la propulsión.

Los sistemas auxiliares que se definirán se indican en la siguiente lista:

- Sistema de refrigeración: Agua salada y agua dulce
- Sistema de combustible
- Sistema aceite lubricante
- Gases de exhaustación
- Sistema de aire de arranque

Para cada uno de ellos se definirán sus dimensiones, equipos que lo componen y sus características, potencia eléctrica que consumen y esquemas de funcionamiento.

4.1 Sistema de refrigeración

En la combustión del combustible en el motor eléctrico una parte de la energía generada es mecánica y por tanto se aprovecha y la otra parte es calor que hay que disipar. El sistema evitara el sobrecalentamiento del motor y refrigera el agua y aceite de camisas.

Se puede usar agua o aceite, pero el agua es más eficiente. Se utilizará agua dulce de un circuito cerrado. Esta agua se calienta con el calor disipado por los motores y se enfría después con agua salada que se devuelve al mar finalmente. No se utiliza agua de mar directamente para la refrigeración y solo se utiliza en los intercambiadores por la corrosión de los equipos y el motor.

Las ventajas de este tipo de refrigeración se muestran a continuación:

- Solo existe un intercambiador refrigerado por agua de mar
- Se necesitan menos tuberías altamente resistentes a la corrosión, es decir para agua de mar, lo que quiere decir que se reducen costes
- Reduce mantenimiento al existir menos partes expuestas a la corrosión
- Mayor eficiencia del agua para refrigerar que otros

Para el proyecto se instalarán dos equipos independientes de refrigeración, cada uno refrigerará a dos motores. Cada sistema se compone por:

- Un sistema central
- Subsistema agua baja temperatura (LT)
- Subsistema agua alta temperatura (HT)

El agua salada entra al buque por las tomas de mar, después es llevada gracias a las bombas al intercambiador de calor que enfría el agua dulce del circuito LT

El agua dulce dedicado a la refrigeración debe cumplir estos requisitos (página 149/242):

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

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Se recomienda utilizar un evaporador a bordo para producir esta agua, ya que el agua de plantas de osmosis inversa puede contener más cloruro que el permitido.

Para que el agua dulce pueda circular a través de motores, ha de ser tratada con inhibidores de corrosión indicados por el fabricante.

4.1.1 Sistema interno de agua de refrigeración

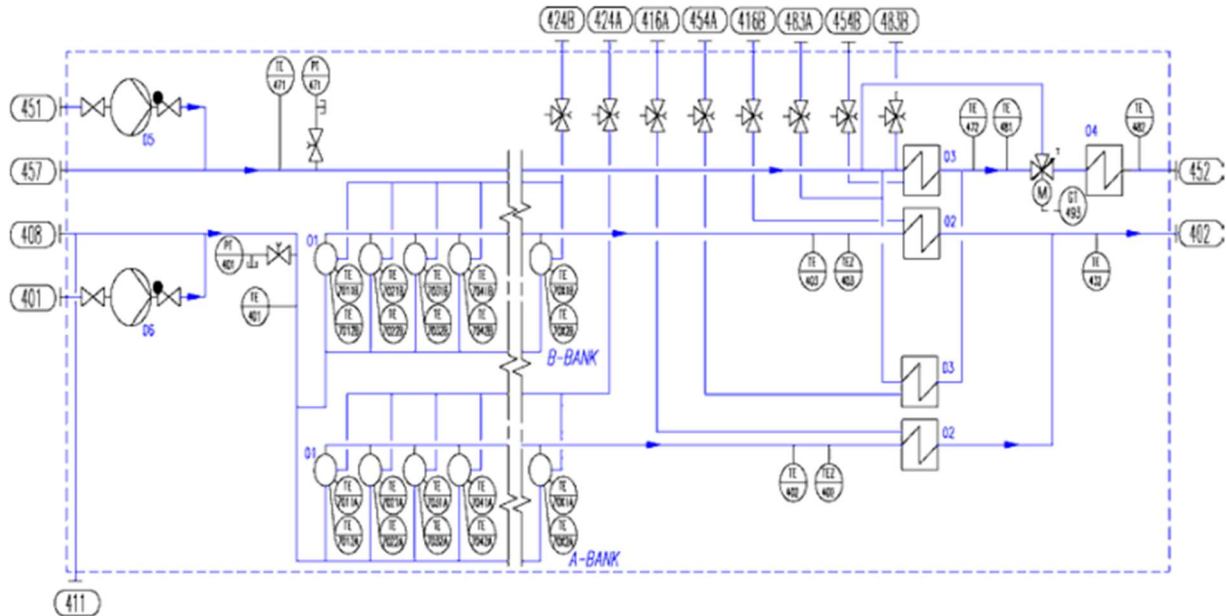


Fig 9-2 Internal cooling water system, V-engine (DAAR011165B)

System components, in-line engines			
01	Cylinder head	04	Lubricating oil cooler
02	Charge air cooler (HT)	05	LT water pump (engine driven)
03	Charge air cooler (LT)	06	HT water pump (engine driven)

Sensors and indicators, in-line engines			
PT401	HT-water pressure, engine inlet	PT471	LT-water pressure, CAC inlet
TE401	HT-water temperature, engine inlet	TE472	LT-water temperature, LT CAC outlet
TE402	HT-water temperature, jacket outlet (A-bank)	TE471	LT water temperature, CAC inlet
TEZ402	HT-water temperature, jacket outlet (A-bank)	TE481	LT water temperature, LOC inlet
TE403	HT-water temperature, jacket outlet (B-bank)	TE482	LT-water temperature, LOC outlet
TEZ403	HT-water temperature, jacket outlet (B-bank)	TE02AXA	Liner temperature 02 of cylinder (A-bank)
PS410	HT- stand-by pump start	GT493	LT-water thermostat valve position
TE01AXA	Liner temperature 01 of cylinder (A-bank)	TE02BxB	Liner temperature 02 of cylinder (B-bank)
TE02AXA	Liner temperature 02 of cylinder (A-bank)	x	Number of cylinders
TE432	HT-water temperature, CAC outlet		

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Pipe connections, in-line engines	
401	HT-water inlet
402	HT-water outlet
408	HT-water from stand-by pump
411	HT-water drain
416	HT-water air vent from air cooler
424	HT-water air vent from exhaust valve seat and cylinder head
451	LT-water inlet

Pipe connections, in-line engines	
452	LT-water outlet
454	LT-water air vent from air cooler
457	LT-water from stand by pump
483	LT-water air vent

El sistema de agua dulce se divide en circuito de alta temperatura (HT) y circuito de baja temperatura (LT).

El agua caliente circula por las camisas del cilindro, culatas y la primera etapa del enfriador de aire.

El agua fría enfría la segunda etapa del enfriador de aire y el aceite lubricante.

4.1.1.1 Bombas agua dulce HT y LT

Las bombas de estos circuitos están accionadas por motores eléctricos. A continuación, se muestran los datos técnicos del motor con los que se entra en una gráfica para el dimensionamiento de las bombas (página 115/206).

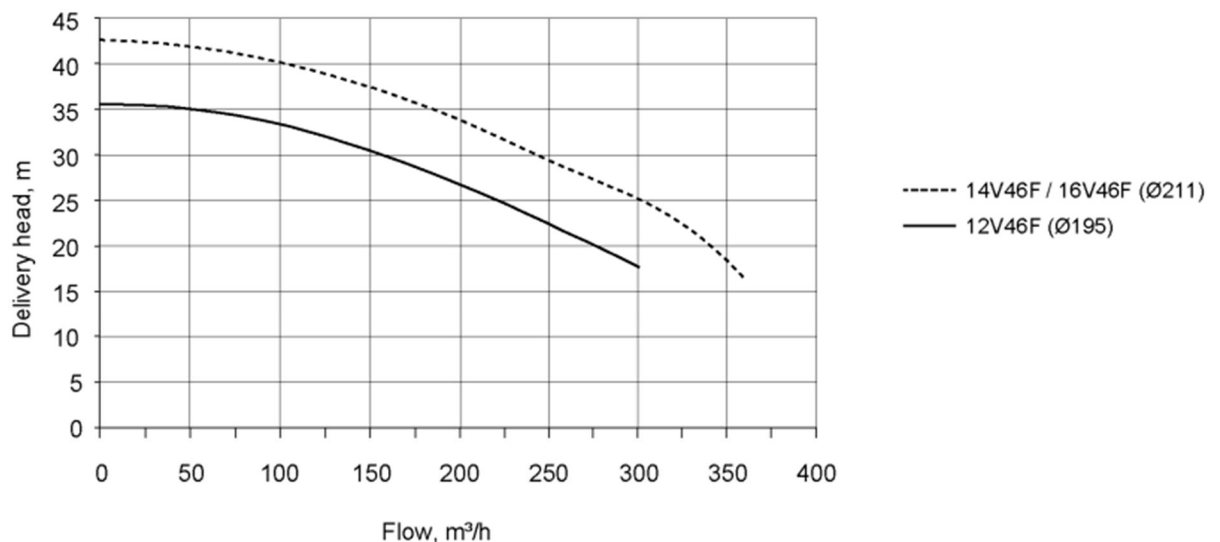


Fig 9-4 V46F engine driven HT- and LT-pump

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

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	530	530	530
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	74	74	74
Temperature after charge air cooler, nom. (TE432)	°C	91...95	91...95	91...95
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	210	210	210
Pressure drop over engine (including HT CAC and temperature control valve)	kPa	150	150	150
Pressure drop in external system, max.	kPa	100	100	100
Pressure from expansion tank	kPa	70...150	70...150	70...150
Water volume in engine	m ³	2.0	2.0	2.0
LT cooling water system (Note 5)				
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 471)	kPa	250 + static	250 + static	250 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 471)	kPa	530	530	530
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	210	210	210
Pressure drop over charge air cooler	kPa	50	50	50
Pressure drop over built-on lube oil cooler, max	kPa	20	20	20
Pressure drop over built-on temp. control valve	kPa	30	30	30
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	0.6	0.6	0.6

Finalmente entrando con el caudal en la gráfica se obtiene:

$$P = \frac{210 * 1000 * 25}{3600 * 75 * 0.6}$$

$$P = 32.4 \text{ kW}$$

Se instalará dos bombas por motor, una para el subcircuito de agua fría y otro para el subcircuito de agua caliente, por tanto, existirán 8 bombas de este tipo.

La potencia total:

$$P = 259.2 \text{ kW (TOTAL TODOS LOS MOTORES)}$$

4.1.1.2 Calentador HT

Se recomienda calentar el agua del circuito de agua dulce de alta temperatura a una temperatura cercana a la de operación. La potencia de calentamiento determina el tiempo requerido para calentarlo desde la condición fría.

La potencia de calentamiento mínima requerida es de 12 kW/cilindro, lo que hace posible calentar de 20° a 60° en 10-15 horas.

La siguiente información se proporciona en el product guide del motor pagina 129/206:

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Design data:

Preheating temperature	min. 60°C for starts at LFO; Min 70°C for startings at HFO
Required heating power	12 kW/cyl
Heating power to keep hot engine warm	6 kW/cyl

Required heating power to heat up the engine, see formula below:

$$P = \frac{(T_1 - T_0)(m_{\text{eng}} \times 0.14 + V_{\text{FW}} \times 1.16)}{t} + k_{\text{eng}} \times n_{\text{cyl}}$$

where:

P =	Preheater output [kW]
T ₁ =	Preheating temperature = 60...70 °C
T ₀ =	Ambient temperature [°C]
m _{eng} =	Engine weight [ton]
V _{FW} =	HT water volume [m ³]
t =	Preheating time [h]
k _{eng} =	Engine specific coefficient = 3 kW
n _{cyl} =	Number of cylinders

Encontrando estos parámetros en los datos técnicos del motor, resulta:

$$P = \frac{(60 - 25) \times 177 \times 0,14 + 2 \times 1,16}{12} + 3 \times 12 = 108,5 \text{ kW}$$

4.1.2 Sistema externo de refrigeración

Se recomienda dividir los motores en distintos circuitos, esto es por la redundancia, pero también porque es más sencillo organizar los flujos en un sistema más pequeño.

En algunos casos puede ser interesante separar el circuito de alta temperatura del de baja temperatura con un intercambiador de calor.

El sistema externo se dimensiona de forma que los caudales, presiones y temperaturas se aproximen a los indicados en los datos técnicos.

En el sistema de refrigeración por agua dulce no se pueden utilizar tuberías con superficies interiores galvanizadas, ya que algunos aditivos del agua pueden reaccionar y dañar la tubería.

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
Marina de la Peña Herrero **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

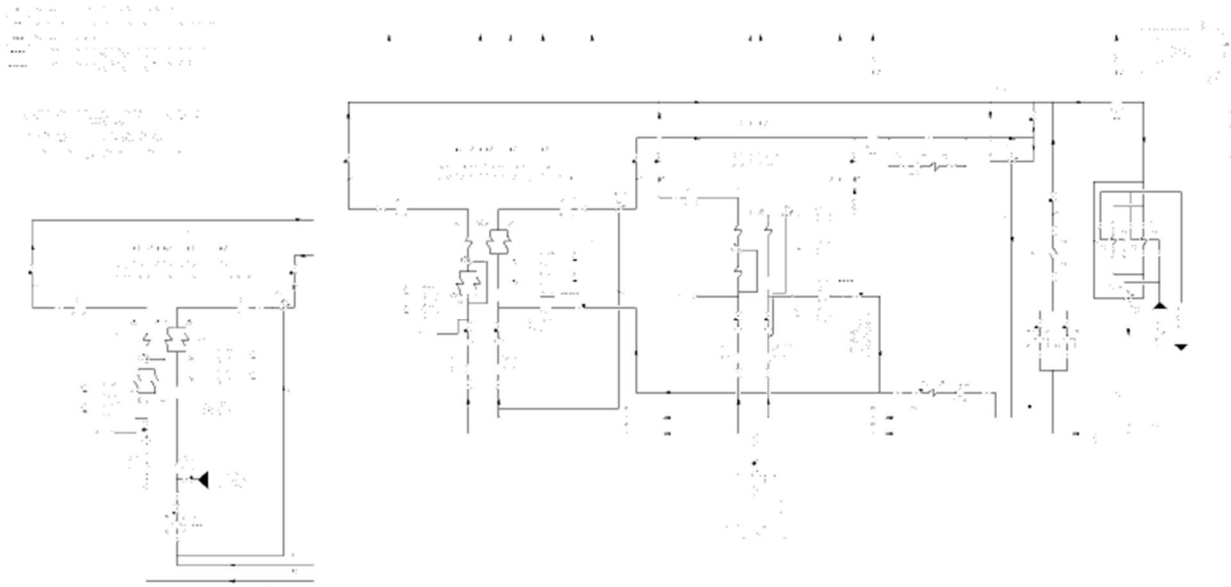


Fig 9-6 External cooling water system (DAAF424313)

System components			
4E05	Heater (preheater)	4P14 / 4P15	Circulating pump (HT) / (LT)
4E08	Central cooler	4S01	Air venting
4E12	Cooler (installation equipment)	4T03	Additive dosing tank
4H0X	Flexible pipe connections	4T04	Drain tank
4N01	Pre-heating unit	4T05	Expansion tank
4N02	Evaporator unit	4V01	Temperature control valve (HT)
4P04	Circulation pump (preheater)	4V02	Temperature control valve (heat recovery)
4P09	Transfer pump	4V08	Temperature control valve (central cooler)

Pipe connections			
401	HT-water inlet	451	LT-water inlet
402	HT-water outlet	452	LT-water outlet
404	HT-water air vent	454	LT-water air vent from air cooler
406	HT-water from preheater to HT-circuit	457	LT-water air vent from stand-by pump
408	HT-water from stand by pump	483	LT-water air vent
411	HT-water drain		
416	HT-water air vent from air cooler		

4.1.2.1 Sistema de agua de mar

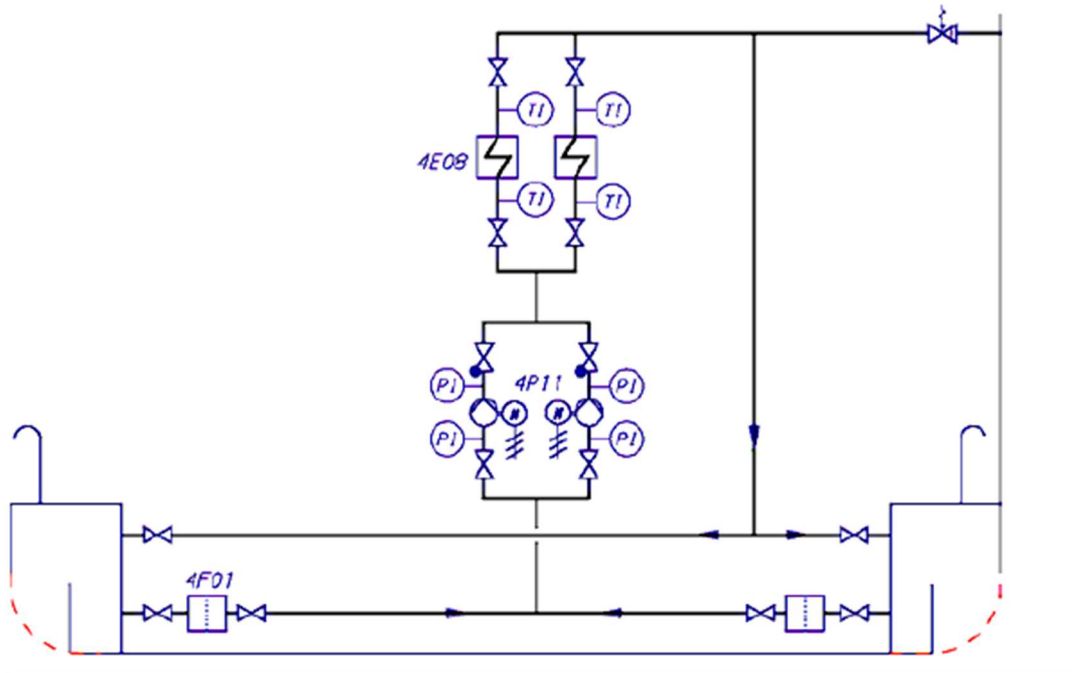


Fig 9-9 Sea water system DAAE020523

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

Estas bombas están separadas de los motores y serán accionadas eléctricamente. La capacidad de las bombas se determina a partir del tipo de enfriadores y la cantidad de calor a disipar.

