

CUADERNO 10

DEFINICION DE LA PLANTA PROPULSORA Y SUS AUXILIARES

H. Carlos Orejas



Contacto: H. Carlos Orejas González

Correo: carlos.o.glez@gmail.com

Nº teléfono: 626669943





Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

GRADO EN INGENIERÍA DE PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE

PROYECTO NÚMERO 13-P7

TIPO DE BUQUE : L.N.G.C. 170.000 m³

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN : Bureau Veritas, Solas, Marpol.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: L.N.G.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 21 nudos al 90 % de MCR con un 10% de margen de mar y autonomía de 12.000 millas a velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : Sistema de contención de la carga de doble membrana, sistema de descarga con bombas.

PROPULSIÓN : Propulsión diesel eléctrica.

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 26

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Hélice transversal en proa . Las habituales en este tipo de buques.



CONTENIDO:

1 INTRODUCCIÓN	5
2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL EQUIPO PROPULSOR.....	7
2.1 JUSIFICACIÓN DE LA POTENCIA DE LOS MOTORES PROPULSORES.....	8
2.2 HELICE TRANSVERSAL DE PROA	9
2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE LOS GENERADORES PRINCIPALES .	11
3 CAPACIDAD DE TANQUES	19
3.1. FUEL OIL	20
3.2 ACEITE	23
3.3 ACEITE HIDRÁULICO	25
3.4 AGUA DULCE	25
3.5 AGUAS NEGRAS Y GRISES.....	26
3.6 TANQUE DE LODOS.....	27
3.8 TANQUE DE AGUAS OLEAGINOSAS	28
3.9 RESUMEN DE LAS CAPACIDADES TOTALES	28
4. DESCRIPCIÓN, DISPOSICIÓN ESQUEMÁTICA Y CÁLCULO DE LOS EQUIPOS Y SERVICIOS AUXILIARES A LA PROPULSIÓN DEL BUQUE.....	31
4.1 COMBUSTIBLE	31
4.1.1 DIÉSEL MARINO (MDF)	32
4.1.2 FUEL OIL PESADO (HFO).....	33
4.1.3 GAS NATURAL (LNG)	34
4.1.4 BIOCOMBUSTIBLES	34
4.2 SISTEMA DE COMBUSTIBLE. MODO GAS NATURAL.....	35
4.2.1 SISTEMA INTERNO DE GAS NATURAL	36
4.2.2 SISTEMA EXTERNO DE GAS NATURAL.....	38
4.2.3 UNIDAD DE VÁLVULA DE GAS (GVU)	38
4.2.4 – BOMBA DE SUMINISTRO DE GAS A LA GUV.....	42
4.2.5 EMPLEO DE LA CARGA COMO COMBUSTIBLE	43
4.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE MODO FUEL OIL.....	44
4.3.1 SISTEMA INTERNO DE FUEL OIL.....	44
4.3.2 – SISTEMA EXTERNO DE FUEL OIL	46
4.3.3 SISTEMA DE TRASIEGO DE HFO	48
4.3.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE HFO	66
4.3.5 PURIFICADORAS DE HFO	68
4.3.6 SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE HFO	69
4.3.7 BOMBA DE LODOS	70
4.3.8 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE HFO	71
4.3.9 UNIDAD DE ALIMENTACIÓN DE HFO (BOOSTER)	72
4.3.10 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE HFO	74
4.3.11 VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN DE LA INYECCIÓN	75



4.3.12 FILTRO AUTOMÁTICO	76
4.3.13 TANQUE DESAIRADOR	76
4.3.14 CALENTADOR DE LA UNIDAD DE INYECCIÓN	76
4.4 SERVICIO DE LUBRICACIÓN	77
4.4.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ACEITE DE LUBRICACIÓN	81
5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	84
5.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INTERNA	85
5.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EXTERNA	88
5.2.1 BOMBA DE CIRCULACIÓN DE AGUA SALADA	89
5.2.3 TANQUE DE EXPANSIÓN	90
6 SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE	91
6.1 SISTEMA INTERNO DE AIRE DE ARRANQUE	92
6.2 SISTEMA EXTERNO DE AIRE DE ARRANQUE	92
6.2.1 COMPRESOR DE AIRE DE ARRANQUE (3N02)	93
6.2.2 SEPARADOR DE AGUA Y ACEITE (3S01)	93
6.2.3 BOTELLAS DE AIRE DE ARRANQUE (3T01)	94
7 SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN	95
BIBLIOGRAFÍA:	96
CUADERNO 10	97
ANEXOS	97
ANEXO 1	98
DATOS TÉCNICOS DE LOS MOTORES 18V50DF	98
ANEXO 2	100
DATOS TÉCNICOS DEL PROPULSOR TRANSVERSAL DE PROA ROLLS ROYCE	100
ANEXO 3	101
PLANOS DE DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS	101



1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este cuaderno es realizar la definición de la planta propulsora y sus auxiliares. Se pretende no solo realizar una descripción de los equipos que conforman la planta propulsora del buque sino, también, realizar los cálculos del caudal y potencia de las distintas bombas y equipos accionados eléctricamente para poder dimensionar en el siguiente cuaderno la planta eléctrica del buque.

Una vez que se define la planta propulsora y se detallan los diferentes equipos que se instalan en la cámara de máquinas del buque de proyecto se realiza el diseño de la cámara de máquinas colocando los equipos sobre los planos con las formas del buque de proyecto.

Para realizar el dimensionamiento y la distribución de los equipos de la cámara de máquinas se utilizan como ejemplo las cámaras de máquinas de los buques base que poseen una planta propulsora diésel eléctrica como el buque de proyecto los planos de estos buques se adjuntaron en el Cuaderno 1.

En el cuaderno 6, hemos visto que la demanda que precisa el buque proyectado es satisfecha con la instalación de cuatro generadores WÄRTSILÄ 18V50DF.

A modo recordatorio las características principales del buque.

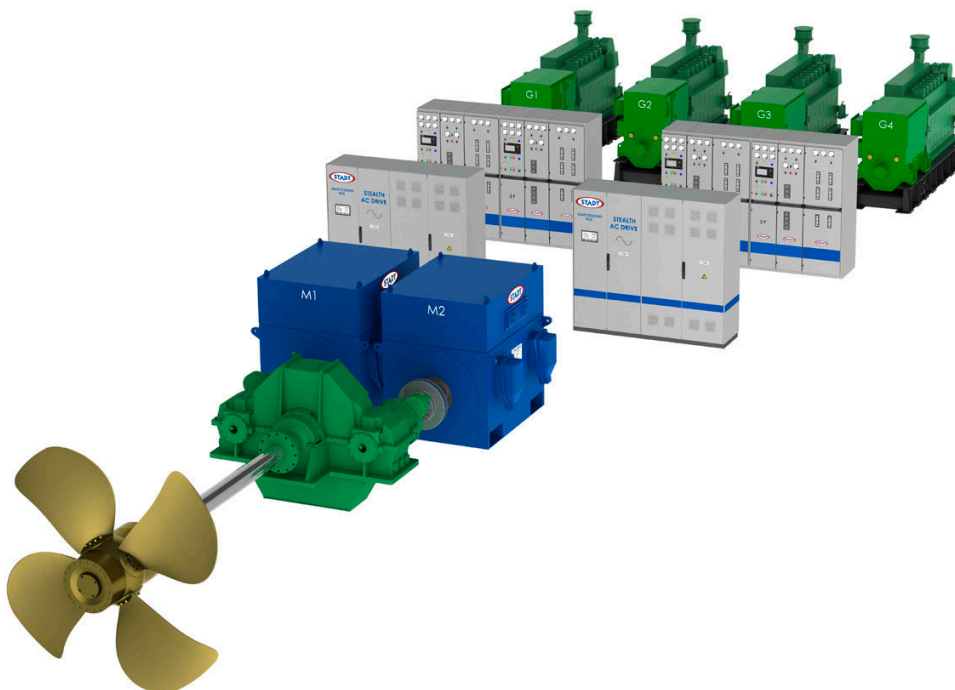
Vol (m3)	Δ (t)	LPP (m)	B(m)	D(m)	T(m)	V(kn)	CB
1700000	113523,92	278	45,9	26,77	11,57	21	0,751

La planta propulsora del buque de proyecto es eléctrica lo que significa que los motores son generadores que se encargan de suministrar la suficiente energía a los motores eléctricos encargados de mover la hélice del buque. Además, debido a las características de los motores generadores se puede utilizar para la combustión combustibles líquidos como los motores convencionales o gas natural proveniente del “boil-off” de los tanques de carga lo que implica un ahorro económico.

La utilización de este tipo de planta propulsora tiene claras ventajas adicionales entre las que cabe destacar:

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

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





Es necesario disponer de las capacidades de los tanques de consumos, por lo que se obtendrán los consumos y capacidades de los siguientes servicios:

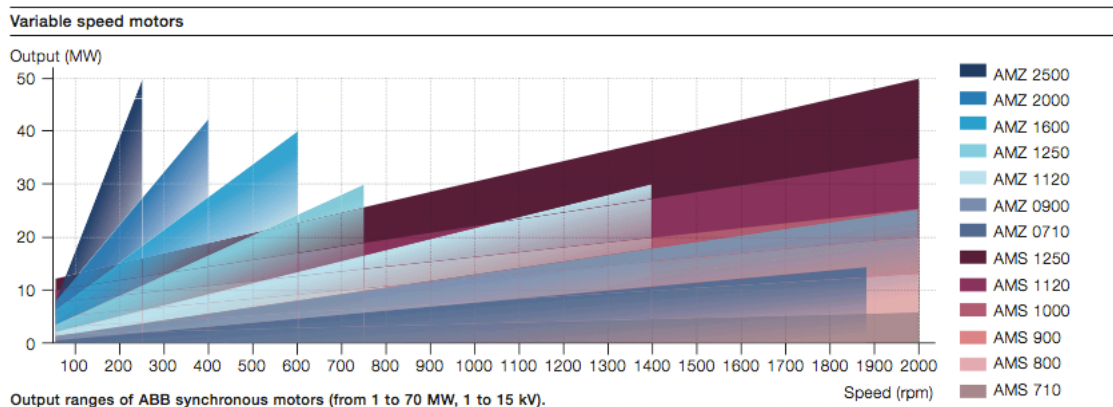
- Combustible
- Aceite de lubricación
- Aceite hidráulico
- Agua dulce
- Aguas grises y aguas negras
- Lodos
- Tanque de aguas oleaginosas
- Lastre

2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL EQUIPO PROPULSOR

El motor propulsor fue seleccionado en el Cuaderno 6 una vez calculada la potencia necesaria para la propulsión del buque cumpliendo con los requerimientos previstos de actividad.

El buque dispone de una línea de eje con una hélice. Esta hélice estará accionada por un motor eléctrico. La potencia entregada por el motor deberá ser de 40988,56 kW.

Consultando el catálogo comercial del fabricante ABB se decide instalar a bordo dos motores eléctricos síncronos AMZ 2500 de velocidad variable.



El motor elegido genera 41 MW a una velocidad aproximada de 220 rpm.



Este motor eléctrico será alimentado por la planta eléctrica del buque que se ha dimensionado en el cuaderno 11.

2.1 JUSIFICACIÓN DE LA POTENCIA DE LOS MOTORES PROPULSORES

El buque de proyecto se diseña para que pueda navegar a 20,50 nudos. Por lo tanto, necesita una potencia igual a:

Velocidad (knots)	BHP (kW)
19	24838,7
20	30259,4
21	36889,7
22	44920,5
23	54692,4

Los motores propulsores se determinan partiendo de la potencia al freno (BHP) dato que aparece en la tabla anterior. A la potencia al freno calculada hay que aplicarle los márgenes que se recogen en los RPA: 85% de MCR y 10% de MM.

El 10% de MM (márgen de mar) ya se tuvo en cuenta en el proceso de cálculo con NavCad. Por lo tanto:

$$BHP = \frac{BHP'}{MCR} = \frac{41046,3}{0,9} = 46007kW$$

2.2 HELICE TRANSVERSAL DE PROA

El propulsor transversal está diseñado para proporcionar fuerza lateral a la nave para mejorar la capacidad de maniobra en puerto. La potencia se estimó en el cuaderno 6 obteniendo un valor de 2193.38 kW. Se ha escogido una hélice transversal de paso fijo el modelo 3300FP de la casa Rolls-Royce.

Tunnel thrusters

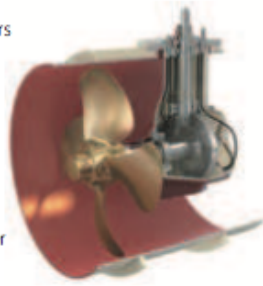
Users can select from eleven diameters and four different models, in each size designed to suit a specific application.

AUX: Standard type for auxiliary use only

ICE: High ice-class with stainless steel propeller blades

DPN: Continuous DP service - shallower draught vessels

DPD: Continuous DP service - deeper draught vessels



Units comprise standard tunnel, propeller unit, hydraulic system and remote control.



Technical data

TT size	Tip speed m/s	Motor RPM	Propeller RPM	Power		Prime mover type
				AUX	DP	
1100 CP	26.8 - 32.0	1465 - 1755	465 - 556	330 - 390	300 - 350	El. motor
1100 CP				290 - 340	260 - 310	Diesel
1300 CP	26.5 - 31.8	1470 - 1760	390 - 467	495 - 595	445 - 535	El. motor
1300 CP				435 - 520	390 - 475	Diesel
1300 FP	26.5 - 31.8	1470 - 1760	390 - 467	390 - 500	350 - 450	El. motor
1650 CP	27.0 - 32.3	1180 - 1770	312 - 374	720 - 865	645 - 780	El. motor
1650 CP		1475 - 1770		630 - 760	570 - 685	Diesel
1650 FP	27.0 - 32.3	1180 - 1770	312 - 374	600 - 720	530 - 640	El. motor
1850 CP	24.2 - 32.7	1180 - 1770	250 - 337	880 - 1050	700 - 950	El. motor
1850 CP	27.2 - 32.7	1475 - 1770	281 - 337	780 - 930	700 - 840	Diesel
1850 FP	24.2 - 32.7	1180 - 1770	250 - 337	620 - 860	550 - 770	El. motor
2000 CP	25.6 - 32.8	980 - 1480	245 - 313	1030 - 1400	925 - 1200	El. motor
2000 CP	25.6 - 32.2	1180 - 1480	245 - 307	905 - 1040	815 - 1025	Diesel
2000 FP	25.6 - 32.8	980 - 1480	245 - 313	830 - 1150	730 - 1050	El. motor
2200 CP	26.2 - 31.8	880 - 1190	225 - 276	1150 - 1510	1050 - 1355	El. motor
2200 CP		980 - 1190	228 - 276	1020 - 1325	925 - 1190	Diesel
2200 FP	26.2 - 31.8	980 - 1190	228 - 276	750 - 1200	680 - 1070	El. motor
2400 CP	26.6 - 32.3	980 - 1190	211 - 257	1550 - 1910	1400 - 1720	El. motor
2400 CP				1320 - 1680	1180 - 1510	Diesel
2400 FP	26.6 - 32.3	980 - 1190	211 - 257	1100 - 1600	980 - 1500	El. motor
2650 CP	26.9 - 31.6	880 - 980	194 - 228	2050 - 2400	1850 - 2160	El. motor
2650 CP	28.3 - 31.6		204 - 228	1892 - 2110	1700 - 2000	Diesel
2650 FP	26.9 - 31.6	880 - 980	194 - 228	1260 - 1520	1120 - 1350	El. motor
2800 CP	29.2 - 32.5	880 - 980	199 - 222	2380 - 2650	2140 - 2385	El. motor
2800 CP				2090 - 2330	1880 - 2095	Diesel
2800 FP	29.2 - 32.5	880 - 980	199 - 222	1630 - 1800	1450 - 1600	El. motor
3000 CP	25.9 - 32.1	710 - 880	165 - 204	2450 - 3000	2200 - 2700	El. motor
3000 CP	26.8 - 32.1	735 - 880	171 - 204	2210 - 2640	1990 - 2370	Diesel
3000 FP	25.9 - 32.1	710 - 880	165 - 204	1750 - 2150	1520 - 1880	El. motor
3300 CP	25.7 - 31.9	710 - 880	149 - 185	2700 - 3700	2700 - 3330	El. motor
3300 CP	26.6 - 31.9	735 - 880	154 - 185	2730 - 3250	2450 - 2930	Diesel
3300 FP	25.7 - 31.9	710 - 880	149 - 185	2100 - 2850	1850 - 2500	El. motor



2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE LOS GENERADORES PRINCIPALES

La propulsión del buque es eléctrica lo que significa que son motores eléctricos los que generan el movimiento de la hélice. Los motores duales (diésel – gas) que el buque lleva instalados no son propulsores sino, generadores. Es decir, se encargan de generar la energía eléctrica suficiente para alimentar a los motores eléctricos y demás consumidores del buque.

La planta eléctrica del buque se dimensionará en el Cuaderno 11.

El buque llevará instalados cuatro motores dual fuel como generadores WÄRTSILÄ 18V50DF para suministrar la energía requerida a la planta eléctrica del buque. En ninguna condición de demanda eléctrica el buque funciona con los cuatro generadores simultáneamente, dado que uno estará en stand-by.

Table 1.1 Rating table for Wärtsilä 50DF

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

Nominal speed 514 rpm is recommended for mechanical propulsion engines.

El motivo de elegir este tipo de motores duales se debe a que los motores eléctricos duales Fuel - Diesel (DFDE) para la propulsión de buques son en estos momentos ampliamente aceptados por la industria de buques LNG.

Estos motores, tienen una eficacia significativamente mayor que los métodos tradicionales de propulsión, en concreto, una mayor eficiencia que la propulsión mediante turbina de vapor muy utilizada en este tipo de buques. Hoy en día, la mayoría de los nuevos pedidos de buques LNG llevan instalados motores duales eléctricos.



Además de su economía y respeto al medio ambiente, el mejor aspecto de los motores DFDE es su flexibilidad en términos de selección de combustible (HFO, MDO, o gas). En tiempos de incertidumbre sobre el precio del combustible, la flexibilidad en el combustible se convierte en una visita obligada para los buques que están diseñados para operar durante muchas décadas.

Aunque los sistemas de aislamiento y contención de la carga cada vez son mejores y el gas que se pierda es menor, todavía se estima que la pérdida del volumen de gas de “Boil-Off” se puede aproximar entre el 0,15% y el 0,20% del volumen total del tanque por día.

Teniendo claro cuál va ser el grupo generador que se va instalar se debe comprobar que la potencia real es la que nos indica el fabricante.

El cálculo se realiza, calculando la potencia por cilindro del motor partiendo de la presión media efectiva, el volumen de los cilindros, las revoluciones del motor, y del número de tiempo del motor.

Los valores que tenemos son los siguientes:

Main Data and Outputs

The Wärtsilä 50DF is a 4-stroke, non-reversible, turbocharged and inter-cooled dual fuel engine with direct injection of liquid fuel and indirect injection of gas fuel. The engine can be operated in gas mode or in diesel mode.

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

-Presión efectiva:

$$P_e = \frac{P \cdot c \cdot 1,2 \cdot 10^9}{D^2 \cdot L \cdot n \cdot \pi} = \frac{950 \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 10^9}{500^2 \cdot 580 \cdot 500 \cdot \pi} = 20,02 \text{ bar}$$



P_e = mean effective pressure (bar)

P = output per cylinder (KW) = 17100KW/18cylinder= 950 KW

n = engine speed (r/min)

L = length of piston stroke (mm)

c = operating cycle (4)

a = 2 (motor cuatro tiempos)

-Volumen del cilindro:

$$Vol(cm^3) = L \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 58 \cdot \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 113882,73 cm^3$$

-Potencia

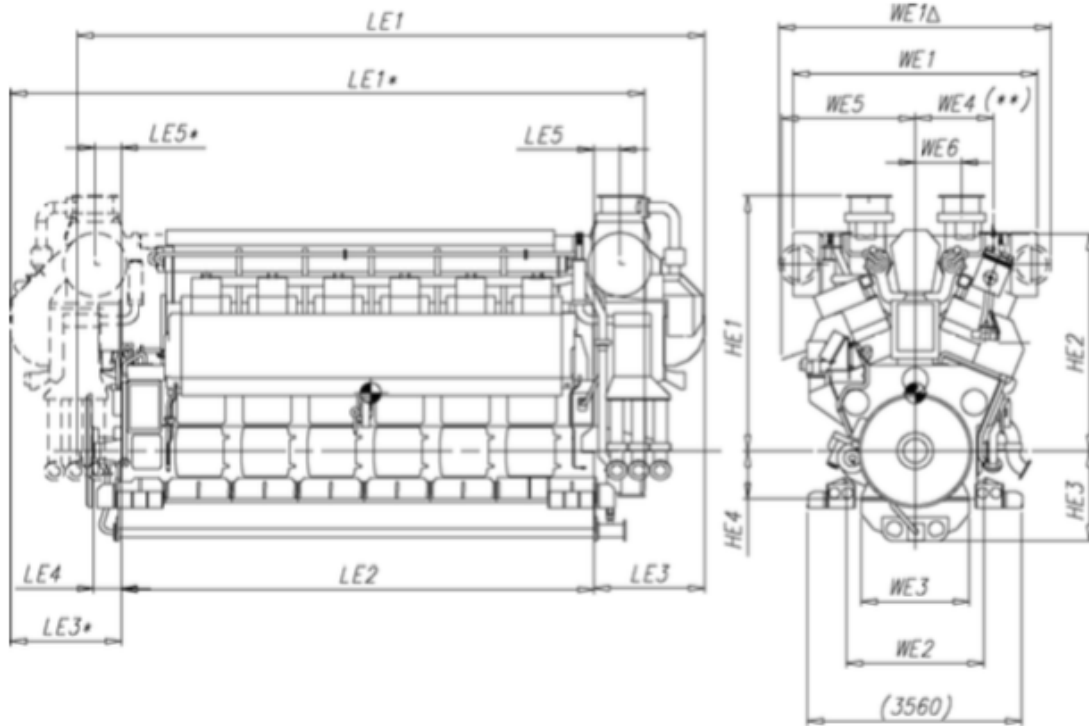
$$BHP \left(\frac{HP}{cil} \right) = \frac{n \cdot P_e \cdot Vol}{a \cdot 450000} = \frac{500 \cdot 20,02 \cdot 113882,73}{2 \cdot 450000} = 1266,63 \frac{HP}{Cil}$$

-Potencia total

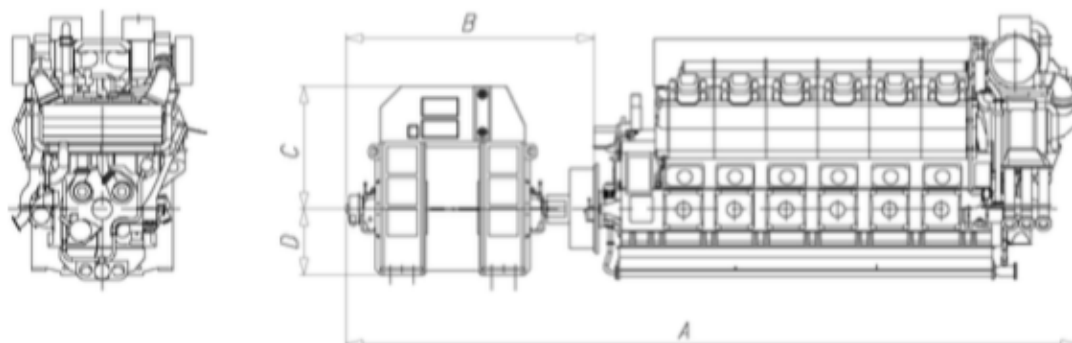
Potencia total = 18 · 1266,63 = 22799,32 HP (1 HP = 0,7457 kW) = 17001, 45kW

La potencia es algo inferior a la que indica en su catálogo el fabricante, pero suficiente para satisfacer las necesidades del buque.

Las dimensiones del grupo generador serán las siguientes.

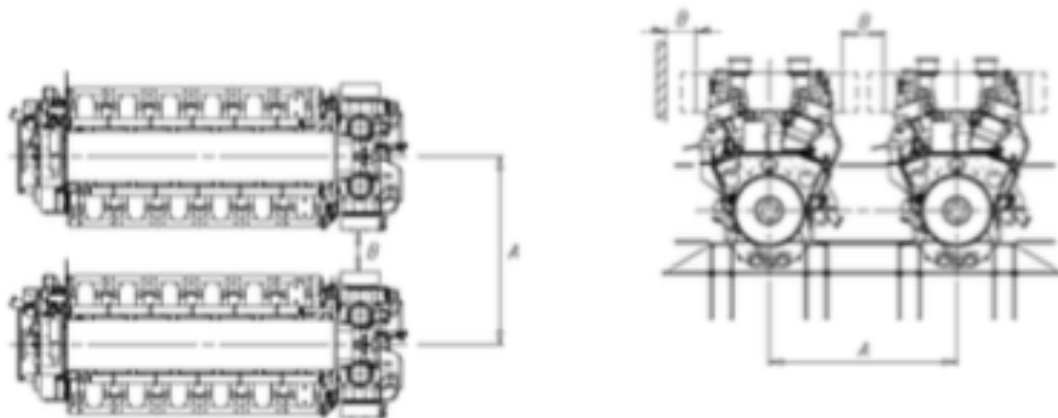


Engine	TC	HE5	HE6	WE1	WE1Δ	WE2	WE3	WE4	WE4**	WE5	WE6	Weight
W 12V50DF	NA357	3080	925	3810	4520	2290	1800	1495	1300	2220	765	175
	TPL71	3100	1140	4055	4525	2290	1800	1495	1300	2220	770	175
W 16V50DF	TPL76	3300	1100	4730	5325	2290	1800	1495	1300	2220	930	224
W 18V50DF	TPL76	3300	1100	4730	5325	2290	1800	1495	1300	2220	930	244



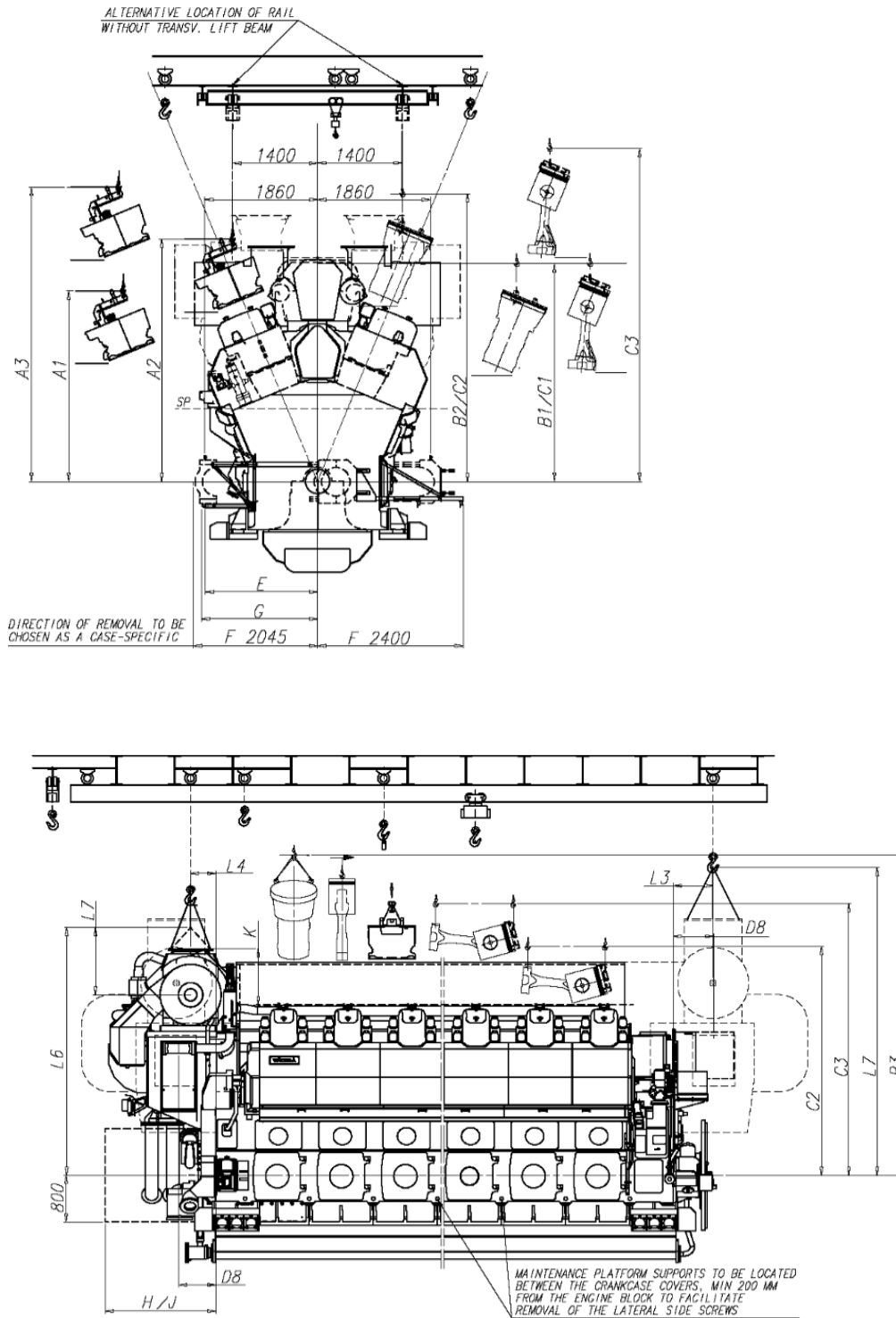
Engine	A	B	C	D	Genset weight [ton]
W 6L50DF	12940	4940	2235	1090	138
W 8L50DF	15060	5060	2825	1020	171
W 9L50DF	15910	5060	2825	1020	185
W 12V50DF	15475	5253	2593	1365	239
W 16V50DF	17540	4690	2050	1590	288
W 18V50DF	18500	4690	2050	1590	315

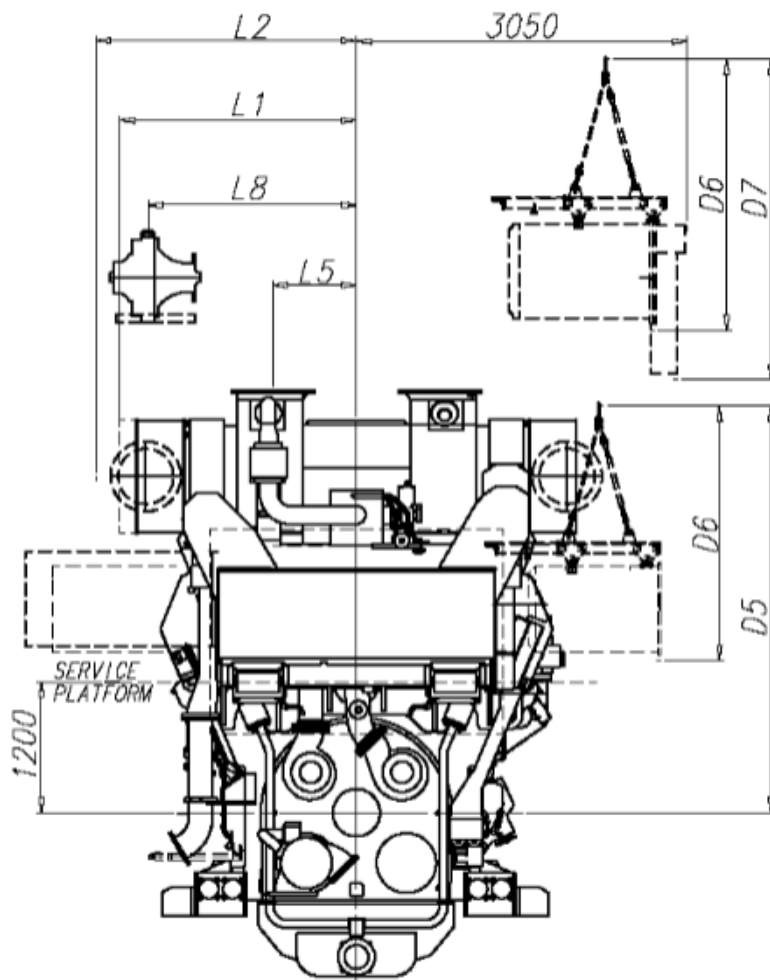
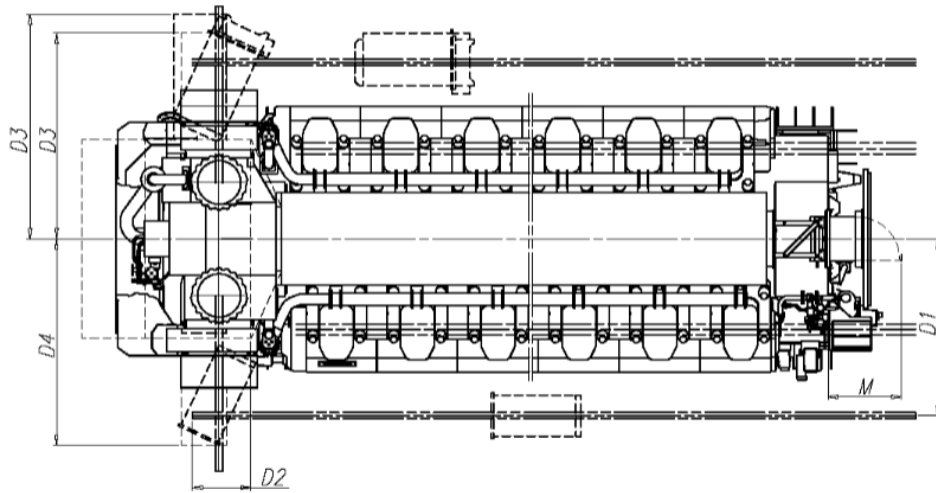
El fabricante presenta unas recomendaciones para la colocación de los grupos generadores:



Engine type	Minimum [mm]		Recommended [mm]	
	A	B	A	B
W 12V50DF	4700	450	4900	650
W 16V50DF	5800	900	5800	1100
W 18V50DF	5800	900	5800	1100

A su vez, dentro de las dimensiones consideradas, se deben tener en cuenta los requerimientos de espacio de servicio.







Services spaces in mm		12V50DF	16V-, 18V50DF
A1	Height needed for overhauling cylinder head freely over injection pump	3150	3150
A2	Height needed for overhauling cylinder head freely over adjacent cylinder head covers	4000	4000
A3	Height needed for overhauling cylinder head freely over exhaust gas insulation box	4860	4860
B1	Height needed for transporting cylinder liner freely over injection pump	3600	3600
B2	Height needed for transporting cylinder liner freely over adjacent cylinder head covers	4750	4750
B3	Height needed for transporting cylinder liner freely over exhaust gas insulation box	5500	5500
C1	Height needed for overhauling piston and connecting rod	3600	3600
C2	Height needed for transporting piston and connecting rod freely over adjacent cylinder head covers	4750	4750
C3	Height needed for transporting piston and connecting rod freely over exhaust gas insulation box	5500	5500
D1	Recommended location of rail dismantling CAC sideways by using lifting tool	2400	2400
D2	Recommended location of starting point for rails	800	1000
D3	Min width needed for dismantling CAC with end cover of CAC by using lifting tool	2800	3050
D4	Min width needed for dismantling CAC without end cover of CAC by using lifting tool	2800	2900
D5	Height needed for overhauling CAC	3725	3915
D6	Height needed for overhauling CAC without end cover	2350	2500
D7	Height needed for overhauling CAC with end cover	-	2950
D8	Recommended location of rail dismantling CAC	640	690
E	Width needed for removing main bearing side screw	1850	1850
F	Width needed for dismantling connecting rod big end bearing	2400	2400
G	Width of lifting tool for hydraulic cylinder / main bearing nuts	1915	1915
H	Distance needed to dismantle lube oil pump	1900	1900
J	Distance needed to dismantle water pumps	1900	1900
K	Distance between cylinder head cap and TC flange	NA357: 1130 TPL71: 970	1480
L1	Rec. axial clearance for dismantling and assembly of silencer is 500mm, min. clearance is 140mm for 12V50DF/TPL71 and 180mm for 16-18V50DF/TPL76. The given dimension L1 includes the min. maintenance space.	NA357: 2300 TPL71: 2180	TPL76: 2560
L2	Rec. axial clearance for dismantling and assembly of suction branch is 500mm, min. clearance is 140mm for 12V50DF/TPL71 and 180mm for 16-18V50DF/TPL76. The given dimension L2 includes the min. maintenance space.	NA357: 2440 TPL71: 2405	TPL76: 2845
L3	Recommended lifting point for the TC (driving end)	NA357: - TPL71: 435	TPL76: 680
L4	Recommended lifting point for the TC (free end)	NA357: 500 TPL71: 435	TPL76: 680
L5	Recommended lifting point sideways for the TC	NA357: 765 TPL71: 770	TPL76: 930



Services spaces in mm		12V50DF	16V, 18V50DF
L6	Height needed for dismantling the TC	NA357: 4530 TPL71: 4250	TPL76: 5280
L7	Height needed for dismantling the TC from center of TC	NA357: 1400 TPL71: 1150	TPL76: 1300
L8	Recommended lifting point for the TC (cartridge)	NA357: 2120 TPL71: 1920	TPL76: 2230
M	Space necessary for opening the cover of the main cabinet	1000	1000

3 CAPACIDAD DE TANQUES

El primer paso para dimensionar los servicios auxiliares a la propulsión del buque es calcular las capacidades necesarias para cumplir con la autonomía del buque. Para ello siguiendo guía del motor del motor, se irán calculando las capacidades necesarias de los tanques.

