



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2020/21**

---

*CUADERNO 10*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA**

Carla Fuentes Lorenzo

**TUTOR**

Marcos Míguez González

**FECHA**

Septiembre 2021



# 1 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD



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

*CURSO 2.020-2021*

**PROYECTO NÚMERO** 2021-GENO-25

**TIPO DE BUQUE:** Buque arrastrero congelador 1500m3.

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** Bureau Veritas. Torremolinos, MARPOL.PARA ZONAS POLARES.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Volumen de bodega de 1500 m<sup>3</sup>. Bodegas y entrepuentes de carga.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 12 nudos en condiciones de servicio, 85% MCR Y 10 % margen de mar. 40 días de autonomía.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Los propios de este tipo de buques.

**PROPULSIÓN:** Motor diésel acoplado a hélice de paso fijo.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 32 tripulantes.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Hélice transversal de proa y los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 02 Febrero 2021

**ALUMNA:** D<sup>a</sup> Carla Fuentes Lorenzo



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/21**

---

*BUQUE ARRASTRERO CONGELADOR DE 1500m3*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**CUADERNO 10**

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

## CONTENIDOS

1 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD.....	3
2 Presentación.....	7
3 selección del motor propulsor.....	8
3.1 Descripción de la planta propulsora.....	8
3.1.1 Número y características de los propulsores.....	9
3.1.2 Características del motor principal.....	10
3.1.3 Sistema de transmisión mecánica.....	14
3.1.4 Generador de cola PTI/PTO.....	17
3.1.5 Disposición esquemática de la planta propulsora.....	21
4 potencia de las máquinas primarias.....	22
4.1 Resumen resultados cuaderno 6.....	22
4.2 Potencia y rpm de las máquinas primarias.....	24
4.3 Justificación del cumplimiento de los RPA aplicables a la propulsión.....	24
5 Consumo de combustible y autonomía.....	26
5.1 Condición de autonomía.....	26
5.2 Consumo horario de propulsión y generación.....	26
5.3 Listado de tanques de combustible y volumen.....	26
5.3.1 Tanques uso diario MDO motor principal.....	27
5.3.2 Tanques uso diario HFO motor principal.....	27
5.3.3 Tanques sedimentación MDO motor principal.....	27
5.3.4 Tanques almacén MDO motor principal.....	28
5.3.5 Tanques almacén HFO motor principal.....	28
5.3.6 Tanques sedimentación HFO motor principal.....	28
5.3.7 Resumen volúmenes mínimos.....	28
5.3.8 Listado de tanques en Maxsurf Stability.....	29
5.4 Determinación de la autonomía y comparación con la requerida.....	31
6 Sistemas auxiliares relacionados con la propulsión.....	33
6.1 Guía de proyecto utilizada.....	33
6.2 Definición de sistemas.....	33
6.2.1 Refrigeración (agua dulce y agua salada).....	33
6.2.2 Sistema de refrigeración (de agua salada) en condiciones polares.....	41
6.2.3 Agua dulce de refrigeración.....	42

6.2.4 Combustible del motor .....	47
6.2.5 Aceite lubricante .....	59
6.2.6 Gases de exhaustación .....	66
6.2.7 Aire de arranque .....	69
7 Disposición preliminar de la cámara de máquinas .....	75
7.1 Lista de equipos en cámara de máquinas .....	75
7.1.1 Plano de perfil de cámara de máquinas .....	75
7.1.2 Planta de cada nivel .....	76
7.1.3 Plano de disposición de cámara de máquinas.....	77
8 Ventilación de la cámara de máquinas .....	78
8.1 Condiciones de diseño .....	78
8.2 Caudales de suministro y extracción .....	78
8.3 Número y características de ventiladores de suministro y extracción.....	80
8.4 Inclusión de ventiladores en lista de equipos y en la disposición .....	81
9 Bibliografía.....	82
10 ANEXO I: TABLA POTENCIA CONSUMIDA.....	83
11 ANEXO II FICHA TÉCNICA MOTOR PROPULSOR WARTSILA 6L32.....	86
12 ANEXO III REDUCTORA .....	88
13 ANEXO IV COMPRESORES SAUER .....	93
14 ANEXO V BOMBAS KSB .....	95
15 ANEXO VI BOMBAS AGP .....	96
16 ANEXO VII: PLANO DISPOSICIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS .....	98