El caudal de agua de mar se estima a partir de la siguiente expresión:

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

$$m_{AS} * Cp_{as} * \Delta T_{AS} = m_{AD} * Cp_{AD} * \Delta T_{AD}$$

Siendo,

- M_as el flujo de agua salada y M_ad del agua dulce. Obtenido de la gráfica del apartado anterior, 210 m³/h
- Cp_as el calor específico del agua salada, 4.04 kJ/kgC°
- El incremento de temperatura del agua salada se estima en 20°C
- Cp_ad es el calor específico del agua dulce que es 4.2 kJ/kg°C
- El incremento de la temperatura de agua dulce es 25°C

Resulta:

$$m_{AS} = \frac{m_{AD} * Cp_{AD} * \Delta T_{AD}}{Cp_{as} * \Delta T_{AS}} = \frac{210 * 4.2 * 25}{4.04 * 20} = 272.9 \frac{m^3}{h}$$

Teniendo en cuenta el numero total de generadores, hay que multiplicar este valor por cuatro, resultando:

$$m_{AS} = 1091.6 \frac{m^3}{h}$$

Por tanto, la potencia de la bomba resulta:

$$P = \frac{1091.6 * 1025 * 40}{3600 * 75 * 0.6}$$

$$P = 276.3 \text{ kW (TODOS LOS MOTORES)}$$

4.2 Sistema de combustible del motor

Este sistema proporciona el combustible al motor diesel, para ello se necesitan componentes de control, calefacción, purificación, almacenamiento, etcétera.

El fuel no debe contener sustancias añadidas o químicas que pongan en riesgo la situación de instalaciones o que afecte a la contaminación del aire o las maquinas. Las características del fuel siguen la norma ISO 8217:2017.

Tendremos dos grupos de sistemas, para así asegurar el funcionamiento de al menos la mitad de los motores en caso de avería.

4.2.1 Sistema interno de fuel

Estas indicaciones se muestran en la página 65/206 del Project guide:

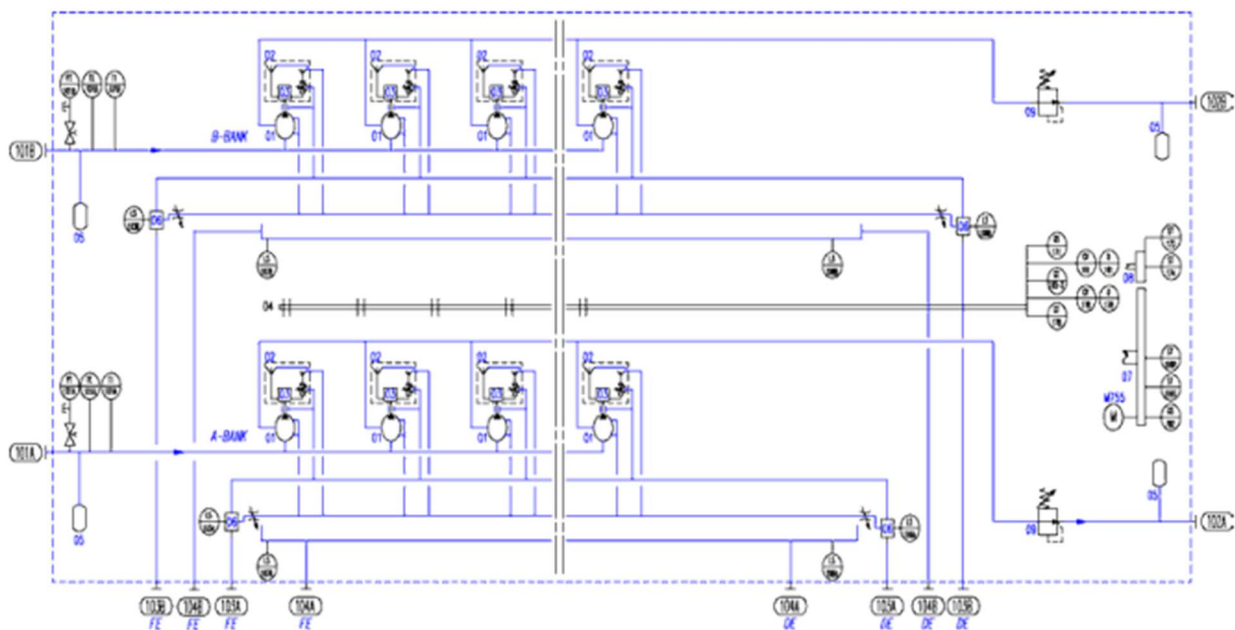


Fig 6-2 Internal fuel system, V-engine (DAAR030664)

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

System components					
01	Injection pump	04	Fuel & timing rack	07	Flywheel
02	Injection valve	05	Pulse damper	08	Camshaft
03	Switching valve	06	Fuel oil leakage collector	09	Pressure regulating valve

Sensors and indicators				
PT101A/B	Fuel oil pressure, engine inlet	ST173	Engine speed 1 (safety)	
TE101A/B	Fuel oil temperature, engine inlet	ST174	Engine speed 2 (safety)	
TI101A/B	Fuel oil temperature, engine inlet (local)	CV178	Timing rack actuator	
TE102A/B	Fuel oil temperature, engine outlet	GT178	Timing rack position	
LS103A/B	Fuel oil (clean) leakage - DE	ST191	Engine speed for torsional vibration	
LS106A/B	Fuel oil (clean) leakage - FE	ST196P	Engine speed, prime	
LS107A/B	Fuel oil (dirty) leakage - FE	U161	Drive unit for CV161	
LS108A/B	Fuel oil (dirty) leakage - DE	ST196S	Engine speed, back-up	
CV161	Fuel rack actuator	GS792	Turning gear engaged	
GT165-2	Fuel rack position	M755	Electric motor for turning gear	
GS171	Stop lever in stop position	U178	Drive unit for CV178	

Pipe connections	
101A/B	Fuel inlet
102A/B	Fuel outlet
103A/B	Leak fuel drain, clean fuel
104A/B	Leak fuel drain, dirty fuel

El motor está diseñado para un funcionamiento continuo con fuel-oil pesado (HFO). Si se requiere, el motor puede construirse para funcionar solo con gasóleo marino (MDF). El motor podrá funcionar con MDF de forma intermitente sin necesidad de cambios. Se recomienda el funcionamiento continuo con HFO siempre que sea posible.

Una válvula de control de presión en la línea de retorno de combustible mantiene la presión deseada antes de las bombas de inyección.

4.2.2 Sistema externo de fuel

El diseño del sistema externo de combustible varía de un barco a otro, pero todos los sistemas deben proporcionar combustible en las condiciones adecuadas. Debe existir suficiente circulación a través de cada máquina conectada a un mismo circuito en las condiciones de operación.

Como mínimo, el sistema de tratamiento debe tener un tanque de sedimentación y dos separadoras, el correcto dimensionamiento de los separadores, así como el seguimiento de las recomendaciones del fabricante es muy importante. Un combustible mal centrifugado o con alto contenido en agua puede dañar el sistema de alimentación de combustible.

Las tuberías de combustible han de estar sujetas a estructuras rígidas.

El calentamiento del fuel es necesario en:

- Tanques diarios, tanques de sedimentación
- Tuberías
- Separadores
- Unidades de alimentación

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

La temperatura del combustible para que se pueda bombear ha de ser entre 40-50°C, los serpentines de la calefacción se diseñan para 60°C, la calefacción de tanques solo es necesaria para HFO, por lo general para MDF no será necesario.

A continuación, se muestran las condiciones de calentamiento del fuel que son necesarias (pag 68/206). La capacidad de calentamiento del depósito se determina en función de la pérdida de calor del depósito y de la tasa de aumento de temperatura deseada.

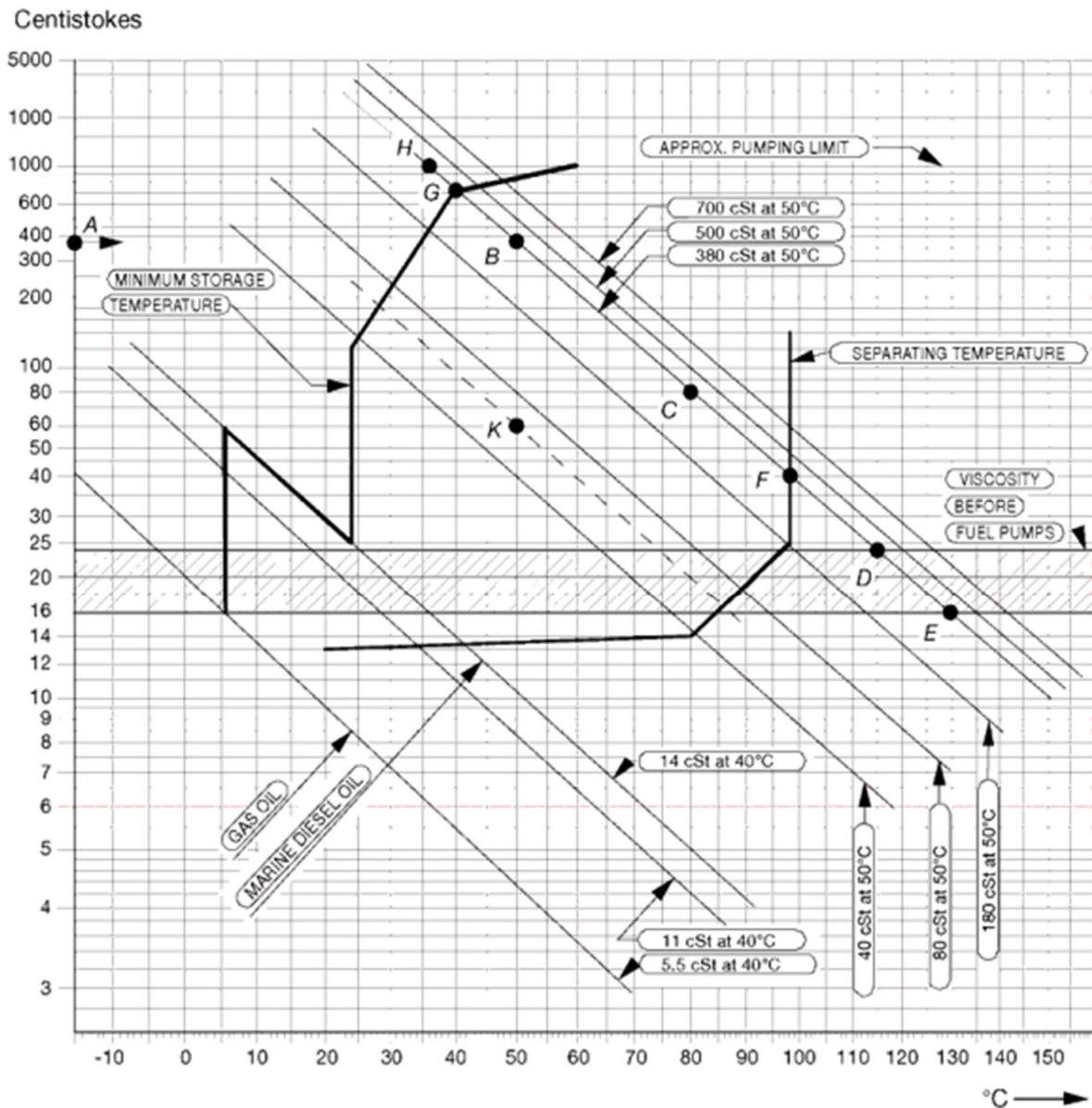


Fig 6-3 Fuel oil viscosity-temperature diagram for determining the pre-heating temperatures of fuel oils (4V92G0071b)

A continuación, se muestra un esquema del sistema (página 71/206), en el que se indica:

El combustible va de los tanques almacén a los tanques de sedimentación de cámara de máquinas. Después, el combustible va a los tanques de uso diario.

A lo largo de su recorrido existirá calentamiento y otros sistemas que se describirán en los siguientes subapartados.

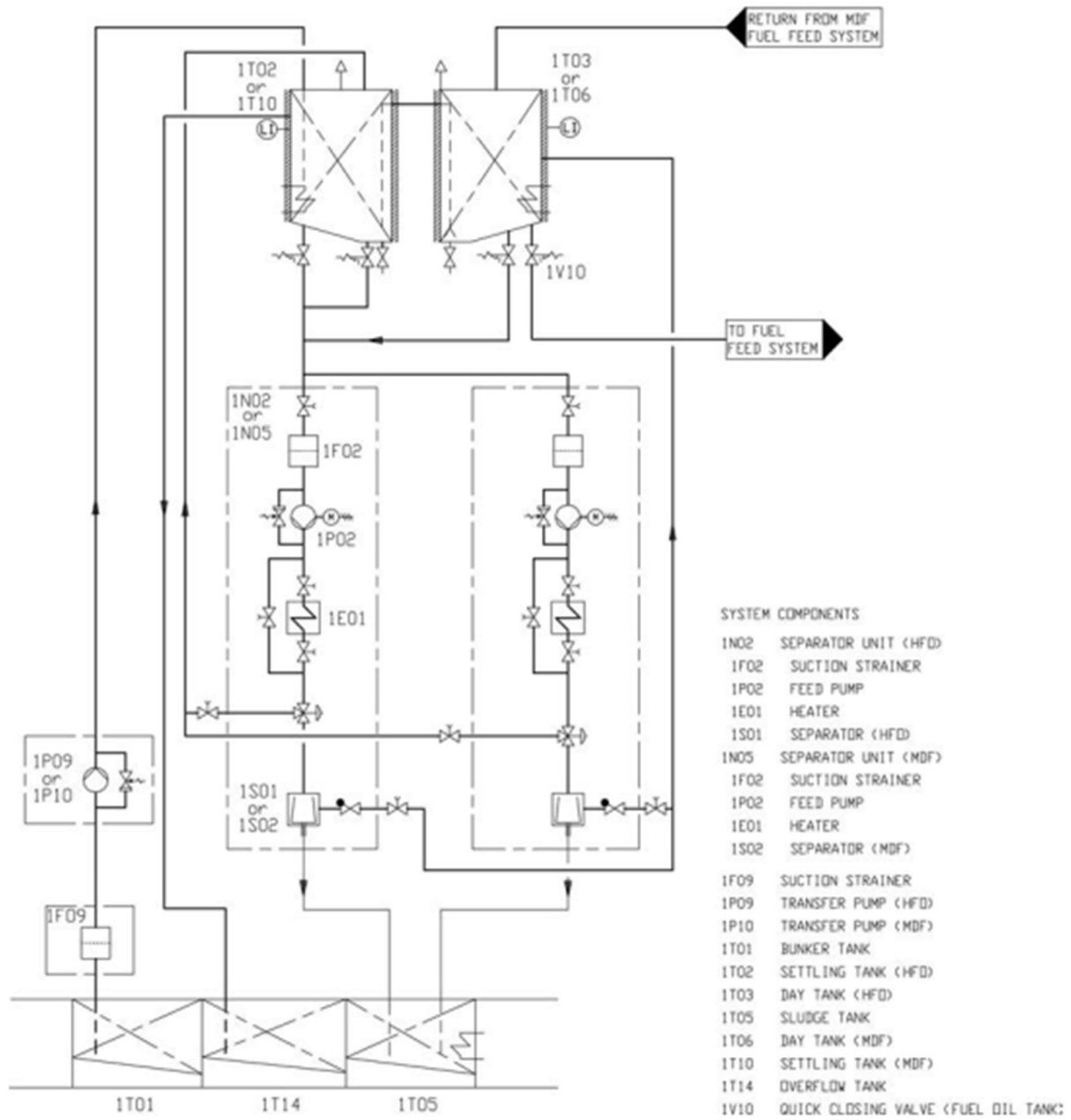


Fig 6-4 Fuel transfer and separating system (V76F6626G)