Se realizan los cálculos para los siguientes consumibles:

- Combustible
- Aceite de lubricación
- Aceite hidráulico
- Agua dulce
- Aguas grises y aguas negras
- Lodos
- Tanque de aguas oleaginosas
- Lastre

Según los requerimientos previstos de actividad de nuestro buque, éste tendrá una autonomía de servicio de 12000 millas y navegará a una velocidad de 21 nudos. Por tanto, el tiempo que podrá navegar ininterrumpidamente, es decir, sin repostar combustible, será:

$$t_{\text{navegación}} = \frac{\text{Autonomía}}{\text{Velocidad}} = \frac{12000}{21} = 571,43 \text{ horas} = 23,81 \text{ días} \approx 24 \text{ días}$$



A continuación, se presentarán datos relevantes de los generadores necesarios para los cálculos:

Wärtsilä 18V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
Engine output	kW	17100		17550	
Mean effective pressure	MPa	2.0		2.0	

Fuel consumption (Note 3)					
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7300	-	7300	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	7620	-	7620	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8260	-	8260	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7258	-	7258	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7562	-	7562	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8153	-	8153	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.0	189	1.0	189
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	1.5	192	1.5	192
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	2.4	204	2.4	204

3.1. FUEL OIL

El consumo de Fuel Oil se puede determinar de la forma:

$$\text{Consumo}_{F.O.} = C_e \cdot PS \cdot t_{nav} \cdot 10^{-6} \text{ t/g}$$

Dónde:

C_e : consumo específico del motor (g/kWh)

PS: Potencia del motor (kW)

t_{nav} : tiempo de navegación ininterrumpida (h)

La potencia del motor en condiciones de servicio será:

$$PS = MCR \cdot \text{MARGEN} = 17100 \cdot 0,90 = 15390 \text{ kW}$$



Por lo que el consumo de Fuel Oil será:

$$\text{Consumo}_{F.O.} = 189 \cdot 15390 \cdot 571,43 \cdot 10^{-6} = 1662,12 \text{ t}$$

Aplicando un margen del 10%:

$$\text{Consumo}_{F.O.} = 1662,12 \cdot 1,10 = 1828,34 \text{ t}$$

Una vez obtenido el consumo de un generador y sabiendo que trabajan tres de manera simultánea, el consumo de Fuel Oil de los motores principales es:

$$\text{Consumo}_{F.O.} = 1828,34 \cdot 3 = 5485,009 \text{ t}$$

VOLUMEN DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE

El volumen total de los tanques de Fuel Oil puede determinarse según la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen}_{FuelOil} = \frac{\text{Consumototal}_{FuelOil}}{\rho_{FuelOil}} = \frac{5485,009}{0,97} = 5654,65 \text{ m}^3$$

Siendo:

$\rho_{F.O.}$: Densidad del Fuel Oil (0,97 ton/m³)

Esta capacidad se divide entre los tanques de almacenamiento, uso diario y sedimentación. Además, instalaremos un tanque de derrames.

VOLUMEN DE LOS TANQUES ALMACÉN

Se instalarán un mínimo de dos tanques almacén con una capacidad conjunta igual al volumen total de combustible necesario menos tres días y medio de consumo:

$$\text{Vol}_{T.Atm} = \text{Vol}_{Total} - 48h - 36h = \text{Vol}_{Total} - 84 \text{ horas}$$

$$\text{Vol}_{T.Atm} = 5654,65 - \frac{189 \cdot 3 \cdot 15390 \cdot 84 \cdot 10^{-6}}{0,97} \cdot 1,10 = 4823,42 \text{ m}^3$$



VOLUMEN DE LOS TANQUES DE USO DIARIO

Se instalarán un mínimo de dos tanques de uso diario. En cada tanque debe haber un volumen suficiente de combustible para propulsar al buque un día entero.

$$Vol_{Tk.usodiario} = \frac{189 \cdot 15390 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 10^{-6}}{0,97} \cdot 1,10 = 237,49 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

Se instalará un único tanque de sedimentación. En caso de que se estropee se puede puentear y pasar el combustible directamente por las depuradoras de combustible.

$$Vol_{Tk.sedimentación} = \frac{189 \cdot 15390 \cdot 3 \cdot 36 \cdot 10^{-6}}{0,97} \cdot 1,10 = 323,86 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DEL TANQUE DE DERRAMES

Se instalará a bordo un tanque de derrames que, en principio, irá vacío y se irá llenando con los derrames provenientes del llenado de otros tanques, aunque, en alguna circunstancia podría llenarse antes de la salida del buque de puerto.

$$Vol_{Tk.derrames} = \frac{189 \cdot 15390 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,97} \cdot 1,10 = 44,98 \text{ m}^3$$



RESUMEN DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE

TANQUE	VOLUMEN
Almacén	4823,42 m ³
Uso diario 1	237,49 m ³
Uso diario 2	237,49 m ³
Sedimentación	356,24 m ³
Derrames	49,47 m ³
Total	5704,11 m³

El volumen total de los tanques de Fuel Oil es superior al volumen necesario calculado anteriormente porque se ha decidido añadir un tanque de derrames.

3.2 ACEITE

La Project Guide de los generadores de WÄRTSILÄ presenta el consumo del aceite de lubricación.

Wärtsilä 18V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
Engine output	kW	17100		17550	
Mean effective pressure	MPa	2.0		2.0	

Oil volume in separate system oil tank	m ³	25	25
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5	0.5



La potencia del motor en condiciones de servicio será:

$$PS = MCR \cdot \text{MARGEN} = 17100 \cdot 0,90 = 15390 \text{ kW}$$

Por lo tanto, el consumo de aceite de lubricación:

$$\text{Cons. Aceite lubricación} = 3 \cdot 0,5 \cdot 15390 \cdot 571,43 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} = 15,83 \text{ t}$$

VOLUMEN DE TANQUES DE ACEITE DE LUBRICACIÓN

El volumen total de los tanques de aceite de lubricación puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$Volumen_{\text{Aceite lub.}} = \frac{\text{Consumo}_{\text{total Aceite lub.}}}{\rho_{\text{Aceite lub.}}} = \frac{15,83}{0,9} = 17,59 \text{ m}^3$$

Siendo:

$$\rho_{\text{Ac.Lub.}}: \text{Densidad del aceite de lubricación (0,90 ton/m}^3\text{)}$$

La Project Guide de WÄRTSILÄ indica que cada motor 18V50DF necesita un volumen de 25 m³ de aceite.

Por lo tanto, la capacidad total de los tanques de aceite de lubricación será:

$$Volumen_{\text{Aceite lubricación}} = 115,83 \text{ m}^3$$

Esta capacidad se divide entre los tanques de almacenamiento y uso diario.

VOLUMEN DE LOS TANQUES ALMACÉN

El volumen del tanque almacén de aceite de lubricación será igual al volumen total de aceite menos dos días de consumo:

$$Vol_{\text{T.Alm.}} = Vol_{\text{Total}} - 48 \text{ h}$$

$$Vol_{\text{T.Alm.}} = 115,83 - \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 15390 \cdot 48 \cdot 10^{-6}}{0,90} \cdot 1,20 = 114,35 \text{ m}^3$$



VOLUMEN DE LOS TANQUES DE USO DIARIO

$$Vol_{T.uso\ diario} = \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 15390 \cdot 24 \cdot 10^{-6}}{0,90} \cdot 1,20 = 0,74 \text{ m}^3$$

RESUMEN DE TANQUES DE ACEITE DE LUBRICACIÓN

TANQUE	VOLUMEN
Almacén	114,35 m ³
Uso diario 1	0,74 m ³
Uso diario 2	0,74 m ³
Total	115,83 m³

3.3 ACEITE HIDRÁULICO

Se aproxima un volumen necesario de 10 m³ de aceite hidráulico. Este dato ha sido tomado del buque base.

3.4 AGUA DULCE

Según la norma UNE-EN ISO 15748 Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas.

Tipo de buque	Grupo de personas embarcado	Consumo de agua cuando esté equipado con		
		sistema de aseos de gravedad	sistema de aseos de vacío	
Buque de alta mar	Carguero	Tripulante/cama	220 l	175 l
	Buque de pasaje	Pasajero/cama	270 l	225 l
	Crucero de lujo	Pasajero/cama	–	275 l
	Trasbordador con cabinas	Pasajero/cama	205 l ^a	160 l ^a
		Pasajero sin cama	100 l	55 l
	Trasbordador sin cabinas	Pasajero sin cama	150 l	105 l
Tripulante sin cama		100 l	55 l	



La norma indica un consumo de 175 litros por persona y día. De esta forma el consumo de agua dulce del buque es:

$$\text{Consumo}_{\text{Agua Dulce}} = 175 \cdot 26 \cdot 24 = 109200 \text{ litros}$$

La capacidad de agua dulce del buque, teniendo en cuenta una permeabilidad del tanque del 0,98 es:

$$\text{Volumen}_{\text{Agua Dulce}} = \frac{109200}{1000} \cdot 1,02 = 111,38 \text{ m}^3$$

3.5 AGUAS NEGRAS Y GRISES

Para el cálculo de esta capacidad se consulta la norma UNE-EN ISO 15749, Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas.

Tabla 2
Cantidad mínima de agua de desecho

Tipo de buque	Cantidad mínima de agua de desecho por persona y día en litros			
	Planta sin vacío		Planta con vacío	
	Aguas negras	Aguas negras y grises	Aguas negras	Aguas negras y grises
Buques de pasaje	70	230	25	185
Buques de alta mar exceptuando los de pasaje	70	180	25	135
Los buques costeros pueden conservar los valores recomendados por las autoridades responsables.				
NOTA – Estos valores son los recomendados. Hay que considerar las posibles variaciones debidas a los reglamentos nacionales o a las recomendaciones de las sociedades de clasificación.				

La norma indica una cantidad mínima de desecho de 180 litros por persona y día. De esta forma el volumen requerido para agua de desecho es:

$$\text{Consumo}_{\text{Aguas Negras}} = 180 \cdot 26 \cdot 24 = 112320 \text{ litros}$$

Dado que la permeabilidad del tanque es 0,98, el volumen requerido para aguas negras y grises es:

$$\text{Volumen}_{\text{Aguas Negras}} = \frac{112320}{1000} \cdot 1,02 = 114,57 \text{ m}^3$$



3.6 TANQUE DE LODOS

El tanque de lodos se dimensiona de acuerdo con el convenio MARPOL. En el Anexo 1, Regla 17 se indica, a modo de orientación la capacidad adecuada del tanque de lodos. No obstante, la capacidad de dichos tanques de lodos podrá calcularse con arreglo a cualquier otra hipótesis razonable.

Para buques construidos posteriormente al 31 de diciembre de 1990, y que no lleven agua de lastre en los tanques de Fuel Oil, la capacidad mínima de los tanques de lodos se calcula con la siguiente expresión:

$$V = K_1 \cdot C \cdot D$$

Siendo:

V: Volumen del tanque de lodos (m³).

K₁: 0,015 para los buques en los que se purifique el fueloil pesado destinado a la máquina principal, o bien 0,005 para los buques en que se utilice aceite diésel o fueloil pesado que no haya de ser purificado antes de su uso.

C: Consumo diario de Fuel Oil (m³).

D: duración máxima, en días, del viaje entre puertos en los que los fangos pueden descargarse en tierra. A falta de datos precisos, se utilizará la cifra de 30 días.

Por lo tanto, el volumen del tanque de lodos es:

$$V_{\text{Lodos}} = 0,015 \cdot 237,49 \cdot 24 = 85,5 \text{ m}^3$$



3.8 TANQUE DE AGUAS OLEAGINOSAS

La capacidad del tanque de aguas oleaginosas se ha fijado en un 2% de la capacidad total de combustible:

$$Volumen_{aguas\ oleaginosas} = 5654,65 \cdot 0.02 = 113,093\ m^3$$

3.9 RESUMEN DE LAS CAPACIDADES TOTALES

A continuación se presenta un resumen de las capacidades necesarias para cubrir las funciones del buque:

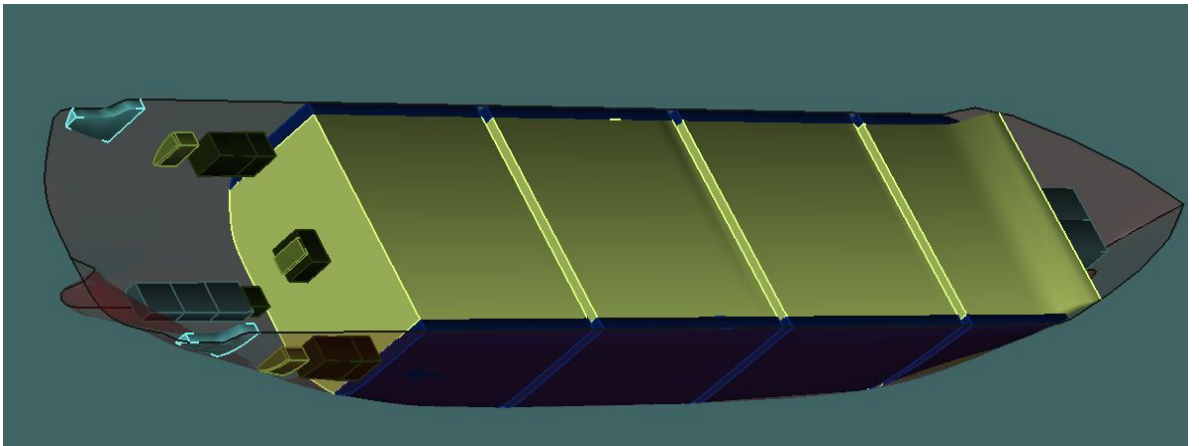
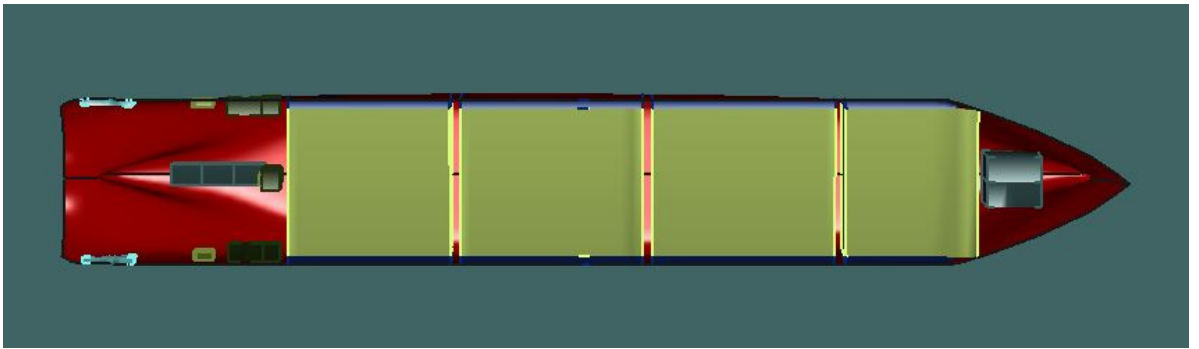
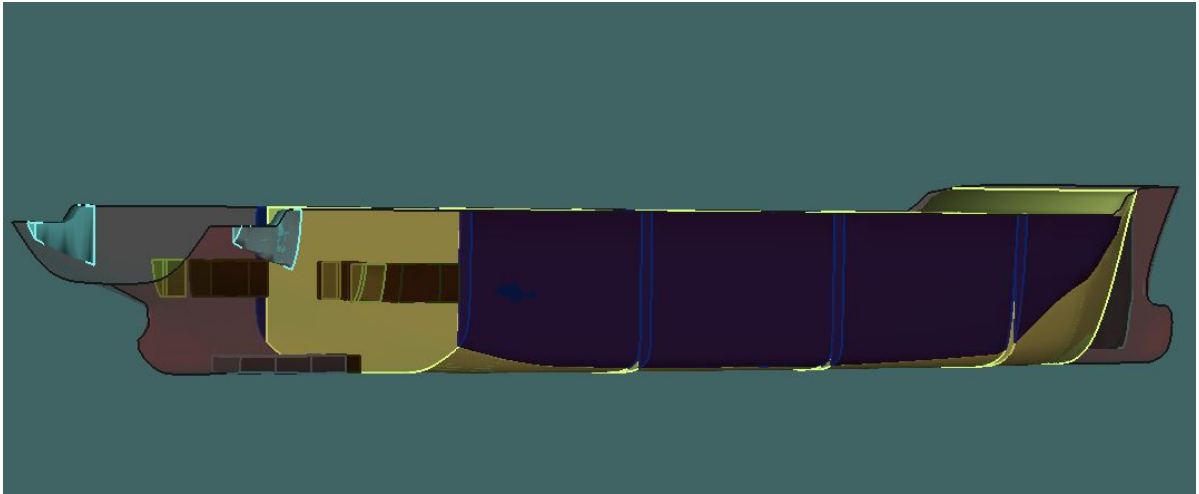
SERVICIO	NECESIDAD
Combustible	5704,11 m ³
Aceite de Lubricación	115,83 m ³
Aceite Hidráulico	10 m ³
Agua Dulce	111,38 m ³
Aguas Grises y Negras	114,57 m ³
Lodos	85,5 m ³
Aguas oleaginosas	113,093 m ³

Se ha modelado en MaxSurf el buque e introducido los tanques obteniendo los siguientes resultados.



Tanque	Volumen [m ³]
T. N°1 HFO almacén Br	139,051
T. N°1 HFO almacén Er	139,051
T. N°2 HFOUD Br	269,8
T. N°2 HFOUD Er	269,8
T. N° 3 Sedimentación	184,32
T.N° 11 HFO Almacén Br	2303,924
T.N° 11 HFO Almacén Er	2303,924
Total	5719,87
T. N° 4 Derrames	53,72
T.N°12 Aguas oleaginosas	143,835
T. N° 10 Aguas N. y G.	145,853
T. N° 5 Aceite almacén Br	60,752
T. N° 5 Aceite almacén Er	60,752
T. N° 6 Aceite UD Br	9,297
T. N° 6 Aceite UD Er	9,297
Total	140,098
T. N°7 Aceite hidráulico	15,36
T. N° 8 AD Br	60,914
T. N° 8 AD Er	60,914
Total	121,828
T. N° 9 Lodos	147,114

Todos los tanques cumplen con el volumen mínimo necesario.





4. DESCRIPCIÓN, DISPOSICIÓN ESQUEMÁTICA Y CÁLCULO DE LOS EQUIPOS Y SERVICIOS AUXILIARES A LA PROPULSIÓN DEL BUQUE

4.1 COMBUSTIBLE

Los motores Wärtsilä 50DF son motores duales que pueden funcionar utilizando diferentes combustibles: fuel oil, diésel marino, gas y, hasta incluso, biodiesel.

Los motores Wartsila 50DF suelen instalarse para operar en modo gas o diésel. El modo de funcionamiento se puede cambiar mientras el motor está en marcha, dentro de ciertos límites, sin interrumpir la generación de energía. Si el suministro de gas falla, el motor automáticamente pasa a la operación en modo diésel.

Para una operación continua de los motores sin reducción de la potencia nominal, el combustible durante el funcionamiento del motor tiene que cumplir unos requisitos de calidad que se mencionan a continuación.



4.1.1 DIÉSEL MARINO (MDF)

Table 6.2 MDF specifications

Property	Unit	ISO-F-DMA	ISO-F-DMZ	ISO-F-DMB	Test method ref.
Viscosity before pilot fuel pump, min. ¹⁾	cSt	2.0	2.0	2.0	
Viscosity, before pilot fuel pump, max. ¹⁾	cSt	11.0	11.0	11.0	
Viscosity, before main injection pumps, min. ¹⁾	cSt	2.8	2.8	2.8	
Viscosity, before main fuel injection pumps, max. ¹⁾	cSt	24.0	24.0	24.0	
Viscosity at 40°C, min.	cSt	2	3	2	
Viscosity at 40°C, max.	cSt	6	6	11	ISO 3104
Density at 15°C, max.	kg/m ³	890	890	900	ISO 3675 or 12185
Cetane index, min.		40	40	35	ISO 4264
Sulphur, max.	% mass	1.5	1.5	2	ISO 8574 or 14596
Flash point, min.	°C	60	60	60	ISO 2719
Hydrogen sulfide, max. ²⁾	mg/kg	2	2	2	IP 570
Acid number, max.	mg KOH/g	0.5	0.5	0.5	ASTM D664
Total sediment by hot filtration, max.	% mass	—	—	0.1 ³⁾	ISO 10307-1
Oxidation stability, max.	g/m ³	25	25	25 ⁴⁾	ISO 12205
Carbon residue: micro method on the 10% volume distillation residue max.	% mass	0.30	0.30	—	ISO 10370
Carbon residue: micro method, max.	% mass	—	—	0.30	ISO 10370
Pour point (upper) , winter quality, max. ⁵⁾	°C	-6	-6	0	ISO 3016
Pour point (upper) , summer quality, max. ⁵⁾	°C	0	0	6	ISO 3016
Appearance	—	Clear and bright ⁶⁾		^{3) 4) 7)}	
Water, max.	% volume	—	—	0.3 ³⁾	ISO 3733
Ash, max.	% mass	0.01	0.01	0.01	ISO 6245
Lubricity, corrected wear scar diameter (wsd 1.4) at 60°C , max. ⁸⁾	µm	520	520	520 ⁷⁾	ISO 12156-1



4.1.2 FUEL OIL PESADO (HFO)

Table 6.3 HFO specifications

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



4.1.3 GAS NATURAL (LNG)

Table 6.1 Fuel Gas Specifications

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

4.1.4 BIOCOMBUSTIBLES

Los motores Wärtsilä 50DF pueden funcionar con biocombustibles líquidos de acuerdo a las especificaciones de la tabla "Table 6.4 Straight liquid bio fuel specification" que se muestra a continuación.

Debido a que los biocombustibles tienen un valor de calentamiento generalmente más bajo que los combustibles fósiles, la capacidad del sistema de inyección de combustible debe ser comprobado para cada instalación.

Los biocombustibles válidos para utilizar como combustible líquido son el aceite de palma, aceite de coco, aceite de copra, aceite de jatrofa, etc, pero no es válido para otras calidades de biocombustibles como grasas animales.

El biodiesel puede ser mezclado con combustibles fósiles.



Table 6.4 Straight liquid bio fuel specification

Property	Unit	Limit	Test method ref.
Viscosity at 40°C, max. ¹⁾	cSt	100	ISO 3104
Viscosity, before injection pumps, min.	cSt	2.8	
Viscosity, before injection pumps, max.	cSt	24	
Density at 15°C, max.	kg/m ³	991	ISO 3675 or 12185
Ignition properties ²⁾			FIA test
Sulphur, max.	% mass	0.05	ISO 8574
Total sediment existent, max.	% mass	0.05	ISO 10307-1
Water before engine, max.	% volume	0.20	ISO 3733
Micro carbon residue, max.	% mass	0.50	ISO 10370
Ash, max.	% mass	0.05	ISO 6245 / LP1001
Phosphorus, max.	mg/kg	100	ISO 10478
Silicon, max.	mg/kg	15	ISO 10478
Alkali content (Na+K), max.	mg/kg	30	ISO 10478
Flash point (PMCC), min.	°C	60	ISO 2719
Cloud point, max.	°C	3)	ISO 3015
Cold filter plugging point, max.	°C	3)	IP 309
Copper strip corrosion (3h at 50°C), max.	Rating	1b	ASTM D130

4.2 SISTEMA DE COMBUSTIBLE. MODO GAS NATURAL

El objetivo de este apartado es facilitar la comprensión de las diferentes posibilidades de funcionamiento del gas natural a bordo del buque. Se considera el gas natural como metano puro (100% CH₄).

Los tanques de carga están llenos con gas natural licuado a presión atmosférica a su punto de ebullición (-163 °C). Como la temperatura del ambiente es mucho mayor (máx. 45 ° C para el aire y 32°C para el agua del mar) el calor fluye de forma natural a la carga.

Con el fin de detener esta situación lo máximo posible, los tanques de carga están provistos de un sistema de aislamiento GTT Mark III que garantiza una tasa diaria de Boil-Off (BOG) máximo de 0,10% del volumen de carga.

De todos modos, una cierta cantidad de calor alcanza la carga, que hierve y tiende a aumentar la presión de los tanques. Se instalan en la parte alta de los tanques unas válvulas de seguridad reguladas a 0,35 bar. A medida que la presión interior del tanque aumenta se debe retirar el gas natural para mantener una presión estable en el interior del tanque.



Para la producción de electricidad los generadores pueden ser alimentados por el gas proveniente del BOG a una presión inferior a 6 bar (592 kPa). Es el compresor de baja presión, situado en la caseta de compresores, el encargado de elevar la presión del gas para ser suministrado en los motores. A una presión de 4,97 bar el gas tiene una temperatura de 0°C.

En el caso de que se produzca más BOG que el requerido a bordo para la propulsión y la producción de electricidad, el gas puede ser reconvertido a GNL mediante una planta relicuefacción. Sin embargo, en el caso del buque de proyecto no cuenta con una planta de relicuefacción por lo que el exceso de gas que se produzca en los tanques debe ser llevado a la unidad de combustión de gas y ser quemado antes de expulsarlo a la atmósfera.

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

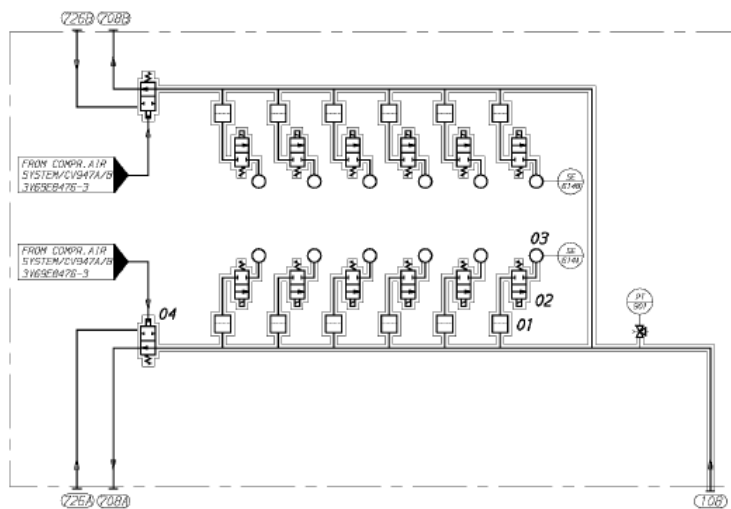
A continuación, se procede a realizar un estudio con mayor detalle de los sistemas interno y externo del sistema de combustible en modo gas natural.

Los datos de los motores han sido obtenidos directamente de la Project Guide de los motores WÄRTSILÄ. Los requerimientos de seguridad y normativa están regulados por la sociedad de clasificación Bureau Veritas y el código CIG.

4.2.1 SISTEMA INTERNO DE GAS NATURAL

El esquema del sistema interno de gas natural de los motores en V que lleva instalados el buque de proyecto es el siguiente:

Figure 6.2 Internal fuel gas system,V-engines (DAAE010199c)



System components

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

Sensors and indicators

SE614A/B...SE6#4A/B	Knock sensor	PT901	Gas pressure
---------------------	--------------	-------	--------------

Pipe connections

		Size	Pressure class	Standard
108	Gas inlet	DN100	PN16	ISO 7005-1
708A/B	Gas system ventilation	DN50	PN40	ISO 7005-1
726A/B	Air inlet to double wall gas system	M42x2		

Cuando el motor funciona en modo gas, el gas se inyecta a través de válvulas de admisión de gas en la entrada de cada cilindro. El gas se mezcla con el aire de combustión inmediatamente después de la válvula de entrada en la cabeza del cilindro. El gas sobrante que no se utilice en la combustión saldría por la válvula de escape.

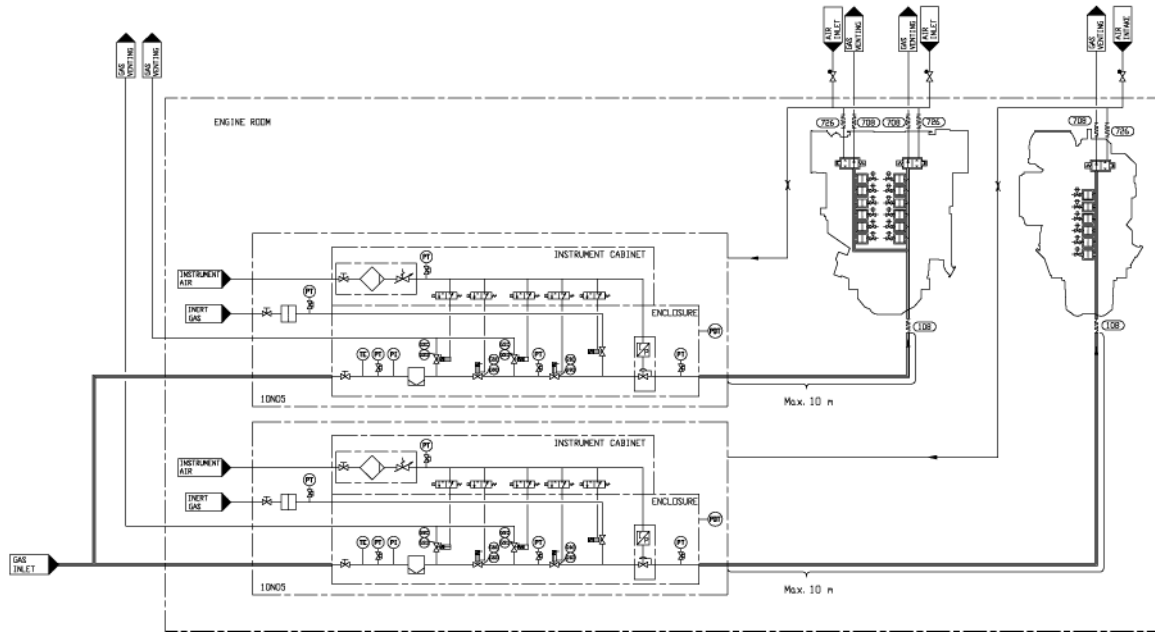
El aire se puede tomar directamente de la sala de máquinas o desde una ubicación fuera de la sala de máquinas, a través de la tubería.

La tubería de gas puede ser de cualquier tipo de pared simple o doble.

4.2.2 SISTEMA EXTERNO DE GAS NATURAL

El esquema del sistema externo de gas natural de los motores es el siguiente:

Figure 6.3 External fuel gas system (DAAF022750B)



System components		Pipe connections	
10N05	Gas valve unit	108	Gas inlet
		708	Safety ventilation
		726	Air inlet to double wall gas system

El combustible gas puede estar contenido como GNL a presión atmosférica, o GNL presurizado. El diseño del sistema de alimentación externo de gas como combustible puede variar, pero cada sistema debe proporcionar gas natural con la temperatura y la presión adecuada para cada motor.

Tal y como indica la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas (Parte D, Ch. 9, Sec. 16) y el código CIG (Ch 16, 16.3) la tubería de gas puede ser de tipo de pared simple con conducto ventilado o de doble pared, estando el combustible contenido en la tubería interior

4.2.3 UNIDAD DE VÁLVULA DE GAS (GVU)

El sistema de suministro de gas es necesario para alimentar el motor de doble combustible utilizando el gas como combustible de acuerdo a los requisitos del motor.



Se compone de:

- El sistema de tratamiento de gases del motor.
- La unidad de válvulas del gas (GVU) con tubos de conexión.

Antes de que el gas se suministre al motor pasa a través de una unidad de válvulas de gas (GVU). El GVU incluye una válvula de control de presión y una serie bloques de purga para asegurar un funcionamiento fiable y seguro del gas. La unidad incluye una válvula de cierre manual, conexión para inertizado, un filtro, una válvula de control de presión de gas, válvulas de cierre, válvulas de ventilación, medidores de presión, un transmisor y un controlador de temperatura de los gases.

El filtro es una unidad de flujo completo para prevenir que entren impurezas en el sistema de gas del motor. El filtro es de 5 μm de malla. La caída de presión en el filtro se controla en todo momento, y se activa una alarma cuando la caída de presión está por encima del valor permitido por el filtro sucio.

La presión del gas suministrado a la GVU deberá estar en el rango permitido y puede tener una fluctuación de presión máxima de 200 mbar/s. La temperatura del combustible gas suministrado a la GVU deberá estar en el rango desde 5°C a 50°C. La temperatura dependiente de la presión del punto de rocío del gas natural que se debe superar para evitar la condensación.

Si la presión del gas combustible suministrado a la GVU excede el rango admisible se requiere una estación de reducción de presión. Si la presión del gas combustible suministrado a la GVU cae por debajo del rango admisible se requiere un compresor de gas. En cualquier caso, la línea de suministro de gas a la GVU debe estar equipado con una protección contra la sobrepresión que asegure que la máxima presión de diseño del sistema de GVU, es decir, que no se sobrepasen los 10 bar.