## 2 PRESENTACIÓN

En el presente cuaderno nos ocuparemos de definir la planta propulsora de nuestro buque, así como todos sus sistemas auxiliares. Se justifica la maquinaria propulsora elegida en función a los requerimientos de nuestro buque, así como los sistemas de transmisión mecánica, que en nuestro caso es una reductora directamente acoplada al eje que mueve la hélice de paso variable. Contaremos también con un generador de cola PTI/PTO.

Se explican y dimensionan los sistemas auxiliares del motor principal: sistema de aceite lubricante, combustible, agua de refrigeración, gases de escape y aire de arranque.

Se comprueba la autonomía del buque, y nos cercioramos de que la capacidad de tanques que tenemos es suficiente para cumplir dicha autonomía.

Se realizan los cálculos de ventilación de la cámara de máquinas, siguiendo la normativa vigente.

Realizados todos estos cálculos se procede a disponer todos los elementos anteriormente calculados en el plano de cámara de máquinas de nuestro buque. Se anexará una disposición esquemática de la ubicación de estos equipos.

### 3 SELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

#### 3.1 Descripción de la planta propulsora

El sistema de propulsión de este buque está definido en la RPA del proyecto como “propulsión diésel”. Por lo tanto, tendremos una propulsión 100% mecánica con un motor diésel.

Si bien es cierto que actualmente se está optando por sistemas de propulsión diésel-eléctricos, seguiremos la RPA del buque proyecto, instalando un único motor diésel, como es el caso de muchos buques arrastreros operativos.

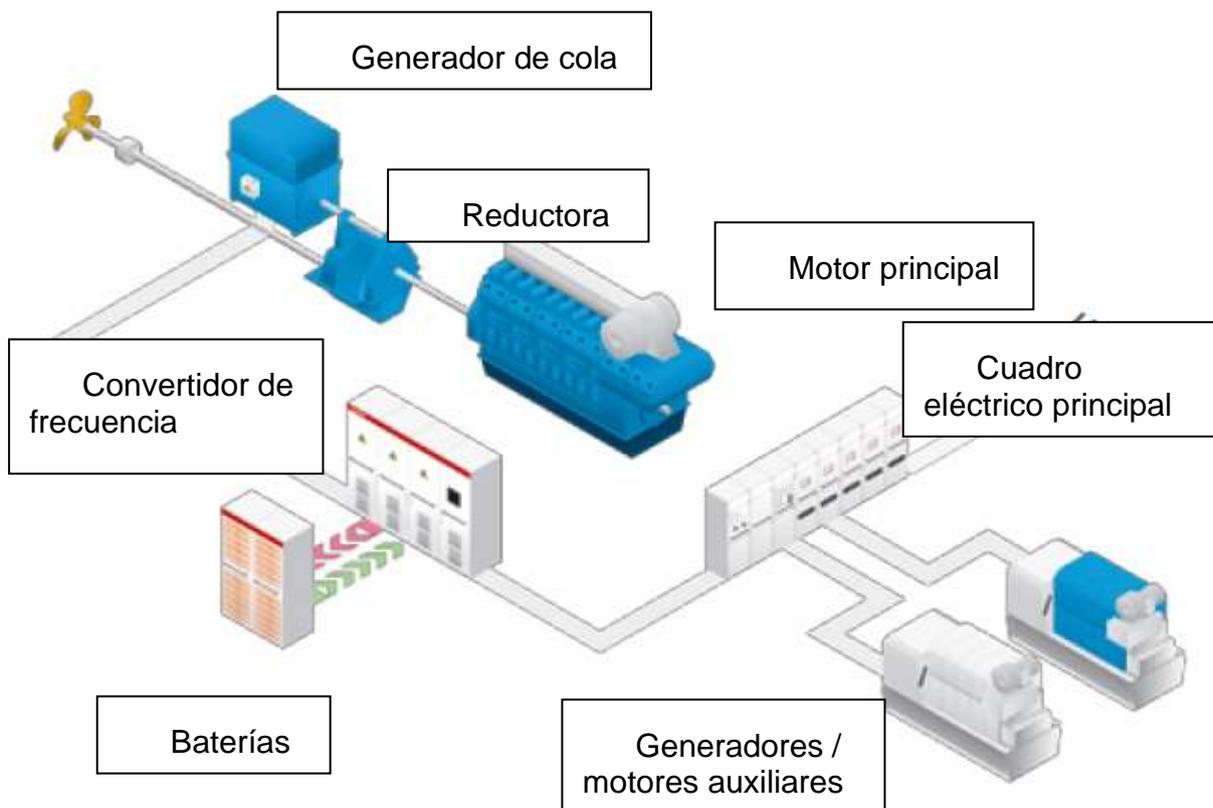
Se adjunta un esquema del sistema de propulsión:

Se dispone un motor diésel acoplado a una reductora y directamente acoplado a la hélice. La reductora está engranada también a un generador de cola PTI/PTO, que puede trabajar de dos formas:

1-Como ayuda en la propulsión del buque, convirtiendo la energía eléctrica sobrante del cuadro principal en energía mecánica, que transmite a la reductora y esta a la línea del eje.

2-Como generador eléctrico, transformando la energía mecánica excedente del motor principal en energía eléctrica, llevándola al cuadro principal y de ahí a los consumidores del buque.

Explicaremos más en detalle el funcionamiento de este generador de cola en el apartado 4.1.4.



### 3.1.1 Número y características de los propulsores

Nuestro buque contará con una hélice de paso variable o controlable CPP, de diámetro 3780mm.

Se adjunta cuadro con los datos introducidos en Navcad:

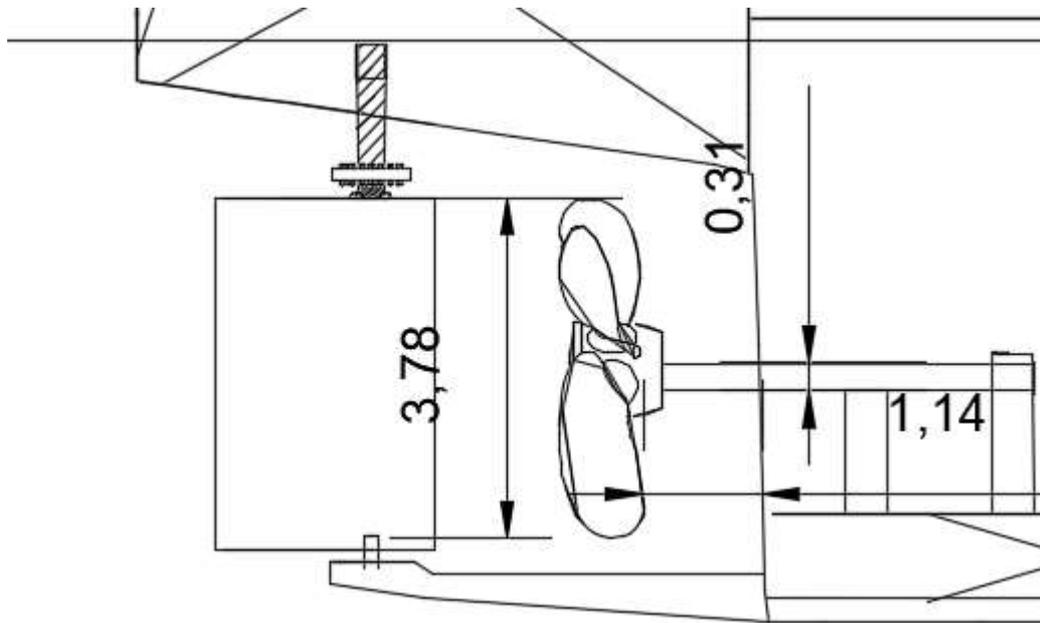
Shafting		
Count:	1	
Max prop diameter:	3780,0	mm
Shaft angle to WL:	0,00	deg
Exposed shaft length:	1,140	m
Shaft diameter:	0,310	m
Wetted surface:	1,110	m2
Strut bossing length:	0,000	m
Bossing diameter:	0,000	m
Wetted surface:	0,000	m2
Hull bossing length:	0,000	m
Bossing diameter:	0,000	m
Wetted surface:	0,000	m2