4.2.2.1 Sistema de trasiego

El buque proyectado contara con dos bombas de trasiego, más una de respeto, que trabajaran a una presión de 4 Bares. Estas bombas bombean el fuel desde el tanque almacén a los tanques de sedimentación y por tanto deben ser capaces de llevar a cabo estas operaciones:

1. Llenado de un tanque de sedimentación en 4 horas

$$Q_1 = \frac{V_{T\text{Sedimentación}}}{n^{\circ}\text{Bombas} \times t} = \frac{441}{2 \times 4}$$

$$Q_1 = 55,12 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. Achique completo de un tanque almacén en 12 horas

$$Q_2 = \frac{V_{T\text{Almacén}}}{n^{\circ}\text{Bombas} \times t} = \frac{2964,6}{2 \times 12}$$

$$Q_2 = 123,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

3. Garantizar un caudal igual a diez veces el consumo del motor principal.

$$Q_3 = \frac{10 \times C_e \times MCR}{\rho_{Combustible}} \times 10^{-6} = \frac{10 \times 177.2 \times 28500}{0.99} \times 10^{-6}$$

$$Q_3 = 51.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Escogiendo el mayor caudal de los tres calculando anteriormente, las bombas de trasiego tendrán las siguientes características:

- $Q_{Trasiego} = 123,5 \text{ m}^3/\text{h}$
- $P = 4 \text{ Bar}$
- Bomba de tornillo autoaspirante

Se calcula ahora la potencia de la bomba descrita:

$$P = \frac{123,5 \times 0.9 \times 40}{3600 \times 75 \times 0.6}$$

$$P = 27,4 \text{ kW (TOTAL TODOS LOS MOTORES)}$$

4.2.2.2 Sistema de tratamiento

Para evitar impurezas del combustible, éste se trata antes de pasar al tanque de uso diario. Con este objetivo se utilizan dos separadores de pila de discos centrifugos, que eliminan el agua o partículas del combustible. Los separadores deben ser del mismo tamaño.

Las bombas de alimentación se dimensionan para la calidad real del combustible y el rendimiento del separador, se muestran a continuación el caudal que debe suministrar (Pagina 72/206):

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

where:

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

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

ρ = density of the fuel [kg/m³]

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

$$Q = \frac{28600 \times 177.2 \times 1.15 \times 24}{0.9 \times 23} = 6757,5 \frac{\text{l}}{\text{h}} \rightarrow 7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

La potencia por tanto será:

$$P = \frac{7 \times 0.9 \times 50}{3600 \times 75 \times 0.6}$$

$$P = 2 \text{ kW (TOTAL TODOS LOS MOTORES)}$$

La altura en metros de columna de agua se aproxima teniendo en cuenta que la bomba trabaja a 3.5 Bar y tendrá unas pérdidas de carga.

4.2.2.3 Sistema de calentamiento

Se dimensiona a partir de la capacidad de la bomba de alimentación y la temperatura del tanque de sedimentación.

La temperatura en la superficie del calentador no puede ser muy alta, si no el combustible podría sufrir alteración. La temperatura que se recomienda es de 98°C para HFO y 20-40°C para MDF.

El calor necesario se calcula de la siguiente forma:

$$m_{HFO} * Cp_{HFO} * \Delta T_{HFO} = m_{AD} * Cp_{AD} * \Delta T_{AD}$$

Siendo,

- M_AD el flujo de agua necesaria para calentar el fuel [m3/h]
- Cp_HFO es el calor específico del fuel, 1,7 kJ/kg°C
- El incremento de temperatura del fuel es de 40°C
- M_HFO el flujo de fuel que se estima a 18 m3/h
- Cp_AD es el calor específico del agua dulce que es 4.2 kJ/kg°C
- Incremento de temperatura del agua dulce 25°C

Por tanto, el flujo de agua dulce necesaria se estima:

$$m_{AD} = \frac{18 * 1.7 * 40}{4.2 * 25} = 11.7 \frac{m^3}{h}$$

Finalmente, la potencia de la bomba:

$$P = \frac{11.7 * 1.025 * 40}{3600 * 75 * 0.6}$$

$$P = 2.96 \text{ kW} \cong 3 \text{ kW}$$

4.2.2.4 Sistema de trasiego lodos

Esta bomba debe ser capaz de aspirar los lodos del tanque de lodos y descargarlos en un tiempo de 5 horas, por tanto, el caudal de la bomba se calcula:

$$Q_{BLodos} = \frac{V_{TanqueLodos}}{h_{descarga}} = \frac{264,96}{5} = 53 \frac{m^3}{h}$$

La potencia de la bomba resulta:

$$P = \frac{53 * 0.9 * 50}{3600 * 75 * 0.6}$$

$$P = 14,7 \text{ kW (TOTAL TODOS LOS MOTORES)}$$

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero | Error! No se encuentra el origen de la referencia.

4.2.2.5 Sistema de alimentación (Booster)

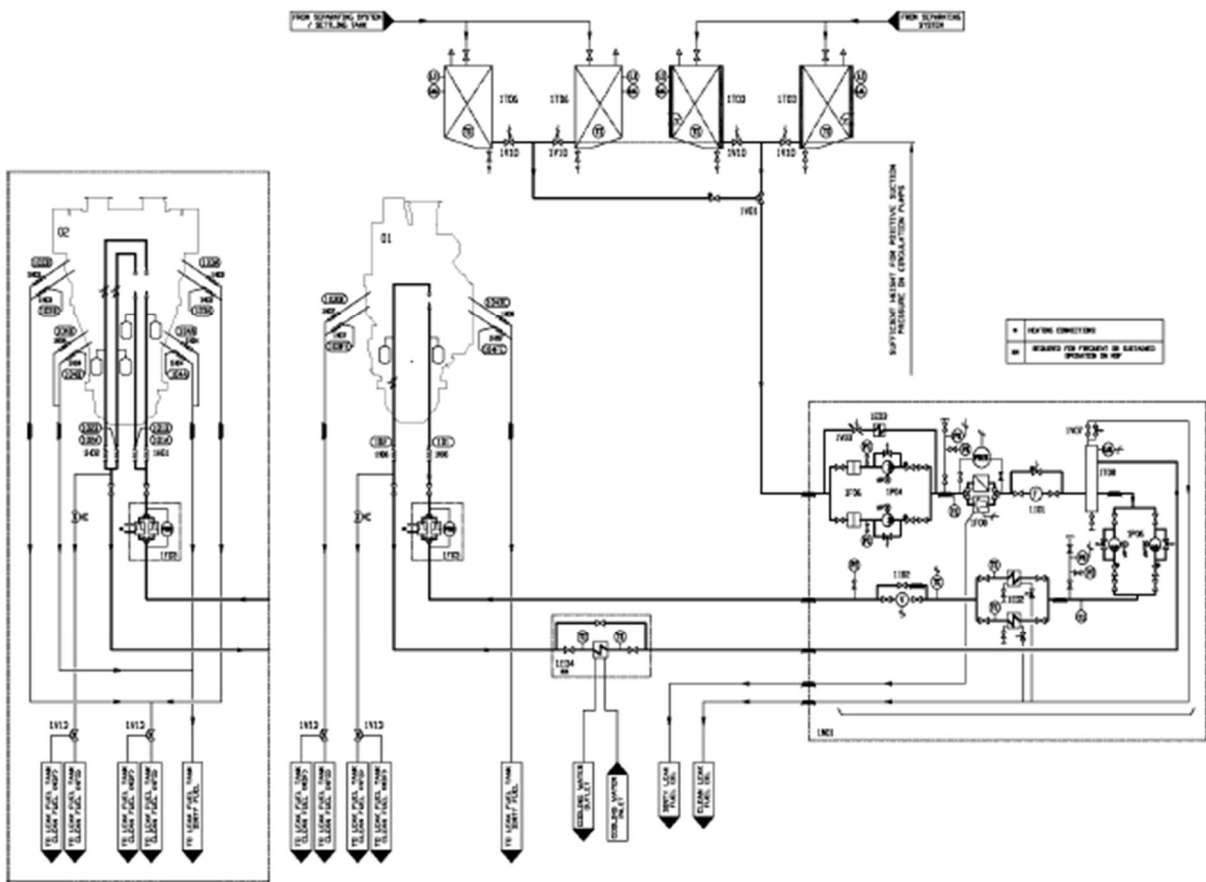


Fig 6-7 Example of fuel oil system, HFO (DAAF424853)

System components			
01	Diesel engine Wärtsilä V46F	1N01	Feeder/booster unit
02	Diesel engine Wärtsilä L46F	1P04	Fuel feed pump (Booster Unit)
03	Adapter	1P06	Circulation pump (Booster Unit)
1E02	Heater (Booster Unit)	1T03	Day tank (HFO)
1E03	Cooler (Booster Unit)	1T06	Day tank (MDF)
1E04	Cooler (MDF)	1T08	De-aeration tank (Booster Unit)
1F03	Safety filter (HFO)	1V01	Change-over valve
1F06	Suction filter (Booster Unit)	1V03	Pressure control valve (Booster Unit)
1F08	Automatic filter (Booster Unit)	1V07	Venting valve (Booster Unit)
1I01	Flow meter (Booster Unit)	1V10	Quick closing valve (Fuel oil tank)
1I02	Viscosity meter (Booster Unit)	1V13	Change over valve for leak fuel

Pipe connections	
101	Fuel inlet
102	Fuel outlet
103	Leak fuel drain, clean fuel
104	Leak fuel drain, dirty fuel

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Las bombas de trasiego llevan el combustible de los tanques de combustible de proa a los tanques de sedimentación de cámara de máquinas. En este circuito la presión es de 4-5 Bar, después la presión aumenta hasta 10 Bar antes de entrar en el motor. Este caudal será mayor, ya que los excesos se recirculan, para controlar los excesos se usa la válvula que controla la presión en el tanque de aireación.

Las tuberías han de estar bien aisladas y debe de existir sistemas que controlen la viscosidad del combustible a la entrada del motor. Existe calefacción en las tuberías, pero será posible apagarlo cuando sea necesario.

El combustible debe circular continuamente aun estando el motor sin funcionar para mantener la temperatura deseable.

En el caso proyectado, como la instalación está compuesta por más de un Wärtsilä 46DF, existirá una unidad de alimentación para toda la instalación y después para cada motor existirá una bomba de circulación. Siguiendo la recomendación, tendremos dos unidades de alimentación, ya que no es recomendable que una unidad de alimentación alimente a mas de dos generadores.

➤ FEEDER/BOOSTER

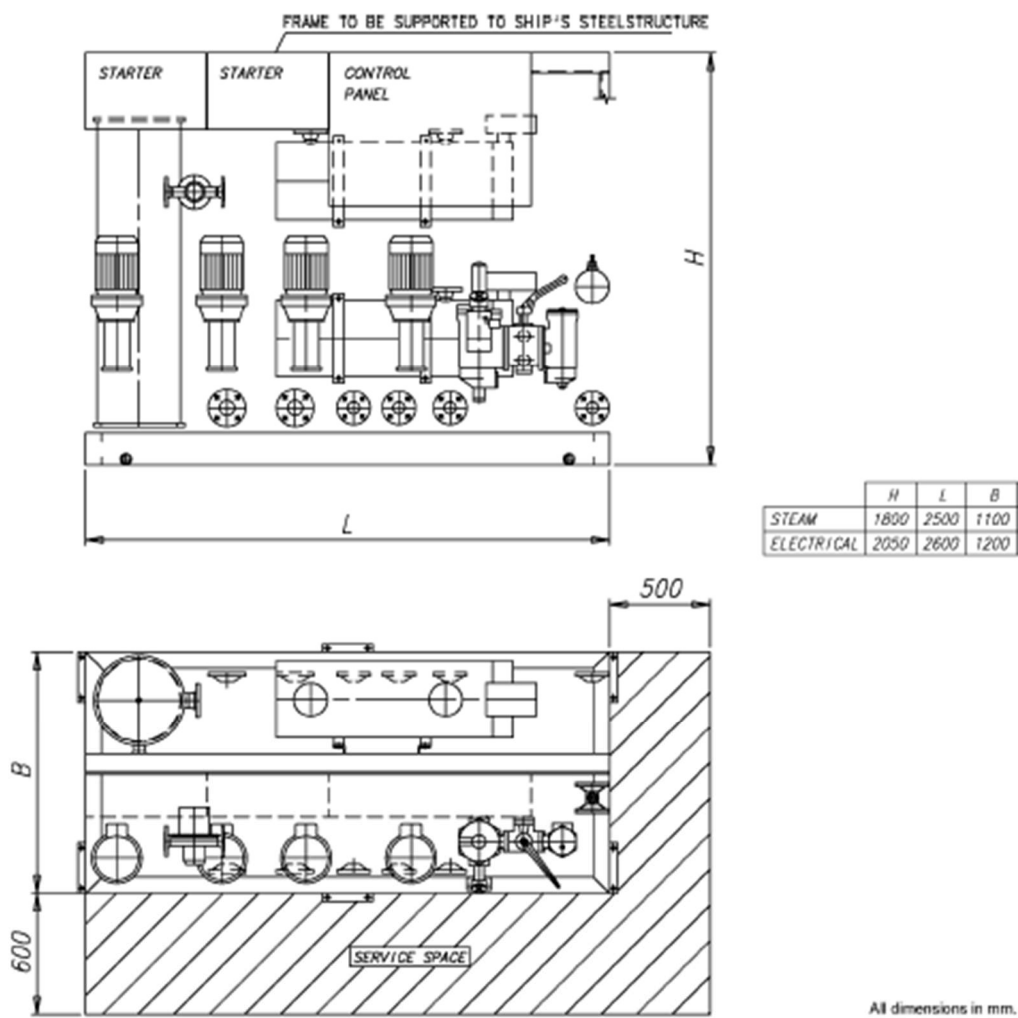


Fig 6-9 Feeder/booster unit, example (DAAE006659)

Estas unidades están compuestas por:

- Dos filtros de succión
- Dos bombas de alimentación, tipo tornillo y con válvulas de seguridad y motores eléctricos

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

- Válvula de control
- Tanque de desaireación con válvula de ventilación
- Dos bombas de circulación tipo tornillo
- Dos calentadores
- Filtro con lavado automático
- Viscosímetro para el control del calentador
- Armario control
- Panel alarma

La **bomba de alimentación** se recomienda que sea de tipo tornillo y que la capacidad debe ser capaz de mantener la presión del sistema de combustible. Antes de cada bomba se debe tener un filtro de 0.5 mm y en este punto debe haber una presión estática de 30 kPa en la parte de absorción de la bomba.

Capacity	Total consumption of the connected engines added with the flush quantity of the automatic filter (1F08) and 15% margin.
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

El caudal de la bomba se estima a partir del consumo:

$$Q = \frac{\text{Potencia} * \text{consumo}}{\text{densidad}} = \frac{28500 * 177.2}{900} = 5.6 \frac{m^3}{h}$$

Y por tanto la potencia.

$$P = \frac{5.6 * 0.9 * 100}{3600 * 75 * 0.6}$$

$$P = 3.2 \text{ kW (TOTAL TODOS LOS MOTORES)}$$

La **válvula de control de presión** en esta unidad mantiene la presión en el tanque de desaireación, el flujo excedente se va de esta forma hacia la parte 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**, se **sitúa** antes del calentador, entre la bomba de alimentación y el tanque desairedor.

Se recomienda que el filtro automático tenga un filtro de limpieza manual. Debe estar equipado con una camisa de calefacción. Se indica.

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

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 µm (absolute); 20 µm β20=10, ISO16889
- by-pass filter	35 µm (mesh size)

Maximum permitted pressure drops at 14 cSt:

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

Se requiere que este equipado con un **caudalímetro** que controle el consumo de combustible, se localiza entre la bomba de alimentación y el tanque de aireación.

El **tanque desaireador** debe estar aislado y equipado con una bobina de calentamiento. Su capacidad mínima es de 100Litros

Las **bombas de circulación** de las que se hablo anteriormente, que recirculan el combustible para que se mantenga la presión, viscosidad y temperatura adecuada.