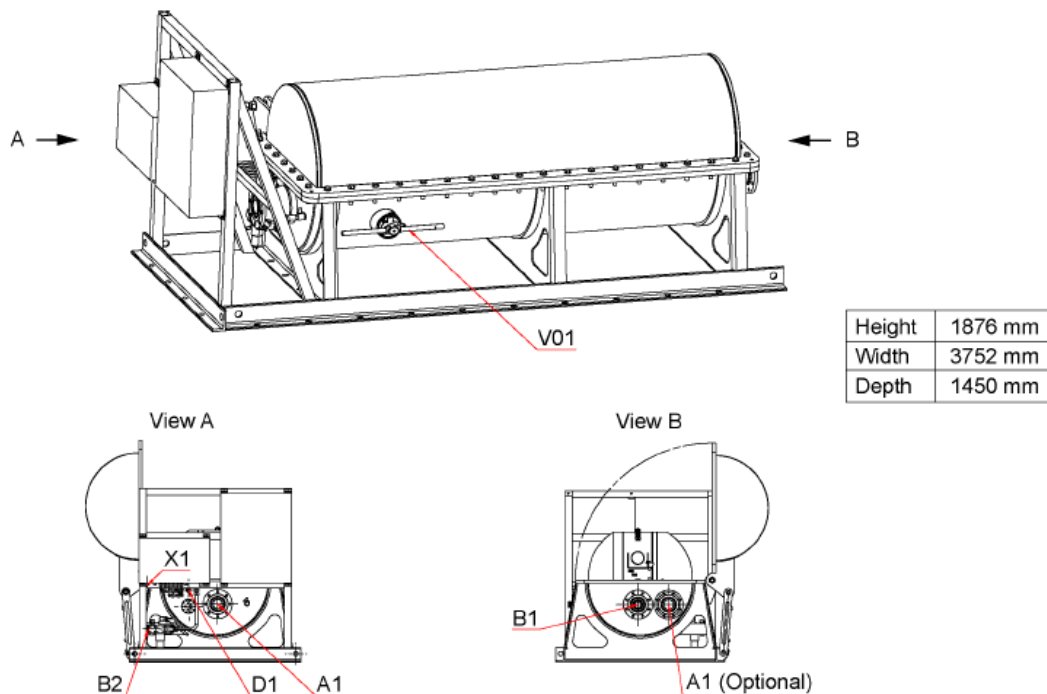
Las presiones de suministro de gas a la GVU y a los motores son:

Fuel gas system (Note 4)		
Gas pressure at engine inlet, min (PT901)	kPa (a)	472
Gas pressure to Gas Valve unit, min	kPa (a)	592
Gas temperature before Gas Valve Unit	°C	0...60

Los componentes principales del tratamiento de gases del sistema son:

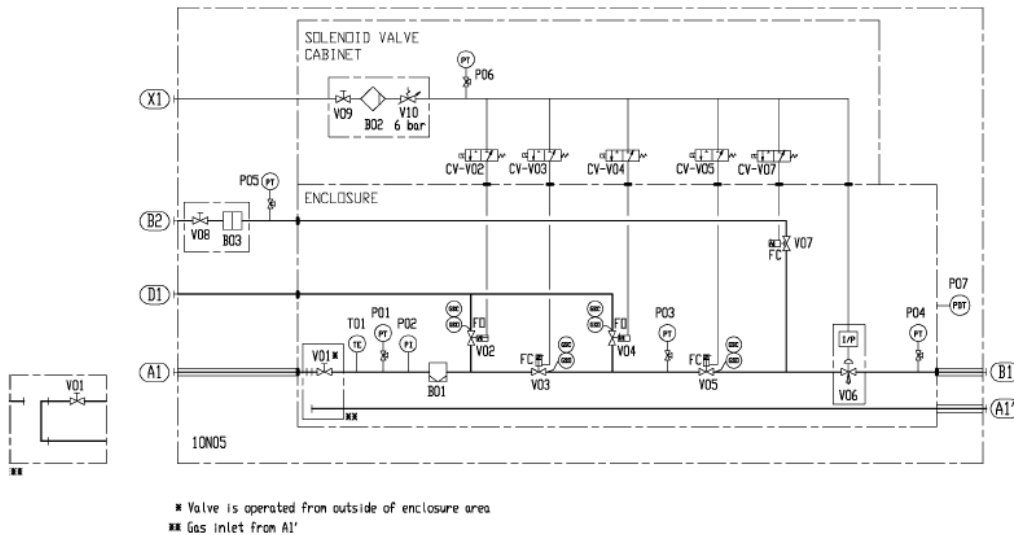
- La tubería entre el sistema de carga y los componentes del sistema de tratamiento de gas
- Compresor de Gas
- Dispositivo para la evaporación forzada de GNL
- Intercambiadores de calor
- Las tuberías de los componentes del tratamiento de gases a la unidad de válvula de gas (GVU)

Figure 6.5 Main dimensions of the GVU for W50DF (DAAF020519A)



A continuación, se muestra un esquema de la unidad de válvulas del gas (GVU).

Figure 6.4 Gas valve unit P&I diagram (DAAF003882D)

**Unit components:**

B01	Gas filter	V03	First block valve	V08	Shut off valve
B02	Control air filter	V04	Vent valve	V09	Shut off valve
B03	Inert gas filter	V05	Second block valve	V10	Pressure regulator

La unidad de válvulas de gas es un regulador y dispositivo de seguridad que permite que el motor sea operado de forma segura en el modo de gas. La unidad está equipada con bloqueo y purga (parada de acción rápida, válvulas y válvulas de ventilación) y un dispositivo de regulación de la presión de gas

La unidad de válvula de gas cumple las siguientes funciones:

- Prueba de fugas de gas por el sistema de control del motor antes del arranque del motor
- Control de la presión del gas alimentado al motor de doble combustible
- Parada rápida del suministro de gas en caso de una parada de emergencia
- Purga del sistema de distribución de gas con aire después de la operación con gas
- Barrido con N₂ por razones de mantenimiento

El GUV estará situado lo más cerca posible del motor para lograr un comportamiento óptimo de control. Por lo tanto, la longitud máxima de la tubería entre la GUV y la entrada del motor se limita a 15 metros. El material recomendado para la fabricación la tubería de gas de alimentación de la GUV a la entrada del motor es de tipo acero inoxidable.



4.2.4 – BOMBA DE SUMINISTRO DE GAS A LA GVU

Esta se encarga de circular el gas proveniente del compresor de baja presión y conducirlo a la unidad de válvulas de gas (GVU) antes de su entrada a los motores.

En la guía de proyecto de los motores figura el consumo de gas por parte de los motores principales. Cada motor funcionando en modo gas consume 7,258 kJ/kWh.

De esta manera el caudal de la bomba será:

$$Q_b = 7,258 \cdot (4 \cdot 17100) = 496447,2 \text{ kJ/h}$$

$$Q_b = 496447,2 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot \frac{3,2 \cdot 10^{-5} \text{m}^3}{1 \text{kJ}} = 15,88 \text{ m}^3$$

Se instalarán dos bombas cuya potencia será:

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

Donde,

Q_b : Caudal de la bomba (m³/h)

ρ : Peso específico del fluido (kg/m³)

h : Incremento de presión (m.c.a)

η : Rendimiento de la bomba

Por lo tanto:

$$P = \frac{15,88 \cdot 450 \cdot 60}{3600 \cdot 75 \cdot 0.6} = 2.64 \text{ kW}$$



4.2.5 EMPLEO DE LA CARGA COMO COMBUSTIBLE

La Sociedad de Clasificación Bureau Veritas (Part B, Ch.9, Sec.16) referencia todas las normas de empleo de la carga como combustible en el caso de buques LNG al Código CIG (Capt. 16).

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

La normativa hace hincapié en dos apartados fundamentalmente: ventilación de los espacios donde se utilice el gas natural como combustible y el suministro del combustible gaseoso.

-Ventilación de los espacios de máquinas

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

Deberán instalarse detectores de gas en la cámara de máquinas.

-Suministro de combustible gaseoso

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

En el caso del buque de proyecto se ha optado por elegir la primera opción.



Las tuberías de combustible gaseoso constituirán un sistema de tuberías de doble pared, estando contenido el combustible en la tubería interior. El espacio del medio entre las tuberías concéntricas estará presionizado con gas inerte a una presión superior a la del combustible gaseoso. Se instalarán dispositivos de alarma adecuados que indiquen toda pérdida de presión del gas inerte que se produzca entre las tuberías.

Cada una de las instalaciones consumidoras de gas irá provista de un juego de tres válvulas automáticas. Dos de ellas se instalarán en serie en la tubería de combustible gaseoso abastecedora de la instalación. La otra se instalará en una tubería por la que pueda respirar, hacia un lugar exento de riesgos al aire libre, la parte de la tubería de combustible gaseoso comprendida entre las dos válvulas instaladas en serie. Estas válvulas se dispondrán de modo que algún fallo en el consumo del gas por parte de los motores o una presión anormal en el conducto de suministro de combustible gaseoso provoque el cierre automático de las válvulas instaladas en serie y la abertura automática de la válvula de respiración.

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

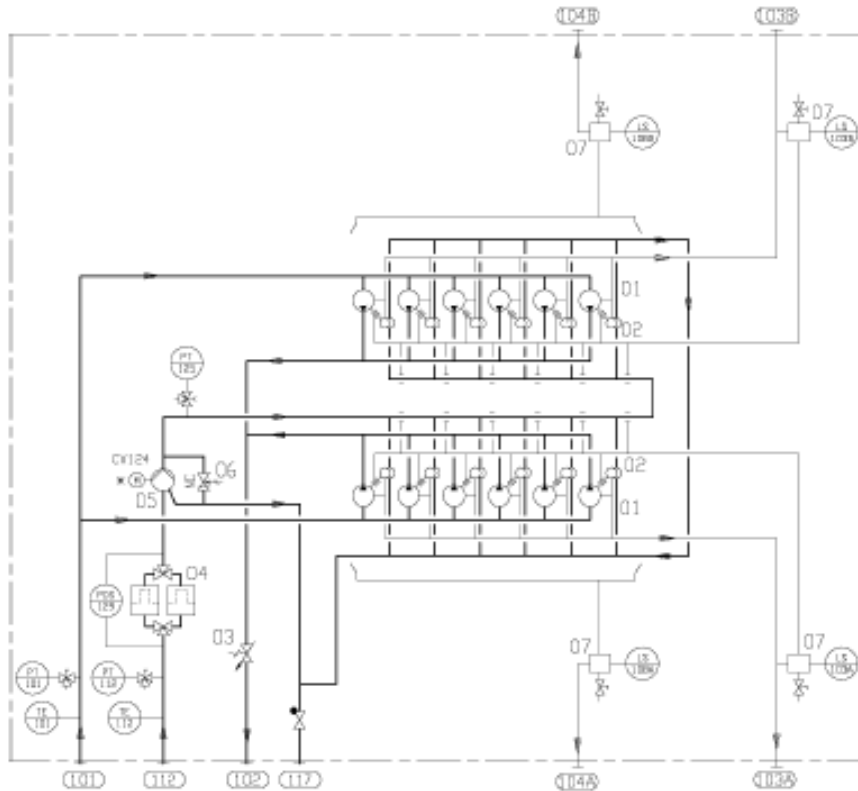
4.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE MODO FUEL OIL

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

4.3.1 SISTEMA INTERNO DE FUEL OIL

El esquema del sistema interno de fuel oil de los motores en V que lleva instalados el buque de proyecto es el siguiente:

Figure 6.7 Internal fuel oil system, V-engines (3V69E8746-1h)



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

System components:

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

Sensors and indicators:

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

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

Hay conexiones de las tuberías separadas para el combustible principal y para el combustible piloto. El combustible principal puede ser combustible diésel marino (MDF) o combustible pesado (HFO). El combustible piloto es siempre



MDF y el sistema de combustible piloto está en funcionamiento tanto en el modo de operación de gas como en el modo de combustible líquido.

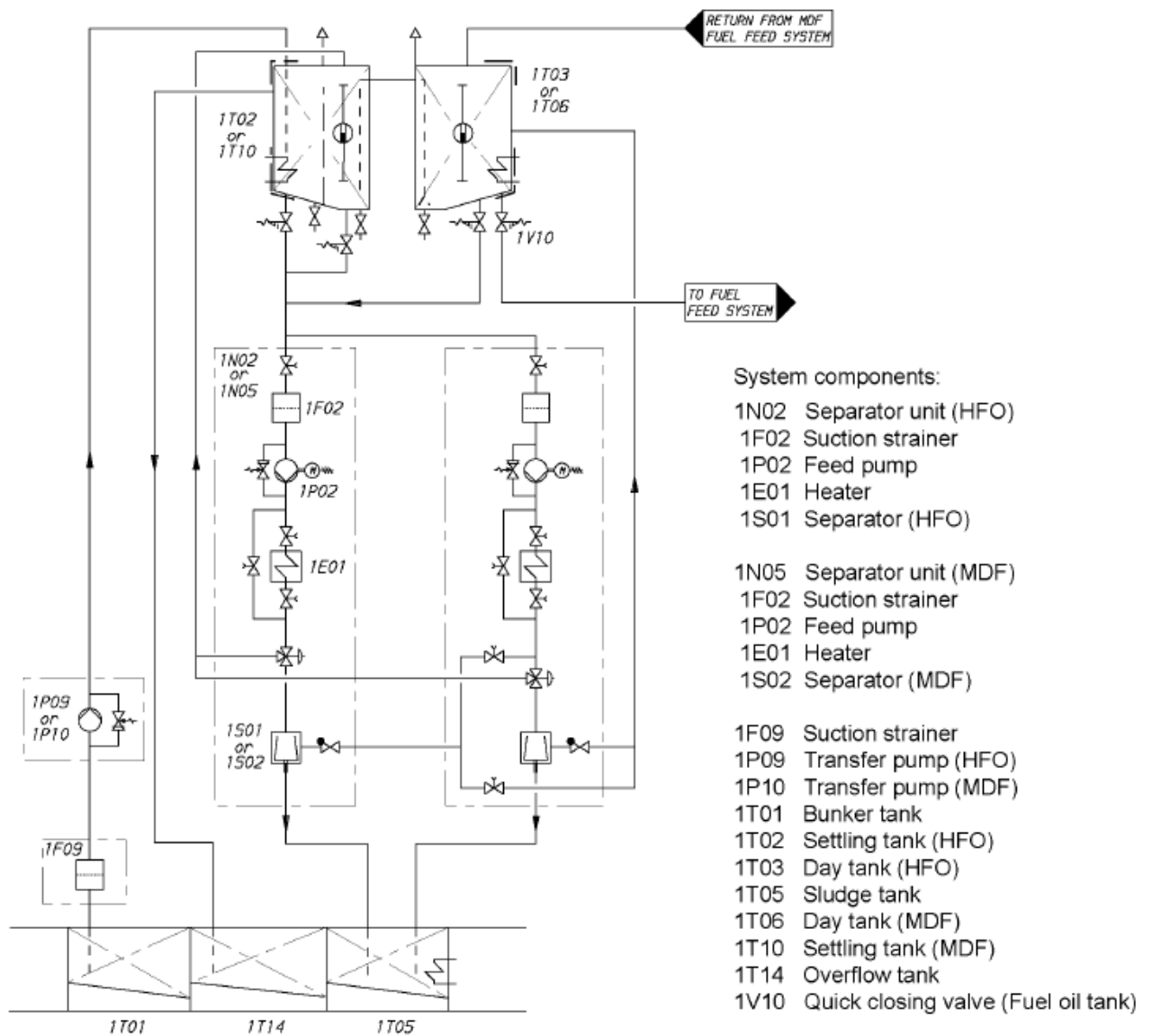
Una válvula de control de presión en la línea principal de retorno del combustible en el motor mantiene la presión deseada antes de las bombas de inyección.

4.3.2 – SISTEMA EXTERNO DE FUEL OIL

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

Todos los motores se conectan al mismo circuito que debe garantizarse en todas las condiciones de funcionamiento. El sistema de tratamiento de combustible debe comprender al menos un tanque de sedimentación y dos separadores.

Figure 6.9 Fuel transfer and separating system (3V76F6626d)



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



4.3.3 SISTEMA DE TRASIEGO DE HFO

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

El buque dispone de dos bombas de trasiego de fuel oil, más una de respeto. Esta bomba permite trasegar el fuel oil desde el tanque almacén hasta el tanque de sedimentación en un tiempo máximo de cuatro horas a una presión de 4 bares. Para el cálculo de las tuberías, se realizara a partir del caudal que circula por ella y su velocidad, siendo esta la recomendada 1 m/s, el diámetro óptimo de la misma y la longitud del sistema

El caudal aproximado, suponiendo que tarda en llenarse unas cuatro horas, será:

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

$$Q = \frac{\text{Vol. Tanque de sedimentación}}{n^{\circ} \text{bombas} * \text{Tiempo de llenado}} = \frac{184,32 \text{ m}^3}{2 * 4 \text{ h}} = 23,04 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El diámetro óptimo de la tubería es:

$$Q = v \times \pi \times \frac{D^2}{4} = 23,04 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1 \text{ m/s} \times \pi \times \frac{D^2}{4}; D = 0,090 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

Ahora se deberá comprobar en la norma UNE 27650, norma española para la construcción de buques para la tubería de acero.



Diámetro nominal DN		Diámetro exterior	ESPEORES				
mm	pulg.		Series				
			I	II	III	IV	V
6	1/8	10,2	1,6	2	2,6	—	—
8	1/4	13,5	1,8	2,3	2,9	—	—
10	3/8	17,2	1,8	2,3	2,9	—	3,2
15	1/2	21,3	2	2,6	3,2	—	3,6
20	3/4	26,9	2,3	2,6	3,2	—	4
25	1	33,7	2,6	3,2	4	—	4,5
(32)	(1,1/4)	42,4	2,6	3,2	4	—	5
40	1,1/2	48,3	2,6	3,2	4	—	5
50	2	60,3	2,9	3,6	4,5	5	6,3
65	2,1/2	76,1	2,9	3,6	4,5	5	7,1
80	3	88,9	3,2	4	5	6,3	8
100	4	114,3	3,6	4,5	5,4	6,3	8,8

Al consultar la tabla se escoge la medida inmediatamente superior que es de 100mm.

A continuación se comprueba que se cumple con la velocidad máxima establecida por el fabricante.

$$Q = v \times \pi \times \frac{D^2}{4} = \frac{23,04}{3600} = v \times \pi \times \frac{0,1^2}{4} ; v = 0,81 \text{ m/s}$$

CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA

Las pérdidas de carga se calcularán en la línea de trasiego desde el tanque almacén hasta el tanque de sedimentación, ya que representa la condición más desfavorable de trasiego de combustible por tener la mayor altura y longitud de tubería.

Se tomarán las pérdidas de carga totales como la suma de las que se producen por el paso de combustible a través de los tubos y accesorios entre la aspiración y su descarga.

$$H_T = H_{\text{aspiración}} + H_{\text{descarga}}$$

Para el cálculo de las pérdidas primarias o por fricción que se producen a lo largo de los tubos, se basará en la formulación propuesta por Darcy-Weissbach.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + H_r + H_b = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$



Siendo:

P_1 y P_2 : incremento de presión, en Pa

V_1 y V_2 : incremento de velocidad, en m/s

$\gamma = \rho \cdot g$: peso específico del fluido, en kg/m³

H_r : pérdidas de carga

H_b : distancia vertical entre el nivel de entrada y salida en m

Reagrupando términos y simplificando queda de la siguiente forma:

$$H_{rp} = f_p \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g}$$

Siendo:

H_{rp} : pérdidas de carga primarias

f_p : coeficiente adimensional de fricción

L: longitud de la tubería, en m

D: diámetro interior de la tubería, en m

De manera resumida, el procedimiento para calcular las pérdidas de carga es el siguiente:

Se calcula el número de Reynolds y dependiendo de si éste es menor o mayor a 2000 se tomará como régimen laminar o turbulento.

Una vez calculado Reynolds, se hallará el valor de f_p a través de $f_r = 64/Re$ para régimen laminar y a través del diagrama de Moody para régimen turbulento.



Y finalmente este valor se lleva a la ecuación de Darcy y se calcula H_{rp} .

Además de las pérdidas de carga por fricción también se presentan pérdidas de carga secundarias o locales, producto del paso de flujo a través de los accesorios instalados. Para la determinación de las pérdidas secundarias o locales se utiliza el teorema de Borde-Belanger:

$$H_{rs} = K_a \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Siendo:

H_{rs} : pérdidas de carga secundarias

K_a : coef. adimensional de resistencia, dependerá del tipo de accesorio

v : velocidad media en la tubería, en m/s

Las pérdidas de carga totales serán la suma de las pérdidas de carga primarias debidas a los tubos y las pérdidas de carga secundarias debidas a los accesorios.

$$H_r = H_{rp} + H_{rs}$$

H_{rp} : pérdidas de carga primarias

H_{rs} : pérdidas de carga secundarias

-Pérdidas de carga en la aspiración:

Conociendo el caudal (23,04 m³/h) y el diámetro (0,1 m) se obtiene la velocidad del fluido en el tramo de aspiración:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{23,04 / 3600}{\frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}} = 0,81 \text{ m/s}$$



Después se calcula el número de Reynolds mediante la expresión:

$$\text{Re} = \frac{D \cdot v}{\sigma}$$

Siendo:

Re: número de Reynolds

D: diámetro de la tubería, en m

v: velocidad del fluido, en m/s

σ : viscosidad cinemática, en m²/s (380 cSt a 50°)

Por tanto:

$$\text{Re} = \frac{D \cdot v}{\sigma} = \frac{0,1 \cdot 0,81}{380 \cdot 10^{-6}} = 213,16 < 2000$$

Como el valor del número de Reynolds es menor que 2000, el régimen es laminar y el coeficiente de fricción de Darcy puede obtenerse, como se ha dicho anteriormente, a partir de la siguiente ecuación:

$$f_r = \frac{64}{\text{Re}} = 0,30$$

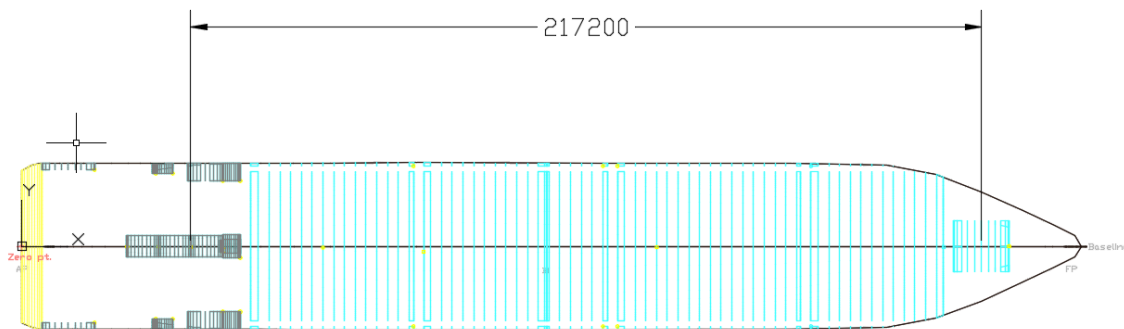
A partir de los resultados obtenidos, la pérdida de carga en la aspiración para la bomba se calcula aplicando la ecuación de Darcy y teniendo en cuenta los siguientes accesorios:

HFO	Zona de descarga		
	Ud.	K	Ka
Accesorio			
Válvula retención No retorno	1	2	2
"T" por la salida lateral	2	1,8	3,6
Codo a 90° de radio corto	2	0,9	1,8
Válvula de Mariposa (totalmente abierta)	1	-	-
Filtro	1		
Junta de Expansión "Dresser"	1	-	-

La pérdida de carga en la aspiración resulta ser:

$$H_{rd} = H_{rp} + H_{rs}$$

Sustituyendo y considerando que la longitud de tramo de aspiración desde la cámara de bombas hasta el tanque de uso diario es de aproximadamente 217,2 m, la pérdida de carga primaria será:



$$H_{rp} = f_p \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = 0,30 \cdot \frac{217,2}{0,1} \cdot \frac{0,81^2}{2 \cdot 9,81} = 21,2m$$

Teniendo en cuenta los accesorios en la zona de descarga que se pueden ver en la tabla y sustituyendo los valores correspondientes se calculará la pérdida de carga secundaria.

$$K_a = 2 + 3,60 + 1,80 = 7,4$$

$$H_{rs} = K_a \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 7,4 \cdot \frac{(0,81)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,25m$$



Sustituyendo:

$$H_{rd} = H_{rp} + H_{rs} = 21,2 + 0,25 = 21,45m$$

Finalmente:

$$H_T = 2,74 + 21,45 = 21,2 + 0,25 = 24,19m$$

$$H_{ra} = H_{rp} + H_{rs}$$

-Cálculo de pérdidas de carga en la descarga

Conociendo el caudal (23,04 m³/h) y el diámetro (0,1 m) se obtiene la velocidad del fluido en el tramo de descarga:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{23,04 / 3600}{\frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}} = 0,81m/s$$

A continuación, se opera de la misma forma que para el tramo de aspiración. Se calcula el número de Reynolds.

$$Re = \frac{D \cdot v}{\sigma} = \frac{0,1 \cdot 0,81}{380 \cdot 10^{-6}} = 213,16 < 2000$$

Por tanto, como Re es menor que 2000, estamos ante un flujo laminar y su coeficiente de fricción será:

$$f_r = \frac{64}{Re} = \frac{64}{213,16} = 0,30$$

A partir de los resultados obtenidos, la pérdida de carga en la descarga de la bomba se calcula aplicando la ecuación de Darcy y teniendo en cuenta los siguientes accesorios.



HFO	Zona de aspiración		
	Ud.	K	Ka
Accesorio			
Válvula retención No retorno en ángulo de 90°	1	5	5
"T" por la salida lateral	2	1,8	3,6
Codo a 90° de radio corto	2	0,9	1,8
Válvula de Mariposa (totalmente abierta)	1	-	-

La pérdida de carga en la descarga resulta ser:

$$H_{rd} = H_{rp} + H_{rs}$$

Considerando la altura del tramo de descarga es de aproximadamente 23,97 m, la pérdida de carga primaria será:

$$H_{rp} = f_p \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = 0,30 \cdot \frac{23,91}{0,1} \cdot \frac{0,81^2}{2 \cdot 9,81} = 2,39m$$

Teniendo en cuenta los accesorios en la zona de descarga que se pueden ver en la tabla anterior y sustituyendo los valores correspondientes, se calcularán las pérdidas de carga secundarias.

$$K_a = 5 + 3,60 + 1,80 = 10,4$$

$$H_{rs} = K_a \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 10,4 \cdot \frac{(0,81)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,35m$$

Entonces;

$$H_{ra} = H_{rp} + H_{rs} = 2,39 + 0,35 = 2,74m$$



NPSH DISPONIBLE DE LA BOMBA (ALTURA NETA POSITIVA DE ASPIRACIÓN)

Para un correcto funcionamiento de la bomba es necesario disponer de una presión mínima a la entrada del impulsor, por lo tanto debe cumplirse:

$$NPSH_{\text{disponible}} > NPSH_{\text{requerido}}$$

El $NPSH_{\text{disponible}}$ es una característica del sistema y se define como la energía que tiene un líquido en la toma de aspiración de la bomba.

Para determinar el $NPSH_{\text{disponible}}$, se deben considerar las energías potencial, de presión y cinética en la superficie del líquido que se quiere bombear, siendo la suma de éstas:

$$NPSH_{\text{disponible}} = z + P_1 + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

Z: altura geométrica, desde la superficie del líquido al eje de la tubería de aspiración, en m (se tomará como 0 por estar siempre la bomba cebada al estar por debajo del tanque)

P_1 : energía de Presión, en m.c.a

V: velocidad del fluido en la aspiración, en m/s

Puesto que el área del depósito del tanque es mucho mayor, en comparación con la sección de la tubería de aspiración, la velocidad puede considerarse despreciable, siendo por tanto cero la energía cinética. Así pues, la $NPSH_{\text{disponible}}$ se corresponde con la siguiente expresión:

$$NPSH_{\text{disponible}} = Z + P_1 = \frac{P_{\text{atm}} - P_v}{\rho \cdot g}$$

Donde:

P_{atm} : presión en el tanque (1,023 kg/cm²)



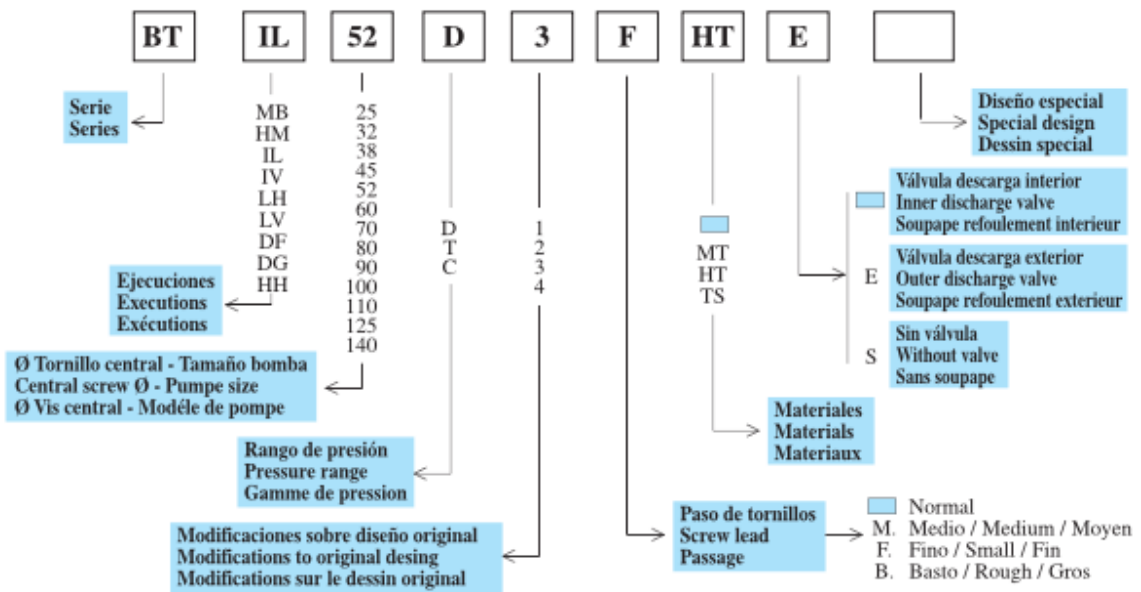
H_r: pérdida de carga en la línea de aspiración en cm

$$NPSH_{disponible} = 500 + \frac{1,023 - 0,04}{0,991 \cdot 10^{-3}} - 274 = 1280 \text{ cm} = 12,18 \text{ m}$$

Por lo tanto en el NPSH_{requerido} de la bomba seleccionada tendrá que ser menos que 12,18 m.

SELECCIÓN DE LAS BOMBAS DE TRASIEGO

Se escogerán bombas de tornillo de la marca Azcue, correspondiente a la a serie BT.

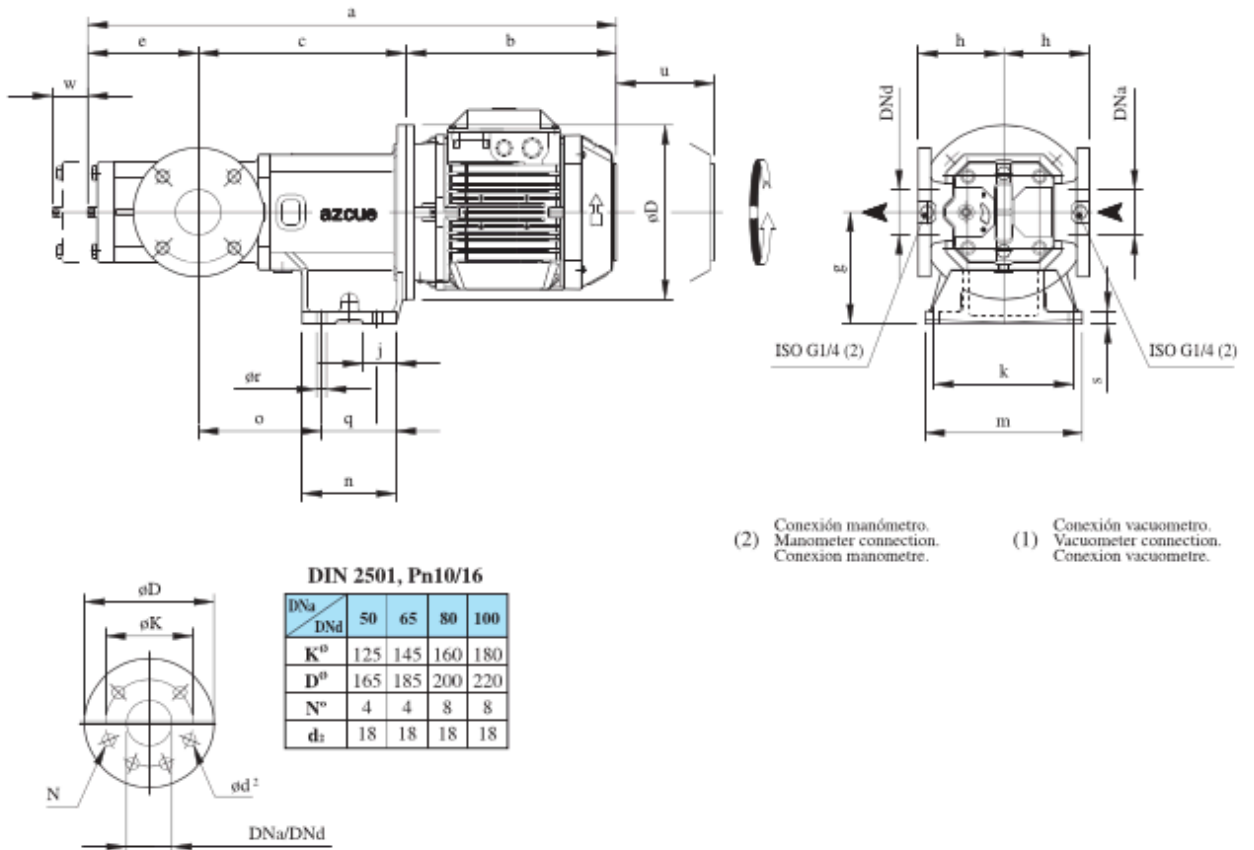


Al rotar los tres tornillos o husillos en sus respectivos alojamientos, las cámaras formadas entre los vanos y flancos de los tornillos y el alojamiento, avanzan en forma axial y completamente uniforme desde la zona de aspiración a la de impulsión. Este particular sistema de funcionamiento y su forma constructiva, garantizan el bombeo del fluido sin pulsaciones ni turbulencias, de forma continua y con un bajo nivel sonoro, pudiendo funcionar a elevadas velocidades de rotación, con una elevada fiabilidad. Se trata de bombas de desplazamiento positivo y autocebantes.



Tipo / Type BT-IL...D3

N. 842-IL45526070



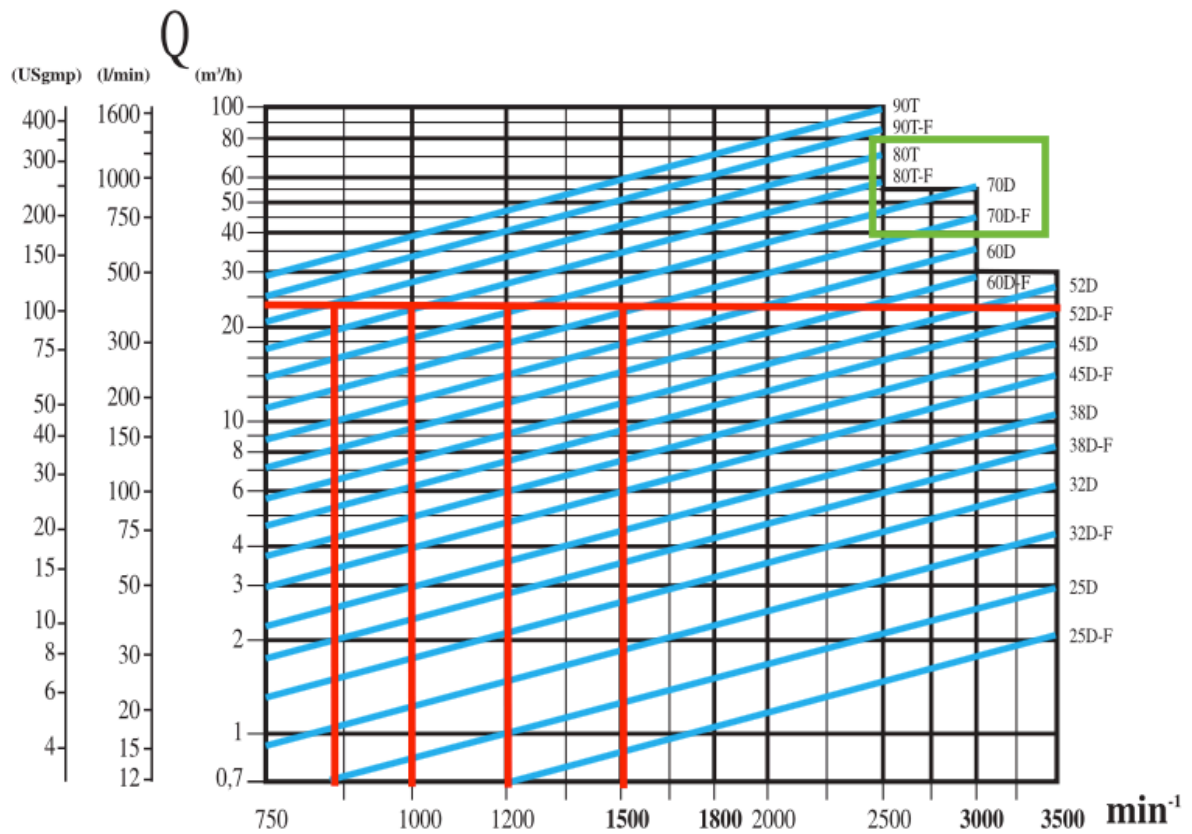
		Fluido / Fluid / Fluide
Ejecución Execution	MB - HM - IL - LH - LV	Aceites y combustibles (gas-oil y fuel-oil) Lub-oil and fuels (gas-oil and fuel-oil) Huiles et combustibles (gas-oil et fuel-oil)
	DF	Solo aceites lubricantes Only lub-oils Huiles lubrifiants seulement
	DG	Solo combustibles (gas-oil y fuel-oil) Only fuels (gas-oil and fuel-oil) Combustibles seulement (gas-oil et fuel-oil)

El fluido a bombear debe ser limpio, lubricante y no corrosivo frente a metales férreos. Se aplican preferentemente para bombeo de todo tipo de aceites lubricantes y combustibles, principalmente gas-oil y fuel-oil. Viscosidades desde 2 a 1500 cSt.

La selección del tipo de bomba se hace siguiendo los pasos que indica el fabricante.



En primer lugar, se hace una selección del tamaño de bomba en función del caudal y velocidad de giro en la tabla que se muestra a continuación.



Para ello, se entrará en la tabla anterior con los siguientes datos:

Caudal → $Q = 23,04 \text{ m}^3/\text{h}$

De los tipos de bombas que pueden generar el caudal demandado se escogen las de revoluciones medias ya que su capacidad de aspiración es mejor. El tipo de bomba viene determinado por el diámetro del tornillo conductor.

-80 T

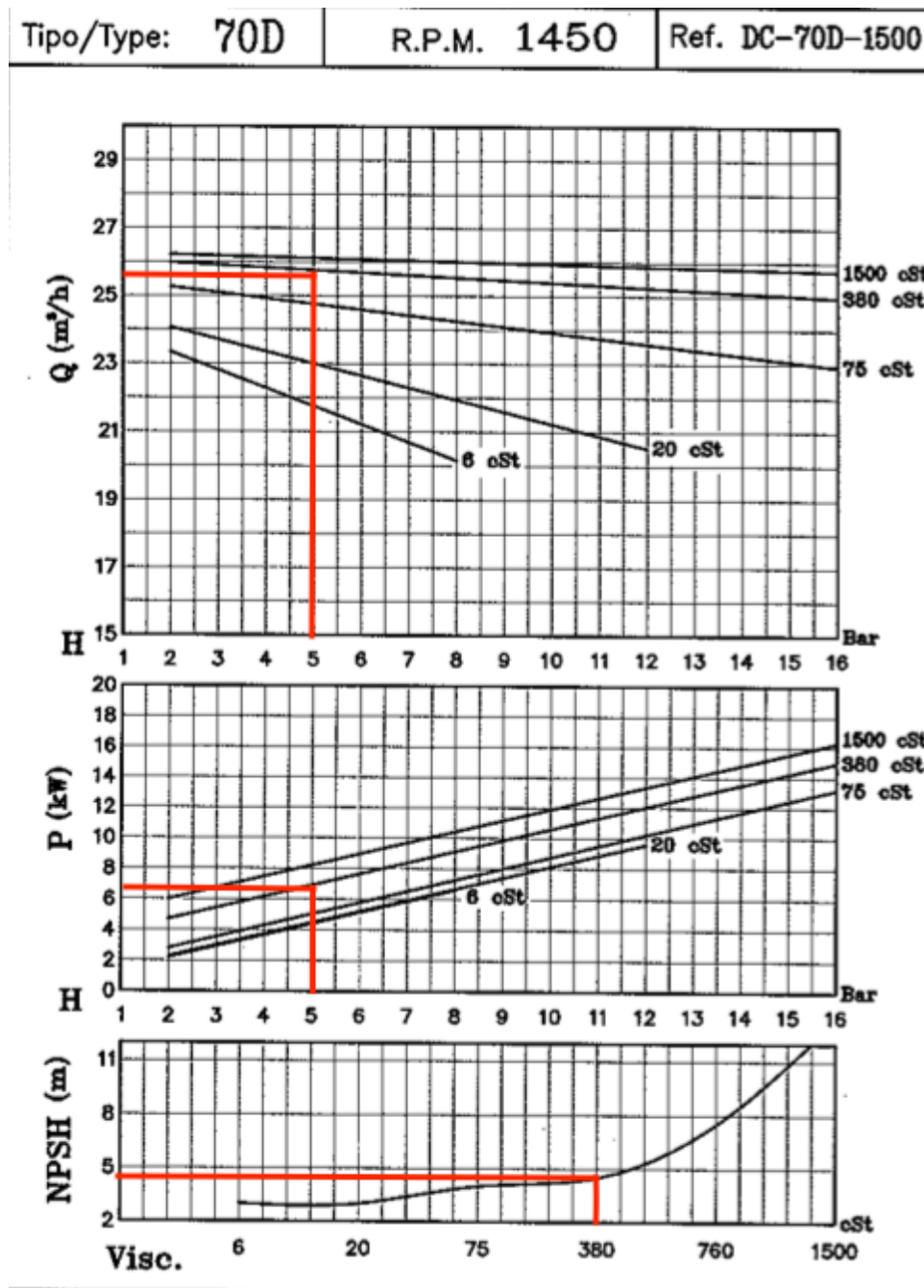
-80 T-F

-70 D

-70 D-F



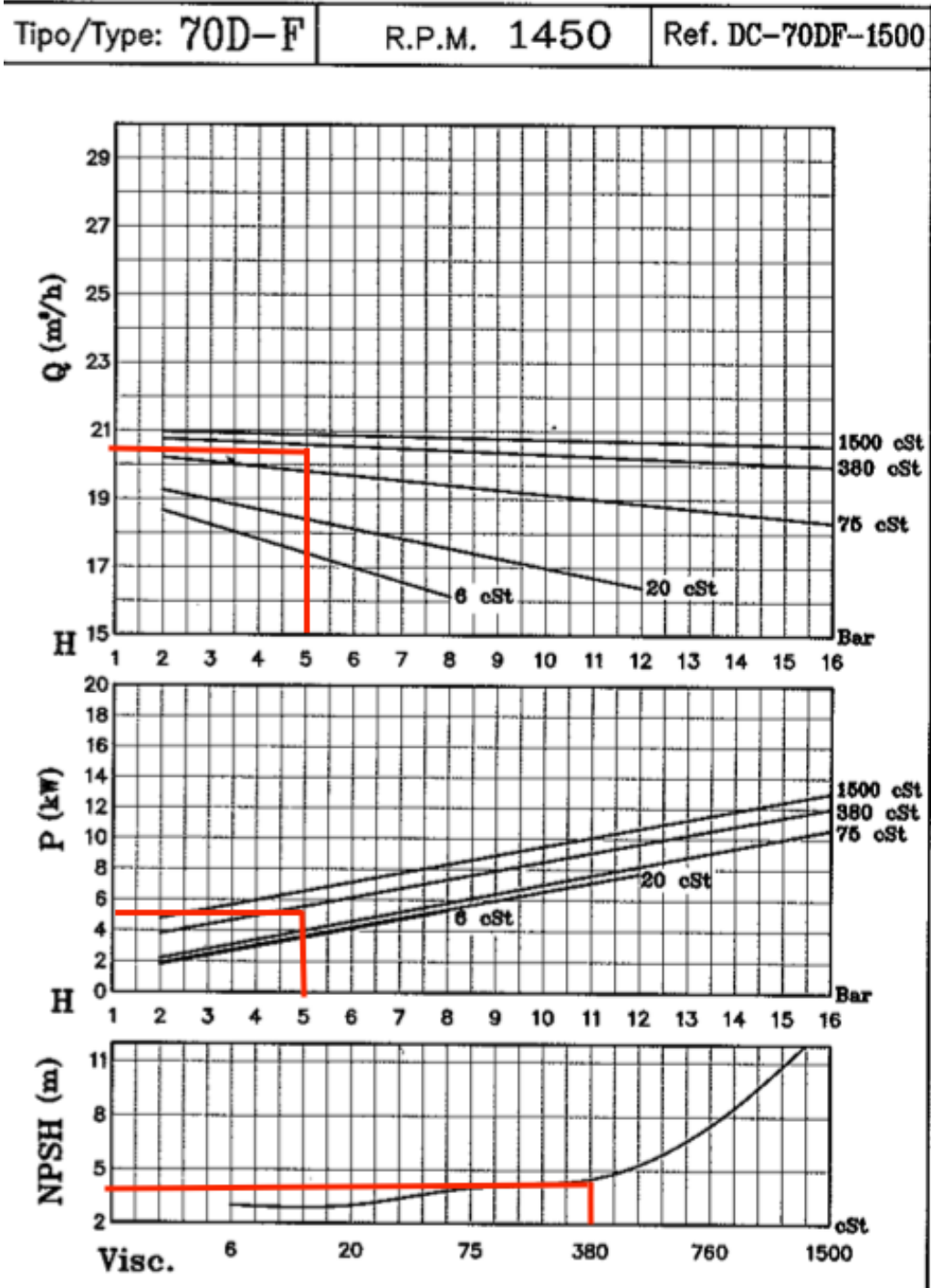
A continuación, en las tablas de características de los tamaños seleccionados anteriormente, se determina la potencia absorbida y el caudal real, en función de la viscosidad del fluido (380 cSt) y la presión de trabajo (5bar).



De la tabla característica se obtienen los siguientes datos para 5 bares y 380 cSt:

$Q=25,8 \text{ m}^3/\text{h}$

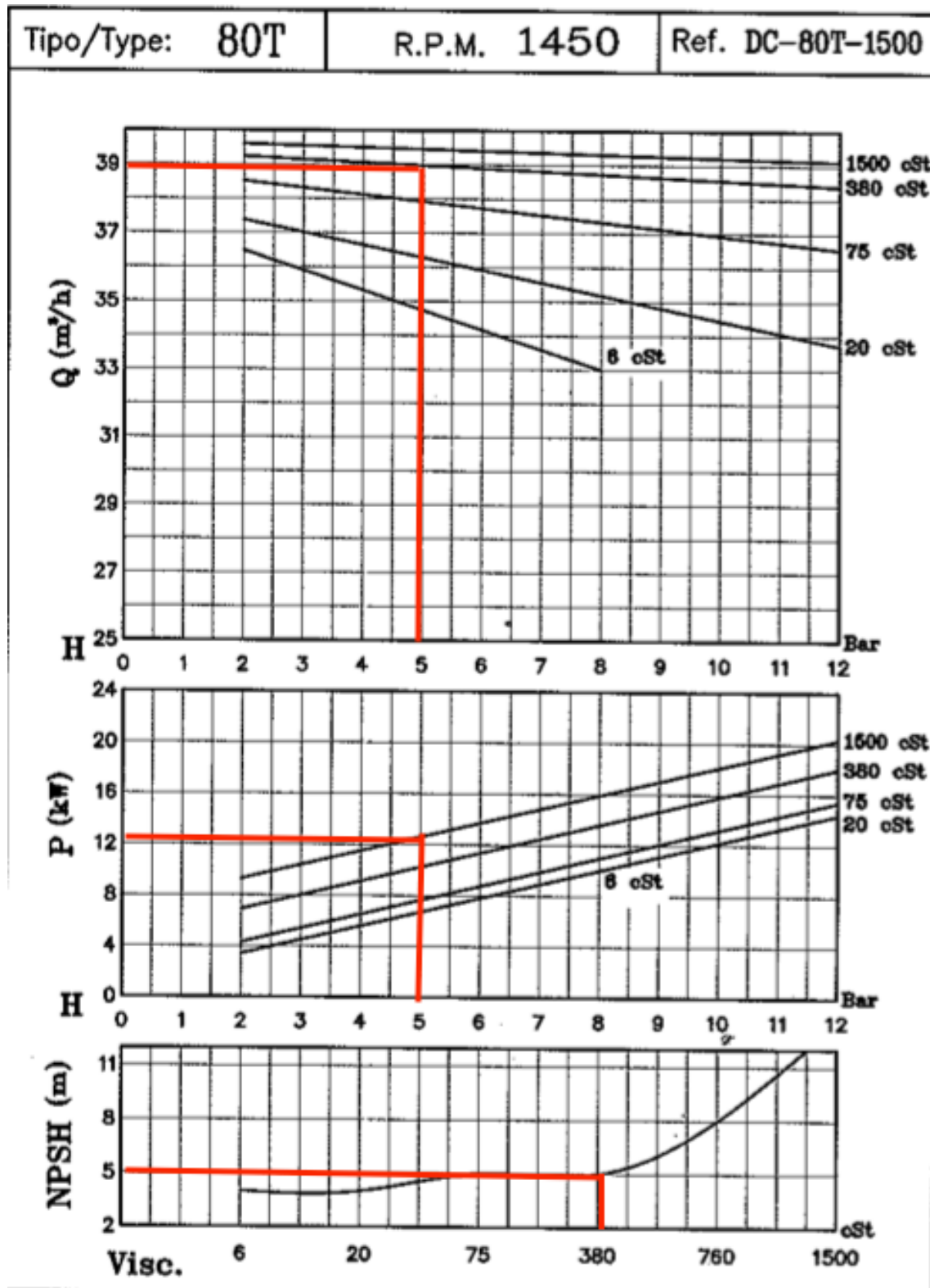
$P= 6,5 \text{ kW}$



De la tabla característica se obtienen los siguientes datos para 5 bares y 380 cSt:

Q=20 m³/h descartada por no cubrir el caudal demandado.

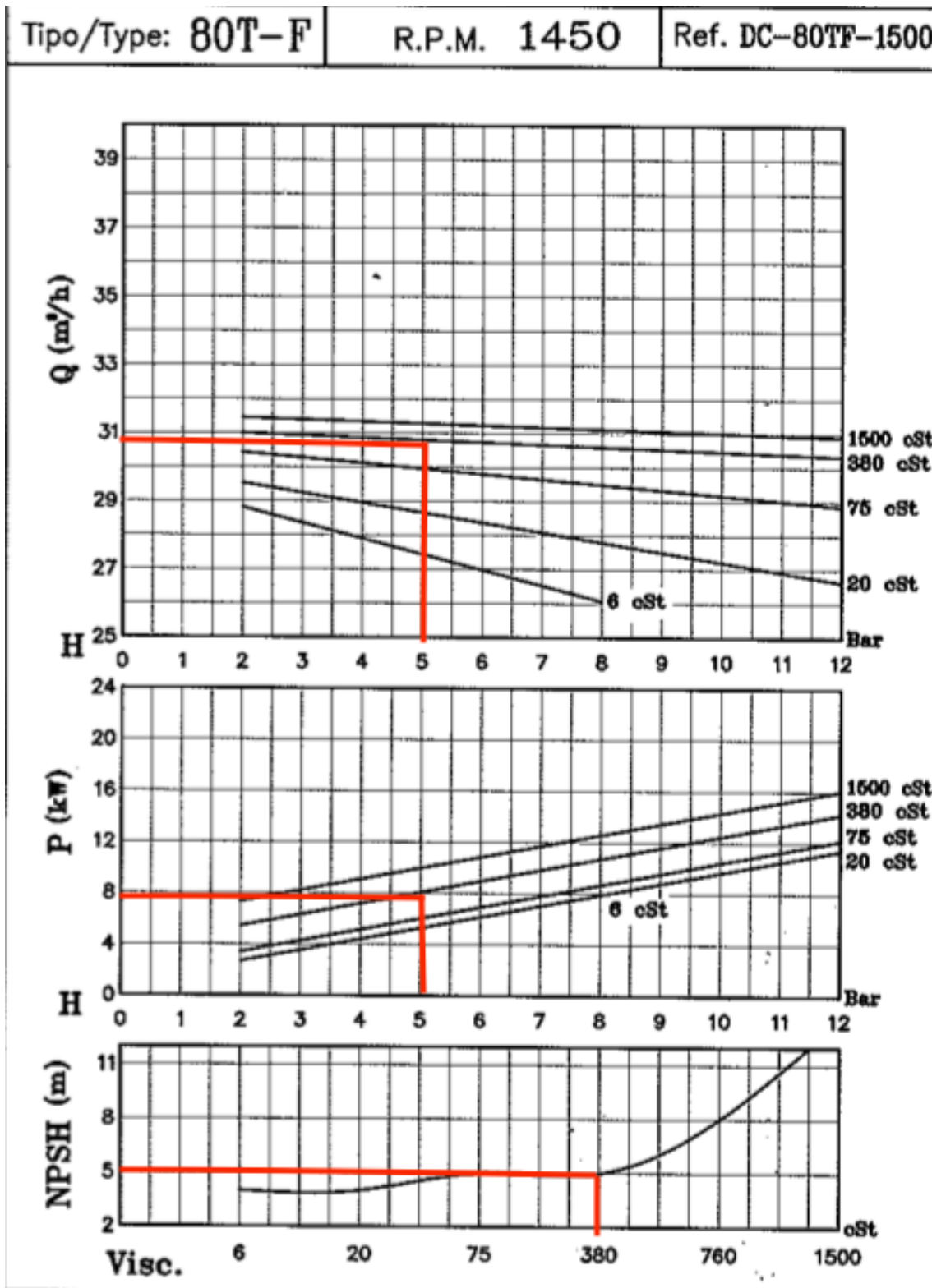
P= 4,5 kW



De igual forma que para las bombas anteriores de la tabla característica se obtienen los siguientes datos para 5 bares y 380 cSt:

Q=39 m³/h descartada por no cubrir el caudal demandado.

P= 12,5 kW



De igual forma que para las bombas anteriores de la tabla característica se obtienen los siguientes datos para 5 bares y 380 cSt:

Q=30,8m³/h descartada por no cubrir el caudal demandado.

P= 8 kW



En resumen:

Modelo	Q (m ³ /h)	Potencia absorbida (kW)
BT-IL 70 D	25,8	6,5
BT-IL 70 D-F	20	4,5
BT-IL 80 T	39	12,5
BT-IL 80 T-F	30,8	8

Según lo calculado anteriormente, la bomba debe ser capaz de suministrar 23,05 m³/h. Como se observa en la tabla anterior, tres de cuatro modelos cumplen ese requisito, pero el que mejor se ajusta al caudal requerido es el BT-IL 70 D.

Teniendo en cuenta lo calculado anteriormente: $NPSH_{disponible} = 12,18 \text{ m}$

Y que para un correcto funcionamiento de la bomba es necesario disponer de una presión a la entrada del impulsor

$$NPSH_{disponible} \geq NPSH_{requerido}$$

Con todo esto, se acude a la tabla suministrada por el fabricante, en la que aparece indicado el valor del $NPSH_{requerido}$ en función del a velocidad de giro y viscosidad.



NPSH req. (m)
50 Hz

Ref. 20

TIPO / TYPE	VISCOSITY cSt (° E)														
	20cSt (3° E)			75cSt (10° E)			380cSt (50° E)			760cSt (100° E)			1.500cSt (200° E)		
	950	1.450	2.900	950	1.450	2.900	950	1.450	2.900	950	1.450	2.900	950	1.450	2.900
m															
25D	3	3	3	3	3	3	3	3	3,5	5	5	10	5	6	>10
32D	3	3	3	3	3	3	3	3	3,5	5	5	10	5	6	>10
38D	3	3	3	3	3	3,5	3	3	5	5	5	10	5	6	>10
45D	3	3	3,5	3	3	4	3	3	5,5	5	5	>10	5,5	6	>10
52D	3	3	4,5	3	3	5	3	3	7,5	5	6	>10	6	7	>10
60D	3	3	5,5	3	3,5	6	3	3,5	>10	5	7	>10	7	9	>10
70D	3	3	7	3,5	4	7	4	4,5	>10	5,5	7,5	>10	8	>10	>10
80T	4	4	-	4,5	5	-	5	5	-	6	8	-	8	>10	-
90T	4	4	-	4,5	5	-	5	5	-	6	8	-	8	>10	-
100T	4	4	-	4,5	5	-	5	6	-	6	8	-	8	>10	-
110T	4,5	4,5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
125T-F	4,5	5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
125T	5	5	-	5	6	-	5	7	-	6	10	-	9	>10	-
140T	5	5,5	-	5	7	-	6	8	-	7	>10	-	10	>10	-
140T-B	5	-	-	5	-	-	7	-	-	8	-	-	>10	-	-
DF 110T-F	4,5	4,5	-	5	5	-	5	6	-	6	8	-	8	>10	-
DF 110T	4,5	4,5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
DF 125T-F	4,5	5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
DF 125T	5	5	-	5	6	-	5	7	-	6	10	-	9	>10	-
DF 140T	5	5,5	-	5	7	-	6	8	-	7	>10	-	10	>10	-
DF 140T-B	5	-	-	5	-	-	7	-	-	8	-	-	>10	-	-

El trasiego de combustible seleccionado presenta un NPSH_{requerido} = 4,5 m, cumpliéndose por tanto:

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}} < 7,18 \text{ m}$$

De esta forma, tendrá capacidad suficiente para satisfacer su propósito sin que se produzca cavitación.

MOTOR ELÉCTRICO DE LA BOMBA

Según Azcue, a la hora de seleccionar el motor eléctrico es importante que la potencia del motor de accionamiento debe ser igual o mayor que la potencia absorbida por la bomba a la máxima viscosidad y mínima temperatura de trabajo del fluido, en la instalación.

Según la gráfica característica la potencia absorbida por la bomba seleccionada es 6,5 kW. Los datos de potencia de los motores recomendados por Azcue se muestran a continuación.



Bomba Pump Pompe	Tipo Typ	Motor / Moteur				a	b	c	D	e	g	h	j	k	m	n	q	o	r	s	DNa	DNd	u	w	kg (*)			
		R.p.m. / t/min.																										
		725	950	1.450	2.900																							
IL 45D3	90-S	0,37	0,75	1,1	1,5	681	270																		42			
	90-L	0,55	1,1	1,5	2,2	681	270	279	200																			
	100-L	0,75-1,1	1,5	2,2-3	3	732	310			152	160	110	48	200	225	120	65	162	14	18	50	50	140	50		45		
	112-M	1,5	2,2	4	4	732	310																					
	132-S	-	3	5,5	5,5-7,5	842	385	305	300																		52	
IL 52D3	90-L	0,55	1,1	1,5	2,2	718	270																					
	100-L	0,75-1,1	1,5	2,2-3	3	758	310	298	250																		50	
	112-M	1,5	2,2	4	4	758	310																					
	132-S	2,2	3	5,5	5,5-7,5	868	385			159	160	122,5	48	200	225	135	80	176	14	18	65	65	170	50		58		
	132-M	-	4-5,5	7,5	-	868	385																					
	160-M	-	-	-	11-15	1043	530	354	350																			66
IL 60D3	100-L	0,75-1,1	1,5	2,2-3	3	846	310																				70	
	112-M	1,5	2,2	4	4	846	310	324	250																			
	132-S	2,2	3	5,5	5,5-7,5	947	385			180	190	140	48	225	250	145	90	201	14	18	80	80	170	60		78		
	132-M	3	4-5,5	7,5	-	947	385	350	300																			
IL 70D3	160-M	-	7,5	11	11-15	1122	530	380	350																		86	
	112-M	1,5	2,2	4	4	842	310	349	250																		80	
	132-S	2,2	3	5,5	5,5-7,5	952	385																					
	132-M	3	4-5,5	7,5	-	952	385																				88	
	160-M	4-5,5	7,5	11	11-15	1127	530	405	350	192	190	150	48	225	250	145	90	227	14	18	100	100	170	60		96		
	160-L	-	11	15	18,5	1127	530																					
180-M	-	-	18,5	22	1177	580	405	350																			105	

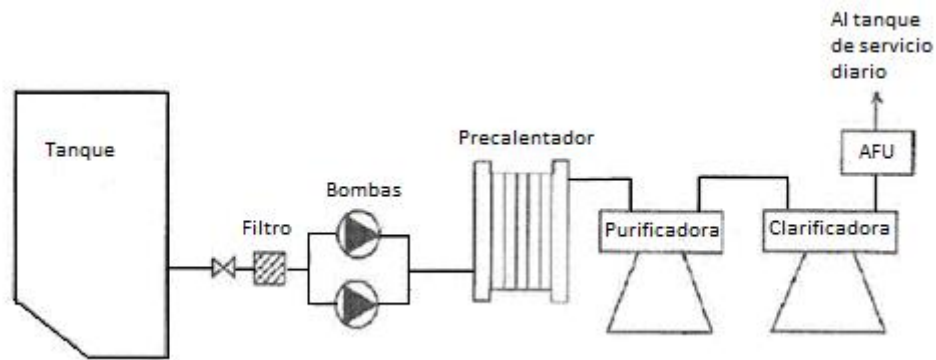
El motor escogido será el tipo 160-L de 15 kW de potencia.

4.3.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE HFO

Las impurezas en el combustible pueden causar graves daños en las bombas, válvulas, inyectores, etc. por lo que es necesario disponer de un sistema de tratamiento que permita eliminarlos.

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

Con este fin se dispondrán a bordo dos purificadoras con funcionamiento en serie, la primera de ellas purifica y la otra clarifica, como puede observarse en la figura siguiente. La purificadora elimina el lodo y el agua, mientras que la clarificadora solo elimina los lodos.



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

Para una buena separación, el caudal debe ser constante independientemente del consumo de los motores. Normalmente este caudal es mayor que el consumo de los motores, por lo que es necesario instalar una tubería de reboses que vaya desde el tanque de uso diario hasta el tanque de sedimentación.

Dicha tubería se instalará en la parte alta del tanque de uso diario con una válvula de retención para evitar contaminar el combustible del tanque de uso diario desde el tanque de sedimentación.

Después de las bombas de alimentación, el combustible pasa a través de un precalentador, que permite que la temperatura del combustible permanezca constante a la entrada de la separadora.



4.3.5 PURIFICADORAS DE HFO

Como indica la project guide de los motores, se instalarán dos purificadoras de el mismo tipo de los cuales uno estará en servicio y el otro en stand-by.

$$Q = \frac{P \cdot b_e}{\rho}$$

Siendo:

-P: Potencia del motor [kW]

-b_e: Consumo de Fuel [g/kWh]

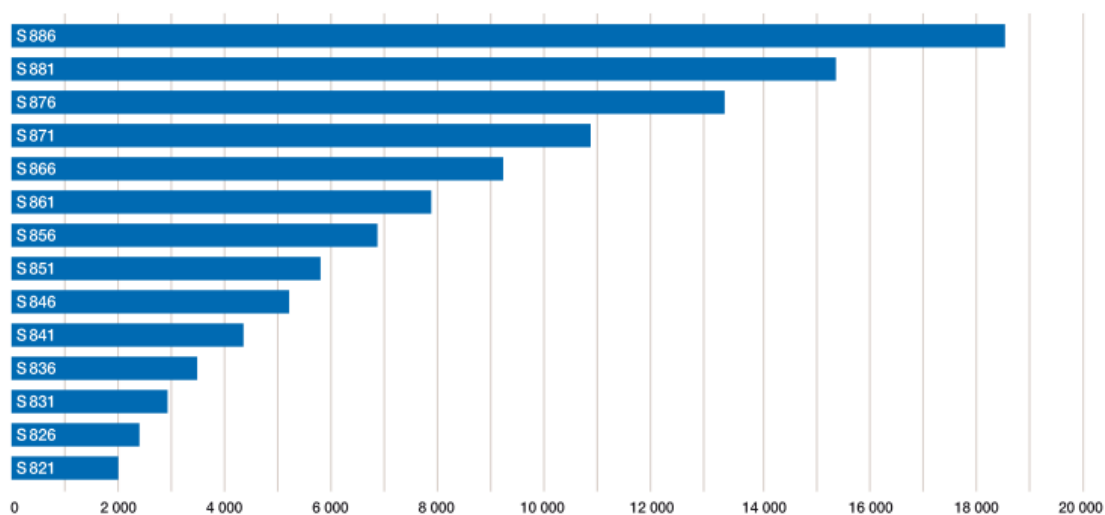
- ρ: Densidad [t/m³]

Por lo tanto,

$$Q = \frac{P \cdot b_e}{\rho} = \frac{3 \cdot 17100 \cdot 189 \cdot 10^{-6}}{0,9} = 10,773 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las purificadoras elegidas son de la marca Alfa Laval y el modelo instalado es el SPS- "Separation Performance Standard"- 881 que según la tabla que se muestra a continuación, puede separar fuel con una viscosidad cinemática de hasta 700cSt, de hasta 16000l/h = 16 m³/h.

Max. Recommended Capacity, l/h HFO 380 cSt/50°C





La potencia consumida por cada una de estas purificadoras es de 7,3 kW.

Para la alimentación de las separadoras centrífugas se dispondrá de dos bombas de desplazamiento positivo (una de respeto). Esta bomba se utiliza para alimentar la purificadora de fuel oil. El fuel oil una vez pasa por las purificadoras, se almacena en los tanques de uso diario.

Para que el caudal calculado llegue a las bombas, la presión debe ser mayor y suponiendo unas pérdidas de presión de 1.5 bar en el precalentador, y que se quiere una presión a la salida de 3 bar, las bombas deberán descargar a 5 bar. Con todo esto, la potencia necesaria para el tratamiento del HFO será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{10,773 \cdot 900 \cdot 50}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 2,99 CV = 2,2 kW$$

siendo:

Q_b : caudal de la bomba (m³/h)

σ : peso específico del fluido (kg/m³)

H: incremento de presión (m.c.a)

η : rendimiento de la bomba (0,6)

4.3.6 SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE HFO

La calefacción es necesaria para:

- Tanques de almacenamiento, tanques de sedimentación y tanques de uso diario.
- Tubos.
- Separadores
- Las unidades de alimentación de combustible. Tendrán una presión de diseño de 5MPa



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

El caudal de las bombas de alimentación de las purificadoras es de $Q_{bp} = 13,13 \text{ m}^3/\text{h}$. La potencia de los calentadores se puede calcular como:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta T}{1700} = \frac{10773 \cdot (60 - 25)}{1700} = 221,79 \text{ kW}$$

Donde:

P: Potencia del calentador (kW)

Q: Caudal de la bomba de alimentación (l/h)

ΔT : Incremento de temperatura (°C)

4.3.7 BOMBA DE LODOS

La bomba de lodos debe tener capacidad suficiente para aspirar del tanque de lodos y descargar al tanque del incinerador o bien descargar a puerto mediante una conexión a tierra en aproximadamente cinco horas. El volumen del tanque de lodos, calculado anteriormente, es de 128,5 m³. El caudal necesario para la bomba es de:

$$Q = \frac{V_{\text{lodos}}}{t} = \frac{128,5}{5} = 25,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot h}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{27,79 \cdot 900 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 6,17 \text{ CV} = 4,57 \text{ kW}$$

siendo:

Q_b : caudal de la bomba (m³/h)

σ : peso específico del fluido (kg/m)

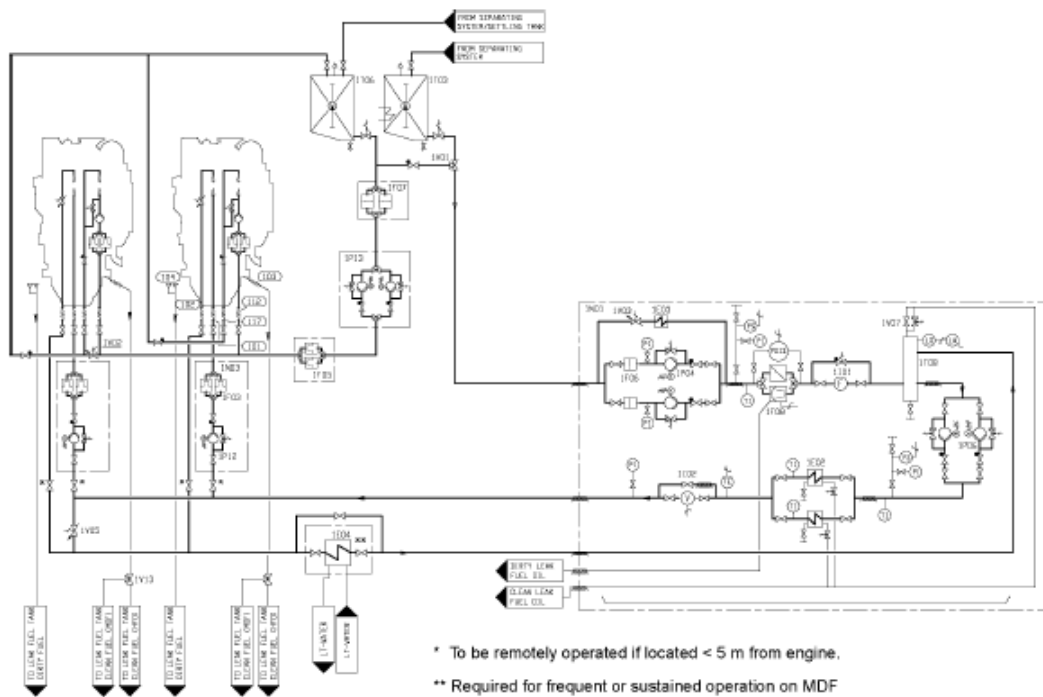
H: incremento de presión (m.c.a)

η : rendimiento de la bomba (0,6)

4.3.8 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE HFO

El servicio de alimentación está diseñado para operar tanto con fuel como con diesel. En la figura siguiente pueden verse sus componentes:

Figure 6.11 Example of fuel oil system (HFO), multiple engine installation (DAAE010197f)



System components:

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

Desde los tanques de uso diario el combustible entra en el circuito de baja presión y es impulsado por las bombas de alimentación a una presión de 4 bares hasta el circuito de alta presión, en el que están las bombas de circulación



que elevan su presión hasta 10 bares, de esta forma, el combustible tiene la presión adecuada a la entrada del motor.

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

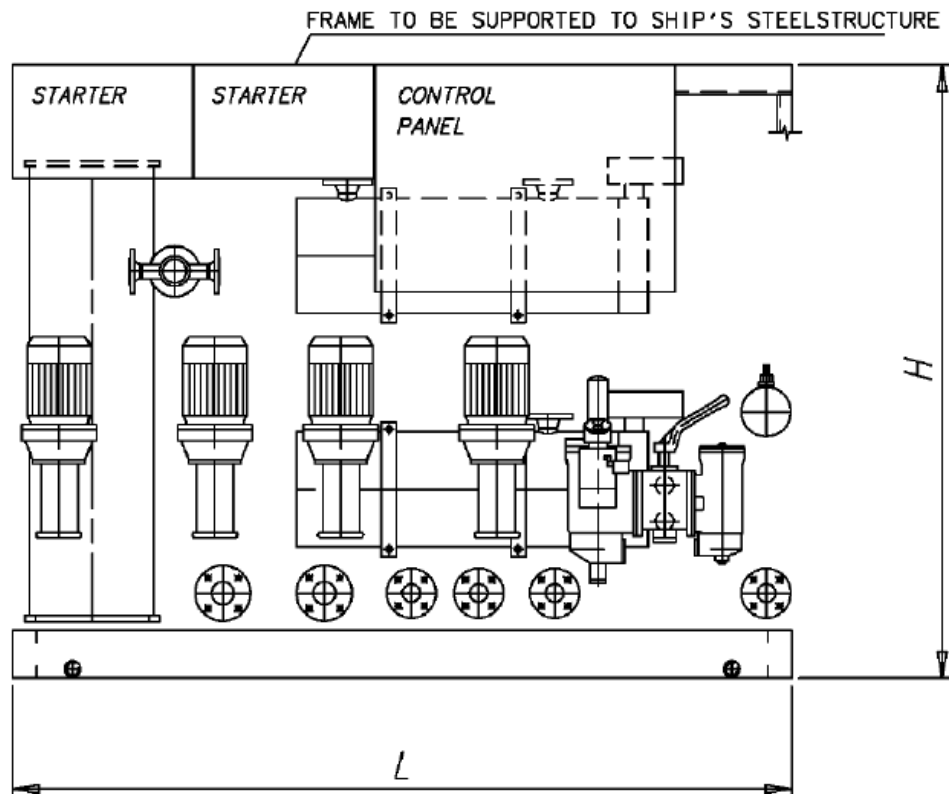
Antes de que el combustible llegue a los motores, este pasa a través de una serie de filtros para impedir que posibles impurezas puedan obstruir los inyectores. A continuación de pasar por los filtros y antes de entrar en el motor, un viscosímetro permite controlar la viscosidad del combustible para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

Para los arranques en frío o para limpiar las tuberías ante paradas prolongadas se utiliza diésel oil, para ello el sistema dispone de una válvula de tres vías entre el tanque de uso diario de fuel oil y las bombas de alimentación. Esta válvula permite que la operación de cambio de combustible se haga de una manera sencilla.