Design data:

Capacity:

- single engine, without circulation pumps (1P12)	LFO:2cSt HFO:20cSt: See chapter "Technical data"
- with circulation pumps (1P12)	15% more than total capacity of all circulation pumps

Frequency Converter:

- HFO single engine, without circulation pumps (1P12)	Not needed
- Bi-fuel single engine, without circulation pumps (1P12)	Required
- with circulation pumps (1P12)	Not needed on 1P06

Design pressure:	1.6 MPa (16 bar)
Max. total pressure (safety valve)	1.0 MPa with 1P12 1.2 MPa without 1P12

Design temperature	150°C
Viscosity for dimensioning of electric motor	500cSt

Como más de dos máquinas están conectadas a la misma unidad de alimentación, las bombas de circulación para cada generador son necesarias.

4.3 Aceite lubricante

Según si el motor funciona con Diesel Marino, Fuel Oil pesado o gas natural, al ser estos combustibles de distintas calidades, el aceite lubricante también cambiará sus condiciones dependiendo de cual se use en cada momento.

Los lubricantes BN 50 – 55 se utilizan para usar con fuel oil pesado, los lubricantes BN – 40 se puede usar también con fuel oil pesado, cuando éste tenga un contenido en azufre bajo. Se podrán usar lubricantes de BN superior que el recomendado.

No se pueden mezclar aceites a no ser que lo indique el fabricante.

A continuación, se muestra una tabla con las indicaciones en cuanto al aceite lubricante (página 85/205 project guide)

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 975-17 ASTM D 396-17, BS MA 100: 1996 CIMAC 2003, ISO 8217:2017(E)	GRADE NO. 4D GRADE NO. 5-6 DMC, RMA10-RMK55 DC, A30-K700 RMA10-RMK700	30...55	≤ 3.50 or statutory requirements***)

4.3.1 Sistema interno del aceite lubricante

Se puede encontrar también en la página 87/206 project guide.

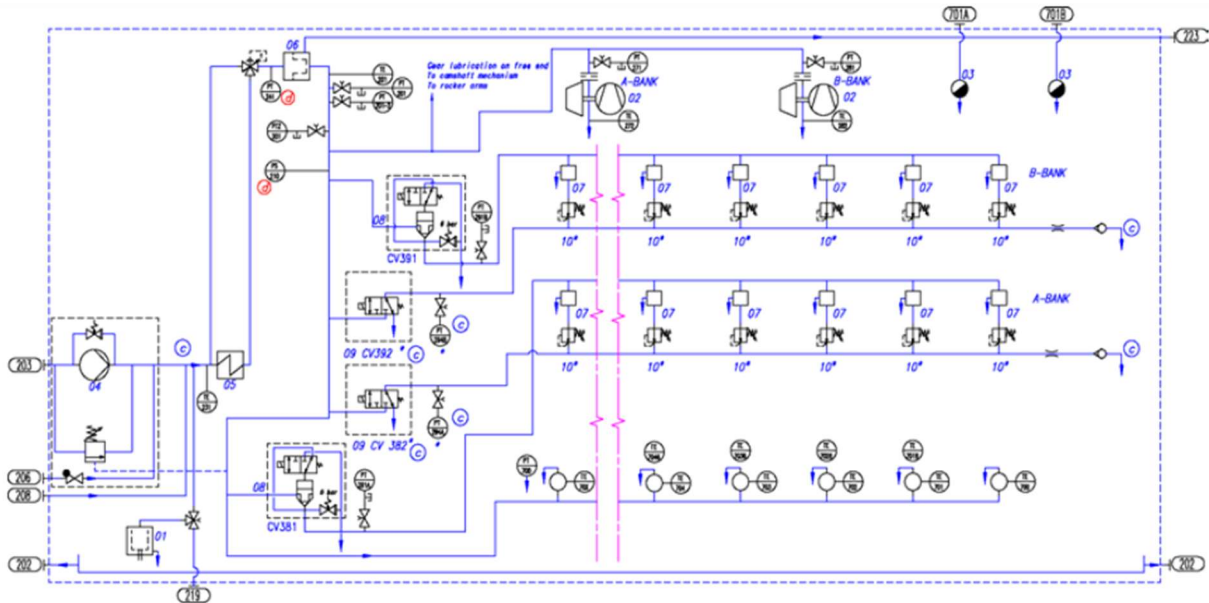


Fig 7-2 Internal lubricating oil system, V-engine (DAAR011169D)

System components			
01	Centrifugal filter (for indicating)	06	Lubricating oil automatic filter
02	Turbocharger	*07	VIC - Variable Inlet valve Closing
03	Crankcase breather	*08	VIC - Control valve
04	Main lubricating oil pump (engine driven)	©09	Vic-Half VIC Activation
05	Lubricating oil cooler	©10	Pressure valve for 3-Timing VIC

©* If engine is equipped with 3-Timing VIC

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Sensors and indicators			
PT201	Lube oil pressure, engine inlet	CV381	VIC control valve, A-bank
PT201-2	Lube oil pressure, engine inlet	PT271	Lube oil pressure, TC A inlet

Sensors and indicators			
PTZ201	Lube oil pressure, engine inlet	TE272	Lube oil temperature, TC A outlet
TE201	Lube oil temperature, engine inlet	PT700	Crankcase pressure
TI201	Lube oil temperature, engine inlet (local)	PT241	LO press, filter inlet
PT281	LO pressure, TC B inlet	TE700-X	Main bearing temperature
PS210	Lube oil stand-by pump start	TE7016-46	Big end bearing temperature
TE231	Lube oil temperature, LOC inlet	*PT294A	3-Timing VIC system., A-bank ©
TE282	LO temperature, TC B outlet	*PT294B	3-Timing VIC system, B-bank ©
©*CV382	VIC half VIC activation, A-bank	CV391	VIC control valve, B-bank
©*CV392	VIC half VIC activation, B-bank	PT291A/B	LO press. after VIC control
©* If engine is equipped with 3-Timing VIC			

Pipe connections	
202	Lubricating oil outlet (from oil sump)
203	Lubricating oil inlet to engine driven pump
206	Lubricating oil from priming pump
208	Lubricating oil from electric driven pump
223	Flushing oil from internal automatic filter
219	Sample
701A/B	Crankcase air vent

El sumidero de aceite es de tipo seco. Existirán dos salidas por cada final del motor. Una salida en el final libre y dos salidas en el final motriz, estas salidas estarán conectadas al tanque de aceite lubricante.

La bomba de aceite lubricante es de tipo tornillo y de accionamiento directo, además está equipada con una válvula de control de presión.

Esta bomba se encuentra en los datos técnicos del motor seleccionado, a continuación, se indica el extracto correspondiente:

Lubricating oil system				
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	500	500	500
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	55...58	55...58	55...58
Temperature after engine, approx.	°C	75	75	75
Pump capacity (main), engine driven	m ³ /h	299	256	256
Pump capacity (main), electrically driven	m ³ /h	256	256	256

Por tanto, $Q = 256 \text{ m}^3/\text{h}$

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*

Resultando la potencia de la bomba:

$$P = \frac{256 * 0.9 * 80}{3600 * 75 * 0.6}$$

$$P = 11.4 \text{ kW (PARA 1 MOTOR GENERADOR, MULTIPLICAR POR 4)}$$

4.3.2 Sistema externo de aceite lubricante

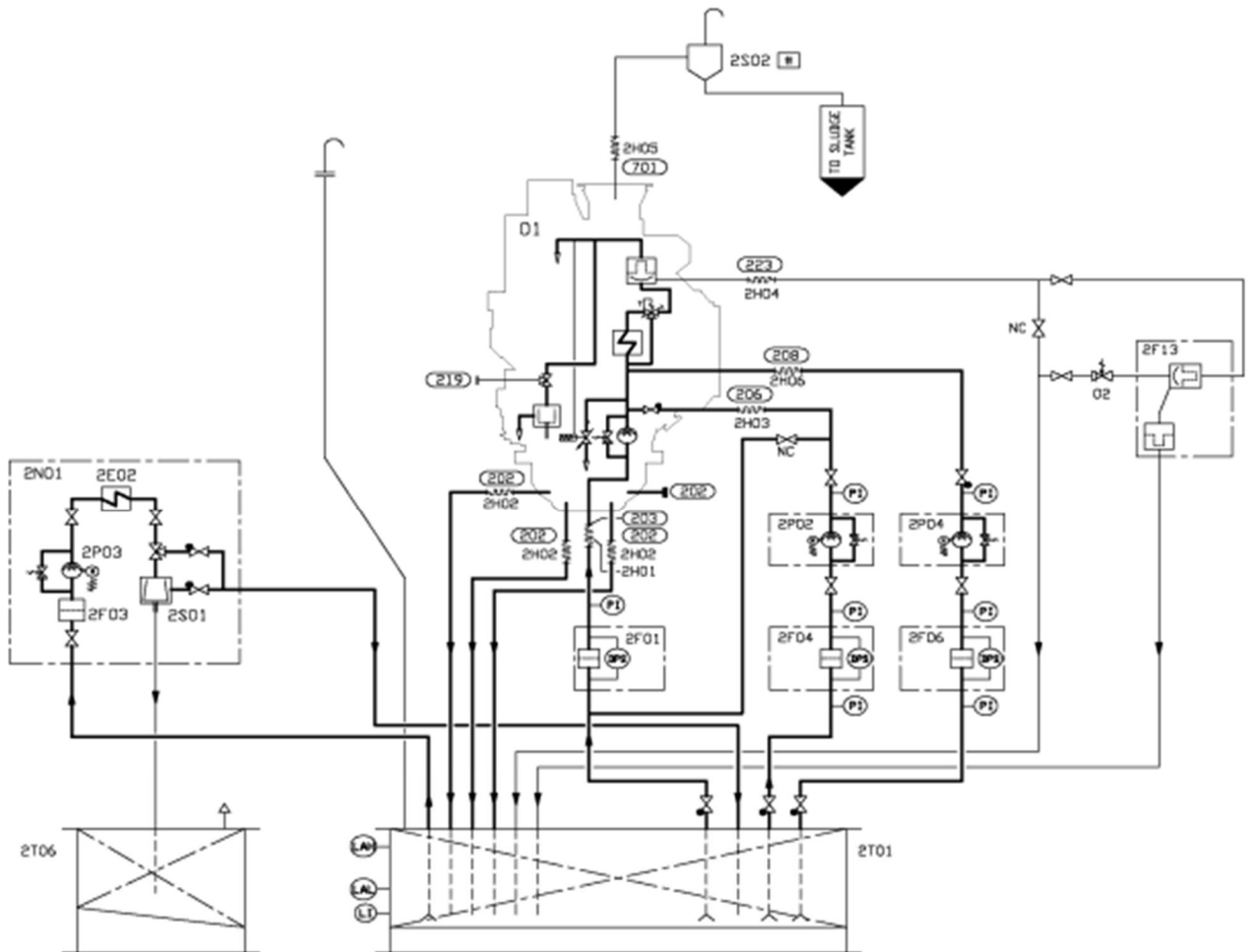


Fig 7-3 External lubricating oil system, engine driven & stand by pumps (DAAF423923)

System components			
01	Diesel engine Wärtsilä L46F	2N01	Separator unit
02	Pressure control valve	2P02	Pre-lubricating oil pump
2H0X	Flexible pipe connections	2P03	Separator pump
2E02	Heater (Separator unit)	2P04	Stand-by pump
2F01	Suction strainer (Main lubricating oil pump)	2S01	Separator
2F03	Suction filter (Separator unit)	2S02	Condensate trap
2F04	Suction strainer (Pre lubricating oil pump)	2T01	System oil tank
2F06	Suction strainer (Stand by pump)	2T06	Sludge tank
2F13	Automatic filter (LO back flush)		

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Pipe connections			
202	Lubricating oil outlet ¹	208	Lubricating oil from electric driven pump
203	Lubricating oil to engine driven pump	223	Flushing oil from internal automatic filter
206	Lubricating oil from priming pump	701	Crankcase air vent
219	LO Sample		
¹ Two outlets in each end are available			

4.3.2.1 Unidad de separación (2N01)

Cada máquina debe tener un separador de aceite lubricante y los separadores deben estar dimensionados para una continua separación.

Las unidades de separación de aceite lubricante deben estar equipadas con:

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

Esta unidad podría estar equipada con un tanque de lodo intermedio y una bomba de lodo que ofrece flexibilidad en la localización del separador ya que no será necesario tener tanque de lodo directamente debajo del separador.

El separador (2S01) será preferiblemente del tipo con descarga controlada con el objetivo de minimizar pérdidas de aceite.

La **bomba de alimentación** (2P03) debe ser seleccionada de acuerdo con el separador, por eso en muchas ocasiones se decide según el fabricante del separador. El caudal de esta bomba de alimentación se estima a partir de la siguiente fórmula:

$$Q \left[\frac{l}{h} \right] = \frac{1.35 \times P[kW] \times n}{t} = \frac{1.35 \times 44000 \times 5}{24} = 12375 \frac{l}{h} = 12.4 \frac{m^3}{h}$$

La potencia que absorbe la bomba se define por tanto como:

$$P = \frac{Q \times H \times \gamma}{3600 \times 75 \times \eta} = 2.06 \text{ kW (TODOS LOS MOTORES)}$$

Tomando, el peso específico del aceite como 900kg/m³ y la altura de la columna de agua como 40 m.

El **precalentador** (2E02) se dimensiona de acuerdo con la capacidad y la temperatura en el tanque de aceite.

El depósito de lodos se situará debajo de los separadores y cuanto más cerca mejor, o estará integrado en la unidad de separación. La tubería de lodos será siempre descendente.

Cuando el motor esta funcionando, la temperatura en este tanque será entre 65 – 75 °C.

4.3.2.2 Tanque del sistema de aceite (2T01)

El depósito de aceite suele localizarse por debajo de la base del motor y sin sobresalir, además su ubicación debe asegurar que el aceite no se enfríe por debajo de la temperatura de funcionamiento.

Design data:

Oil tank volume	see <i>Technical data</i>
Oil level at service	75...80% of tank volume
Oil level alarm	60% of tank volume

Observando los datos técnicos del motor:

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Wärtsilä 12V46DF		ME CPP Variable Speed		ME CPP Constant Speed		DE DE Constant Speed	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	1145		1145		1145	
Engine speed	rpm	600		600		600	
Oil flow through engine	m ³ /h	220		220		220	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m ³ /h	60.0 / 60.0		60.0 / 60.0		60.0 / 60.0	
Oil volume in separate system oil tank	m ³	22.5		22.5		22.5	
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5		0.5		0.5	
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	5600		5600		5600	
Crankcase volume	m ³	30.1		30.1		30.1	
Crankcase ventilation backpressure, max.	kPa	0.5		0.5		0.5	
Oil volume in turning device	l	68.0...70.0		68.0...70.0		68.0...70.0	
Oil volume in speed governor	l	7.1		7.1		7.1	

4.3.2.3 Filtros de succión (2F01-04-06)

Es recomendable instalar antes de cada bomba un filtro de succión para protegerlas. Será dimensionada para disminuir pérdidas de presión. Tendrán siempre una alarma de aviso de altos diferenciales de presión. Se indica además (página 96/206)

Design data:

Fineness 0.5...1.0 mm

4.3.2.4 Bomba de aceite prelubricante (2P02)

La instalación de esta bomba es obligatoria y será de tipo engranaje y es independiente del resto de bombas, además debe tener una válvula de seguridad.

La tubería se dispone de forma que la bomba de aceite prelubricante alimente a la bomba de aceite principal, cuando la bomba principal es accionada por el motor.

Esta bomba funcionará también cuando el motor está parado.

Max. pressure (safety valve) 350 kPa (3.5 bar)

Design temperature 100°C

Viscosity for dimensioning of the electric motor 500 cSt

Su capacidad se indica en los datos técnicos del motor:

$$Q = 60 \frac{m^3}{h}$$

Y, por tanto, la potencia se define como:

$$P = \frac{(3 * 60) \times 40 \times 900}{3600 \times 75 \times 0.7} = 34.3 \text{ kW (TOTAL PARA MOTORES EN FUNCIONAMIENTO)}$$

4.4 Gases de exhaustación

Este sistema está compuesto por todos los conductos que permiten que los gases de combustión del motor escapen al medio ambiente. Cada motor dispone de sus propios conductos.