Cuando el motor se encuentra parado durante cortos periodos de tiempos, en vez de hacer el cambio de combustible de fuel oil a diésel oil, lo que se hace es mantener funcionando una de las bombas de circulación que permita recircular el combustible.

4.3.9 UNIDAD DE ALIMENTACIÓN DE HFO (BOOSTER)

El esquema de la unidad de alimentación (Booster) se presenta a continuación:



Una unidad de alimentación (booster) completo cuenta con los siguientes equipos:

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



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

A continuación se procede al dimensionado de alguno de los equipos que forman la unidad de alimentación con el objetivo principal de obtener la potencia necesaria de cada uno de ellos.

4.3.10 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE HFO

La bomba de alimentación de HFO mantiene la presión en el sistema de alimentación de combustible. Se recomienda el uso de una bomba de tornillo, como bomba de alimentación. La capacidad de la bomba de alimentación debe ser suficiente para prevenir la caída de presión durante el lavado en el filtro automático.

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

Design data:

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

El consumo de los tres generadores conectados es de:

$$Q = \frac{P \cdot b_e}{\rho} = \frac{\text{Consumomotor} \left[\frac{g}{kW \cdot h} \right] \cdot \text{Potencia} [kW]}{\rho \left[\frac{t}{m^3} \right]} = \frac{3 \cdot 17100 \cdot 189 \cdot 10^{-6}}{0,9} = 10,773 \text{ m}^3/h$$



Se añade un margen de un 10% debido al flujo del filtro automático. Por lo tanto el caudal de la bomba de alimentación es:

$$Q = 10,773 \cdot 1,10 = 11,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba de alimentación es:

$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot h}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{10,773 \cdot 900 \cdot 70}{3600 \cdot 75 \cdot 0,7} = 3,59 \text{ CV} = 2,66 \text{ kW}$$

Donde:

Q_b : caudal de la bomba (m³/h)

σ : peso específico del fluido (kg/m³)

H: incremento de presión (m.c.a)

η : rendimiento de la bomba (0,6)

4.3.11 VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN DE LA INYECCIÓN

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

Design data:

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



4.3.12 FILTRO AUTOMÁTICO

Se recomienda instalar un filtro automático con un filtro de limpiado manual antes del calentador, entre la bomba de alimentación y el tanque de aireación. El filtro se debe poder inutilizar para desconectar la calefacción cuando se opere el motor con MDF.

4.3.13 TANQUE DESAIRADOR

Estará equipado con un interruptor de alarma y una válvula de ventilación. El tanque deberá estar aislado y equipado con una bobina de calentamiento. El volumen del tanque debe ser de al menos 100 L.

4.3.14 CALENTADOR DE LA UNIDAD DE INYECCIÓN

El calentador de HFO de la unidad de inyección es necesario para mantener la viscosidad del HFO a la entrada de los motores.

La potencia del calentador es controlada por un viscosímetro. El punto de ajuste del viscosímetro será algo inferior a la viscosidad requerida en las bombas de inyección para compensar las pérdidas de calor en las tuberías.

La potencia del calentador se puede calcular mediante la siguiente expresión, que ya fue utilizada anteriormente:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta T}{1700}$$

Donde:

P: Potencia del calentador (kW)

Q: Caudal de la bomba de alimentación (l/h)



ΔT : Incremento de temperatura (°C)

Design data:

Capacity:

- without circulation pumps (1P12) 4 x the total consumption of the connected engines
- with circulation pumps (1P12) 15% more than total capacity of all circulation pumps

Design pressure 1.6 MPa (16 bar)

Max. total pressure (safety valve) 1.0 MPa (10 bar)

Design temperature 150°C

Viscosity for dimensioning of electric motor 500 cSt

El caudal del calentador es el caudal necesario para la combustión en los motores más un margen del 15%.

$$1,15 \cdot Q = 1,15 \cdot 10,773 \text{ m}^3/\text{h} = 12,39 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por tanto,

$$P = \frac{Q \cdot \Delta T}{1700} = \frac{12390 \cdot (50 - 35)}{1700} = 109,32 \text{ kW}$$

4.4 SERVICIO DE LUBRICACIÓN

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

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

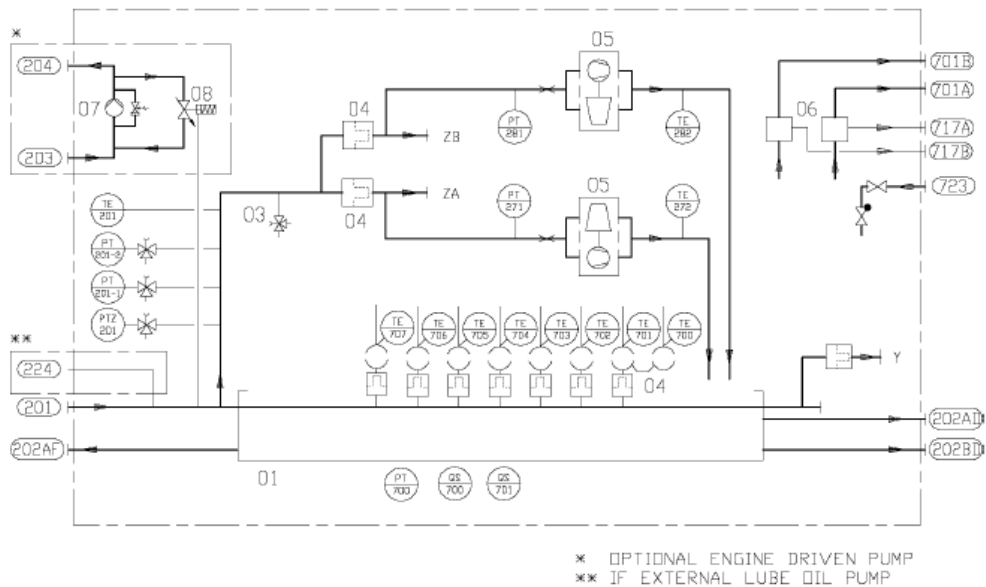
La lubricación de las camisas del motor presenta una mayor dificultad debido a la presencia de los residuos de la combustión y de componentes nocivos de los combustibles pesados, por lo que será necesario emplear aceites especiales.

Este aceite para la lubricación de las camisas se inyecta mediante bombas conducidas por el propio motor o separadamente. Es de vital importancia para el motor una distribución óptima y uniforme del aceite en la parte superior de los cilindros para evitar el desgaste de la camisa y de los aros del pistón. El aceite se debe inyectar cuando el pistón está ascendiendo, de forma que los

aros se lubriquen pero el aceite sobrante sea barrido hacia las zonas bajas por los aros rascadores.

4.4.1 SISTEMA INTERNO DE LUBRICACIÓN

Figure 7.2 Internal lubricating oil system, V-engines (3V69E8746-2h)



System components:

01	Oil sump	06	Crankcase breather
03	Sampling cock	07	Lubricating oil main pump
04	Running-in filter ¹⁾	08	Pressure control valve
05	Turbocharger		

El cárter de aceite es de tipo seco. Hay dos salidas de aceite en cada extremo del motor. Ambas salidas deben estar conectadas al tanque de aceite del sistema.

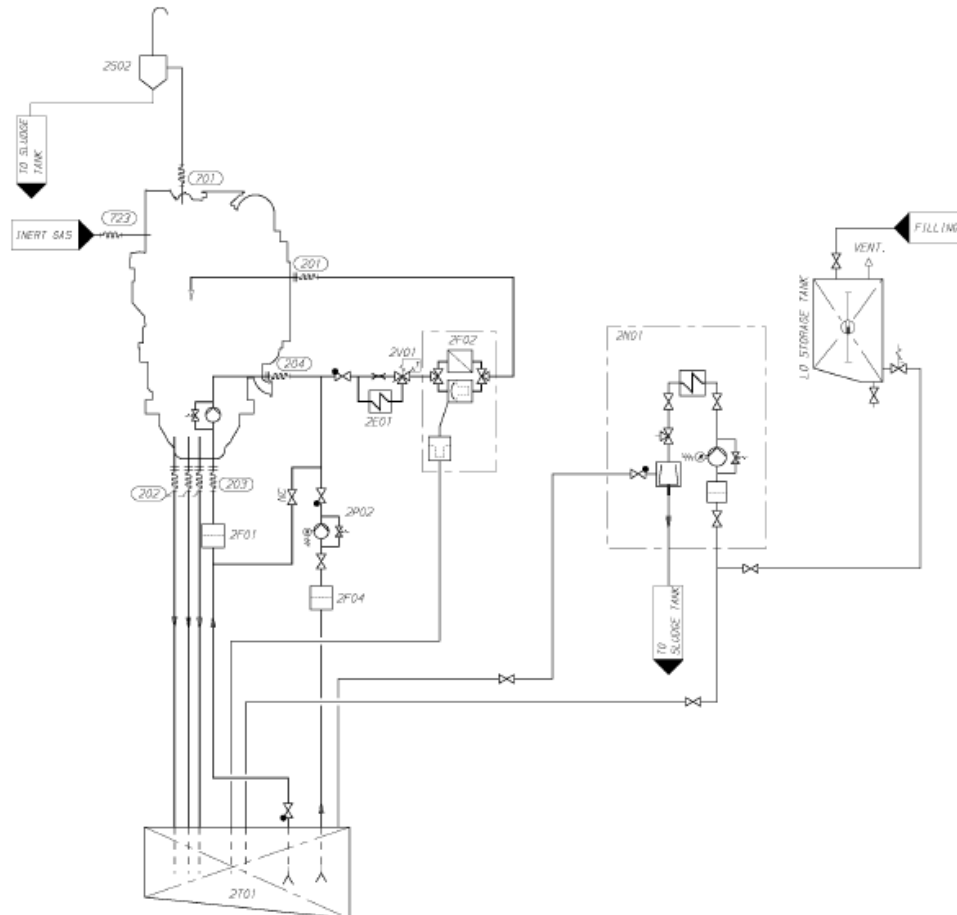
La bomba de aceite lubricante de accionamiento directo es de tipo tornillo y está equipada o con una válvula de control de presión.

Todos los motores se suministran con un filtro antes del turbocompresor y antes de los engranajes intermedios. Estos filtros deben ser retirados y cambiados periódicamente.

4.4.2 SISTEMA EXTERNO DE LUBRICACIÓN

A continuación se muestra el esquema del sistema de lubricación exterior con bombas accionadas por el propio motor.

Figure 7.3 Example of lubricating oil system, with engine driven pumps (DAAE021746a)



System components:

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

4.4.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN

El sistema de tratamiento de aceite de lubricación es el encargado de eliminar los residuos que pueda contener el aceite antes de ser inyectado en los motores.



PURIFICADORA DE ACEITE

La capacidad de la purificadora de aceite viene determinada en la project guide de los motores por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{1,35 \cdot P \cdot \eta}{t}$$

Donde,

Q es el caudal, [l/h].

P es la potencia de motor, [kW].

η , su valor es 5 para HFO o 4 para MDF.

t es el tiempo de operación, [h/día].

Por tanto,

$$Q = \frac{1,35 \cdot P \cdot \eta}{t} = \frac{1,35 \cdot 17100 \cdot 3 \cdot 5}{24} = 14428,125 \text{ l/h}$$

BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE LA PURIFICADORA

Esta bomba se utiliza para trasegar aceite del tanque de almacén de aceite de lubricación al tanque de uso diario de aceite de lubricación.

Entre ambos tanques se encuentra la purificadora de aceite de lubricación, entonces, se dimensionan estas bombas de tal manera que sean capaces de suministrar, el caudal de la purificadora de aceite de lubricación.

La potencia de la bomba es:

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



Donde:

Q_b : caudal de la bomba (m³/h)

σ : peso específico del fluido (kg/m³)

H: incremento de presión (m.c.a)

η : rendimiento de la bomba (0,6)

Por tanto,

$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{14,428 \cdot 900 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 3,21 CV = 2,37 kW$$

4.4.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ACEITE DE LUBRICACIÓN

El sistema de alimentación de aceite de lubricación es el encargado de suministrar a los motores el aceite lubricante ya tratado que necesite para su correcto funcionamiento.

BOMBA DE PRELUBRICACIÓN

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

La capacidad de la bomba de prelubricación es de 100 m³/h para los motores 18V50DF

Por lo tanto, la potencia de las bombas de prelubricación es:

$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 900 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 43,48 CV = 32,18 kW$$



BOMBA PRINCIPAL DE LUBRICACIÓN

Design data:

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

La capacidad de la bomba de prelubricación es de 335 m³/h para los motores 18V50DF. Por lo tanto, la potencia de las bombas de prelubricación es:

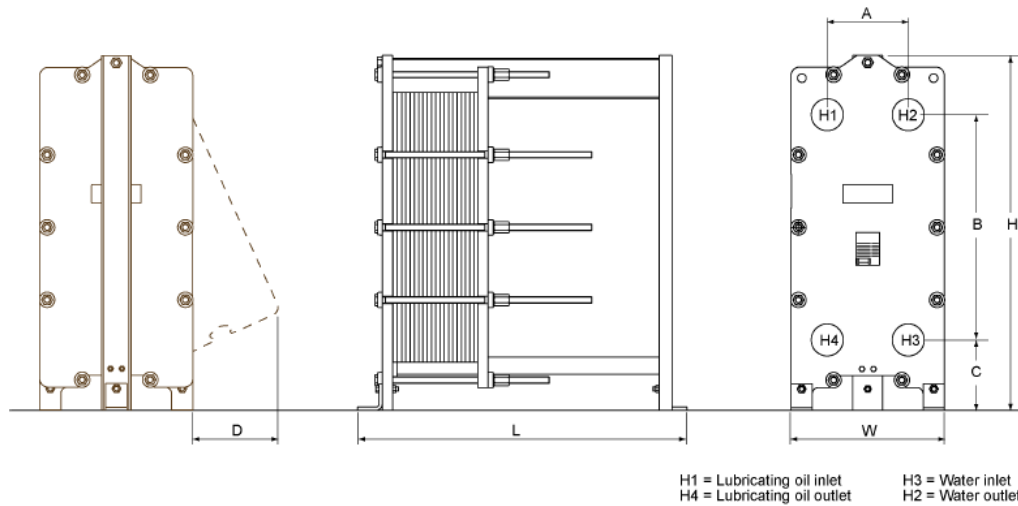
$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{3 \cdot 335 \cdot 900 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 119,7V = 88,58W$$

ENFRIAMIENTO DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN

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

Design data:

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



Engine	Weight, dry [kg]	Dimensions [mm]						
		H	W	L	A	B	C	D
W 6L50DF	1180	1675	720	1237	380	1057	330	300
W 8L50DF	1220	1675	720	1237	380	1057	330	300
W 9L50DF	1250	1675	720	1487	380	1057	330	300
W 12V50DF	1390	1675	720	1737	380	1057	330	300
W 16V50DF	1560	1675	720	1987	380	1057	330	300
W 18V50DF	2150	1937	877	1534	465	1290	330	400

VÁLVULA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN

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

Design data:

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

FILTRO

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

Las características del filtro se muestran a continuación:

**Design data:**

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

5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La refrigeración de los motores instalados en el buque de proyecto utiliza un sistema central de refrigeración central con 3 subcircuitos:

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

Las ventajas de este tipo de refrigeración son las siguientes:

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

Aunque tiene como inconvenientes:

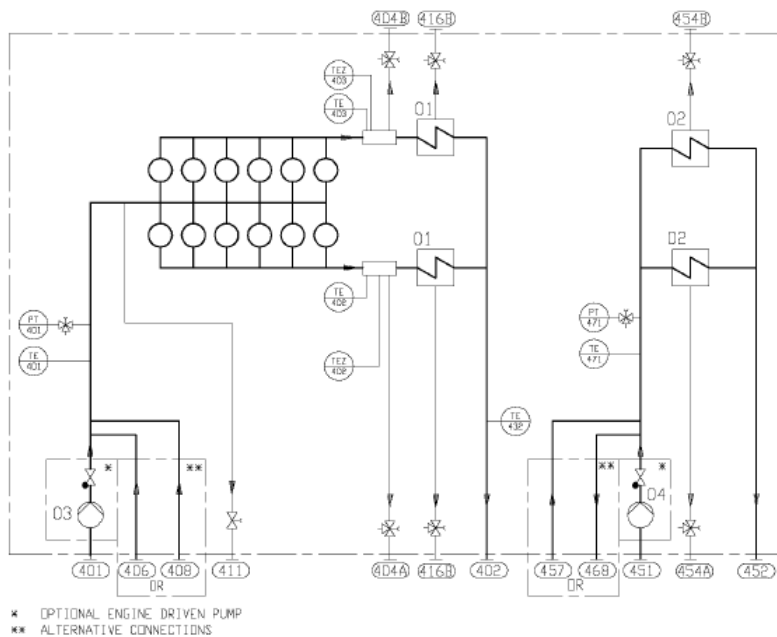
- Un mayor coste de adquisición.
- Tres “sets” de bombas de refrigeración de agua: agua de mar, agua dulce de las camisas y agua dulce central de refrigeración.

Este sistema tiene como característica, que solo tiene un intercambiador central refrigerado por agua de mar y los otros intercambiadores incluidos el de refrigeración de las camisas de los cilindros, se refrigeran a través del intercambiador central. Con el fin de evitar una excesiva temperatura del aire de barrido, la temperatura de diseño del intercambiador central serán 36 °C, correspondientes a una temperatura de agua de mar máxima de 32 °C. A continuación, se van a calcular los componentes del sistema de refrigeración.

5.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INTERNA

El esquema del sistema de refrigeración interna se muestra a continuación.

Figure 9.2 Internal cooling water system, V-engines (3V69E8746-4h)



System components:

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



El sistema de enfriamiento del agua dulce se divide dos: uno de temperatura alta (HT) y otro de baja temperatura (LT).

En el circuito HT, el agua circula a través de las camisas de los cilindros, culatas y la primera etapa del enfriador de aire de carga. En el circuito HT el control de la temperatura se basa en la temperatura del agua a la salida del motor, mientras que la temperatura del aire de carga se mantiene en un nivel constante con la disposición del circuito de LT.

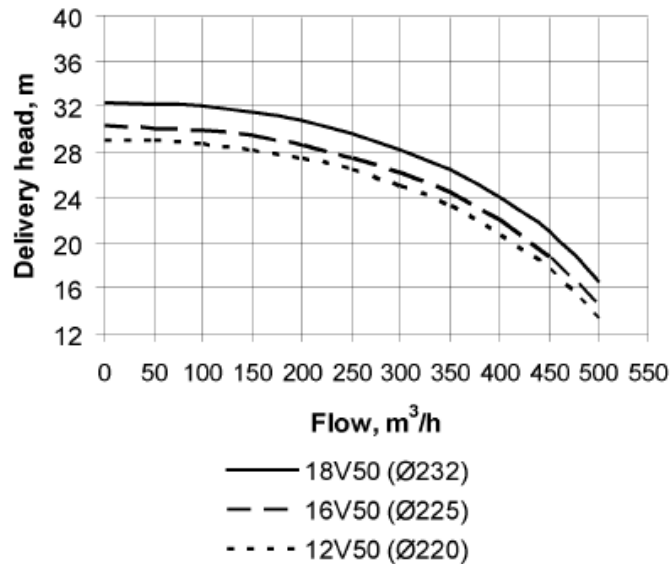
En el circuito LT, el agua enfría la segunda etapa del enfriador de aire de carga y el aceite lubricante. El enfriador de aceite lubricante es externo. Un refrigerador de aire de sobrealimentación de dos etapas permite la recuperación de calor de forma más eficiente. El circuito LT desvía agua parcialmente al enfriador de aire de carga en función de la condición de funcionamiento para mantener una temperatura constante del aire después del enfriador.



5.1.1 BOMBAS DE REFRIGERACIÓN HT y LT

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

Figure 9.4 Wärtsilä 50DF 500 rpm V-engine HT and LT cooling water pump curves (4V19L0333A)



La potencia de las bombas de HT es:

$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 1000 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 296,29 CV = 219,26 kW$$

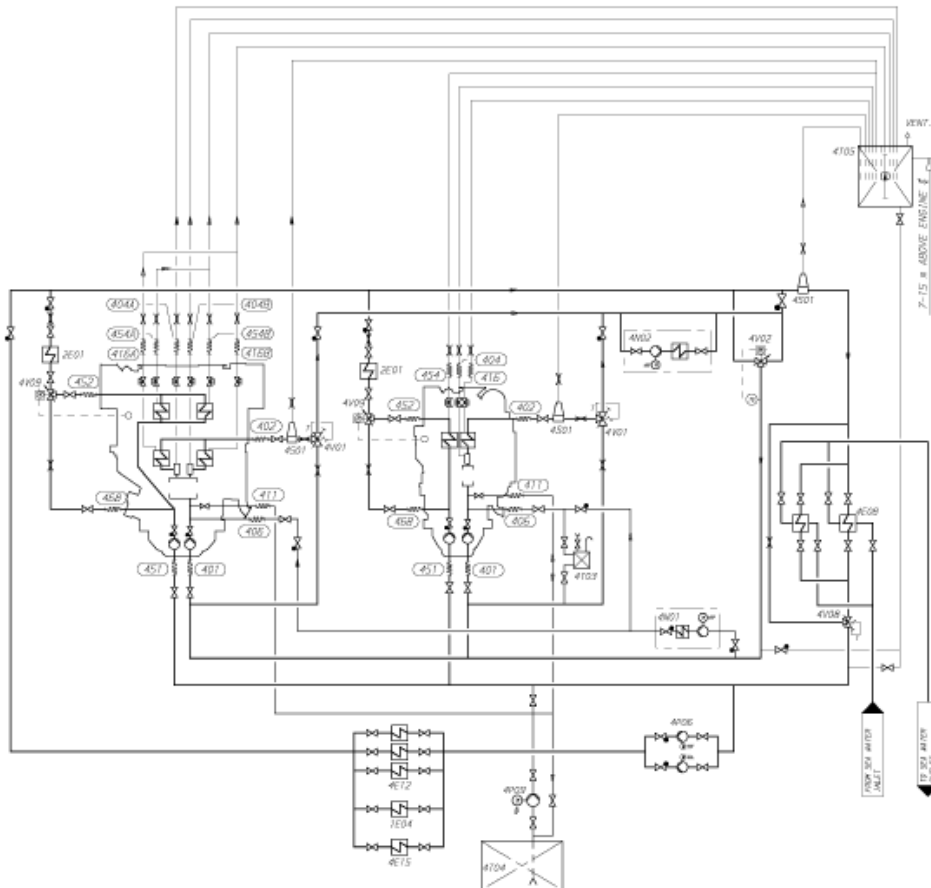
La potencia de las bombas de LT es:

$$P = \frac{Q_b \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 1000 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 296,29 CV = 219,26 kW$$

5.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EXTERNA

El esquema del sistema de refrigeración externa es el siguiente:

Figure 9.8 Cooling water system, in-line and V-engines in dedicated circuits with built-on pumps, generator cooling and evaporator (3V76C5B39d)



System components:

1E04	Cooler (MDF)	4S01	Air venting
2E01	Lubricating oil cooler	4T03	Additive dosing tank
4E08	Central cooler	4T04	Drain tank
4E12	Cooler (installation parts)	4T05	Expansion tank
4E15	Cooler (generator)	4V01	Temperature control valve (HT)
4N01	Preheating unit	4V02	Temperature control valve (Heat recovery)
4N02	Evaporator unit	4V08	Temperature control valve (LT)
4P06	Circulating pump	4V09	Temperature control valve (charge air)
4P09	Transfer pump		

Se recomienda dividir el sistema de refrigeración externa para cada uno de los motores. Una razón es, obviamente, la redundancia, pero también es más fácil ajustar los flujos individuales en un sistema más pequeño.



5.2.1 BOMBA DE CIRCULACIÓN DE AGUA SALADA

Las bombas de agua de mar deben estar siempre separadas del motor y ser de accionamiento eléctrico. La capacidad de las bombas se determina por el tipo de refrigeradores y la cantidad de calor a disipar.

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

$$Q = \dot{m}_{AS} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Se puede afirmar, también, lo siguiente:

$$\dot{m}_{AS} \cdot C_{p_{AS}} \cdot \Delta T_{AS} = \dot{m}_{AD} \cdot C_{p_{AD}} \cdot \Delta T_{AD}$$

Donde,

\dot{m}_{AS} es el flujo de agua salada, en [m³/h].

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

ΔT_{AS} es el incremento de la temperatura del agua salada, igual a 20 °C.

\dot{m}_{AD} es el flujo de agua dulce, en [m³/h].

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

ΔT_{AD} es el incremento de la temperatura del agua dulce, igual a 25 °C.

Por tanto,

$$\dot{m}_{AS} = \frac{\dot{m}_{AD} \cdot C_{p_{AD}} \cdot \Delta T_{AD}}{C_{p_{AS}} \cdot \Delta T_{AS}} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 4,20 \cdot 25}{4,04 \cdot 20} = 1559,41 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

$$\frac{Q \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{1559,41 \cdot 1000 \cdot 40}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 385,03 \text{ CV} = 284,93 \text{ kW}$$



5.2.2 VÁLVULA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA

La válvula de control de temperatura se instala directamente después del motor. Se controla la temperatura del agua desde el motor, mediante la circulación de un poco de agua de vuelta a la bomba HT.

Cada motor debe llevar una que desvíe el flujo de agua si este supera los 91°C.

5.2.3 TANQUE DE EXPANSIÓN

El tanque de expansión compensa la expansión térmica del refrigerante, sirve para la ventilación de los circuitos y proporciona una presión estática suficiente para las bombas de circulación.

El tanque de expansión debe tener una capacidad de, al menos, el 10% del volumen total del sistema. Por lo tanto, el volumen del tanque de expansión debe tener una capacidad mínima de:

$$\text{Vol.} = 0,1 \cdot 3 \cdot 2,6 = 0,78 \text{ m}^3$$

5.2.4 PRECALENTADOR

El agua de refrigeración que circula a través de los cilindros debe ser calentada a una temperatura de al menos 60 °C, preferiblemente 70 °C. Esto es un requisito absoluto para las instalaciones diseñadas para funcionar con combustible pesado, pero también está recomendada para motores que funcionan con combustible diesel marino.

La potencia del calentador determina el tiempo requerido para calentar el motor frío. El mínimo requerido de potencia es 12 kW / cil, que hace posible calentar el motor desde 20°C a 60°C o 70°C en unas 10 o 15 horas.

Por lo tanto, la potencia del precalentador es $P=18 \cdot 12=216kW$ para los motores 18V50DF.



BOMBA DEL PRECALENTADOR

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

Design data:

Capacity	1.6 m ³ /h per cylinder
Delivery pressure	80...100 kPa (0.8...1.0 bar)

Por lo tanto, la capacidad de la bomba es:

$$Q = 4 \cdot 1,6 \cdot 18 = 86,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de la bomba del precalentador es:

$$P = \frac{Q \cdot \sigma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = \frac{86,4 \cdot 1000 \cdot 10}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 5,3 \text{ CV} = 3,95 \text{ kW}$$

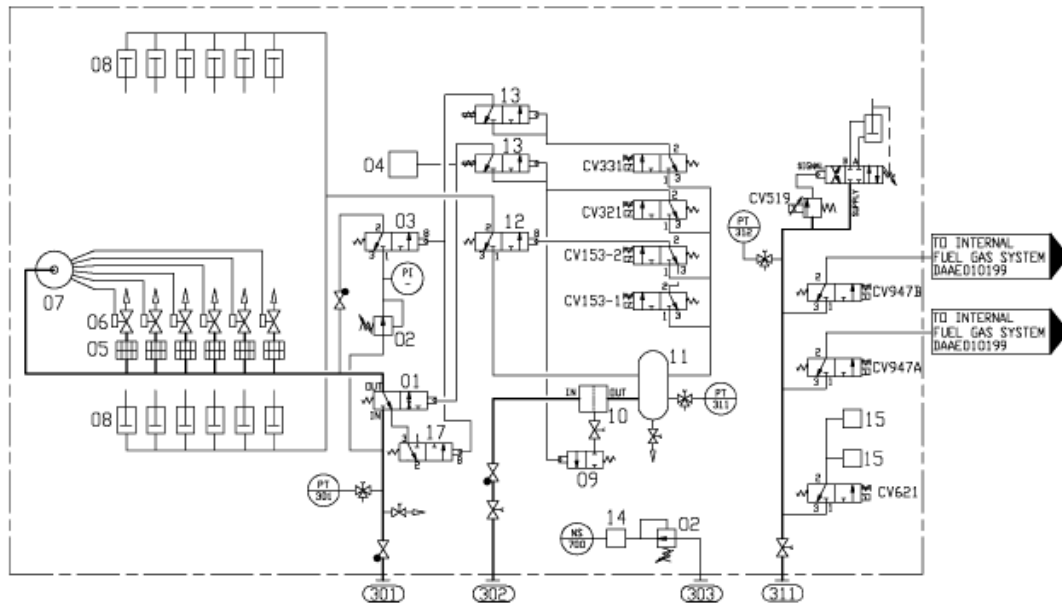
6 SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE

Los motores arrancan por medio de aire comprimido a una presión de 3 MPa. La velocidad de arranque debe ser lo suficientemente alta para producir en los cilindros activos una temperatura adecuada al final de la carrera de compresión que asegure la ignición del combustible inyectado. La velocidad de arranque ha de ser superior al 30% de la velocidad de servicio. El par de arranque ha de ser suficiente para poder vencer las pérdidas por rozamiento en el motor y la resistencia del eje propulsor.

Para garantizar el funcionamiento de los componentes en el sistema de aire comprimido, el aire comprimido tiene que estar libre de partículas sólidas y aceite.

6.1 SISTEMA INTERNO DE AIRE DE ARRANQUE

Figure 8.2 Internal compressed air system, V-engines (3V69E8746-3h)



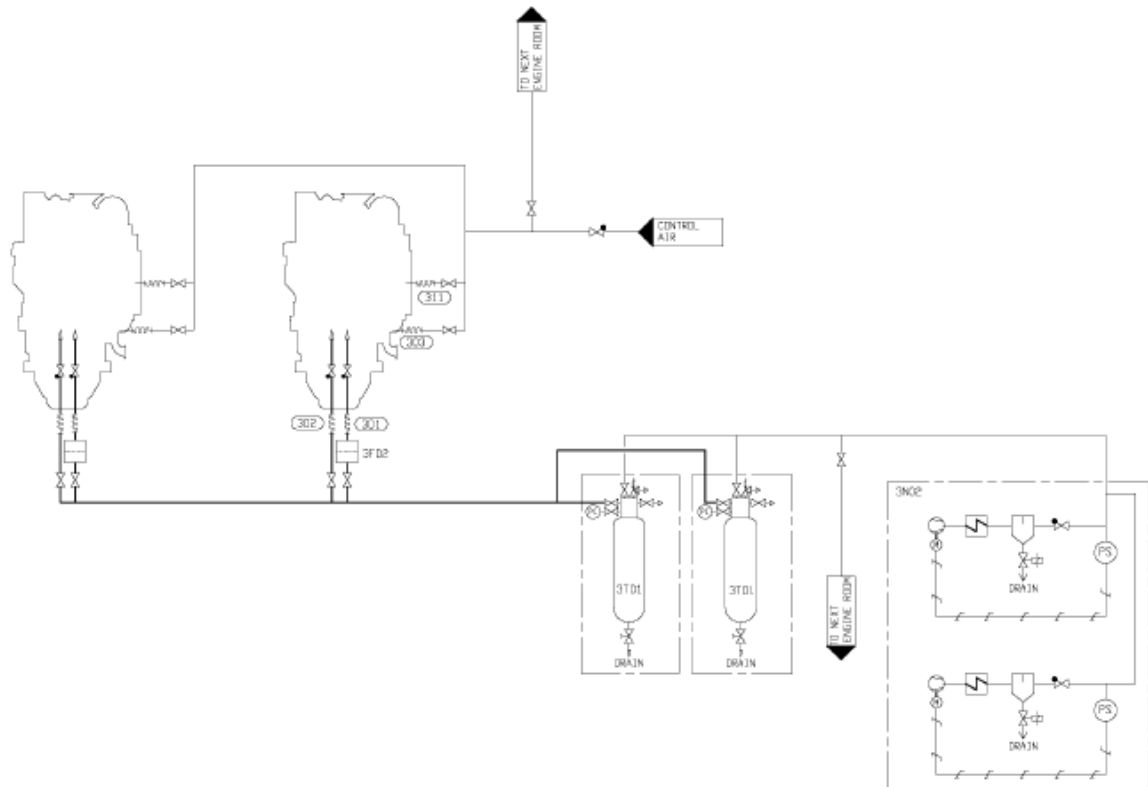
System components:

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

6.2 SISTEMA EXTERNO DE AIRE DE ARRANQUE

El diseño del sistema de aire de arranque se determina en parte por las normas de la sociedad de clasificación. Las tuberías del aire de arranque siempre deben estar ligeramente inclinadas y equipadas con drenaje manual o automático en los puntos más bajos.

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

**System components**

3F02	Air filter (starting air inlet)
3N02	Starting air compressor unit
3T01	Starting air receiver

Pipe connections

301	Starting air inlet, 3 MPa
302	Control air inlet, 3 MPa
303	Driving air to oil mist detector, 0.8 MPa
311	Control air to bypass / wastegate valve, 0.8 MPa
314	Air supply to turbine and compressor cleaning unit (ABB TC)

6.2.1 COMPRESOR DE AIRE DE ARRANQUE (3N02)

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

6.2.2 SEPARADOR DE AGUA Y ACEITE (3S01)

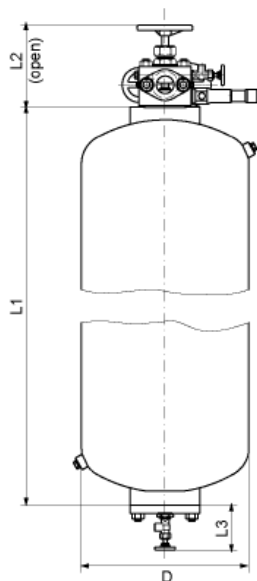
Debe instalarse un separador de agua y aceite en el tubo entre el compresor y el recipiente de aire.

6.2.3 BOTELLAS DE AIRE DE ARRANQUE (3T01)

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

Se recomienda utilizar una presión de aire mínima de 1,8 MPa, cuando se calcula el volumen requerido de la botella.

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



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.

El volumen de aire necesario se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$V_R = \frac{P_E \cdot V_E \cdot n}{P_{RMÁX} - P_{RMIN}}$$

Donde,

V_R es el volumen total de aire requerido para el arranque [m³].

P_E es la presión atmosférica [0,1 MPa].

V_E es el consumo de aire por arranque [Nm³].

n : Número de arranques definidos por la Sociedad de Clasificación. 6 arranques.

$P_{RMáx}$: Presión máxima del aire para el arranque [3MPa]

P_{RMin} : Presión mínima del aire para el arranque [1,8MPa]

Por lo tanto,

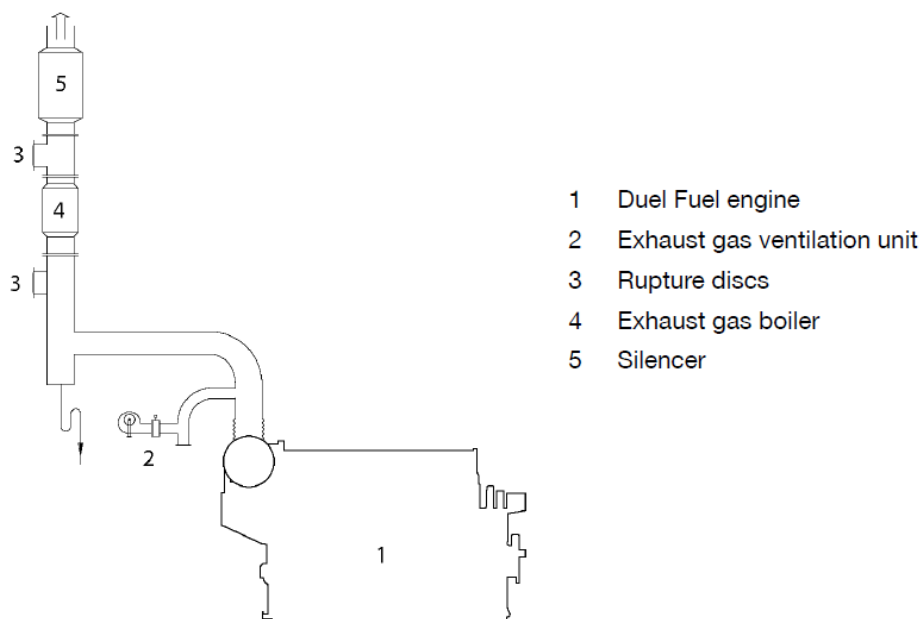
$$V_R = \frac{P_E \cdot V_E \cdot n}{P_{RMÁX} - P_{RMIN}} = \frac{0,13 \cdot 10,8 \cdot 6}{3 - 1,8} = 16,2 m^3$$

Por lo tanto, se instalan a bordo 11 botellas de aire de arranque de 1500 litros de capacidad cada una.