4.4.1 Sistema interno de gases de escape

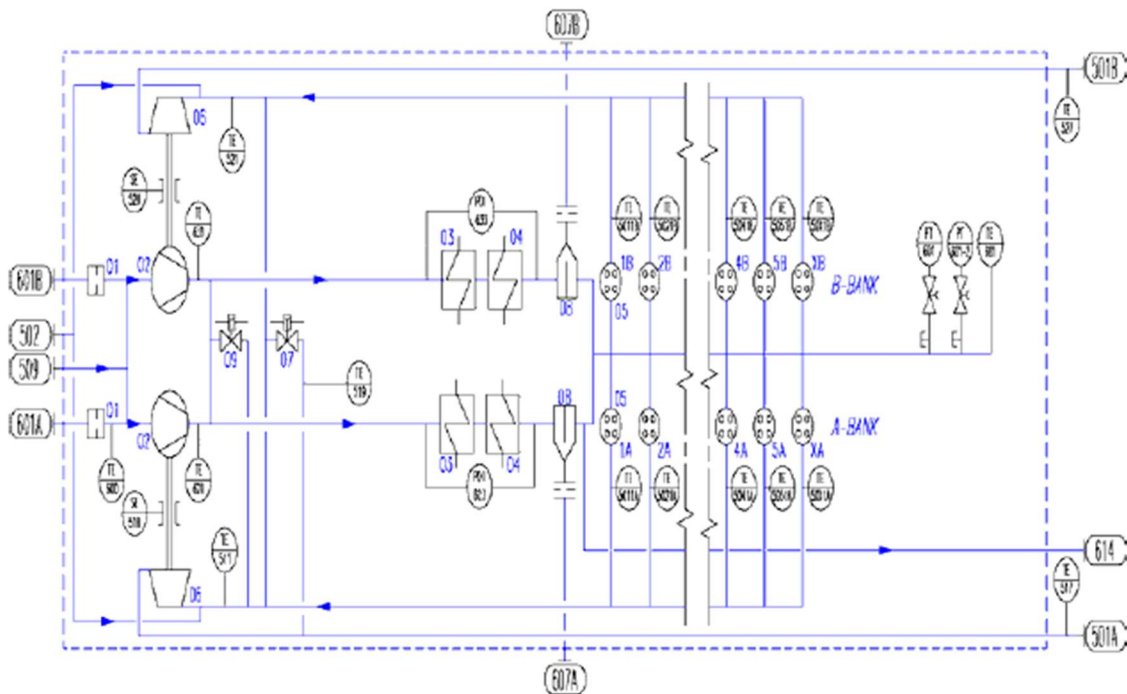


Fig 11-2 Charge air and exhaust gas system, V-engines (DAAR011167)

System components			
01	Air filter	06	Turbine
02	Compressor	07	Wastegate valve (CV519)
03	Charge air cooler (HT)	08	Water mist catcher
04	Charge air cooler (LT)	09	By-pass valve (CV643)
05	Cylinders		

Sensors and indicators			
TE511	Exhaust gas temperature, TC inlet (A-bank)	TE5011B / TE50X1B	Exhaust gas temperature after cylinder head (B-bank)
PT601-2	Charge air pressure, engine inlet	PT601	Charge air pressure, engine inlet
TE517	Exhaust gas temperature, TC outlet (A-bank)	TE601	Charge air temperature, engine inlet
SE518	Turbocharger A speed	PDI623	Pressure difference over CAC (transportable) (A-bank)
TE519	Exhaust gas temperature after wastegate	TE621	Charge air temperature, CAC inlet (A-bank)
TE521	Exhaust gas temperature, TC inlet (B-bank)	PDI623	CAC pressure difference, A-bank
TE600	Air temperature, TC inlet	TE631	Charge air temperature, CAC inlet (B-bank)
TE527	Exhaust gas temperature, TC outlet (B-bank)	PDI633	Pressure difference over CAC (transportable) (B-bank)
SE528	Turbocharger B speed		x = cylinder number
TE5011A / TE50X1A	Exhaust gas temperature after cylinder head (A-bank)		

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Pipe connections		Size
501A	Exhaust gas outlet, A-bank	DN600
501B	Exhaust gas outlet, B-bank	DN600
502	Cleaning water to turbine	DN32
509	Cleaning water to compressor	OD18
601A	Air inlet to turbocharger, A-bank	
601B	Air inlet to turbocharger, B-bank	

Pipe connections		Size
607A	Condensate water after charge air cooler, A-bank	OD22
607B	Condensate water after charge air cooler, B-bank	OD22
614	Scavenging air outlet to TC cleaning valve unit	OD18

4.4.2 Salida de los gases de escape

Se puede elegir entre salida a 0° y salida a 45°. En el caso proyectado se elige la orientada a 45° ya que ofrece fuelles adicionales.

Engine type	TC type	ØA [mm]	ØB [mm]
6L46F	TPL 71C	DN600	DN900
7L46F	TPL 76C	DN800	DN1000
8L46F	TPL 76C	DN800	DN1000
9L46F	TPL 76C	DN800	DN1100
12V46F	TPL 71C	2 x DN600	DN1300
14V46F	TPL 76C	2 x DN800	DN1400
16V46F	TPL 76C	2 x DN800	DN1500

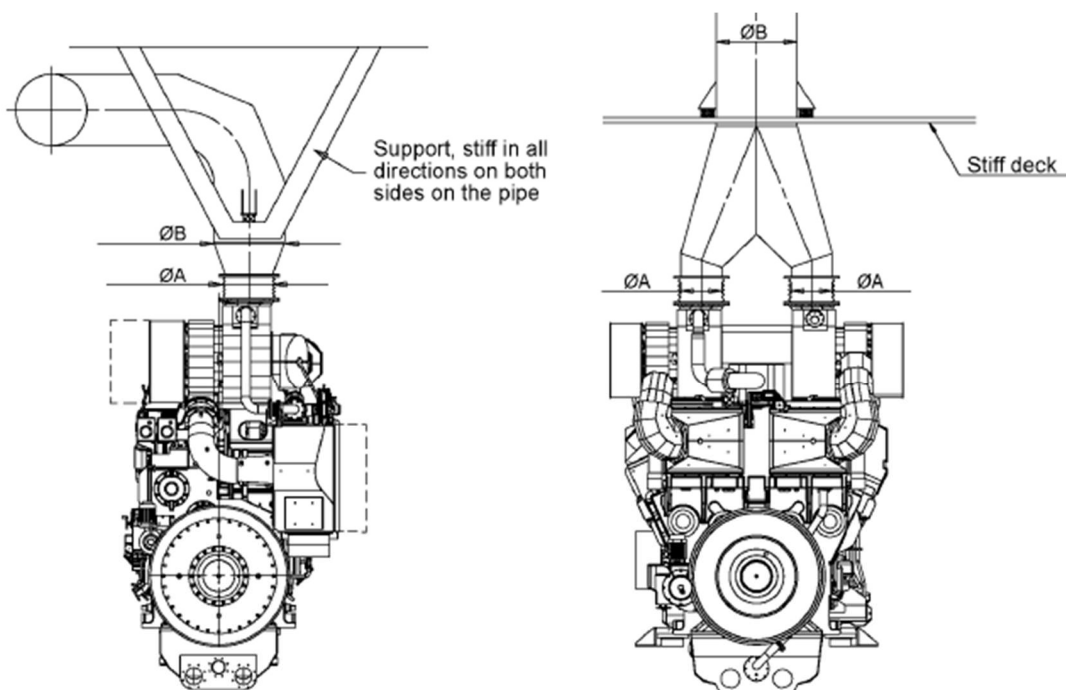


Fig 11-3 Exhaust pipe, diameters and support (DAAE048775B, DAAE075828A)

4.4.3 Sistema externo de gases de escape

Cada motor debe tener su propia tubería de salida de gases de escape al aire libre. Para su diseño son factores condicionantes la contrapresión, la expansión térmica y el soporte. Esto evitará problemas en el turbocompresor por las vibraciones.

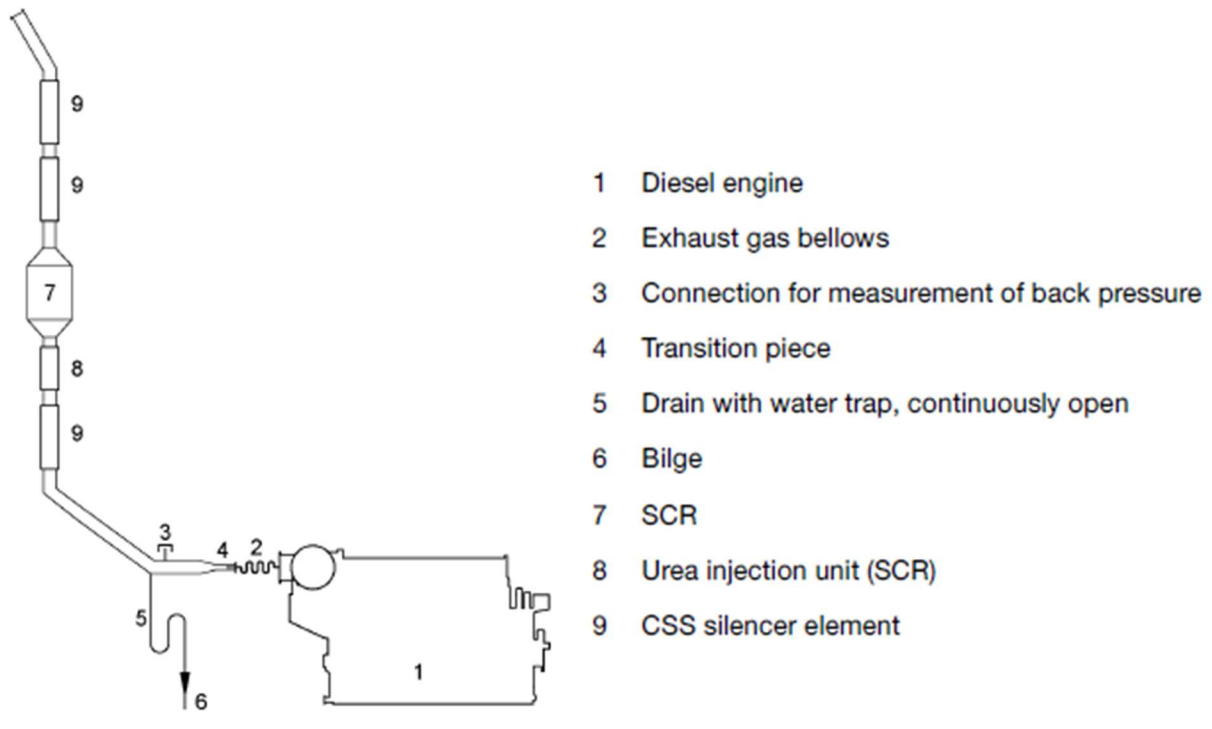


Fig 11-4 External exhaust gas system

4.4.3.1 Tuberías

Deben ser lo más cortas y rectas posibles, con curvas y cambios de diámetro suaves para evitar contrapresiones. El radio de curvatura no inferior a $1.5 \cdot D$.

El diámetro del tubo de escape aumenta después del turbocompresor.

La velocidad de flujo máxima recomendada es de 35-40 m/s a plena potencia, cuanto mayor número de accesorios (codos, T, etc.) en la tubería, menos ha de ser la velocidad de flujo. La velocidad del gas se indica a continuación:

$$v = \frac{4 \times m'}{1.3 \times \left(\frac{273}{273 + T} \right) \times \pi \times D^2}$$

where:

v = gas velocity [m/s]

m' = exhaust gas mass flow [kg/s]

T = exhaust gas temperature [°C]

D = exhaust gas pipe diameter [m]

Estos datos se obtienen de los datos técnicos del motor, que se pueden observar a continuación.

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Exhaust gas system (Note 2)				
Flow at 100% load	kg/s	26.16	25.92	25.92
Flow at 85% load	kg/s	22.2	22.44	22.44
Flow at 75% load	kg/s	20.64	21.84	21.84
Flow at 50% load	kg/s	13.8	17.4	17.4
Temp. after turbo, 100% load (TE 517)	°C	364	364	364
Temp. after turbo, 85% load (TE 517)	°C	336	330	330
Temp. after turbo, 75% load (TE 517)	°C	338	330	330
Temp. after turbo, 50% load (TE 517)	°C	356	297	297
Backpressure, max.	kPa	3	3	3
Calculated pipe diameter for 35 m/s	mm	1307	1301	1301

$$v = \frac{4 * 22.4 \frac{kg}{s}}{1.3 * \left(\frac{273}{273+336}\right) * \pi * 13.01} = 3.76 \text{ m/s}$$

El tubo de escape debe estar aislado con materia aprobado, con un espesor mínimo de 30 mm, debe ser continuo y estar protegido por un recubrimiento para mantener el aislamiento intacto.

Cerca del turbocompresor el aislamiento debe ser de otro material que facilite el mantenimiento y además debe estar bien sujeto para que la corriente de aire no lo desprenda.

Después del aislamiento, se debe comprobar que la normativa SOLAS se cumple, la cual indica que la temperatura en todas las superficies ha de ser inferior de 220°C durante el funcionamiento del motor.

4.4.3.2 Sujeción

El tubo de escape debe estar correctamente fijado a un soporte rígido en todas las direcciones.

4.5 Aire de arranque

El aire comprimido se utiliza para que los motores comiencen a funcionar y para proporcionar energía de accionamiento para la seguridad y control de aparatos.

Los motores instalados a bordo, según se indica en los datos técnicos, arrancan a 3MPa:

Wärtsilä 12V46F		ME CPP Variable Speed	ME CPP Con- stant Speed	DE DE Constant Speed
Cylinder output	kW	1200	1200	1200
Engine speed	rpm	600	600	600
Starting air system (Note 6)				
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000	3000	3000
Pressure at engine during start, min. (20°C) (PT 301)	kPa	1500	1500	1500
Pressure at engine during start, max. (20°C) (PT 301)	kPa	3000	3000	3000
Low pressure limit in air vessels	kPa	1800	1800	1800
Consumption per start at 20°C (successful start)	Nm³	12.0	12.0	12.0
Consumption per start at 20°C, (with slowturn)	Nm³	15.0	15.0	15.0

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Para asegurar el buen funcionamiento de los componentes afectados por el aire comprimido, éste debe estar libre de partículas sólidas y aceite. La calidad del aire dedicada a esta función debe cumplir con los siguientes requerimientos (página 103/206 PG)

Instrument air specification:	
Design pressure	1 MPa (10 bar)
Nominal pressure	0.7 MPa (7 bar)
Max water in air	+3°C (vapour pressure dewpoint)
Max. oil content	1 mg/m ³
Max. particle size	3 µm

4.5.1 Sistema interno de aire comprimido

Los motores se arrancan con aire comprimido a una presión nominal de 3 MPa, el mínimo recomendado es de 1.8 MPa. El arranque se lleva a cabo con una inyección directa de aire comprimido en los cilindros.

Los motores llevan válvulas antirretorno y apagallamas. La válvula principal de arranque puede accionarse manual y eléctricamente.

Además, este sistema de aire comprimido se usa para el funcionamiento de los siguientes sistemas:

- Dispositivo electroneumático de disparo por exceso de velocidad
- Limitador de combustible en arranque
- Giro lento
- Refuerzo del actuador de combustible
- Válvula compuerta de uso
- Limpieza de turbocompresor
- Válvula by-pass de refrigeración de aire HT
- Válvula de cierre de aire
- Detector de niebla de aceite

Se indica a continuación un esquema del equipo y sus sistemas (página 106/206 PG)

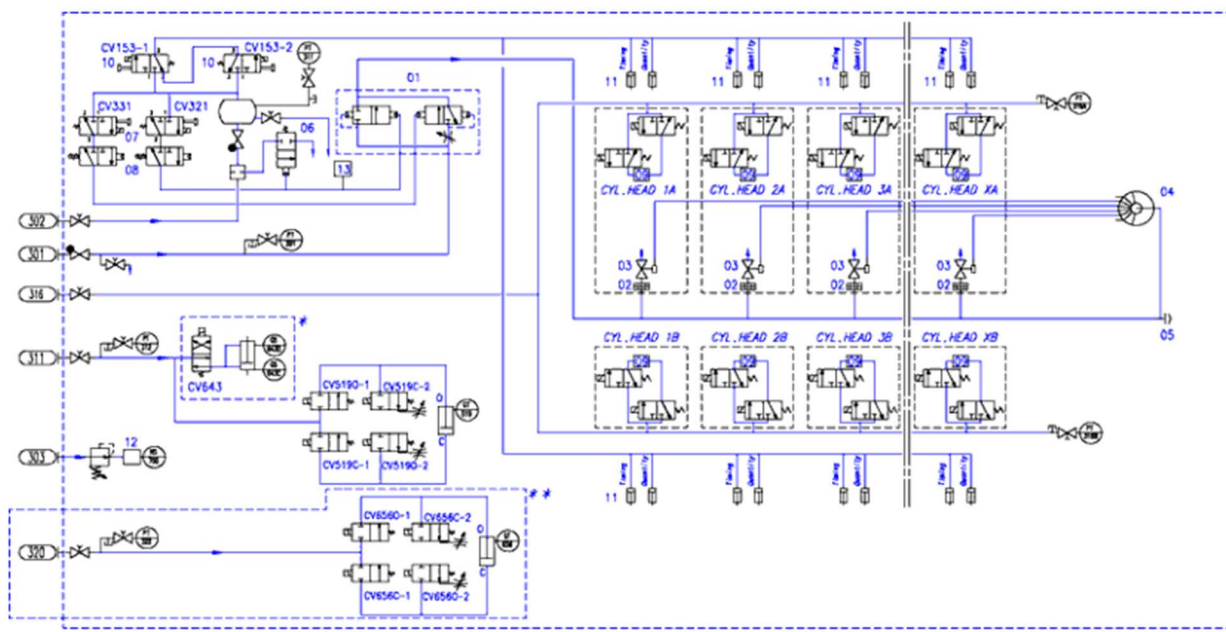


Fig 8-2 Internal compressed air system, V-engine (DAAR030690)

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

System components			
01	Main starting valve	08	Blocking valve for turning gear
02	Flame arrester	09	Switching valve
03	Starting air valve in cylinder head	10	Pilot controlled valves for stopping
04	Starting air distributor	11	Pneumatic stopping cylinders
05	Bursting disc (break pressure 40 bar)	12	Oil mist detector
06	Valve for automatic draining	13	Starting booster for governor
07	Starting and slow turning valve		

Sensors and indicators			
CV153-1	Stop/shutdown solenoid valve 1	CV519C-2	Exhaust wastegate valve, close
CV153-2	Stop/shutdown solenoid valve 2	GT519	Exhaust wastegate valve position
PT301	Starting air pressure, engine inlet	CV643	Charge air by-pass valve control
PT311	Control air pressure	GS643.O	Charge air by-pass valve position, open
PT312	Instrument air pressure, 4-8 bar	GS643.C	Charge air by-pass valve position, closed
CV321	Starting solenoid valve	GT656	Air wastegate valve position
CV331	Slow turning solenoid	CV6560-1	Air wastegate valve, open
PT320	Air wastegate air pressure, 4-8 bar	CV6560-2	Air wastegate valve, open
PT316A/B	Control air pressure, 10 bar A/B bank	CV656C-1	Air wastegate valve, close
CV5190-1	Exhaust wastegate valve, open	CV656C-2	Air wastegate valve, close
CV5190-2	Exhaust wastegate valve, open	NS700	Oil mist detector failure
CV519C-1	Exhaust wastegate valve, close		

Pipe connections	
301	Starting air inlet, 30 bar
302	Control air inlet, 30 bar
303	Driving air to oil mist detector
311	Control air to by-pass/waste-gate valve, 4-8 bar
316	Control air to fuel injection valve, 8 bar

Pipe connections	
320	Control air to air wastegate valve, 4-8 bar
* If variable speed engine or arctic conditions	
** if SCR or arctic conditions	

4.5.2 Sistema externo de aire comprimido

Su diseño se rige por las sociedades de clasificación, la mayoría de ellas indican que la capacidad total se debe dividir en dos recipientes de aire de arranque y compresores de aire que sean de igual tamaño.

Las tuberías de aire comprimido deben estar siempre inclinadas ligeramente y equipadas con drenaje manual o automático,

El aire para dispositivos de seguridad o control debe ser tratado con un secador de aire.

Se muestra a continuación un esquema del sistema y una tabla con sus componentes (PG pagina 108/206)

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

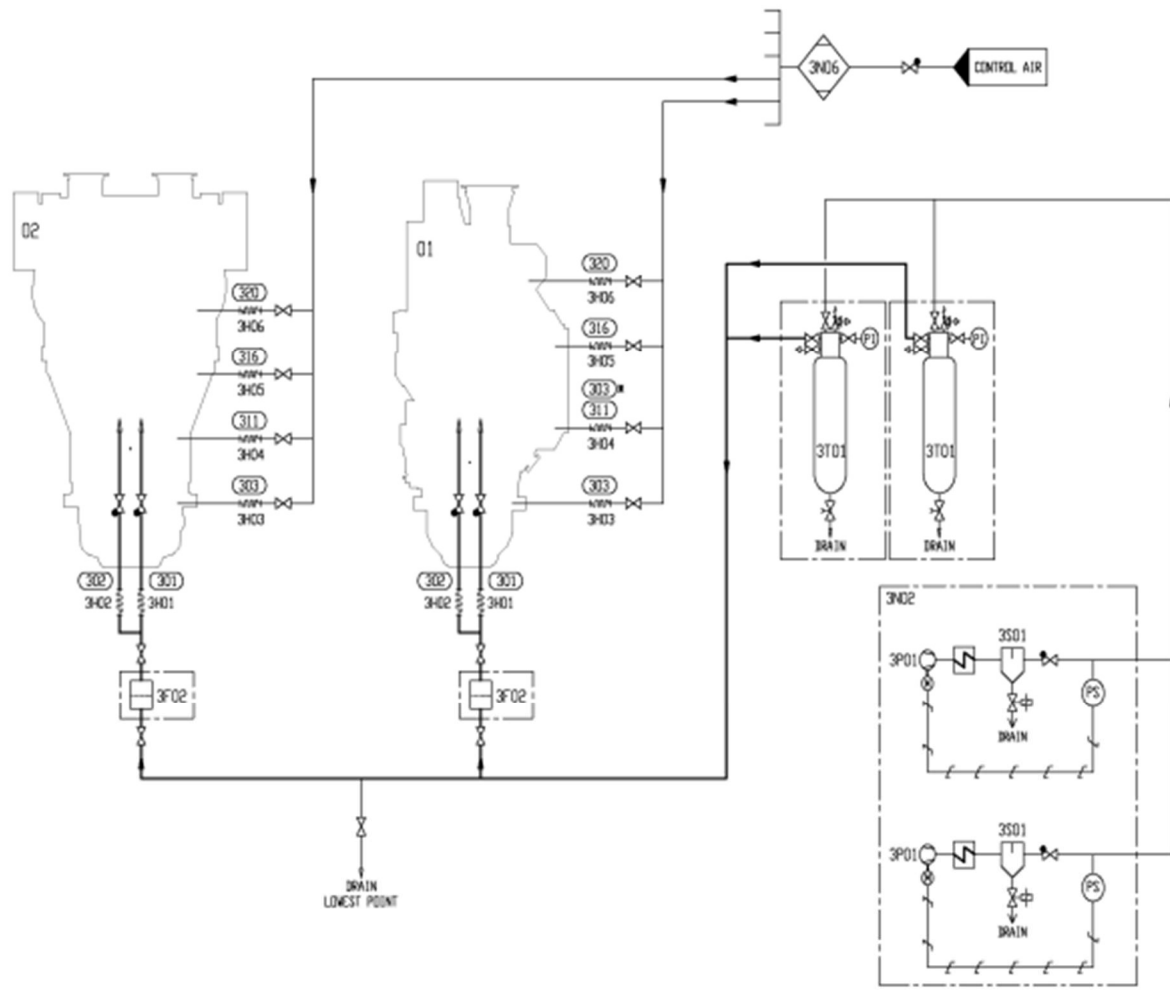


Fig 8-3 Example of external compressed air system (DAAF432964)

System components			
01	Diesel engine WV46F	3N06	Air dryer unit
02	Diesel engine WV46F	3P01	Compressor (Starting air compressor unit)
3H0X	Flexible pipe connection	3S01	Separator (Starting air compressor unit)
3F02	Air filter (starting air inlet)	3T01	Starting air vessel
3N02	Starting air compressor unit		

Pipe connections	
301	Starting air inlet
302	Control air inlet
303	Driving air to oil mist detector

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero | **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Pipe connections	
311	Control air to by-pass/waste-gate valve
316	Air supply for flushing
320	Instrument air inlet

4.5.2.1 Unidad de compresores de aire de arranque (3N02)

Al menos dos compresores deben estar instalados, y es recomendable que solo con uno de ellos se cumpla con los mínimos (llenar el depósito de aire de arranque desde 1.8 MPa a 3 MPa en 15-30 minutos).

4.5.2.2 Filtro de aire (3F02)

Se recomienda instalar un filtro antes de la entrada de aire de arranque en el motor que evite que las partículas entren en el motor.

Se puede utilizar un filtro de tipo Y con una malla de acero inoxidable y un tamaño de malla de 400 µm. La caída de presión no debe superar los 20 kPa (0,2 bar) para el consumo de aire de arranque específico del motor en un intervalo de tiempo de 4 segundos.

4.5.2.3 Separador de agua y aceite (3S01)

Un separador de agua y aceite debe instalarse siempre en la tubería entre el compresor y el recipiente de aire, dependiendo de las condiciones deberá instalarse uno más en la tubería entre el recipiente de aire comprimido y el motor.

4.5.2.4 Recipiente del aire de arranque (3T01)

Estos recipientes deben estar dimensionados para una presión nominal de 3 MPa. Su número y capacidad dependerá de la sociedad de clasificación y el tipo de instalación.

Se recomienda usar una presión de aire mínima de 1.8 MPa cuando se calcula el volumen requerido de botella. Estos recipientes deben contar con al menos una válvula manual para el drenaje del condensado.

El volumen de la botella de aire de arranque se calcula a través de la siguiente ecuación (pág. 110/206 PG):

$$V_R = \frac{P_E \times V_E \times n}{P_{R\max} - P_{R\min}} = \frac{0.1 \times 12 \times 6}{3 - 1.8} = 6 \text{ m}^3 \text{ (VOLUMEN PARA 1 MOTOR)}$$

Siendo,

V_R = total starting air vessel volume [m³]

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

V_E = air consumption per start [Nm³] See *Technical data*

n = required number of starts according to the classification society

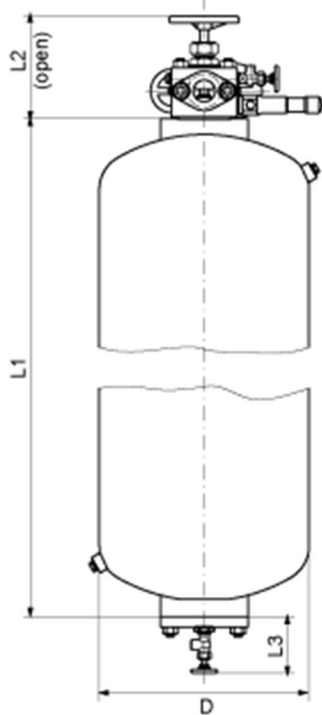
$P_{R\max}$ = maximum starting air pressure = 3 MPa

$P_{R\min}$ = minimum starting air pressure = See *Technical data*

Bureau veritas exige una capacidad para un número de arranques mínimos de 6.

Se recuerda que mínimo debe haber 2 botellas del mismo tamaño, se elige observando la pagina 109/206 del PG:

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES
 Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**



Size [Litres]	Dimensions [mm]				Weight [kg]
	L1	L2 ¹⁾	L3 ¹⁾	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

¹⁾ Dimensions are approximate.

Fig 8-4 Starting air vessel

Se decide instalar, por tanto, tres botellas de aire de arranque de 2000 litros de capacidad, esto para cada motor, por tanto, en total habrá 12 botellas, para ser capaz de arrancar todos los motores.

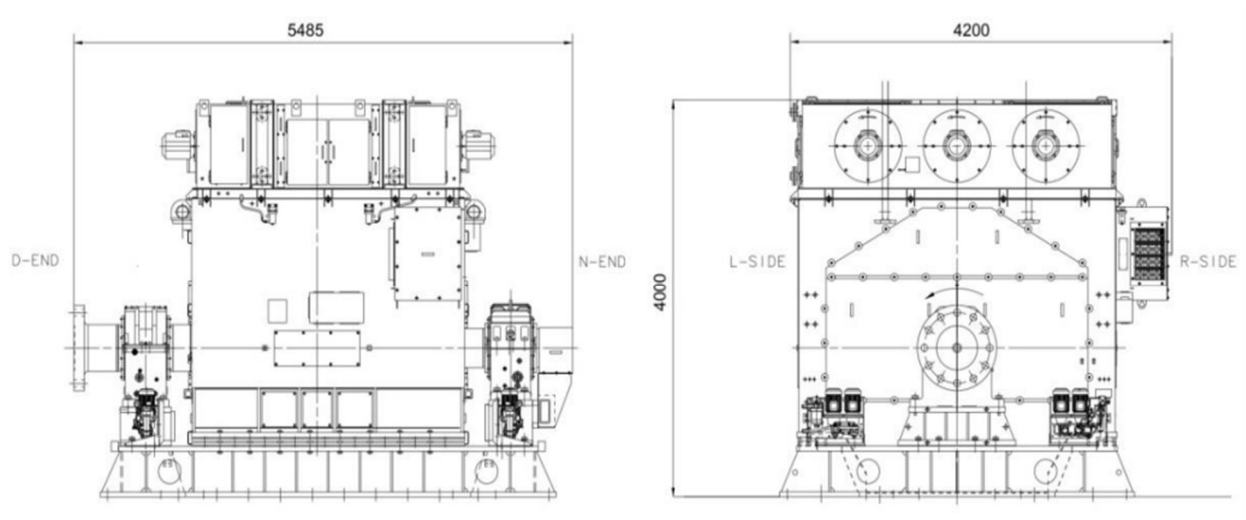
5 DISPOSICIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS

En la cámara de máquinas se localizan los siguientes elementos:

- 4 motores generadores
- 1 motores eléctricos para la propulsión
- Tanque de combustible de uso diario
- Tanques de sedimentación
- Tanque de aceite
- Tanque de lodos
- Tanque de aguas grises y negras

La cámara de maquinas se divide en los siguientes espacios:

- **Doble fondo:** tiene una altura de 2,5 metros y en él se localizan el tanque de aguas grises y negras y tanque de lodos. Además, estarán las tomas de mar y las bombas de agua salada.
- **Primera altura cámara de máquinas:** Sobre la chapa superior del doble fondo se encuentra el motor eléctrico dedicado a la propulsión, el cual tiene las dimensiones que se muestran en la siguiente imagen:



Example of the main dimensions of a synchronous propulsion motor, type AMZ 1600.

Por tanto, teniendo en cuenta que la manga mínima de esta cubierta es de 9 metros y que la manga de los motores es de 4.2, se concluye que los motores se ajustan. La eslora de los motores no será un problema. La altura de este motor es de 4,2 metros. Siendo la altura de esta cubierta 10 metros, queda comprobado que existe espacio suficiente en esta cubierta.

Además, para el correcto funcionamiento del motor eléctrico se deberá disponer de una reductora y de un convertidor de frecuencia, tal y como se indico en el primer apartado del documento.

- **Segunda altura de la cámara de máquinas:** Seguidamente se encuentran los cuatro motores generadores, dispuestos dos a babor y dos a estribor de crujía y separados

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

por un mamparo en crujía, de esta forma, nos aseguramos la independencia de los dos grupos de generadores.

Los motores generadores tienen las siguientes dimensiones

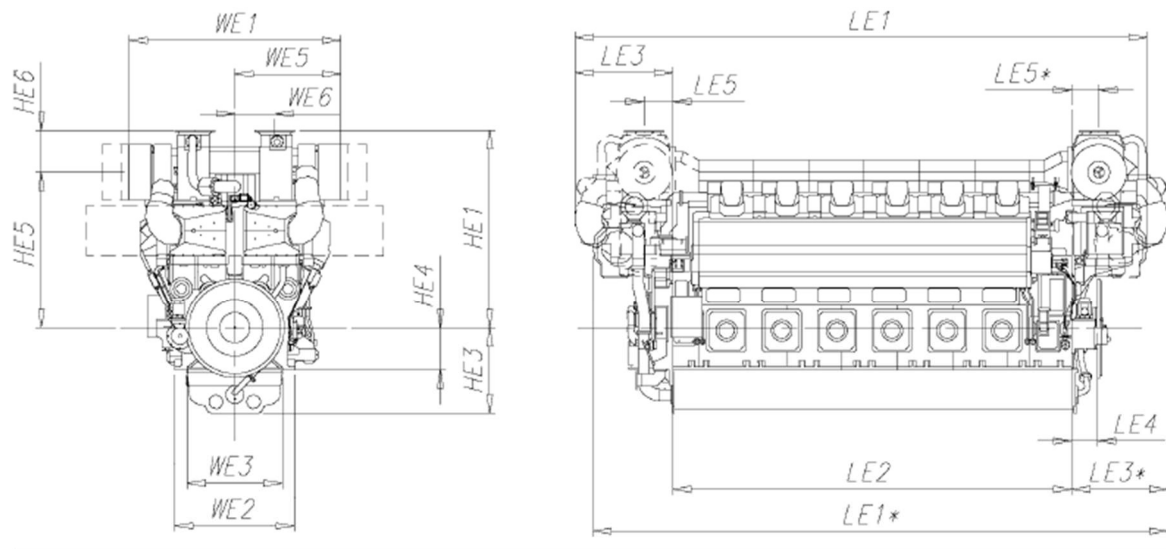


Fig 1-2 V-engines (DAAE075826B)

Engine	LE1*	LE1	LE2	LE3*	LE3	LE4	LE5*	LE5	HE1	HE3
12V46F	10945	10284	7600	1830	1952	460	520	774	3765* / 3770	1620
14V46F	-	11728	8650	-	2347	485	-	872	4234	1620
16V46F	-	12871	9700	-	2347	485	-	872	4234	1620

Engine	HE4	HE5	HE6	WE1	WE2	WE3	WE5	WE6	Weight [ton]
12V46F	800	2975* / 2980	790	4040* / 4026	2290	1820	2825* / 3150	760	177
14V46F	800	3134	1100	4678	2290	1820	3150	892	216
16V46F	800	3134	1100	4678	2290	1820	3150	892	233

Los generadores se dividen en dos grupos de dos motores generadores, separados por un mamparo, de esta forma, en caso de accidente, queda asegurado el suministro eléctrico, proporcionando así mas seguridad.