7 SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN

Los gases de exhaustación son conducidos desde los cilindros al colector de los gases de escape, donde se igualan las fluctuaciones de presión de los gases de escape provenientes de los cilindros y del colector. Los gases de escape son enviados al turbocompresor a una presión uniforme.

Figure 11.6 External exhaust gas system





BIBLIOGRAFÍA:

1) PROYECTOS DE BUQUES Y ARTEFACTOS.

Fernando Junco – EPS – UDC – Ferrol.

2) EL PROYECTO BÁSICO DEL BUQUE MERCANTE.

Ricardo Alvariño, Juan J. Aspiroz, Manuel Meizoso – FEIN Madrid.

3) MÁQUINAS PARA LA PROPULSIÓN DE BUQUES.

Enrique Casanova Rivas – UDC



CUADERNO 10

ANEXOS



ANEXO 1

DATOS TÉCNICOS DE LOS MOTORES 18V50DF

3.7 Wärtsilä 18V50DF

Wärtsilä 18V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
Engine output	kW	17100		17550	
Mean effective pressure	MPa	2.0		2.0	
Combustion air system (Note 1)					
Flow at 100% load	kg/s	27.5	33.8	27.5	33.7
Temperature at turbocharger intake, max.	°C	45		45	
Temperature after air cooler, nom. (TE 601)	°C	45	50	45	50
Exhaust gas system					
Flow at 100% load	kg/s	28.2	34.7	28.2	34.7
Flow at 75% load	kg/s	21.3	26.9	21.3	26.9
Flow at 50% load	kg/s	16.2	19.0	16.2	19.0
Temperature after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	373	343	373	343
Temperature after turbocharger at 75% load (TE 517)	°C	424	351	424	351
Temperature after turbocharger at 50% load (TE 517)	°C	426	385	426	385
Backpressure, max.	kPa	4		4	
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	1366	1480	1366	1480
Heat balance at 100% load (Note 2)					
Jacket water, HT-circuit	kW	1980	3120	1980	3120
Charge air, HT-circuit	kW	2520	3780	2520	3780
Charge air, LT-circuit	kW	1500	1890	1500	1890
Lubricating oil, LT-circuit	kW	1410	2340	1410	2340
Radiation	kW	480	540	480	540
Fuel consumption (Note 3)					
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7300	-	7300	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	7620	-	7620	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8260	-	8260	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7258	-	7258	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7562	-	7562	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8153	-	8153	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.0	189	1.0	189
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	1.5	192	1.5	192
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	2.4	204	2.4	204
Fuel gas system (Note 4)					
Gas pressure at engine inlet, min (PT901)	kPa (a)	472	-	472	-
Gas pressure to Gas Valve unit, min	kPa (a)	592	-	592	-
Gas temperature before Gas Valve Unit	°C	0...60	-	0...60	-
Fuel oil system					
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	800±50		800±50	
Fuel oil flow to engine, approx	m³/h	18.2		18.7	
HFO viscosity before the engine	cSt	-	16...24	-	16...24
Max. HFO temperature before engine (TE 101)	°C	-	140	-	140
MDF viscosity, min.	cSt	2.8		2.8	
Max. MDF temperature before engine (TE 101)	°C	45		45	
Leak fuel quantity (HFO), clean fuel at 100% load	kg/h	-	13.6	-	13.6
Leak fuel quantity (MDF), clean fuel at 100% load	kg/h	36.1	68.0	36.1	68.0
Pilot fuel (MDF) viscosity before the engine	cSt	2...11		2...11	
Pilot fuel pressure at engine inlet (PT 112)	kPa	400...800		400...800	
Pilot fuel pressure drop after engine, max	kPa	150		150	
Pilot fuel return flow at 100% load	kg/h	325		325	
Lubricating oil system (Note 5)					
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	400		400	
Pressure after pump, max.	kPa	800		800	
Suction ability, including pipe loss, max.	kPa	40		40	
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	80		80	
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63		63	
Temperature after engine, approx.	°C	78		78	
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	335		345	

Wärtsilä 18V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975	
Engine speed	rpm	500		514	
Pump capacity (main), electrically driven	m ³ /h	335		335	
Oil flow through engine	m ³ /h	260		260	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m ³ /h	100.0 / 100.0		100.0 / 100.0	
Oil volume in separate system oil tank	m ³	25		25	
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5		0.5	
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	4200		4200	
Crankcase volume	m ³	44.3		44.3	
Crankcase ventilation backpressure, max.	Pa	500		500	
Oil volume in turning device	l	68.0...70.0		68.0...70.0	
Oil volume in speed governor	l	6.2		6.2	
HT cooling water system					
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	250 + static		250 + static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	480		480	
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	74		74	
Temperature after charge air cooler, nom.	°C	91		91	
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	400		400	
Pressure drop over engine, total	kPa	50		50	
Pressure drop in external system, max.	kPa	150		150	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150	
Water volume in engine	m ³	2.6		2.6	
LT cooling water system					
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 471)	kPa	250+ static		250+ static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 471)	kPa	440		440	
Temperature before engine, max. (TE 471)	°C	45		45	
Temperature before engine, min. (TE 471)	°C	25		25	
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	400		400	
Pressure drop over charge air cooler	kPa	30		30	
Pressure drop in external system, max.	kPa	200		200	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150	
Starting air system (Note 6)					
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000		3000	
Pressure at engine during start, min. (20 °C)	kPa	1000		1000	
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000		3000	
Low pressure limit in starting air vessel	kPa	1800		1800	
Consumption per start at 20 °C (successful start)	Nm ³	9.0		9.0	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm ³	10.8		10.8	

Notes:

- Note 1 At Gas LHV 49620kJ/kg
- Note 2 At 100% output and nominal speed. The figures are valid for ambient conditions according to ISO 3046/1, except for LT-water temperature, which is 35°C in gas operation and 45°C in back-up fuel operation. And with engine driven water, lube oil and pilot fuel pumps.
- Note 3 According to ISO 3046/1, lower calorific value 42700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. Gas Lower heating value >28 MJ/m³N and Methane Number High (>80). The fuel consumption BSEC and SFOC are guaranteed at 100% load and the values at other loads are given for indication only.
- Note 4 Fuel gas pressure given at LHV ≥ 36MJ/m³N. Required fuel gas pressure depends on fuel gas LHV and need to be increased for lower LHV's. Pressure drop in external fuel gas system to be considered. See chapter Fuel system for further information.
- Note 5 Lubricating oil treatment losses and oil changes are not included in oil consumption. The lubricating oil volume of the governor is depending of the governor type.
- Note 6 At manual starting the consumption may be 2...3 times lower.

ME = Engine driving propeller, variable speed
DE = Diesel-Electric engine driving generator

Subject to revision without notice.

Lng carrier 170 000 m³

Alumno: H. Carlos Orejas González

Tutor: Pablo Fariñas Alvariño

Proyecto: 13-P7



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ANEXO 2

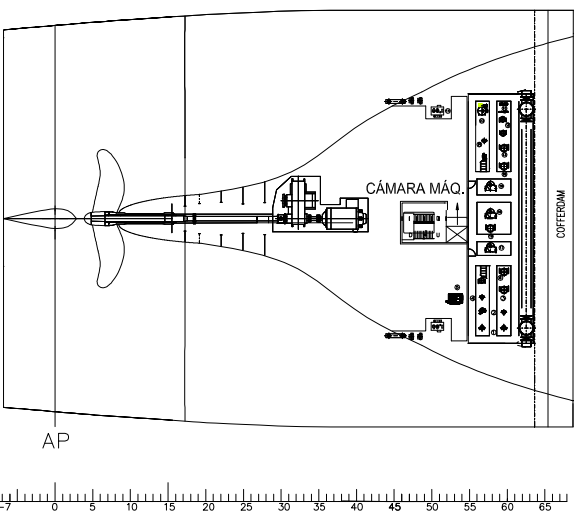
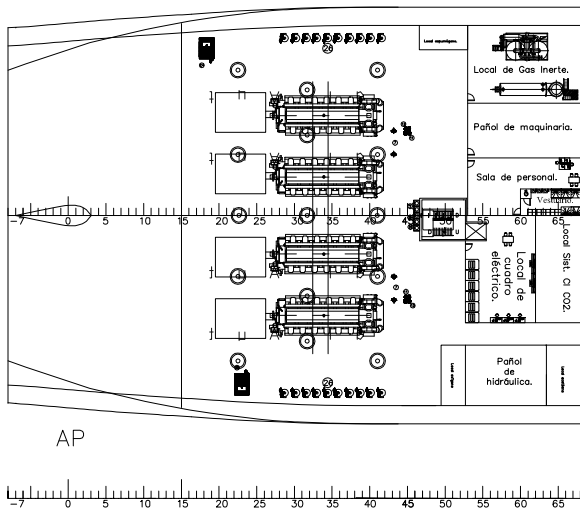
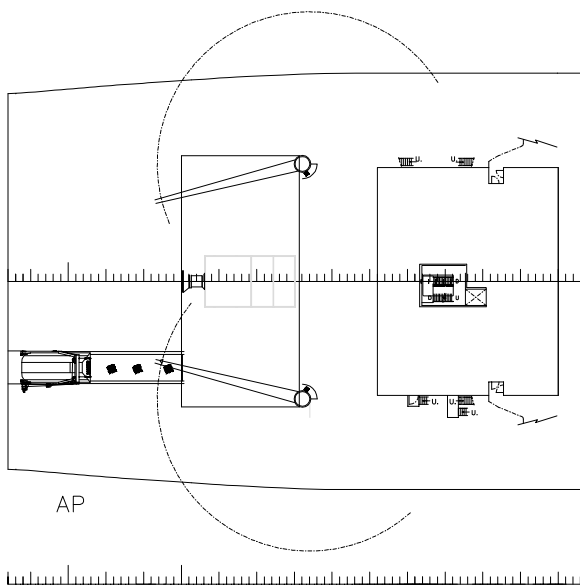
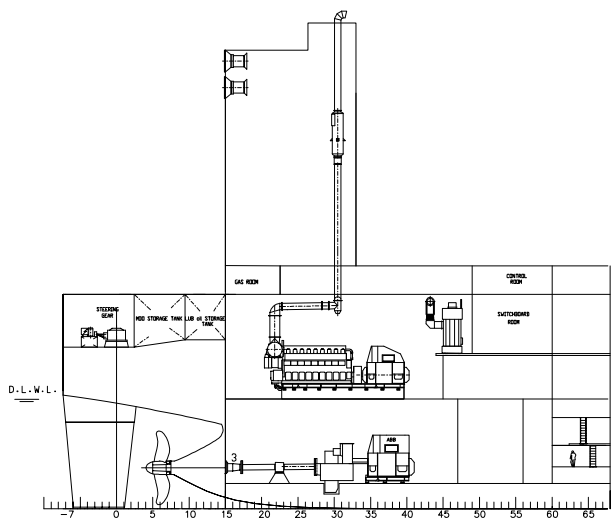
DATOS TÉCNICOS DEL PROPULSOR TRANSVERSAL DE PROA ROLLS ROYCE





ANEXO 3

PLANOS DE DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS



Equipos auxiliares.	
1	BOMBAS TRASIEGO ALMACÉN-SEDIMENTACIÓN
2	BOMBAS TRASIEGO U.D.
3	SEPARADORAS G.O.
4	BOMBAS ALIMENTACIÓN SEPARADORAS G.O.
5	PRECALENTADORES SEPARADORAS G.O.
6	BOMBAS CIRCULACIÓN G.O.
7	BOMBAS PRELUBRICACIÓN MM.PP
8	SEPARADORAS ACEITE LUB.
9	BOMBAS ALIMENTACIÓN SEPARADORA ACEITE
10	PRECALENTADORES SEPARADORAS DE ACEITE
11	BOMBAS DE CIRCULACIÓN H.T.
12	BOMBAS DE CIRCULACIÓN L.T.
13	BOMBAS DE A.S.
14	PRECALENTADORES SIST. REFRIGERACIÓN
15	BOMBAS CIRC. PRECALENTADOR. SIST. REFRIGERACIÓN
16	BOMBA DE LASTRE
17	BOMBA DE SENTINAS
18	BOMBAS C.I.
19	BOMBA C.I. EMERGENCIA
20	GRUPO DE BOMBEO AGUA NEBULIZADA
21	BOMBA ALIMENTACIÓN AGUA NEBULIZADA
22	BOMBA DE SERVICIO AGUA DULCE
23	CALENTADORES DE AGUA DULCE
24	PLANTA POTABILIZADORA
25	PLANTA TRAT. AGUAS RESIDUALES
26	BOTELLAS AIRE DE ARRANQUE
27	BOTELLAS CO2
⊙	CABEZALES AGUA NEBULIZADA.

CARACTERÍSTICAS.

ESLORA TOTAL _____ 291,00 m
 ESLORA ENTRE PP _____ 278,00 m
 MANGA _____ 45,90 m
 PUNTAL _____ 26,77 m
 CALADO DISEÑO _____ 11,57 m

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA -		
PROYECTO	LNG 170,000 m ³	PROYECTO Nº 13-P7
TÍTULO PLANO DE CCMM		
AUTOR H. Carlos Orejas González.		
ESCALA 1/1000	FECHA 01/06/2016	HOJA 1 DE 1



ANEXO 4

AZCUE PUMPS



Serie
Series

CM-VM-VR

BOMBAS SERIE CM-VM-VR

CM-VM-VR PUMPS SERIES

POMPES SERIE CM-VM-VR



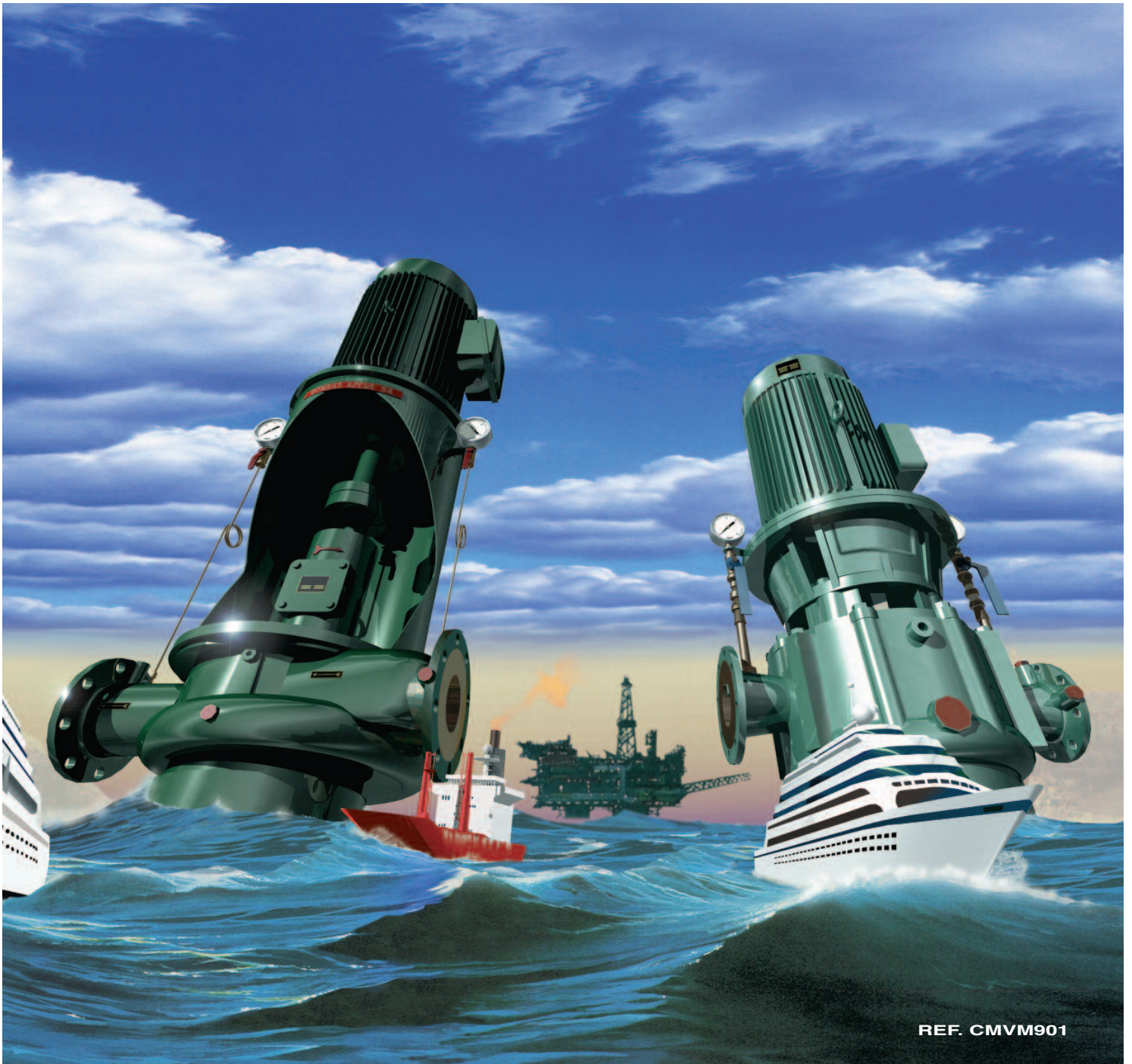
pumps

pumpen

azcue

bombas

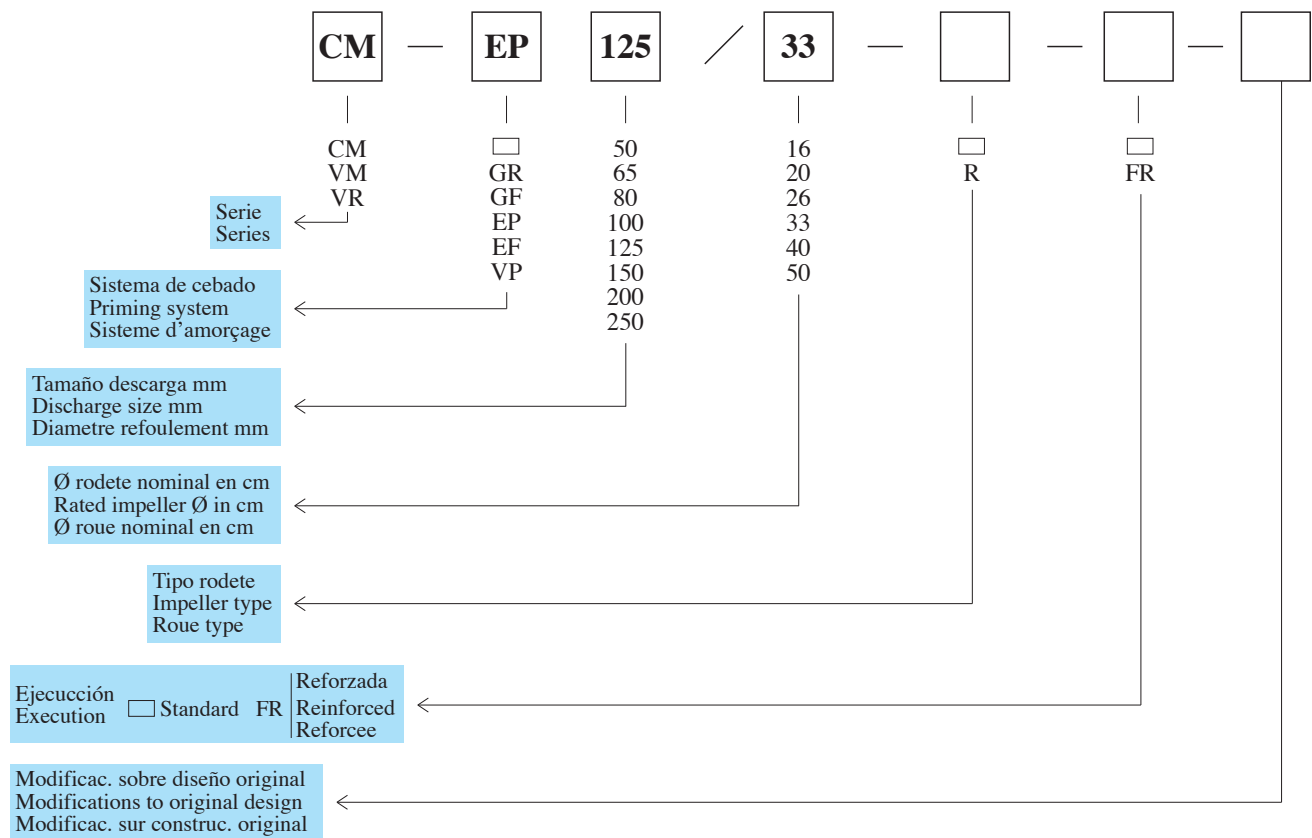
pompes



REF. CMVM901



Nomenclatura / Description / Denomination



0. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES.

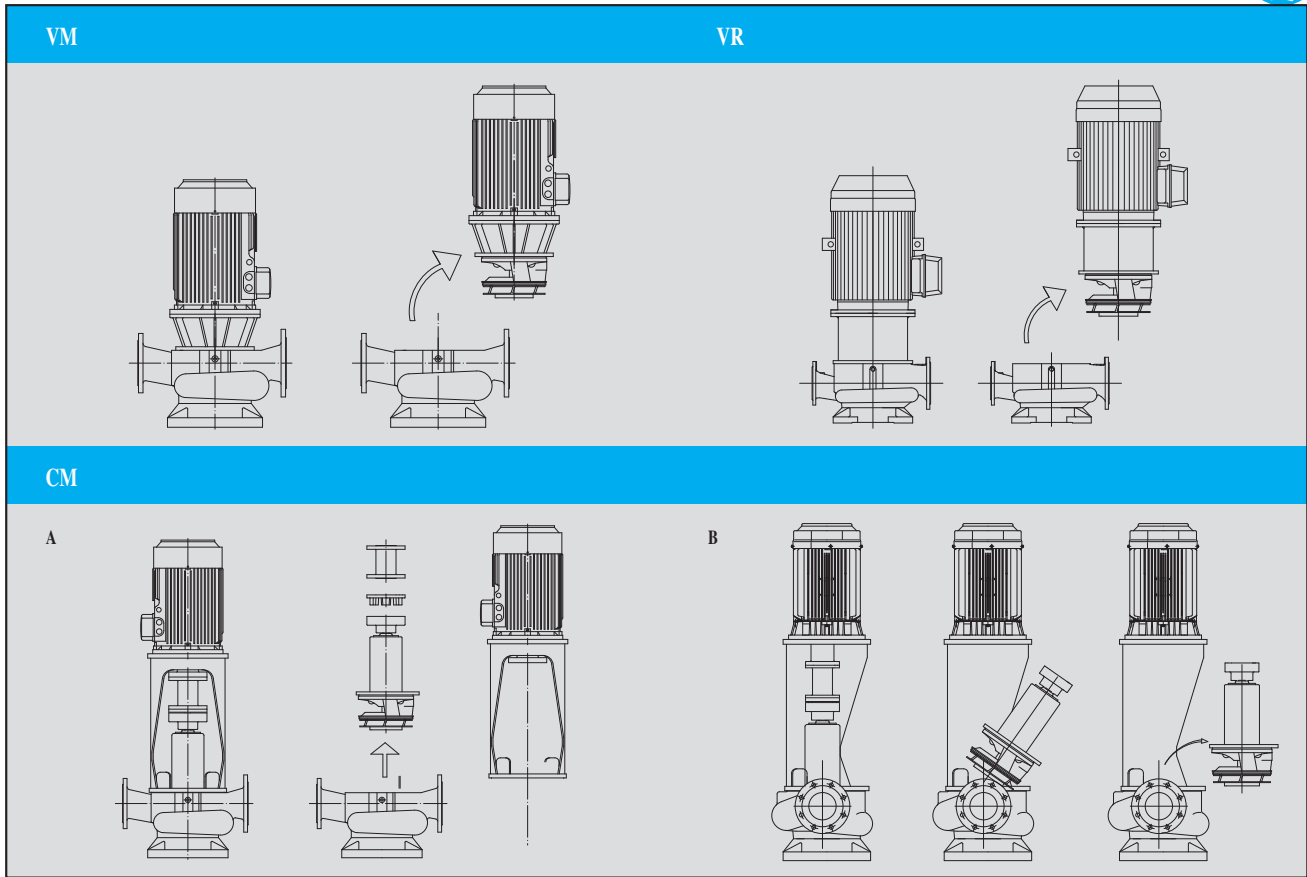
- Bombas centrífugas de una etapa, verticales, ejecución IN LINE.
- Grupo compacto y de reducidas dimensiones.
- Montaje de la bomba en espacios reducidos.
- Facilidad para la reparación y el mantenimiento. Desmontaje sin soltar ninguna tubería.
- El rodete va situado de forma invertida, con la aspiración por la parte superior, para equilibrar los esfuerzos axiales que actúan sobre los rodamientos que soportan el eje de la bomba.
- ¡¡Giro Izquierdas!!

0. DESCRIPTION & GENERALITIES.

- Vertical centrifugal pumps, IN-LINE execution (one stage).
- Compact unit with small space requirements.
- Pump assembly in small places.
- Easiness for repair and maintenance tanks. Disassembly without suction and discharge pipe dismantling.
- The impeller is mounted in a reversed way, with upwards looking suction. This enables a better balance of the axial forces acting on the pump shaft supporting ball bearings.
- Left hand rotation (C.C.W)!!

0. DESCRIPTION ET GENERALITES.

- Pompes centrifuges à un étage, verticales, exécution IN-LINE.
- Groupe compact de dimension réduite.
- Montage dans des espaces réduits.
- Facile de réparation et de maintenance. Démontage sans sortir les tuyauteries.
- La roue située de manière inversée, c'est-à-dire avec l'aspiration sur la partie supérieure, ce qui permet d'équilibrer d'une manière importante les efforts axiaux exercés sur les roulements qui supportent l'arbre de la pompe.
- Rotation gauche!!



0.1 Diferencias entre las series CM, VM y VR.

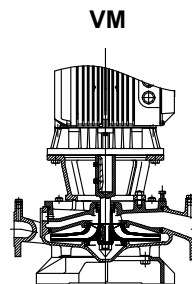
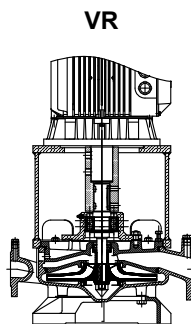
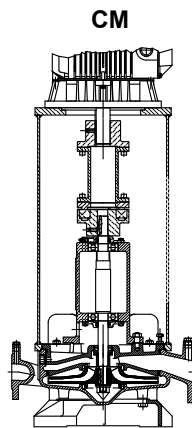
- **Serie CM:** equipadas con acoplamiento elástico y espaciador.
- **Serie VM:** incorporan acoplamiento rígido entre bomba y motor.
- **Serie VR:** acoplamiento rígido y rodamiento entre bomba y motor.

0.1 Differences between CM, VM and VR types.

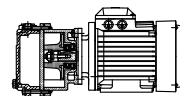
- **CM type:** including flexible coupling and spacer.
- **VM type:** including rigid coupling between pump and motor, with collapsible and interchangeable added shaft.
- **VR type:** including rigid coupling and ball bearing between pump and motor.

0.1 Difference entre les series CM, VM et VR.

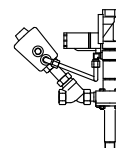
- **Série CM:** équipée d'un accouplement élastique avec pièce d'espacement.
- **Série VM:** montage accouplement rigide entre la pompe et le moteur.
- **Série VR:** accouplement rigide et roulement entre la pompe et le moteur.



BOMBA DE CEBADO (EP)
SELF PRIMING PUMP (EP)



EYECTOR CEBADO (VP)
PRIMING EJECTOR (VP)





0.2 Ejecuciones.

- **Tipos CM, VM y VR:** bomba principal sin bomba de autocebado.
- **Tipos CM-EP, VM-EP y VR-EP:** con bomba de autocebado independiente y parada automática de ésta, una vez terminada la fase de aspiración. El accionamiento de la bomba de autocebado es por medio de motor eléctrico.
- **Tipos CM-EF, VM-EF y VR-EF:** ídem. al tipo CM-EP y VM-EP, pero añadiendo el purgador mecánico de flotador para evitar la descarga del fluido al exterior de la bomba de autocebado durante su funcionamiento.
- **Tipos CM-VP, VM-VP y VR-VP:** sistema de cebado por medio de eyector venturi con aire comprimido.

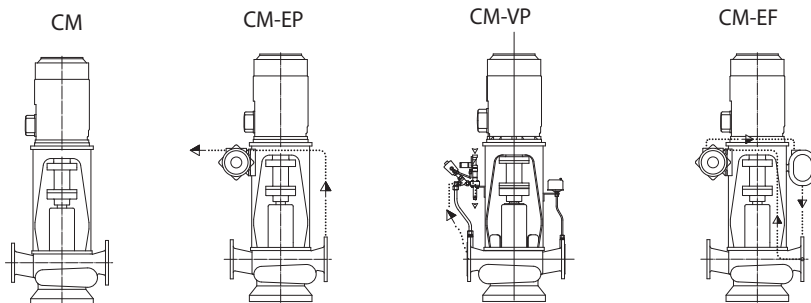
0.2 Executions.

- **CM, VM and VR types:** main pump without priming pump.
- **CM-EP, VM-EP and VR-EP types:** with independent priming electropump and automathical stopped, once finished suction phase. Priming pump driven by electric motor.
- **CM-EF, VM-EF and VR-EF types:** idem to CM-EP and VM-EP types, but including a mechanical purger with float, in order to avoid outside discharge of priming-pump during operation.
- **CM-VP, VM-VP and VR-VP types:** priming system by means of venturi ejector with compressed air.

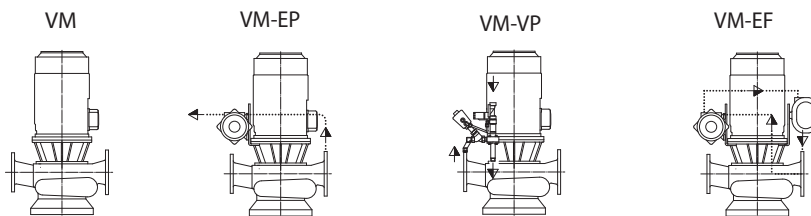
0.2 Execution.

- **Type CM, VM et VR:** pompe principale sans pompe d'amorçage.
- **Type CM-EP, VM-EP et VR-EP :** avec pompe d'amorçage et arrêt automatique de celle-ci, une fois terminée la phase d'aspiration l'entraînement celle-ci se fait par l'intermédiaire du moteur électrique.
- **Type CM-EF, VM-EF et VR-EF:** même type de fonctionnement que las séries CM-EP et VM-EP, mais avec l'installation complémentaire d'un purgeur mécanique à flotteur pour éviter le refoulement du fluide à l'extérieur de la pompe d'amorçage durant son donctionnement.
- **Type CM-VP, VM-VP et VR-VP:** système d'amorçage avec un éjecteur Venturi à air comprimé.

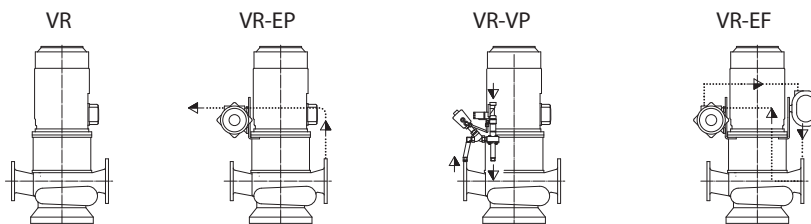
SERIE CM /CM SERIES



SERIE VM /VM SERIES



SERIE VR /VR SERIES



BOMBA DE CEBADO
PRIMING PUMP



PURGADOR MECANICO CON FLOTADOR
MECHANICAL PURGER WITH FLOAT



EYECTOR
EJECTOR



0.3 Funcionamiento.

Tipos CM-EP, VM-EP y VR-EP:

Un presostato, temporizadores horarios y un arrancador guardamotor se encarga de regular el funcionamiento de la electrobomba de cebado. Esta es accionada por un motor eléctrico independiente. Es necesario instalar una VÁLVULA DE RETENCIÓN en la descarga de la bomba, para evitar la entrada de aire. Tras poner en marcha la bomba centrífuga principal, la bomba de autocebado se pone también automáticamente en marcha extrayendo el aire de la tubería de aspiración y expulsando una mezcla de aire y líquido al exterior. Cuando al cabo de un tiempo sale al exterior un flujo continuo de líquido, la bomba principal ya está cebada. Ésta incrementa una presión en la descarga, abriendo el contacto del presostato, que da señal de parada a la bomba de autocebado. Transcurridos 45/60 segundos de temporización, ésta para. Si por cualquier circunstancia la bomba centrífuga se desceba, baja la presión en la descarga, cerrando el contacto del presostato, que da la orden de arranque a la bomba de autocebado, repitiéndose todo el ciclo. Una válvula electromagnética está montada en la entrada de la electro bomba de cebado, que cierra cuando la bomba de cebado está parada. Esto evita que un flujo continuo de líquido salga al exterior cuando el nivel del mismo está por encima del de la bomba.

Tipos CM-EF, VM-EF y VR-EF:

Esta ejecución es idéntica al tipo CM-EP, VM-EP, VR-EP, pero añadiendo un purgador mecánico de flotador a la descarga de la bomba, para evitar la salida del líquido al exterior. De esta manera, el fluido de agua una vez cebada la bomba principal, es descargada al purgador mecánico de flotador. Al igual que en la ejecución CM-EP, VM-EP y VR-EP, la bomba trabaja solamente durante el cebado de la bomba principal. Esto produce un ahorro de energía y una mayor vida útil de la bomba de autocebado.

Tipos CM-VP, VM-VP y VR-VP:

Sistema de cebado basado en un eyector tipo venturi, al que se le introduce aire comprimido a una presión de 5 a 7 Bar. La depresión producida en el eyector al paso del aire, se encarga de realizar el vacío de la 1ª fase. Una vez cebada la bomba principal, la presión creada en la descarga, activa el presostato, y su señal, después de retardarse por un temporizador, llega a una válvula solenoide, que corta el suministro de aire comprimido al eyector. En ese momento, se desactiva la válvula neumática, que cierra el paso en la conducción existente entre la bomba principal y el eyector, quedando la bomba lista para su funcionamiento

0.3 Operation.

CM-EP, VM-VP and VR-VP Types:

The priming electropump is controled by a pressure switch, delay contactor and a motor protection starter. Which is driven by an independent electric motor. A NON RETURN VALVE on the discharge is also required on this execution to avoid air entrance. After the centrifugal pump start up, the priming electropump also starts automatically extracting the suction pipe air and liquid mixture. When a continuous liquid flow is discharged, the pump is primed. This increases the discharge pressure, opening the pressure switch, which gives order to stop the priming electropump. After 45/60 seconds delay the priming pump stops. If for any reason the centrifugal pump gets unprimed, the pressure goes down closing the pressure switch, which gives the order to start the priming pump, repeating all the cycle. An electromagnetic valve is assembled on the priming pump inlet, closing when the pump is stopped. This avoids the continuous discharge outside, when the liquid level is above the pump.

CM-EF, VM-EF y VR-EF Types:

Identical execution to CM-EP, VM-EP and VR-EP but including the mechanical purger with float avoids the priming pump discharge fluid outside. When the pump is primed the liquid spurt is discharge into the mechanical purget with float. As on the CM-EP, VM-EP and VR-EP execution, the pump only works during priming. This results in energy saving and longer priming pump life.

CM-VP, VM-VP and VR-VP Types:

Priming system based on a venturi ejector, driven by 5 to 7 Bar air pressure. The vacuum created by the airflow on the ejector sucks the air on the 1st stage. Once the main pump is primed, the pressure on the pump discharge opens the pressure switch and after the delayed time by the delay contactor, an electromagnetic valve closes the ejector air inlet. On that moment, the pneumatic valve closes the connection between pump and ejector, being the pump ready for its service.

0.3 Fonctionnement.

Type CM-VP, VM-VP et VR-VP:

Un pressostat, temporisateur horaire et démarreur de protection du moteur sont chargés de réguler le fonctionnement de la pompe d’amorçage. Lorsque l’on met la pompe centrifuge en marche, la pompe d’autoamorçage se met également en marche automatiquement pour extraire l’air de la tuyauterie d’aspiration. Un mélange d’air et d’eau est évacué vers l’extérieur. Dès qu’il n’y a plus d’air et qu’un liquide continu est évacué, la pompe principale est amorcée et la pression de refoulement augmente agissant sur le pressostat pour stopper la pompe d’amorçage. L’arrêt se fait grâce à une temporisation dans les 45/60 secondes suivantes. Si pour quelque raison, la pompe principale se désamorçait, il y aurait une chute de pression au refoulement, effet détectait par le pressostat, mettant en route la pompe d’amorçage est arrêtée. Cela évite que le liquide coule à l’extérieur quand le niveau du liquide est au dessus de la pompe.

Types CM-EF, VM-EF et VR-EF:

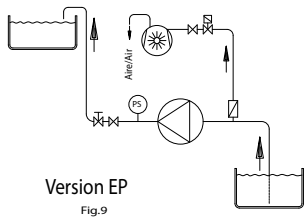
Le fonctionnement est identique aux types CM-EP, VM-EP, VR-EP mais avec l’installation complémentaire d’un purgeur mécanique à flotteur pour éviter le refoulement de fluide à l’extérieur. De cette manière, le fluide va au purgeur mécanique dès que la pompe principale est amorcée comme pour les modèles CM-EP, VM-EP et VR-EP, la pompe d’amorçage travaille seulement durant l’amorçage de la pompe principale. Il y a une économie d’énergie et un allongement de la vie de pompe auto-amorçante.

Types CM-VP, VM-VP et VR-VP :

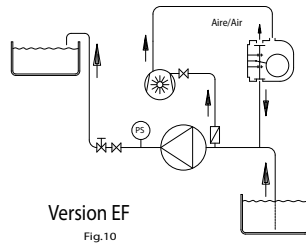
Système d’amorçage composé d’un éjecteur type Venturi dans lequel nous introduisons de l’air comprimé à une pression de 5 à 7 bars. La dépression produite dans l’éjecteur au passage de l’air permettra de faire le vide dans une première phase. Une fois la pompe principale amorcée, la pression créée dans le refoulement activera le pressostat et son signal, retardé par un temporisateur, arrivera à une vanne solénoïde qui coupe la fourniture d’air comprimé à l’éjecteur. A ce moment, la vanne pneumatique sera désactivée fermant la conduite existante entre la pompe principale et l’éjecteur mettant la pompe en état de fonctionnement.



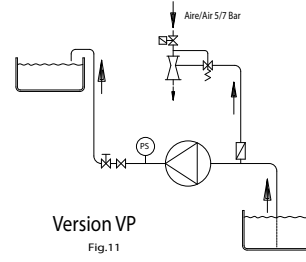
Type CM-EP, VM-EP, VR-EP



Type CM-EF, VM-EF, VR-EF



Type CM-VP, VM-VP, VR-VP



Valvula de cierre / Shut-off valve

Valvula antiretorno / Check valve

Llave de tres vias / Three-way cock

Valvula solenoide / Solenoid valve

Valvula neumatica / Pneumatic valve

Filtro / Filter

Presostato / Pressure switch

Bomba principal / Main pump

Bomba de cebado / Priming pump

Purgador mecanico con flotador
Mechanical purger with float

Eyector / Ejector

1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.

1. CONSTRUCTIVE FEATURES.

1. CONSTRUCTIVE FEATURES.

Tipo de bomba / Pump Type		CM-VM-VR
	Standard	90°C
Tem. Mac (°C)	Bajo demanda Under requeriment	130°C
Cierre del eje Shaft seal	Standard	Cierre mecánico Mechanical seal
SENTIDO DE GIRO ROTATING SENSE		IZQUIERDAS ANTICLOCKWISE
R.P.M.	50 Hz.	1450 y 2900
	60 Hz.	1750 y 3450
IEC MOTOR	Bomba Principal Main Pump	V1
	Cebado Priming	B3/B5
BRIDAS FLANGES	DN50-DN150	PN 16
	DN200-DN300	EM 1092 PN 10

1.1. Materiales

1.1. Materials

1.1. Materials

Materiales estándar / Standard materials		
Cuerpo de bomba Pump casing	BRONZE G-CuSn5ZnPB (RG5)	HIERRO F. / C. IRON GG25
Rodete Impeller	BRONZE G-CuSn5ZnPB (RG5)	BRONZE G-CuSn5ZnPB (RG5)
Tapa del cuerpo Casing cover	BRONZE G-CuSn5ZnPB (RG5)	HIERRO F. / C. IRON GG25
Eje Shaft	ACERO INOX. / ST. STEEL X5CrNiMo 18 10 (Aisi 316)	ACERO INOX. / ST. STEEL X5CrNiMo 18 10 (Aisi 316)



Bajo demanda, se pueden fabricar los distintos componentes en diversos materiales como hierro fundido nodular, acero inoxidable, otros tipos de bronce, etc.

1.2 Aplicaciones:

El cuidado diseño de estas bombas permite su aplicación en servicios en los que el espacio requerido sea factor determinante. Estas bombas verticales IN-LINE pueden montarse en tramos rectos de tubería. Permiten el acceso a los órganos interiores de la bomba, rodete, retén mecánico, rodamientos, anillos de desgaste, etc. sin necesidad de soltar las tuberías de aspiración e impulsión.

En la serie CM, además no es necesario desmontar el motor ni las conexiones eléctricas. Fig. 12 y 12A.

Relación parcial de sectores de aplicación:

Marina:

- Servicios generales: achique de sentinas, lastre, baldeo o contraincendios.
- Refrigeración por agua dulce y salada de: motor principal, auxiliares, reductor, etc.
- Circulación y trasiego de salmuera.
- Circulación de agua en condensadores y generadores.
- Servicios de frío y aire acondicionado.
- Servicios portuarios y de astilleros.

Aplicaciones en general:

- Cogeneración.
- Aire acondicionado y calefacción.
- Sistemas de refrigeración.
- Abastecimientos de agua.
- Sistemas de riego.
- Bombeo de líquidos limpios o poco cargados.

1.3 Selección del tipo de bomba:

Consultar los gráficos de características (pág. 10 y 13), eligiendo las correspondientes a la frecuencia disponible, 50 ó 60 Hz y velocidad deseada (rpm). Conocidos los datos de caudal Q y altura manométrica H, preseleccionar el tipo o tipos que cumplen con los mismos. Para la selección definitiva, consultar las curvas particulares de las bombas preseleccionadas. En estas curvas obtendremos los datos de rendimiento (%), diámetro de rodete, potencia absorbida P, caudal Q, altura H y NPSH requerido.

Under requirement the pump components are available in different materials as nodular cast iron, stainless steel, other kinds of bronze, etc.

1.2 Applications:

The design of these pumps enables its application on services where the small space is a critical question. These vertical IN-LINE pumps can be assembled on straight pipelines. The pump inner parts as impeller, mechanical seal, ball bearings, wear rings, etc. are easily accessible without any need for suction and discharge pipe removal.

On the CM series, moreover it is not necessary to disassembly motor, nor the electrical connections. Fig. 12 and 12A.

Some application fields are:

Marine:

- General services: bilge, ballast, deck wash or fire fighting.
- Fresh water and sea water cooling of: main engine, auxiliary, gear box, etc.
- Brine circulation and transfer.
- Water circulation on condensers and f.w. generators.
- Air conditioning and freezing services.
- Harbour and shipyard services.

General applications:

- Power plants.
- Air conditioning and heating.
- Cooling systems.
- Water supply.
- Irrigation systems.
- Clear or lightly charged liquid pumping.

1.3 Pump type selection:

On the performance graphs (page 10 and 13), select the available frequency, 50 or 60 Hz and the desired speed (rpm). With the required capacity Q and manometric head H, preselect the suitable type or types. For the final selection, check the individual pump curves. These curves indicate the efficiency (%), impeller diameter, consumed power P, capacity Q, head H and NPSH required.

En option, on peut retarder le démarrage de la pompe par rapport à la mise en route de l'éjecteur, par l'intermédiaire d'un temporisateur. Les temporisateurs décrits ne sont pas inclus dans la fourniture standard. Sur demande, nous pouvons fabriquer les différents composants en divers matériaux tels que fonte modulaire, acier inoxydable, autres types de bronze, etc...

1.2 Applications:

The design of these pumps enables its application on services where the small space is a critical question. These vertical IN-LINE pumps can be assembled on straight pipelines. The pump inner parts as impeller, mechanical seal, ball bearings, wear rings, etc. are easily accessible without any need for suction and discharge pipe removal.

On the CM series, moreover it is not necessary to disassembly motor, nor the electrical connections. Fig. 12 and 12A.

Some application fields are:

Marine:

- General services: bilge, ballast, deck wash or fire fighting.
- Fresh water and sea water cooling of: main engine, auxiliary, gear box, etc.
- Brine circulation and transfer.
- Water circulation on condensers and f.w. generators.
- Air conditioning and freezing services.
- Harbour and shipyard services.

General applications:

- Power plants.
- Air conditioning and heating.
- Cooling systems.
- Water supply.
- Irrigation systems.
- Clear or lightly charged liquid pumping.

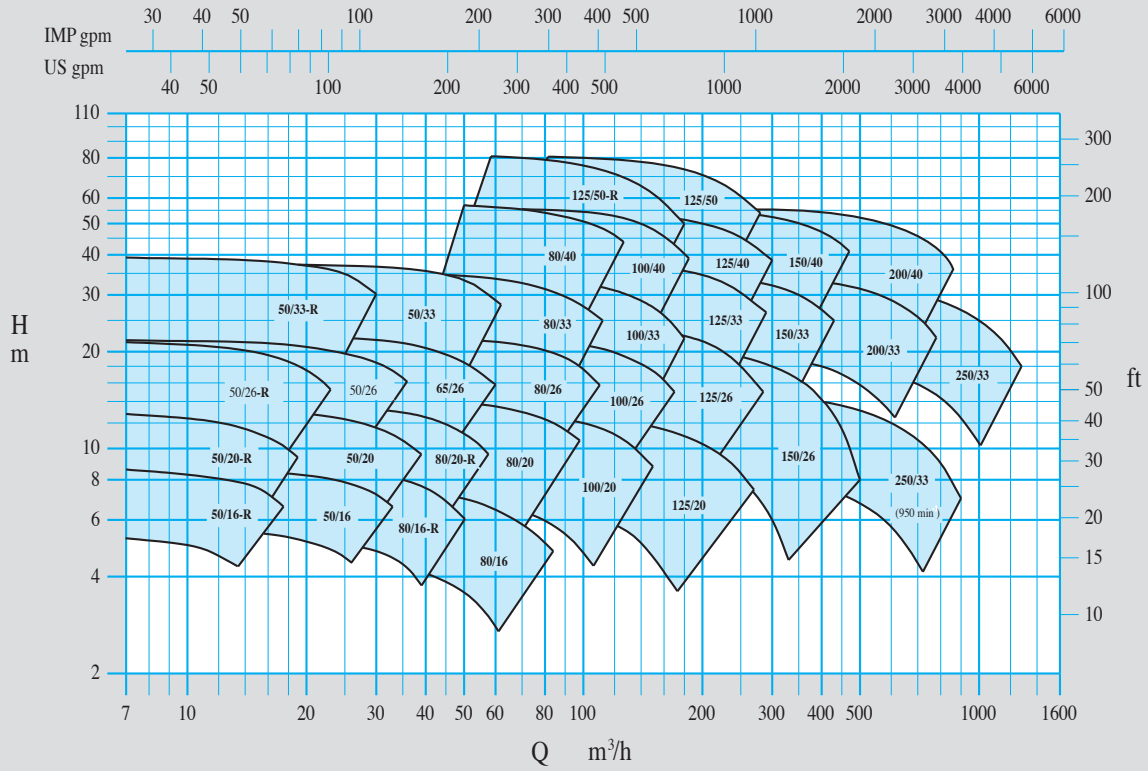
1.3 Pump type selection:

On the performance graphs (page 10 and 13), select the available frequency, 50 or 60 Hz and the desired speed (rpm). With the required capacity Q and manometric head H, preselect the suitable type or types. For the final selection, check the individual pump curves. These curves indicate the efficiency (%), impeller diameter, consumed power P, capacity Q, head H and NPSH required.

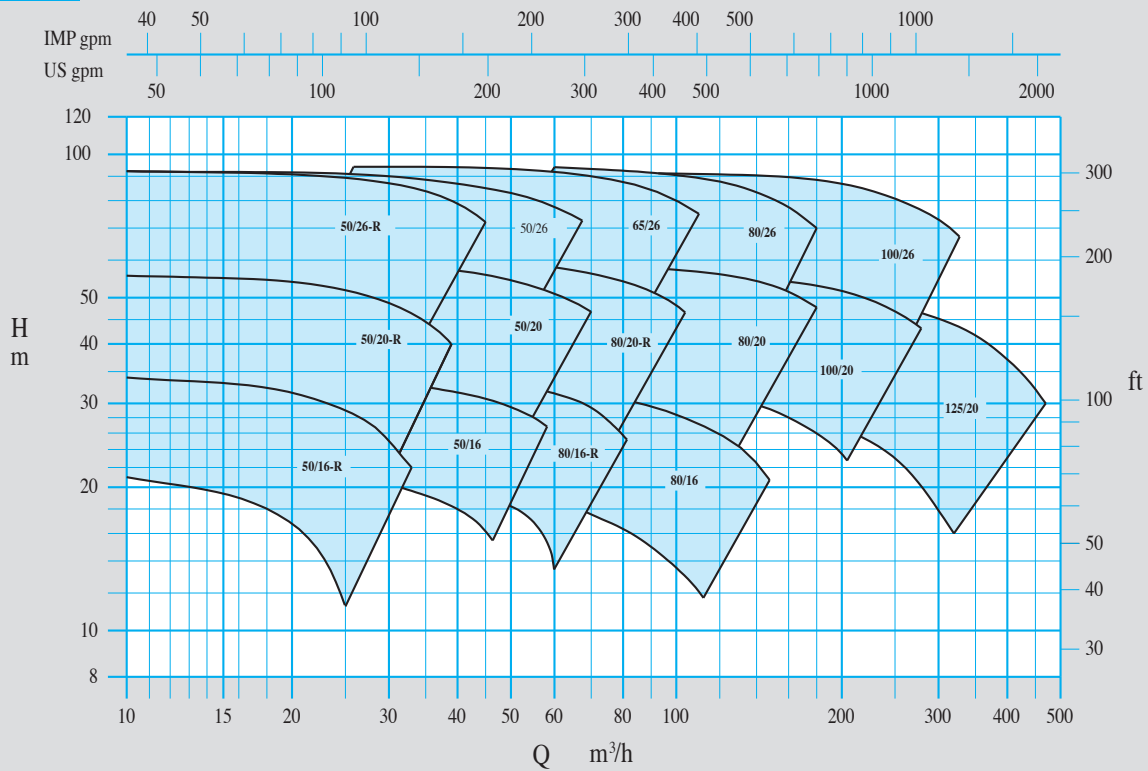


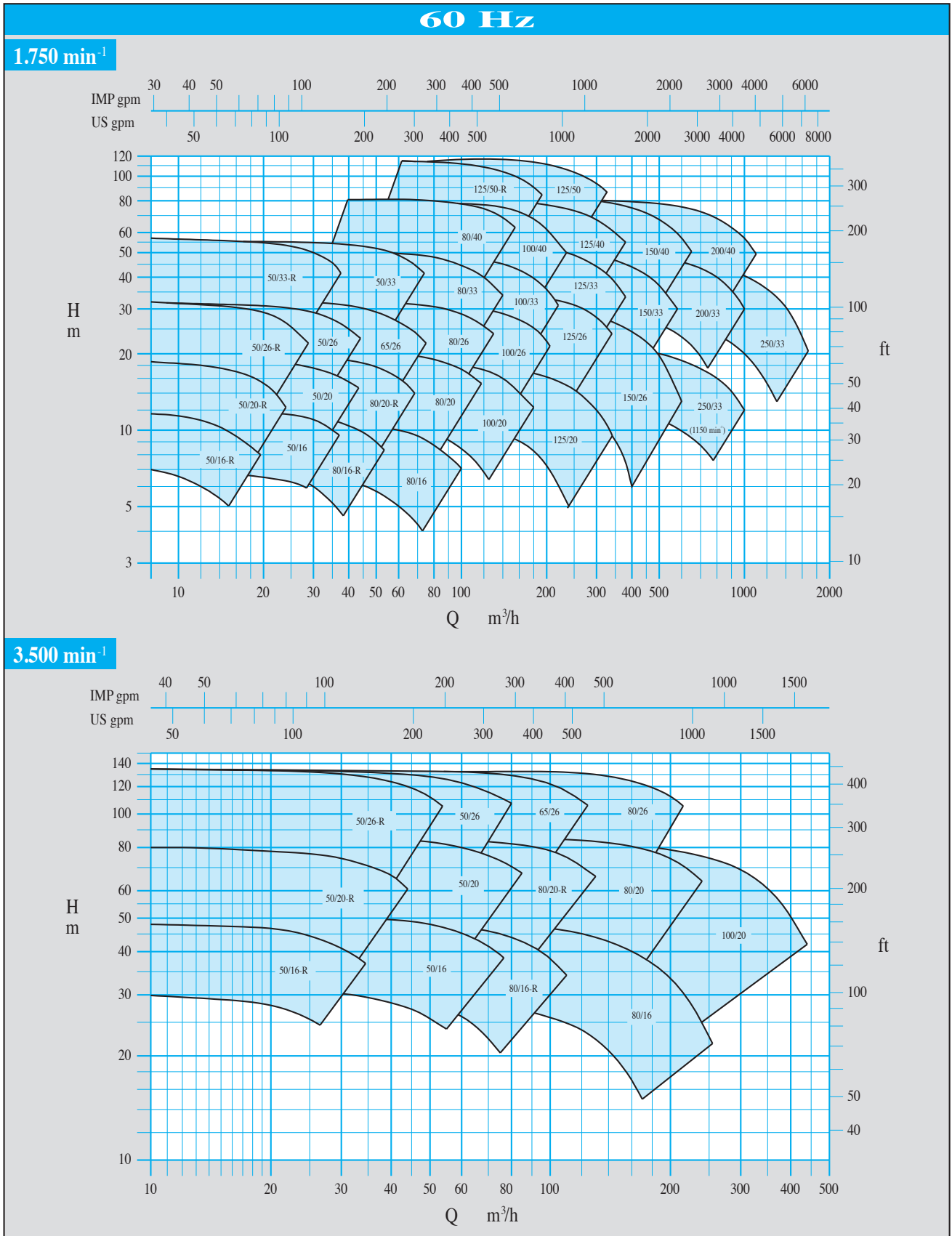
50 Hz

1.450 min⁻¹



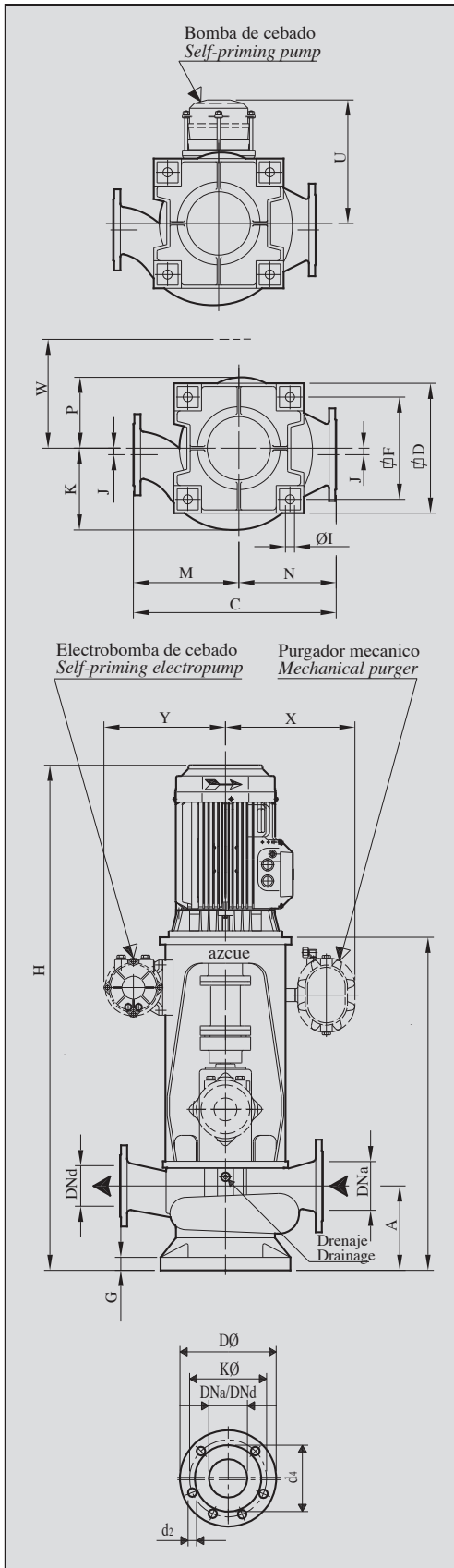
2.900 min⁻¹







Serie CM Series



TIPO / TYPE	DNa	DNd	A	B	D	F	G	I	J	M	N	C	K	P	U	W	X	Y	H	Kg
50/16 (R)	65	50	175	905	320	250	40	21	10	190	190	380	175	-	369	725	330	405	1185 1435	100
50/20 (R)	65	50	170	905	320	250	40	21	10	225	235	460	175	-	369	750	365	440	1165 1485	135
50/26 (R)	65	50	196	970	400	315	40	28	80	240	250	490	-	-	369	750	385	460	1215 1600	195
50/33	65	50	185	980	400	315	40	28	65	275	275	550	235	-	381	850	425	500	1320 1680	195
65/26	80	65	218	990	400	315	40	28	10	275	275	550	225	-	369	750	385	460	1230 1690	200
80/16 (R)	100	80	185	910	320	250	40	21	10	225	225	450	175	-	369	725	365	440	1190 1490	135
80/20 (R)	100	80	180	930	320	250	40	21	10	250	240	490	225	-	369	750	365	440	1190 1635	145
80/26	100	80	240	1030	400	315	40	28	20	300	300	600	275	-	381	775	385	460	1245 1805	185
80/33	100	80	230	1010	520	405	40	28	65	325	325	650	275	-	381	850	425	500	1350 1910	235
80/40	100	80	225	1015	520	405	40	28	65	350	350	700	-	-	381	900	450	525	1545 1715	265
100/20	125	100	225	1020	400	315	40	28	80	250	250	500	275	-	381	775	385	460	1265 1720	200
100/26	125	100	230	1055	400	315	40	28	10	300	300	600	275	-	381	775	385	460	1365 1950	195
100/33	125	100	235	1010	520	405	40	28	60	330	330	660	-	-	381	850	425	500	1540 2010	240
100/40	125	100	232	1190	520	405	40	28	10	405	380	785	275	-	391	925	450	525	1690 1965	360
125/20	150	125	255	1040	400	315	40	28	20	325	300	625	225	-	381	775	385	460	1285 1740	225
125/26	150	125	260	1030	400	315	40	28	20	325	300	625	255	210	381	775	385	460	1560 1660	205
125/33	150	125	280	1230	520	405	40	28	20	350	350	700	330	-	391	875	425	500	1780 2330	310
125/40	150	125	280	1215	520	405	40	28	20	425	400	825	320	290	391	925	450	525	1845 2115	375
125/50 (R)	150	125	265	1235	625	515	30	28	80	425	400	825	335	-	391	975	500	575	2100 2335	590
150/26	200	150	276	1250	520	405	40	28	80	315	315	630	300	-	391	875	425	500	1780 1950	350
150/33	200	150	292	1225	520	405	40	28	20	375	350	725	275	-	391	875	425	500	1805 2000	360
150/40	200	150	260	1265	520	405	40	28	80	400	375	775	330	290	391	925	450	525	1925 2265	385
200/33	250	200	249	1275	520	405	40	28	20	400	375	775	350	-	391	875	425	500	1945 2275	390
200/40	250	200	262	1300	520	405	40	28	20	525	500	1025	365	290	391	875	425	500	2070 2430	440
250/33	300	250	290	1350	520	405	40	28	80	400	400	800	375	290	391	925	450	525	2115 2350	475
250/40	300	250	290	1350	625	515	30	28	80	525	500	1025	410	330	391	950	500	575	2250 2450	550

"W": Corresponden al espacio mínimo a prever, para el desmontaje de los órganos interiores.
"W": Minimum necessary space for pump dismatling.

"H": Altura máx. y mín. aproximada para los diferente motores que se pueden montar con cada tipo de bomba.
"H": Approximate maximum and minimum total height for the different possible motors.

PESOS: Los indicados en la tabla corresponden a la serie CM sin motor. Serie CM-GR más 28 Kgs.
 Serie CM-GF más 42 Kgs. Serie CM-EP más 48 Kgs.

WEIGHTS: For CM series, without motor. CM-GR series add 28 kg.
 CM-GF series add 42 kg. CM-EP series add 48 kg.

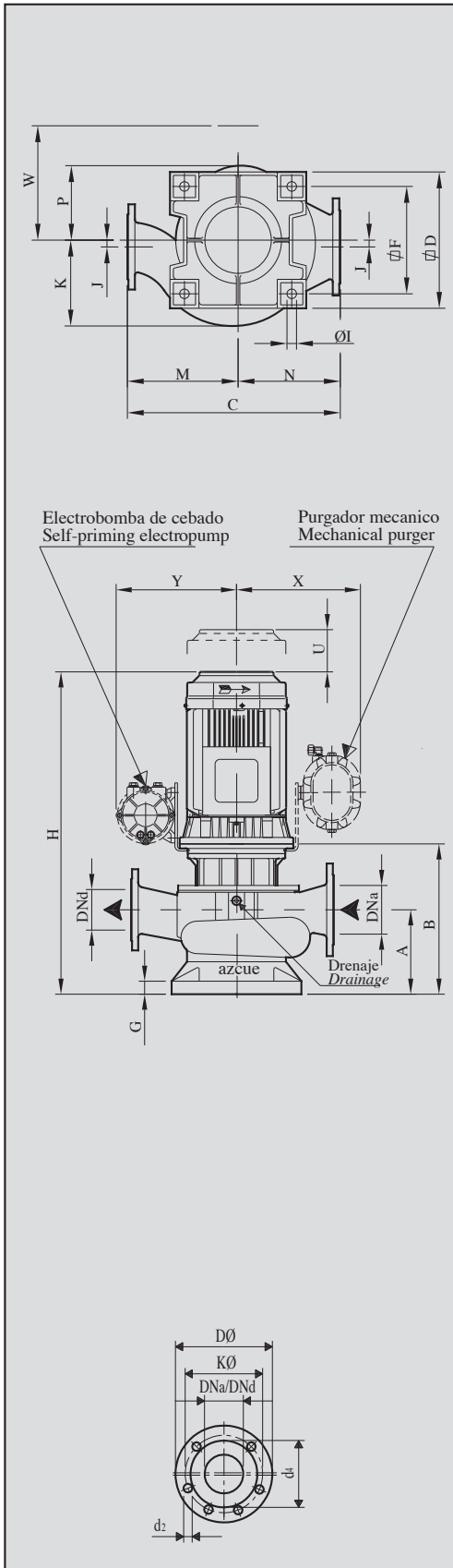
DNa	DNd	50	65	80	100	125	150	200	250	300
d4		102	122	138	158	188	212	268	320	370
KØ		125	145	160	180	210	240	295	350	400
DØ		165	185	200	220	250	285	340	395	445
Nº		4	4	8	8	8	8	8	12	12
d2		18	18	18	18	18	22	22	22	22

DN 50, 65, 80, 100, 125, 150 DIN 2501, PN 16
 DN 200, 250, 300 DIN 2501, PN10

Sujeto a cambios / Subject to alterations / Sujeta a des modifications



Serie VM Series



TIPO / TYPE	DNa	DNd	A	B max.	D	F	G	I	J	M	N	C	K	P	U	W	Y	X	H max.	Kg
50/16 (R)	65	50	175	375	320	250	40	21	10	190	190	380	-	-	190	450	365	390	945	59
50/20 (R)	65	50	170	410	320	250	40	21	10	225	235	460	-	-	190	450	390	415	980	75
50/26 (R)	65	50	196	436	400	315	40	28	80	240	250	490	-	-	190	565	390	415	980	90
50/33	65	50	185	410	400	315	40	28	65	275	275	550	210	-	190	565	390	415	980	105
65/26	80	65	218	435	400	315	40	28	10	275	275	550	-	-	190	565	390	415	1050	135
80/16 (R)	100	80	185	420	320	250	40	21	10	225	225	450	-	-	210	450	390	415	990	75
80/20 (R)	100	80	180	415	320	250	40	21	10	250	240	490	175	-	190	450	390	415	1030	75
80/26	100	80	240	425	400	315	40	28	20	300	300	600	-	-	200	565	390	415	1040	115
80/33	100	80	230	420	520	405	40	28	65	325	325	650	-	-	200	565	390	415	1035	145
80/40	100	80	225	400	520	405	40	28	65	350	350	700	-	-	200	565	390	415	1015	170
100/20	125	100	225	440	400	315	40	28	80	250	250	500	-	-	210	565	390	415	1055	125
100/26	125	100	230	440	400	315	40	28	10	300	300	600	215	-	210	565	390	415	1055	130
100/33	125	100	235	410	520	405	40	28	60	330	330	660	-	-	225	565	390	415	1025	155
125/20	150	125	255	440	400	315	40	28	20	325	300	625	225	-	225	565	390	415	1055	145
125/26	150	125	260	430	400	315	40	28	20	325	300	625	255	210	225	565	390	415	1045	140

- "W":** Corresponden al espacio mínimo a prever, para el desmontaje de los órganos interiores.
Minimum necessary space for pump dismatling.
- "H":** Altura máxima aproximada para los diferentes motores que se pueden montar con cada tipo de bomba.
Aproximate maximum total height for the different possible motors.
- PESOS:** Los indicados en la tabla corresponden a la serie VM sin motor. Serie VM-EP más 48 Kgs.
Serie VM-EF más 62 Kgs.
- WEIGHTS:** For VM series, without motor. VM-EP series add 48 kg. VM-EF series add 62 kg.

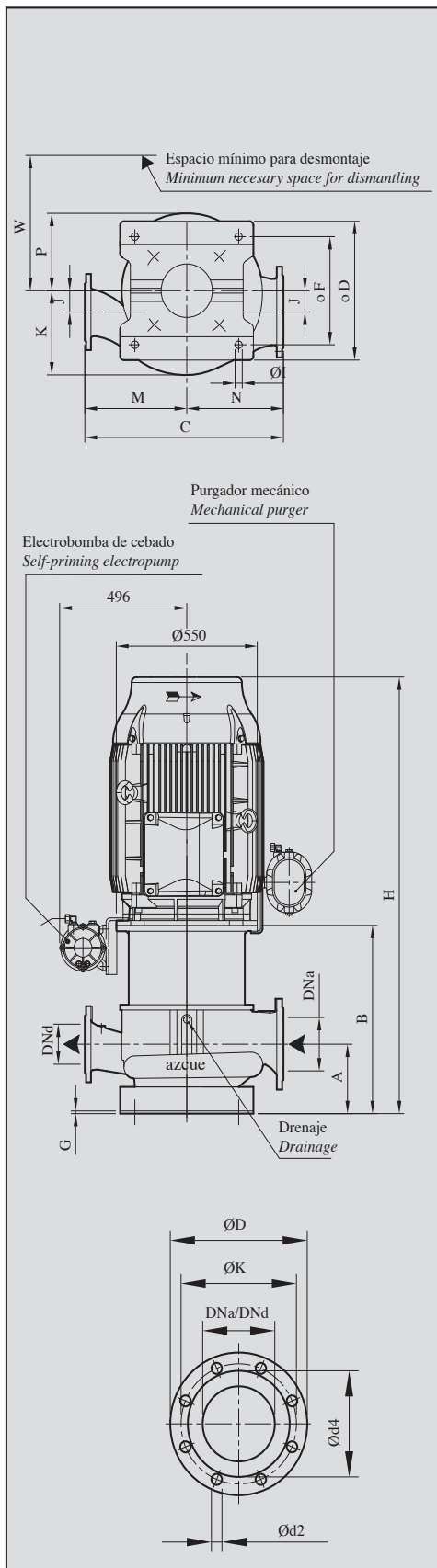
DNa	DNd	50	65	80	100	125	150
d4		102	122	138	158	188	212
KØ		125	145	160	180	210	240
DØ		165	185	200	220	250	285
Nº		4	4	8	8	8	8
d2		18	18	18	18	18	22

DN 50, 65, 80, 100, 125, 150 DIN 2501, PN 16

Sujeto a cambios / Subjet to alterations / Sujet a des modifications



Serie VR Series



TIPO / TYPE	DNa	DNd	A	B	D	F	G	I	J	M	N	C	K	P	W	H
80/26	100	80	240	600	400	315	10	28	20	300	300	600	-	-	775	1600
80/33	100	80	230	590	520	405	10	28	65	325	325	650	-	-	850	1590
100/26	125	100	230	625	400	315	10	28	10	300	300	600	215	-	775	1525
100/33	125	100	235	610	520	405	10	28	60	330	330	660	-	-	850	1610
125/40	150	125	280	698	520	405	10	28	20	425	400	825	-	-	925	1798
125/50	150	125	265	690	625	515	12	28	80	425	400	825	-	-	975	1690
150/33	200	150	292	704	520	405	10	28	20	375	350	725	-	-	875	1479
150/40	200	150	260	718	520	405	10	28	80	400	375	775	330	290	925	1618
150/50	200	150	265	700	625	515	12	28	80	450	425	900	382	-	975	1700
200/33	250	200	249	733	520	405	10	28	20	400	375	775	352	-	875	1833
250/33	300	250	290	791	520	415	10	28	80	400	400	800	-	-	825	1791
250/40	300	250	270	758	625	515	12	28	80	475	500	975	405	-	950	1758

DN 80, 100, 125, 150 DIN 2501, PN 16

DN 200, 250, 300 DIN 2501, PN 10

DNa \ DNd	80	100	125	150	200	250	300
d ₄	138	158	188	212	268	320	370
K ^Ø	160	180	210	240	295	350	400
D ^Ø	200	220	250	285	340	395	445
N ^º	8	8	8	8	8	12	12
d ₂	18	18	18	22	22	22	22



Denominación Denomination	1 Voluta y tapa Volute casing and cover Volute et couvercle	1 Rodete Impeller roue	2 Eje Shaft Arbre	3 4 Rodamientos Bearings Roulements	1 Cierre mecánico Mechanical seal Etanchéité mécanique	1 Anillo desgaste tapa Cover wear ring Bague d'usure couvercle	1 Anillo desgaste voluta Volute wear ring Bague d'usure volute	1 Juego de juntas Set of joints Jeu des joints
Ref.	1112-1221.1	2200.1	2100.1	3011.1-2-3-4	4200.1	1500.1	1500.2	
50/16-R	1	1	1A	1B	1	1	2	1
50/16	1	2	1A	1B	1	1	3	1
50/20-R	2	3	1A	1B	1	1	4	2
50/20	2	4	1A	1B	1	1	3	2
50/26-R	3	5	1A	1B	1	1	6	3
50/26	3	6	1A	1B	1	1	3	3
50/33	4	7	2A	2B	2	2	7	4
65/26	5	8	1A	1B	1	1	8	3
80/16-R	6	9	1A	1B	1	1	9	1
80/16	6	10	1A	1B	1	1	7	1
80/20-R	7	11	1A	1B	1	1	9	2
80/20	7	12	1A	1B	1	1	7	2
80/26	8	13	2A	2B	2	2	11	3
80/33	9	14	2A	2B	2	2	7	4
80/40	10	15	2A	2B	2	2	7	5
100/20	11	16	2A	2B	2	2	12	3
100/26	12	17	2A	2B	2	2	13	3
100/33	13	18	2A	2B	2	2	13	4
100/40	14	19	3A	3B	3	3	14	5
125/20	15	20	2A	2B	2	2	15	3
125/26	16	21	2A	2B	2	2	15	3
125/33	17	22	3A	3B	3	3	17	4
125/40	18	23	3A	3B	3	3	17	5
125/50-R	19	24	4A	4B	4	4	18	6
125/50	19	25	4A	4B	4	4	19	6
150/26	20	26	3A	3B	3	3	20	7
150/33	21	27	3A	3B	3	3	19	4
150/40	22	28	5A	5B	5	3	21	5
200/33	23	29	3A	3B	3	3	23	4
200/40	24	30	5A	5B	5	3	23	5
250/33	25	31	5A	5B	5	3	25	5

1 Piezas comunes a series CM y VM.
Same pieces for CM and VM series.
Memes pièces pour series CM et VM.

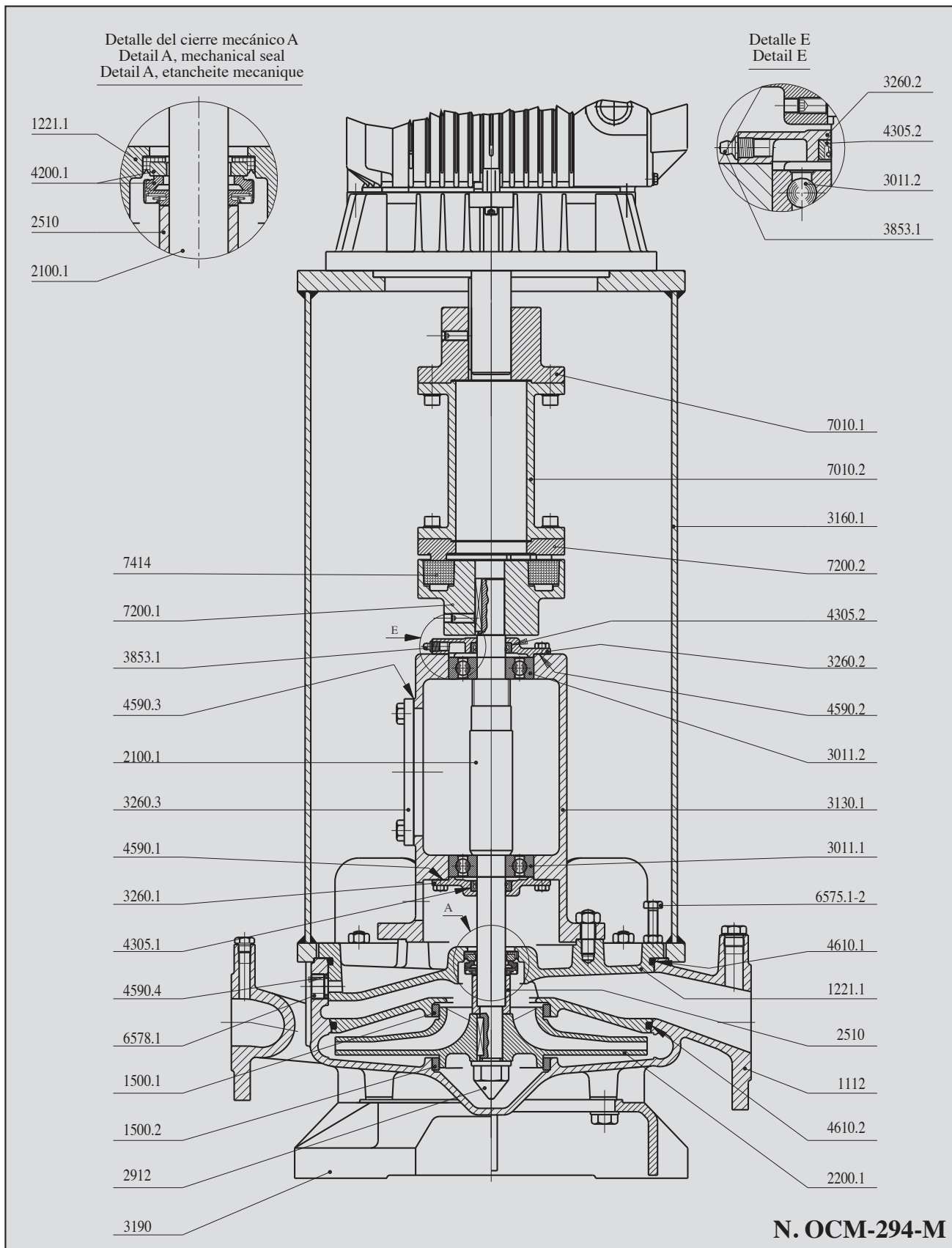
2 Eje para las ejecuciones CM, CM-EP, CM-VP, y CM-EF.
La serie VM posee distintos ejes para cada tipo de bomba,
en función de los distintos motores.
Shaft for CM, CM-EP, VM-VP and CM-EF executions.
VM series has different shafts for the same pump type,
depending on the different motors.
Arbre pour executions CM, CM-EP, CM-VP et CM-EF.
La serie VM ensemble different arbres pour chaque type de
pompe, par rapport aux different moteurs.