La eslora de los motores generadores es menos a 11 metros, teniendo en cuenta que la eslora de cámara de máquinas es de 28 metros, esta dimensión se ajusta correctamente. En segundo lugar, se comprueba la manga de los motores generadores, que es 4.03 metros, por tanto, se necesitan mínimo 8.06 metros de manga a babor de crujía y a estribor, que en esta cubierta se asegura ya que hay 18 metros. La altura del motor es de 5.4 metros, por tanto, en esta cubierta existen 10 metros de altura, siendo totalmente apta para albergar estas máquinas y equipos adicionales necesarios.

Además, en el espacio restante se encontrarán los compresores y botellas de aire comprimido necesarios para el arranque de los motores, el cuadro principal de distribución y las bombas de agua de refrigeración y aceite.

- **Tercera altura de cámara de máquinas:** Se localizan el tanque de aceite, tanque de sedimentación, tanque de combustible de uso diario. De esta forma, al encontrarse estos consumibles por encima de los motores, se favorece la circulación y el suministro.

CUADERNO 10: DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y DE SUS AUXILIARES

Marina de la Peña Herrero **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Además, se sitúan aquí las bombas dedicadas al sistema de combustible y los sistemas para la generación y distribución de agua dulce.

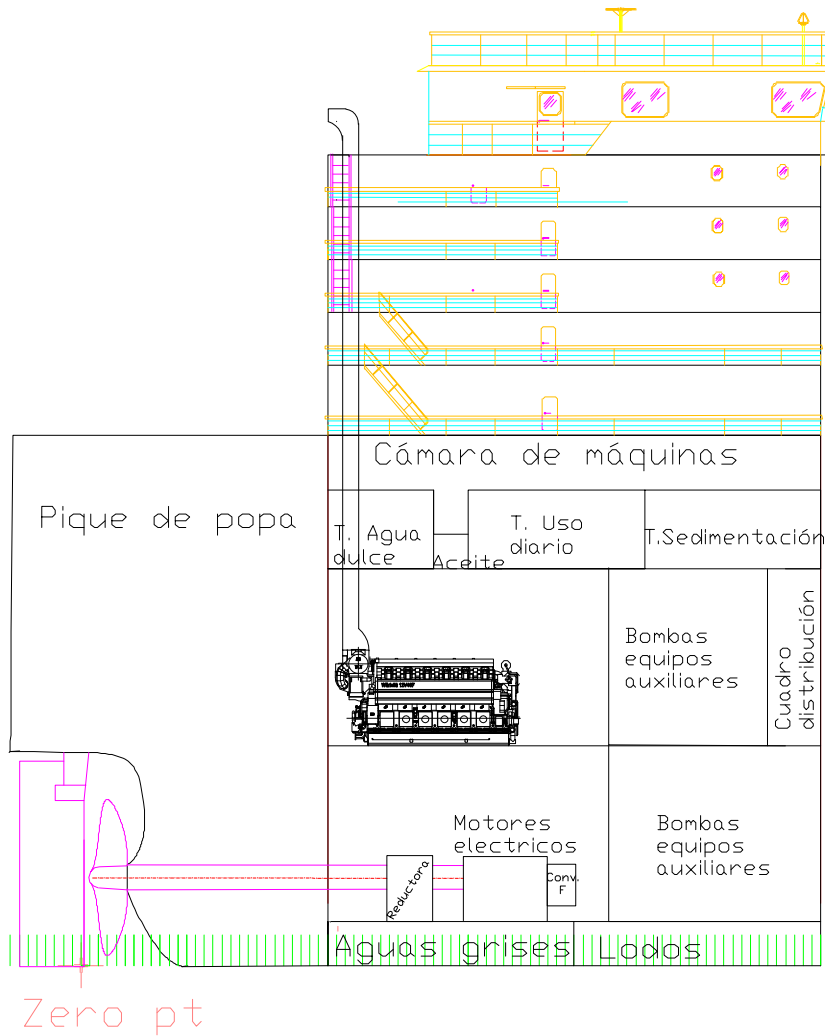
En el anexo se puede observar un plano con la disposición anteriormente descrita y planos de los motores generadores.

Fdo: Marina de la Peña Herrero



Ferrol, 15 de Septiembre de 2022

ANEXO I: PLANOS CÁMARA DE MÁQUINAS



BUQUE TANKER LNG 140000 m3

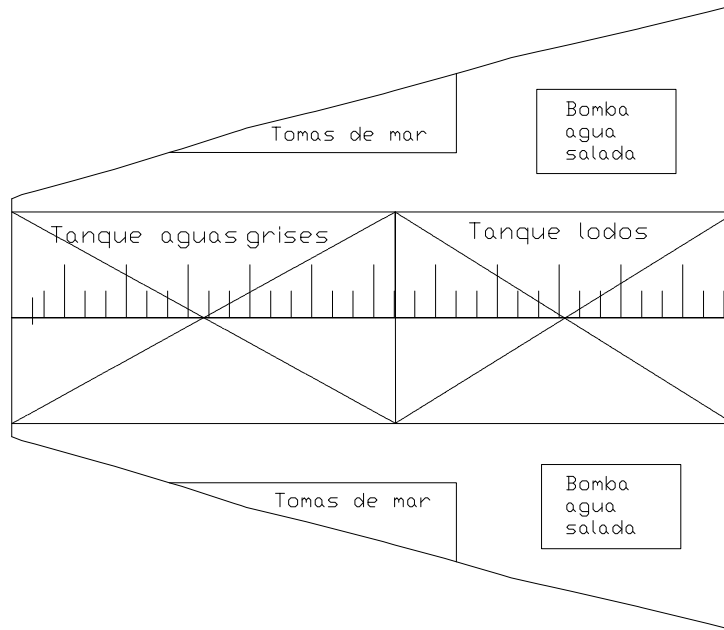
PROFESOR:
PABLO FARIÑAS ALVARIÑO
ALBERTO ARCE CEINDS

FECHA: JULIO 2022

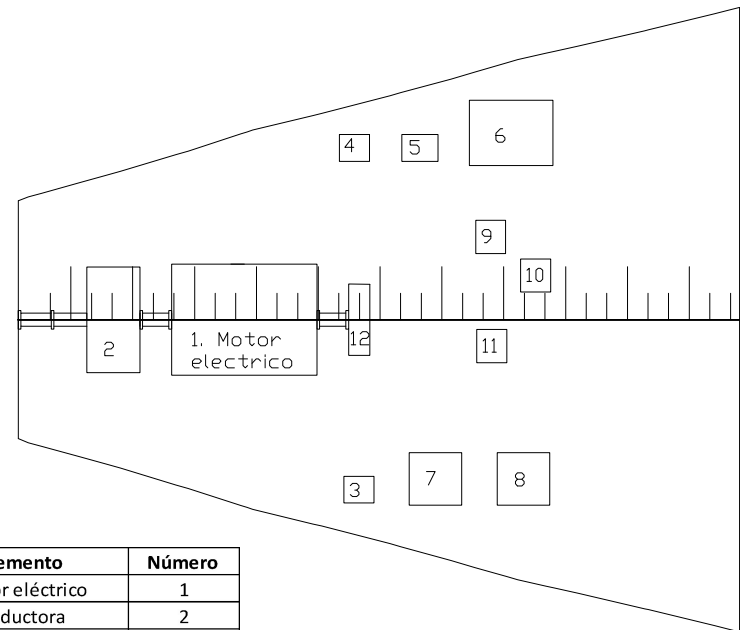
ALUMNO/A:
MARINA DE LA PEÑA HERRERO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:
COMPARTIMENTADO

Número 2122-TFG-73



ESPACIO DEL DOBLE FONDO DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS



PRIMERA CUBIERTA DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

Elemento	Número
Motor eléctrico	1
Reductora	2
Bomba sentinas	3
Bomba sentinas	4
Planta TAR	5
Separadora sentinas	6
Bomba lastre	7
Bomba lastre	8
Bomba CI	9
Bomba CI	10
Bomba CI	11
Convertidor frecuencia	12



BUQUE TANKER LNG 140000 m3



PROFESOR:
PABLO FARIÑAS ALVARIÑO
ALBERTO ARCE CEINOS

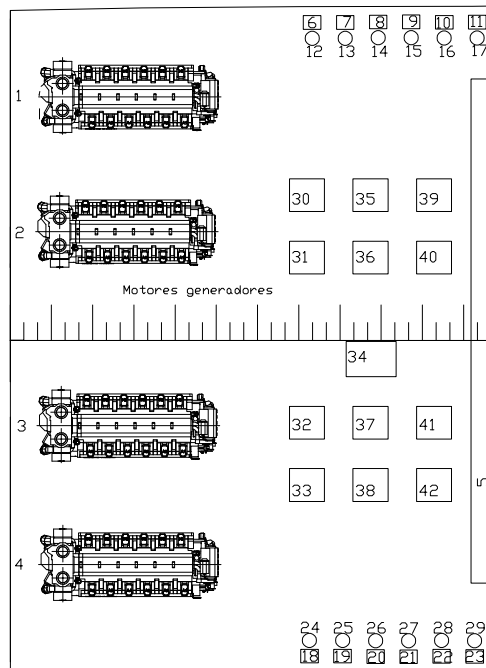
FECHA: MAYO 2022

ALUMNO/A:
MARINA DE LA PEÑA HERRERO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:
PLANO DISPOSICIÓN DE CÁMARA
DE MÁQUINAS

Número 2122-TFG-73

Elemento	Número
Wärtsilä 12V46F	1
Wärtsilä 12V46F	2
Wärtsilä 12V46F	3
Wärtsilä 12V46F	4
Cuadro principal	5
Compresor	6
Compresor	7
Compresor	8
Compresor	9
Compresor	10
Compresor	11
Botella aire comprimido	12
Botella aire comprimido	13
Botella aire comprimido	14
Botella aire comprimido	15
Botella aire comprimido	16
Botella aire comprimido	17
Compresor	18
Compresor	19
Compresor	20
Compresor	21
Compresor	22
Compresor	23
Botella aire comprimido	24
Botella aire comprimido	25
Botella aire comprimido	26
Botella aire comprimido	27
Botella aire comprimido	28
Botella aire comprimido	29
Bomba Aceite	30
Bomba Aceite	31
Bomba Aceite	32
Bomba Aceite	33
Separadora	34
Bomba AD LT	35
Bomba AD LT	36
Bomba AD LT	37
Bomba AD LT	38
Bomba AD HT	39
Bomba AD HT	40
Bomba AD HT	41
Bomba AD HT	42



SEGUNDA CUBIERTA DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS



BUQUE TANKER LNG 140000 m3



PROFESOR:
PABLO FARIÑAS ALVARIÑO
ALBERTO ARCE CEINDS

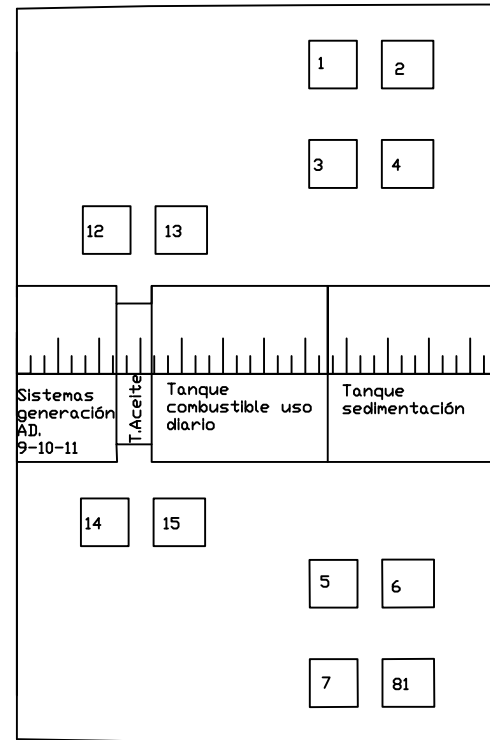
FECHA: MAYO 2022

ALUMNO/A:
MARINA DE LA PEÑA HERRERO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:
PLANO DISPOSICIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS

Número 2122-TFG-73

Elemento	Número
Bomba suministro	1
Bomba Booster	2
Bomba trasiego HFO	3
Bomba trasiego HFO	4
Bomba trasiego HFO	5
Bomba trasiego HFO	6
Bomba suministro	7
Bomba alimentacion purificadora	8
Generador agua dulce	9
Calentador	10
Tanque hidróforo	11
Bomba suministro AD	12
Bomba circulación AD	13
Bomba suministro AD	14
Bomba circulación AD	15