3 Eje para las ejecuciones CM-GR y CM-GF.
Shaft for CM-GR and CM-GF.
Arbre pour executions CM-GR et CM-GF.

4 La serie VM no incluye rodamientos de la bomba.
The VM series does not include pump ball bearings.
La serie VM n'est pas équipée de roulements de la pompe.



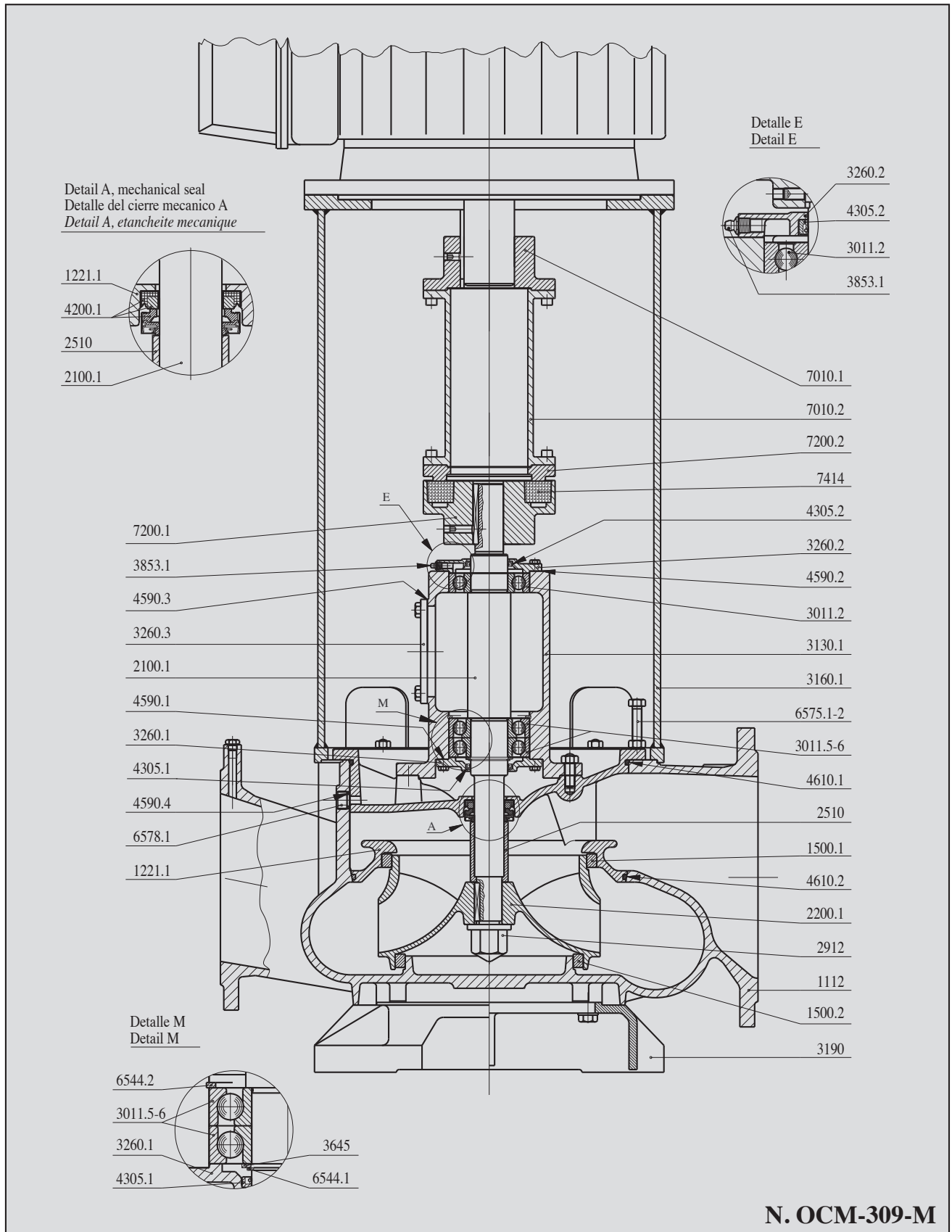
Serie CM Series





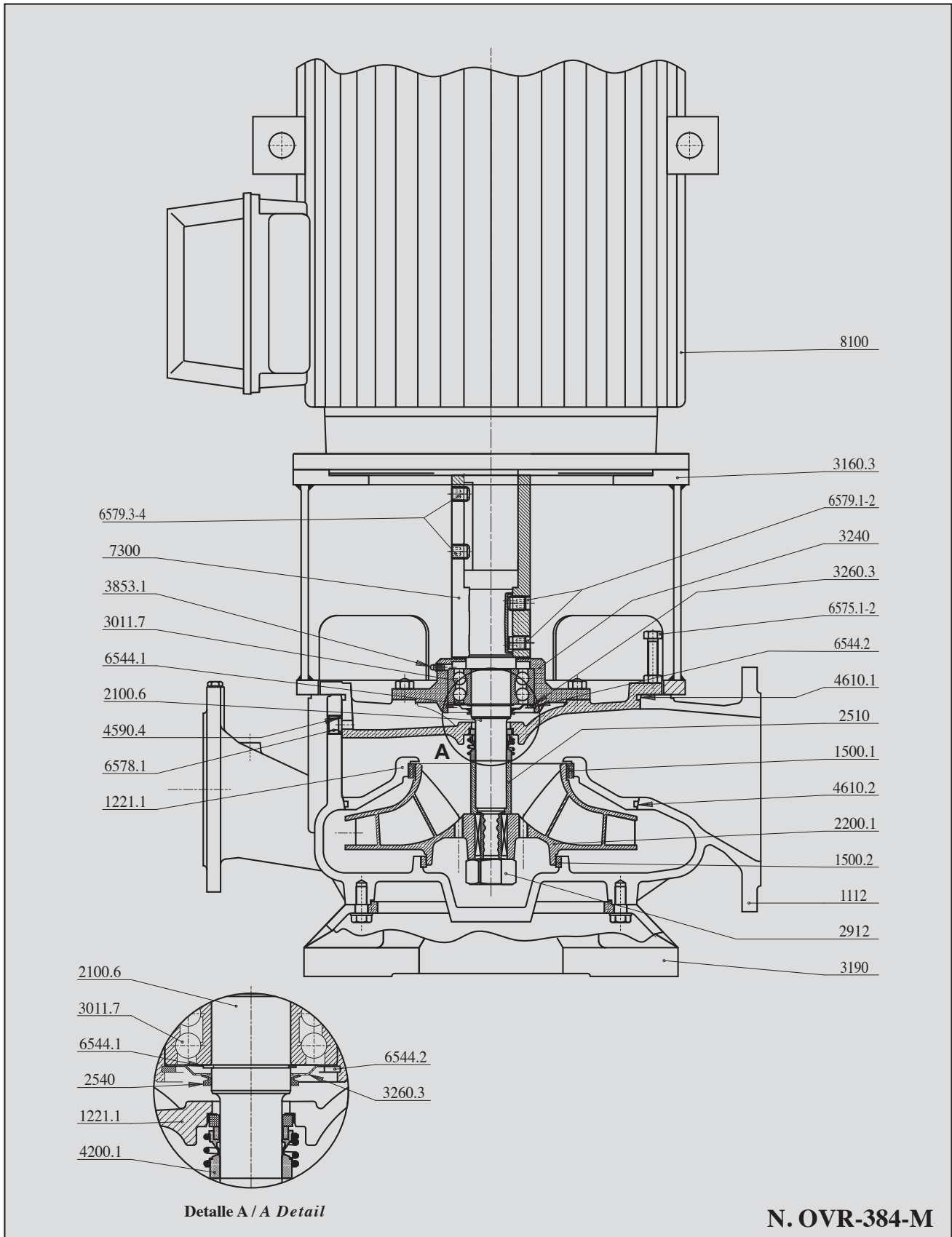
Serie CM-FR Series

Serie CM (Tipos 125/50, 150/40, 200/40, 250/33 y 250/40 Types)



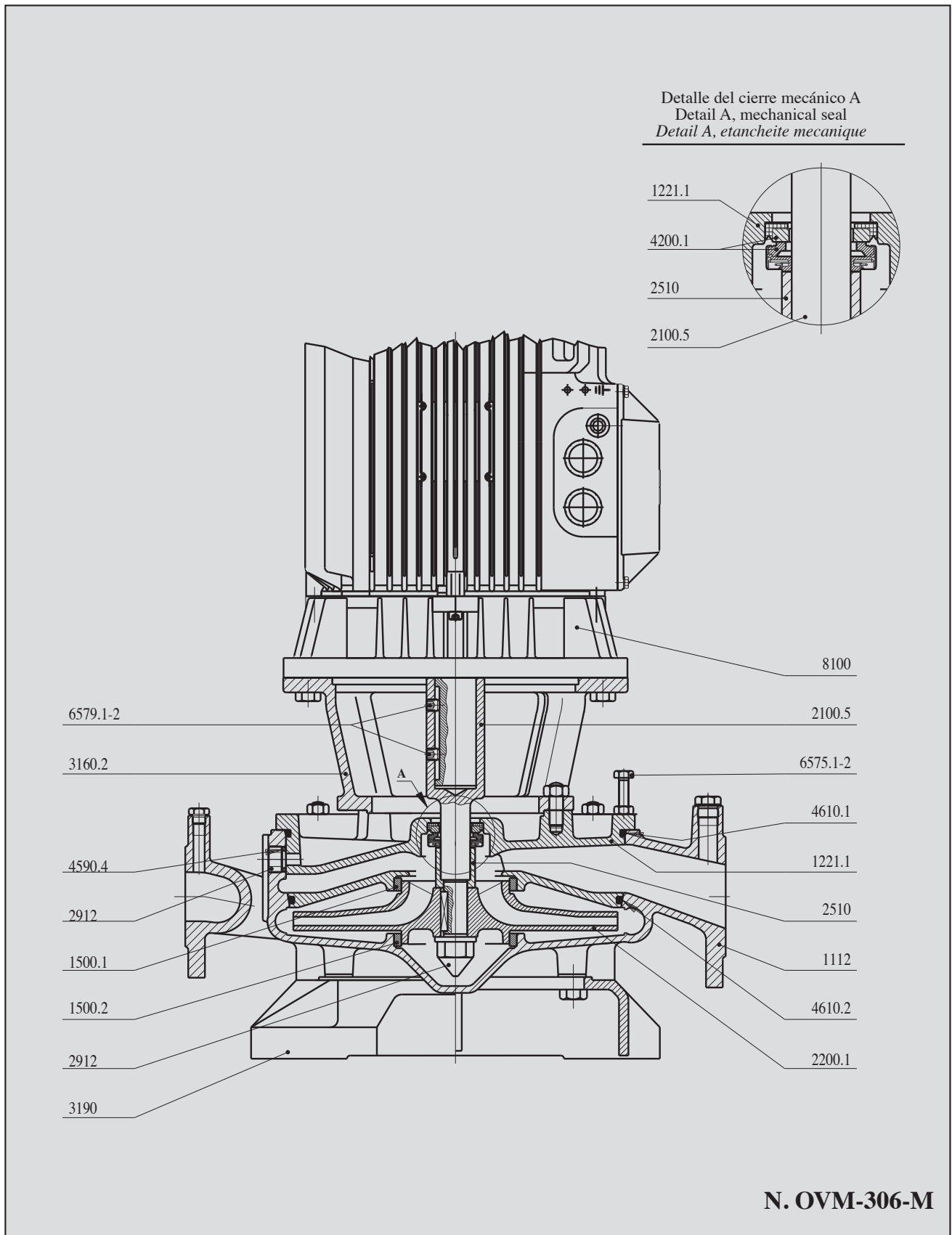


Serie VR Series





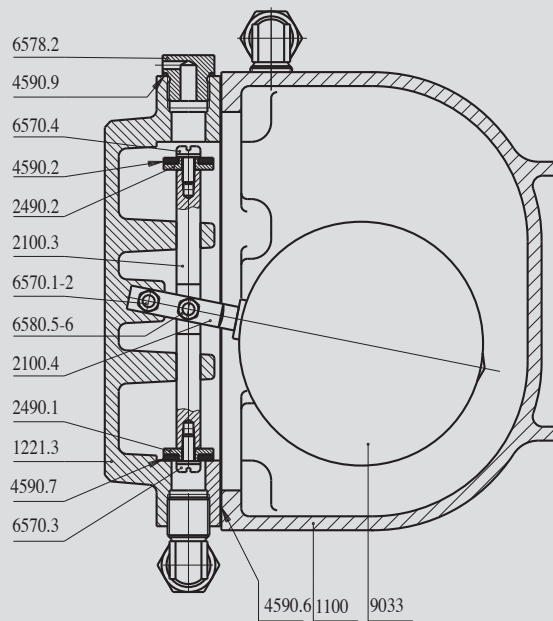
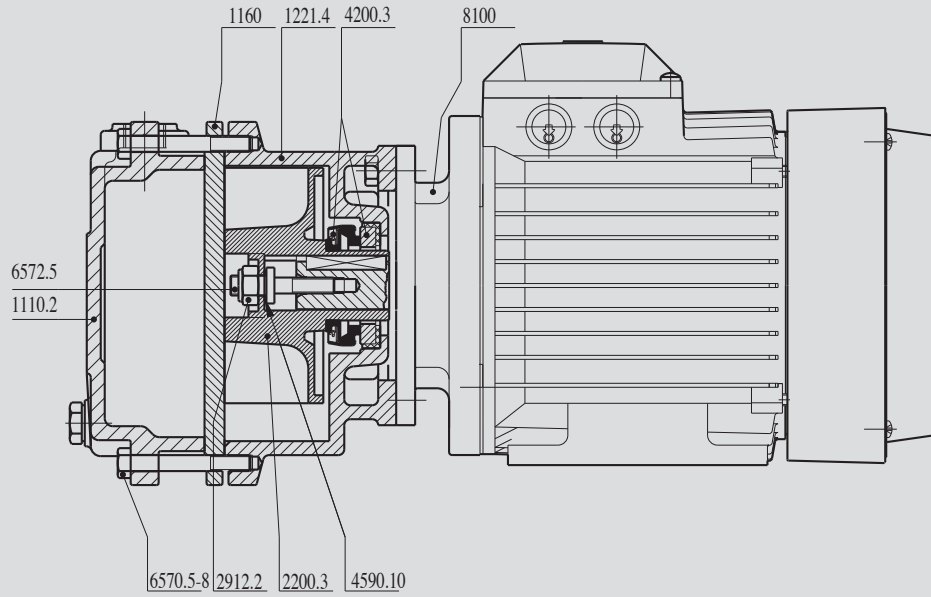
Serie VM Series





Versión EP

VAC4-344-M



N. FLT-310-M

Versión GF



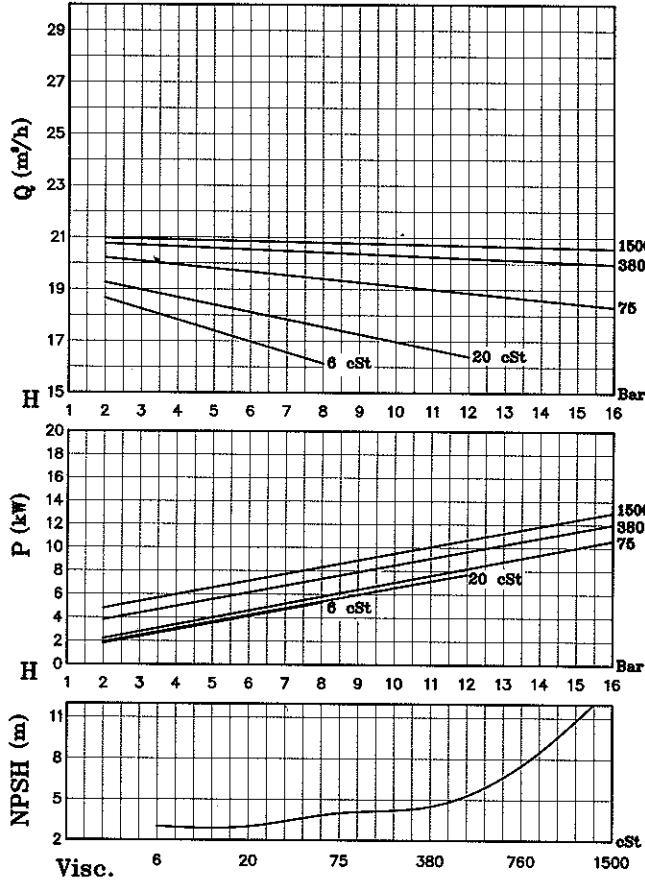
DENOMINACIÓN / DESCRIPTION	Ref.
Cuerpo de bomba / Pump casing / Corps de pompe	1100
Cuerpo de bomba / Pump casing / Corps de pompe	1100.2
Voluta / Volute casing / Volute	1112
Tapa del cuerpo / Casing cover / Couvercle	1221.1
Tapa del cuerpo / Casing cover / Couvercle	1221.3
Tapa del cuerpo / Casing cover / Couvercle	1221.4
Pared intermedia / Interstage plate / Cloison intermédiaire	1471
Anillo de desgaste / Casing wear ring / Bague d'usure	1500.1
Anillo de desgaste / Casing wear ring / Bague d'usure	1500.2
Eje / Shaft / Arbre	2100.1
Eje / Shaft / Arbre	2100.3
Eje / Shaft / Arbre	2100.4
Eje / Shaft / Arbre	2100.5
Eje / Shaft / Arbre	2100.6
Rodete / Impeller / Roue	2200.1
Rodete / Impeller / Roue	2200.3
Casquillo de empuje / Locating collar / Entretoise d'épaulement	2490.1-2
Anillo distanciador / Spacer ring / Bague entretoise	2510
Deector / Thrower / Deecteur	2540
Tuerca del bloqueo del rodete / Impeller nut / Ecrou de blocage roue	2912
Tuerca del bloqueo del rodete / Impeller nut / Ecrou de blocage roue	2912.2
Rodamiento radial de bolas / Radial ball bearing / Roulement a billes	3011.1-2
Rodamiento radial de bolas / Radial ball bearing / Roulement a billes	3011.5-6
Rodamiento radial de bolas / Radial ball bearing / Roulement a billes	3011.7
Cuerpo del soporte doble / Bearing bracket / Corps de palier	3130.1
Linterna soporte del motor / Motor stool / Lanterne support de moteur	3160.1
Linterna soporte del motor / Motor stool / Lanterne support de moteur	3160.2
Linterna soporte del motor / Motor stool / Lanterne support de moteur	3160.3
Pie / Foot / Pietement	3190
Alojamiento del cojinete / Bearing cover / Voir	3240
Tapa del soporte / Bearing cover / Couvercle de palier	3260.1-2
Tapa del soporte / Bearing cover / Couvercle de palier	3260.3
Arandela distanciadora / Disc spacer / Rondelle entretoise	3645
Racor de engrase / Grease nipple / Graisseur	3853.1-2
Reten mecanico / Mechanical seal / Garniture mecanique	4200.1
Reten mecanico / Mechanical seal / Garniture mecanique	4200.3
Anillo de estanqueidad del eje / Shaft seal ring / Bague d'étancheite d'arbre	4305.1-2
Junta plana / Gasket / Joint plat	4590.1-2
Junta plana / Gasket / Joint plat	4590.4
Junta plana / Gasket / Joint plat	4590.6
Junta plana / Gasket / Joint plat	4590.7-8
Junta plana / Gasket / Joint plat	4590.9
Junta plana / Gasket / Joint plat	4590.10
Junta torica / O-ring / Joint torique	4610.1
Junta torica / O-ring / Joint torique	4610.2
Anillo de cierre / Circlip / Circlips	6544.1
Anillo de cierre / Circlip / Circlips	6544.2
Tornillo / Screw / Vis	6570.1-2
Tornillo / Screw / Vis	6570.3-4
Tornillo / Screw / Vis	6570.5-8
Esparrago / Stud / Goujan lete	6572.5
Tornillo de desmontaje / Jack screw / Vis d'extraction	6575.1-2
Tapon roscado / Threaded plug / Bouchon lete	6578.1
Tapon roscado / Threaded plug / Bouchon lete	6578.2
Tornillo de exagono interior / Socket head cap screw / Boulon a six pans creux	6579.1-2
Tornillo de exagono interior / Socket head cap screw / Boulon a six pans creux	6579.3-4
Tuerca / Nut / Ecrou	6580.5-6
Acoplamiento de transmision / Drive coupling / Accouplement entre pompe et moteur	7010.1
Acoplamiento distanciador / Spacer coupling / Accouplement spacieur	7010.2
Semi-acoplamiento / Coupling half / Demi-accouplement	7200.1
Semi-acoplamiento / Coupling half / Demi-accouplement	7200.2
Acoplamineto semi-elastico / Semi-elastic coupling / Semi-elastic accouplement	7300
Amortiguador del acoplamiento / Coupling bush / Garniture de broche	7414
Motor	8100
Flotador / Float / Flotteur	9033

Curvas de características

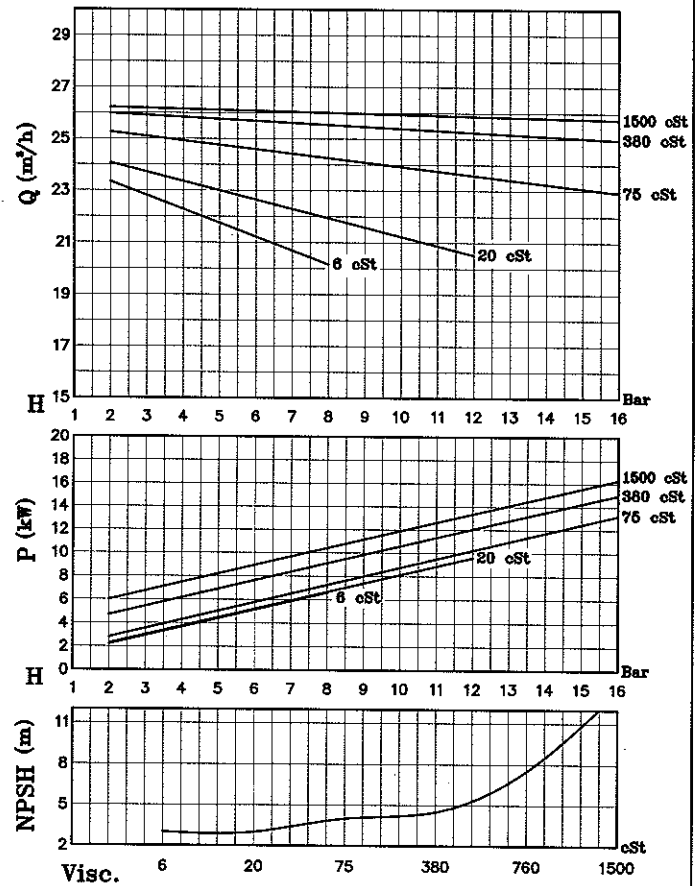
Performance curves

Diagrammes de caractéristiques

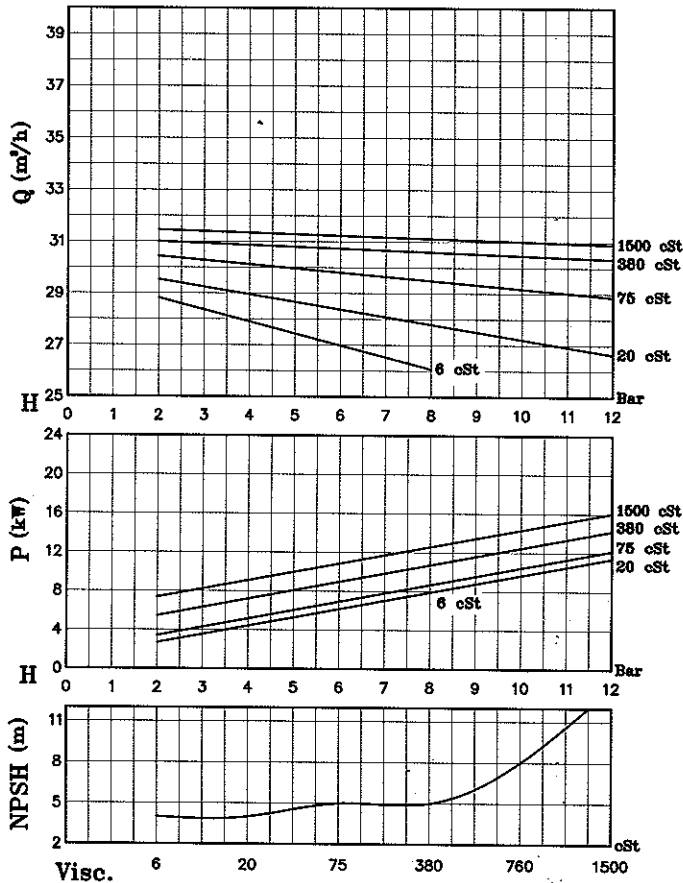
Tipo/Type: 70D-F R.P.M. 1450 Ref. DC-70DF-1500



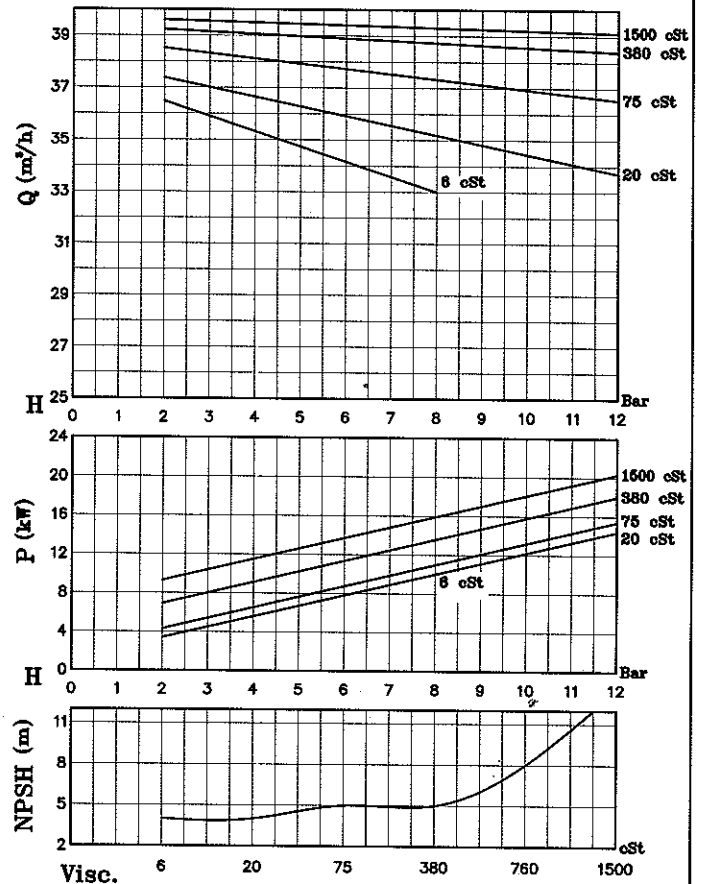
Tipo/Type: 70D R.P.M. 1450 Ref. DC-70D-1500



Tipo/Type: 80T-F R.P.M. 1450 Ref. DC-80TF-1500



Tipo/Type: 80T R.P.M. 1450 Ref. DC-80T-1500



NPSH req. (m)

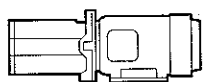
50 Hz



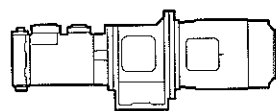
Ref. 20

TIPO / TYPE	VISCOSITY cSt (° E)														
	20cSt (3° E)			75cSt (10° E)			380cSt (50° E)			760cSt (100° E)			1.500cSt (200° E)		
	950 m	1.450 m	2.900 m	950 m	1.450 m	2.900 m	950 m	1.450 m	2.900 m	950 m	1.450 m	2.900 m	950 m	1.450 m	2.900 m
25D	3	3	3	3	3	3	3	3	3,5	5	5	10	5	6	>10
32D	3	3	3	3	3	3	3	3	3,5	5	5	10	5	6	>10
38D	3	3	3	3	3	3,5	3	3	5	5	5	10	5	6	>10
45D	3	3	3,5	3	3	4	3	3	5,5	5	5	>10	5,5	6	>10
52D	3	3	4,5	3	3	5	3	3	7,5	5	6	>10	6	7	>10
60D	3	3	5,5	3	3,5	6	3	3,5	>10	5	7	>10	7	9	>10
70D	3	3	7	3,5	4	7	4	4,5	>10	5,5	7,5	>10	8	>10	>10
80T	4	4	-	4,5	5	-	5	5	-	6	8	-	8	>10	-
90T	4	4	-	4,5	5	-	5	5	-	6	8	-	8	>10	-
100T	4	4	-	4,5	5	-	5	6	-	6	8	-	8	>10	-
110T	4,5	4,5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
125T-F	4,5	5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
125T	5	5	-	5	6	-	5	7	-	6	10	-	9	>10	-
140T	5	5,5	-	5	7	-	6	8	-	7	>10	-	10	>10	-
140T-B	5	-	-	5	-	-	7	-	-	8	-	-	>10	-	-
DF 110T-F	4,5	4,5	-	5	5	-	5	6	-	6	8	-	8	>10	-
DF 110T	4,5	4,5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
DF 125T-F	4,5	5	-	5	5	-	5	6	-	6	9	-	8	>10	-
DF 125T	5	5	-	5	6	-	5	7	-	6	10	-	9	>10	-
DF 140T	5	5,5	-	5	7	-	6	8	-	7	>10	-	10	>10	-
DF 140T-B	5	-	-	5	-	-	7	-	-	8	-	-	>10	-	-

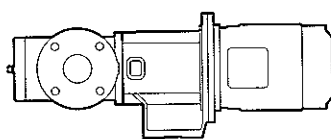
EJECUCIONES / EXECUTIONS / EXECUTIONS



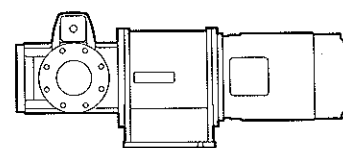
BT-MB



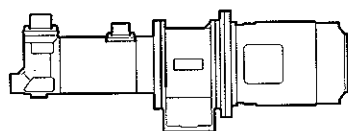
BT-HM



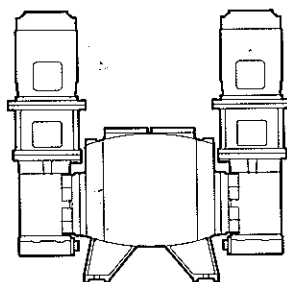
BT-IL



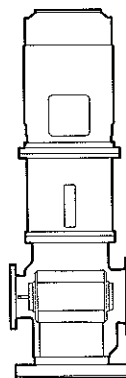
BT-LH



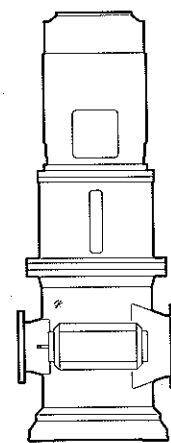
BT-HH



BLOC



BT-LV



BT-DF