TERCERA CUBIERTA DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS



BUQUE TANKER LNG 140000 m3



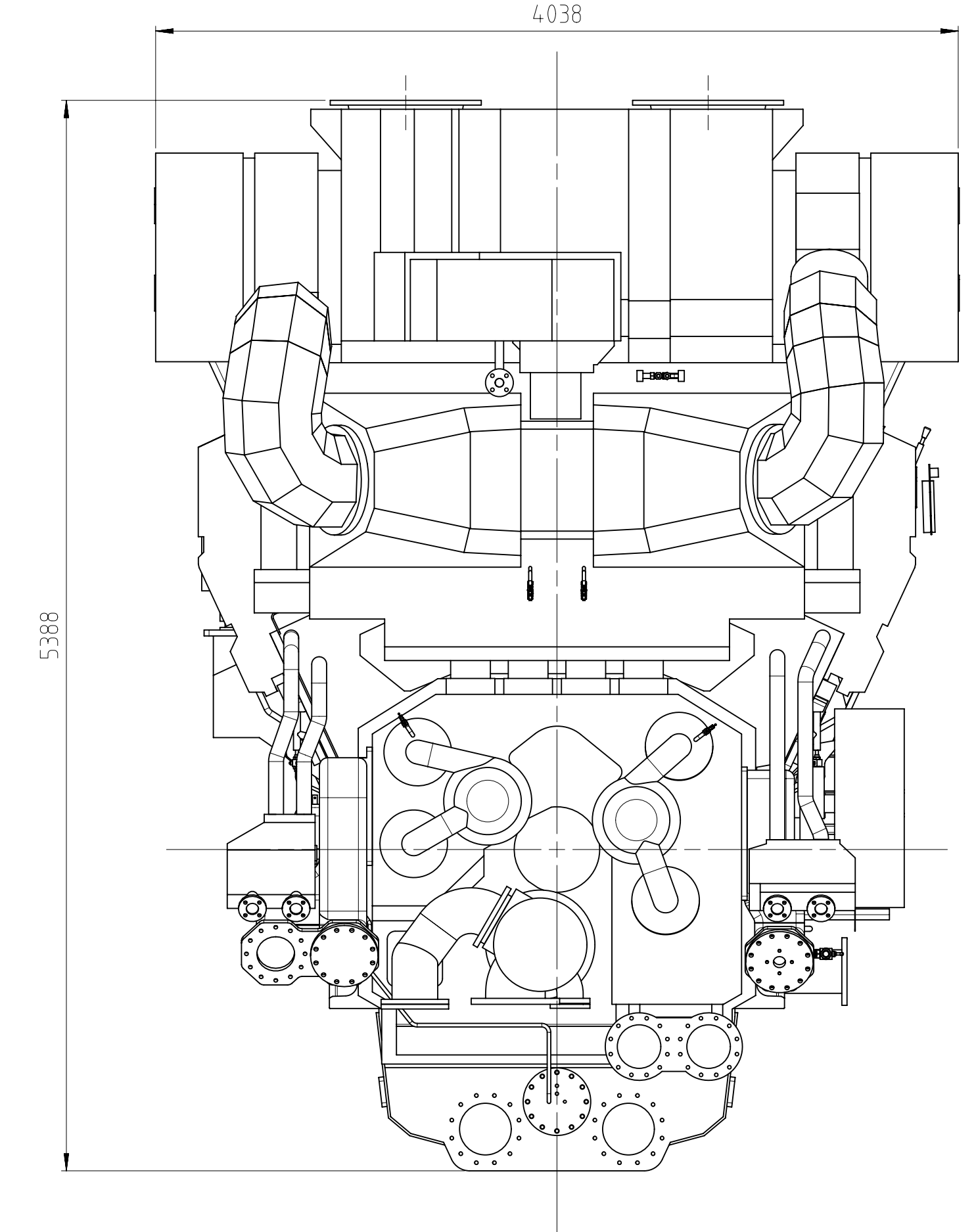
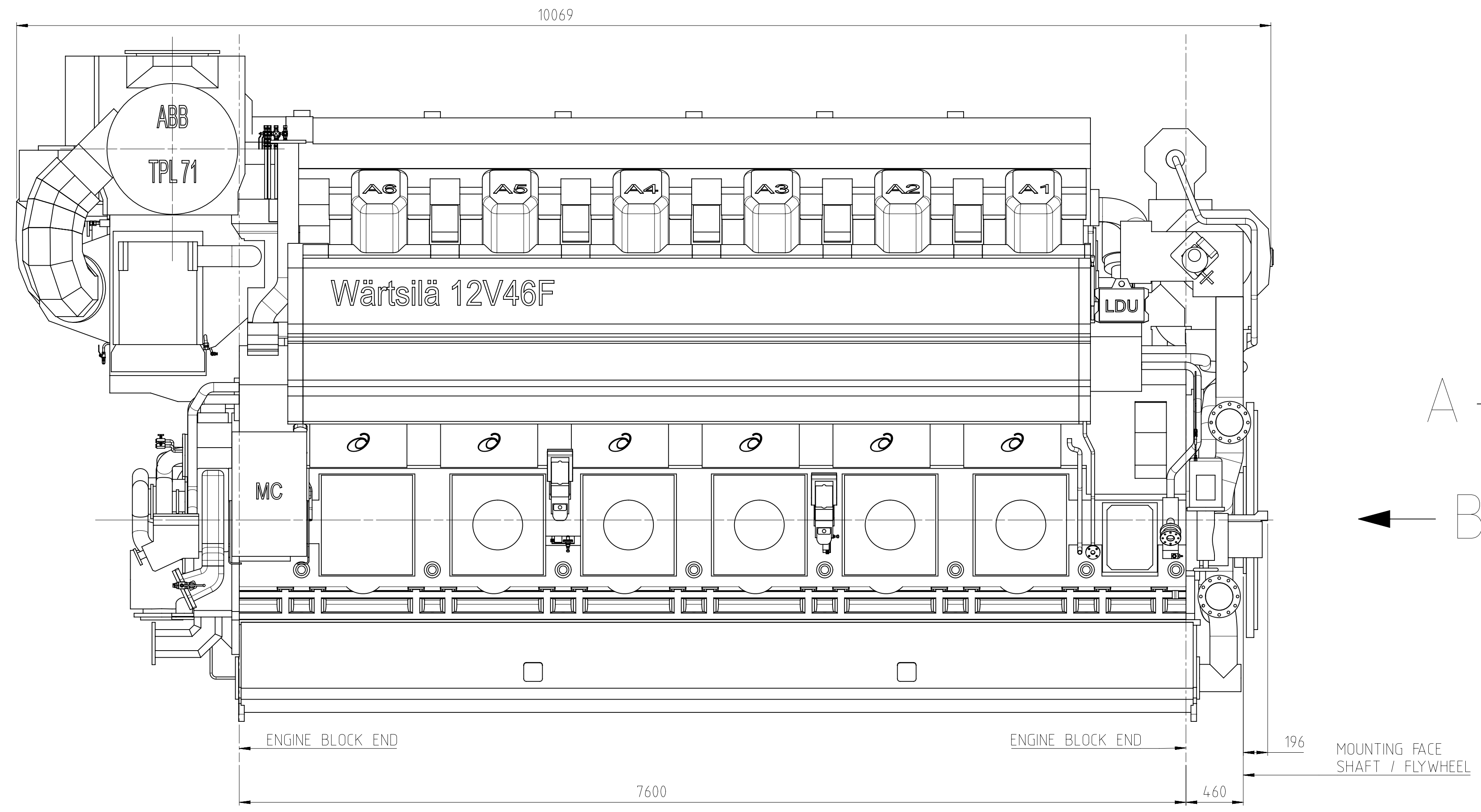
PROFESOR:
PABLO FARÍAS ALVARINO
ALBERTO ARCE CEINDS

FECHA: MAYO 2022

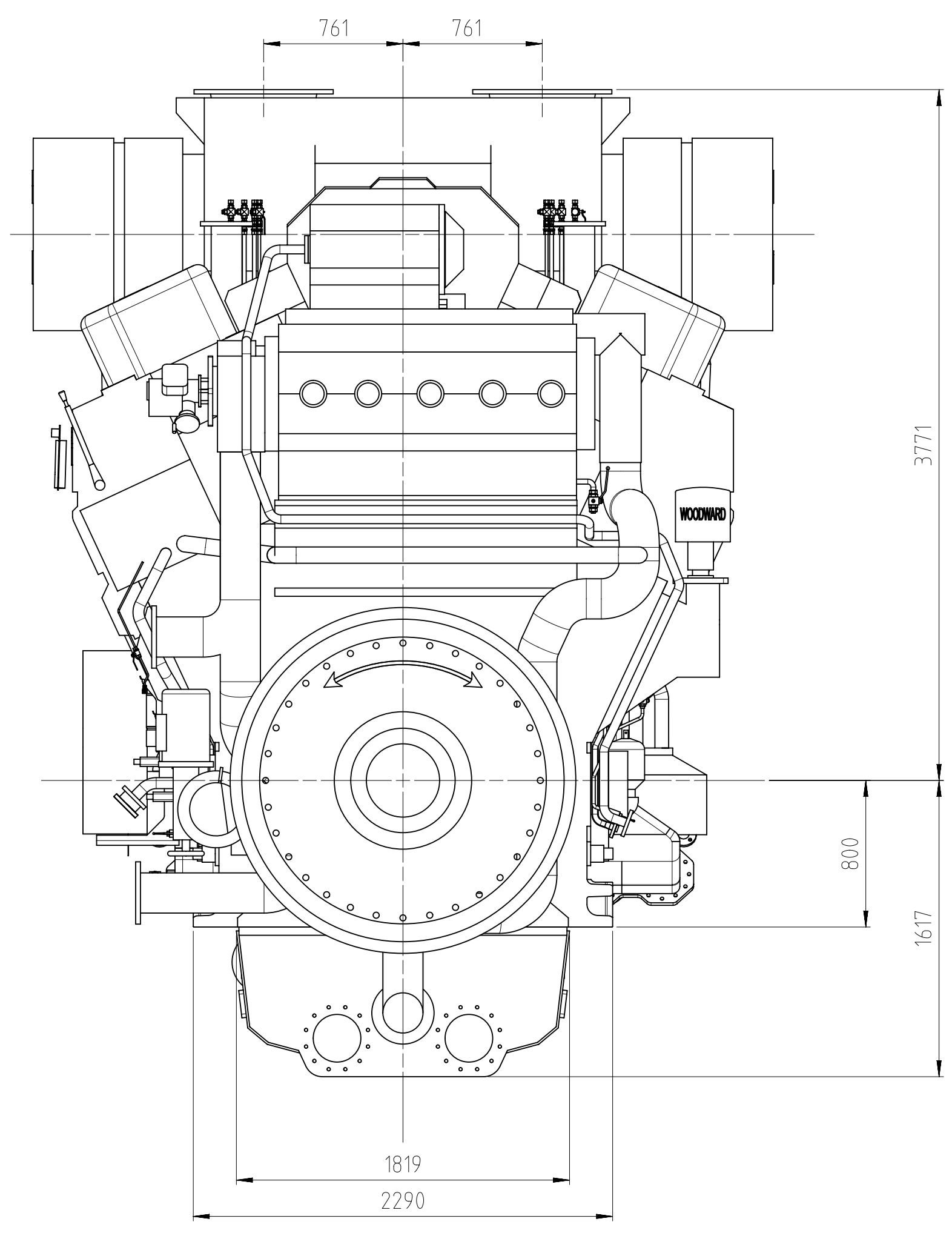
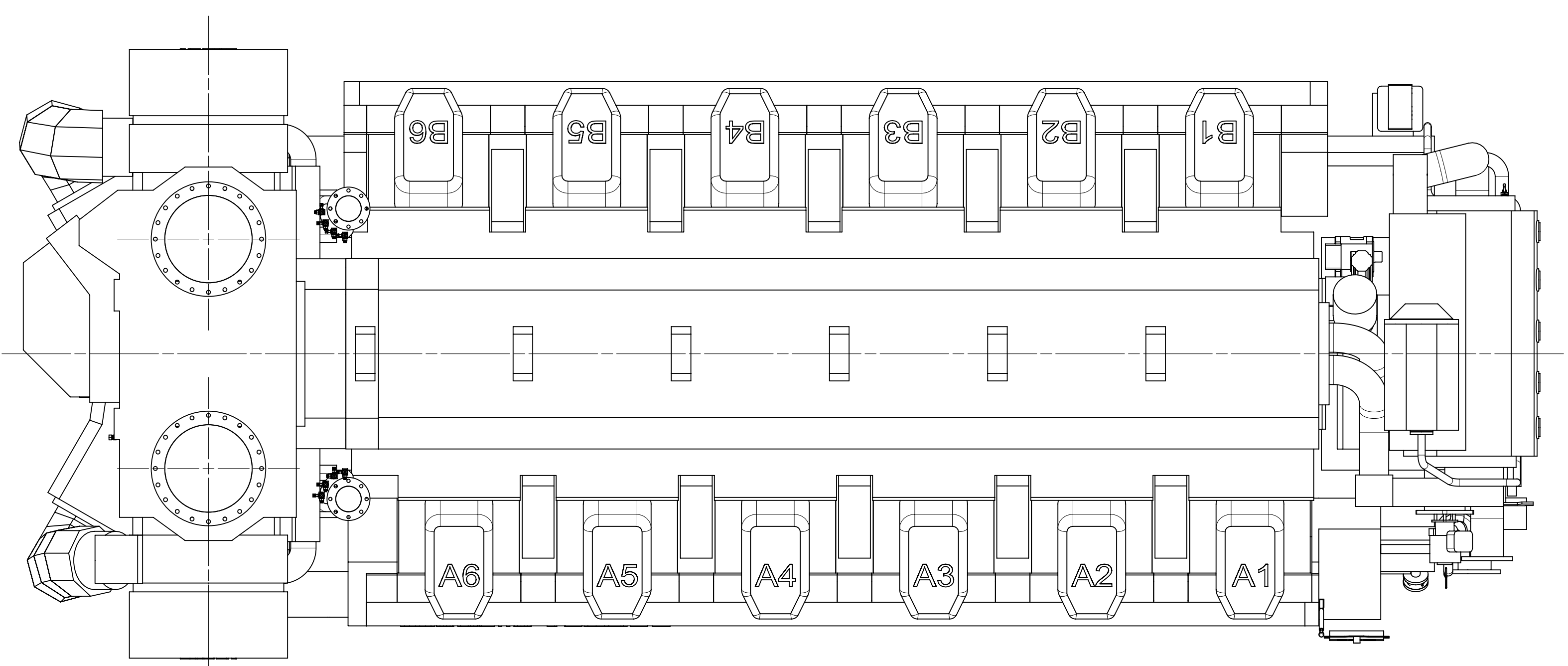
ALUMNO/A:
MARINA DE LA PEÑA HERRERO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:
PLANO DISPOSICIÓN DE CÁMARA
DE MÁQUINAS

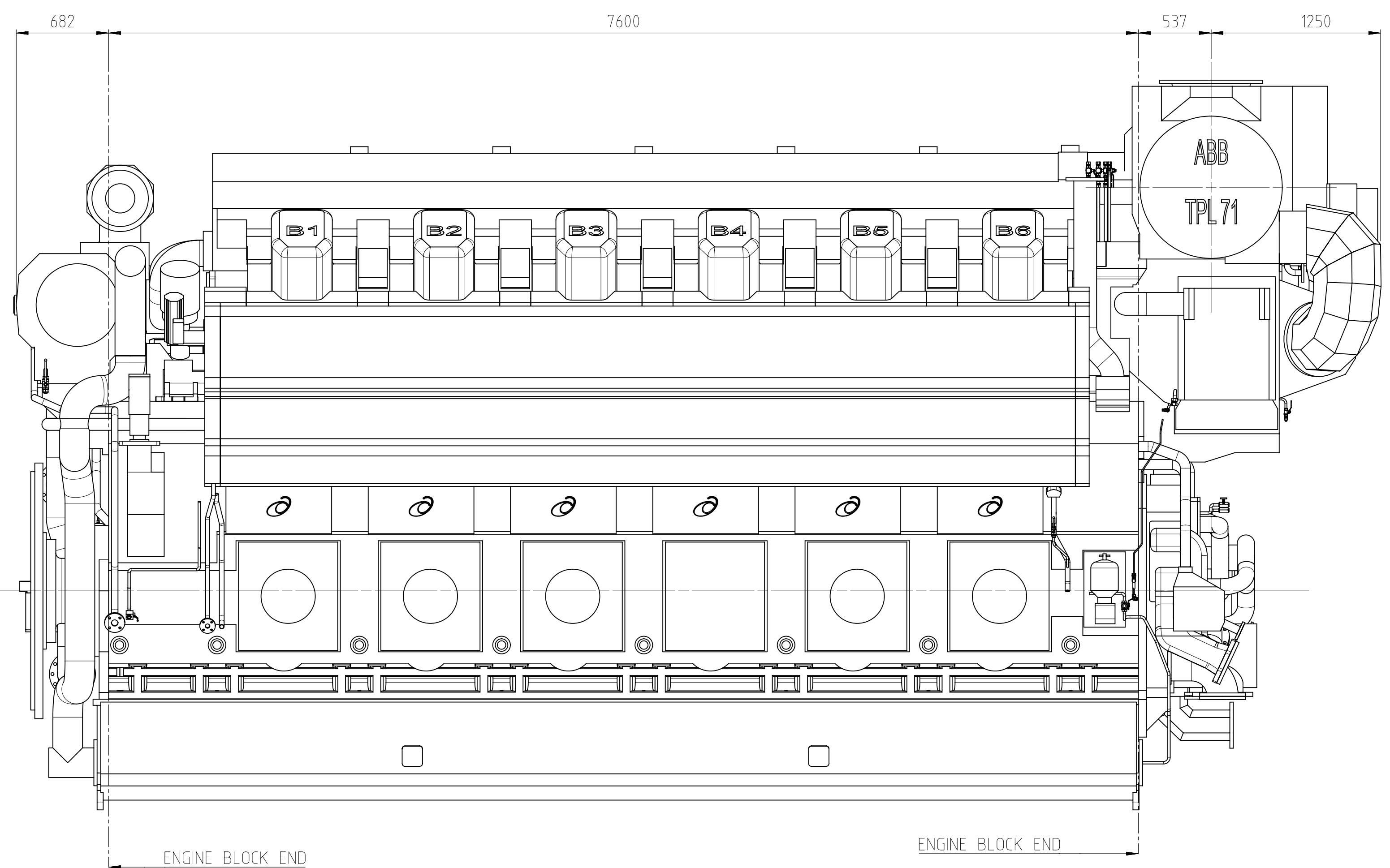
ANEXO II: PLANOS MOTORES



A →
← B



VIEW FROM B



VIEW FROM A

THE DRAWING IS FOR GUIDANCE ONLY

Rev	Number	Creation	Approval	Rev	Number	Creation	Approval	Rev	Number	Creation	Approval
Product			W12V46F			ENGINE DRAWING			TC FE - DRY SUMP - FIXED		
Product			W12V46F			MOOTTORPIRUSTUS					
Units	mm	kg	NX	Basic Material							Net Weight
Mask	3.7.2018	mmo051	Mozzon	Scale	1:20	Size	A0	Material			
Chd	11.11.2019	fmo001	Mancusi	Design Group		Page	1/1	Drawing ID	DAAF431831		
Appd	11.11.2019	fmo001	Mancusi	5880							