**Ilustración 1: datos del eje en NavCad**

Propulsor		
Count:	1	
Propulsor type:	Propeller series	
Propeller type:	CPP	
Propeller series:	Kaplan 19A	
Propeller sizing:	By thrust	
Reference prop:		
Blade count:	4	
Expanded area ratio:	0,6500	
Propeller diameter:	3780,0	mm
Propeller mean pitch:	5000,0	mm
Hub immersion:	4600,0	mm

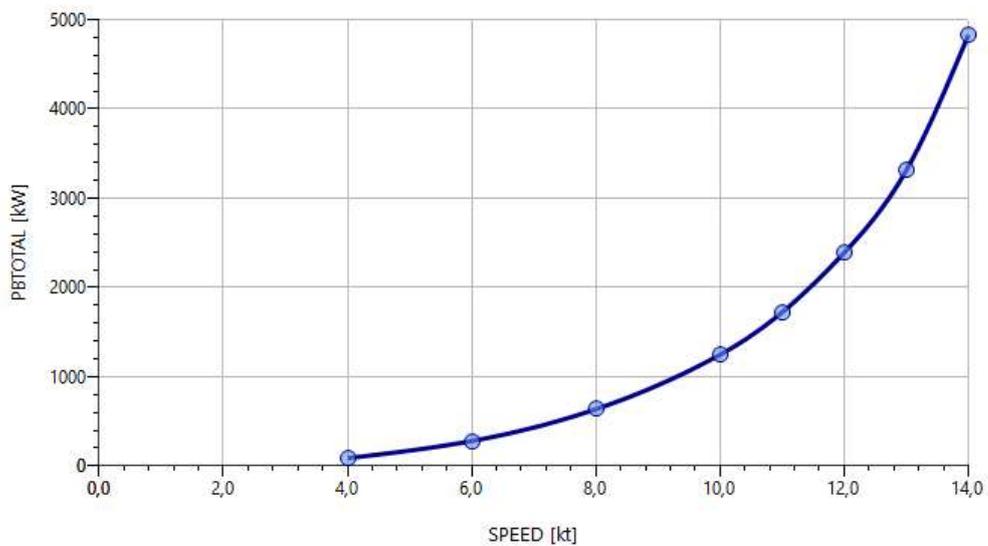
**Ilustración 2: datos del propulsor en NavCas**

Esquema del codaste donde se acota la hélice:



### 3.1.2 Características del motor principal

Para justificar la elección del motor principal adjuntamos la gráfica de potencia frente a velocidad obtenida de NavCad:



En la salida del programa podemos ver que la potencia necesaria para mover nuestro buque a una velocidad de 12 nudos, y con las características de formas que hemos definido, es de 2342,7,2 KW.

SPEED [kt]	POWER DELIVERY								
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN.m]	QENG [kN.m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	CPPITCH [mm]
4,00	77	10,48	10,48	83,8	86,4	86,4	86,4	987,8	1701,2
6,00	114	22,59	22,59	266,4	274,6	274,6	274,6	466,1	1701,3
8,00	150	38,96	38,96	605,2	623,9	623,9	623,9	273,5	1701,4
10,00	188	61,00	61,00	1185,8	1222,5	1222,5	1222,5	174,5	1701,2
11,00	200	75,74	75,74	1626,7	1697,4	1697,4	1697,4	130,4	1701,2
<b>+ 12,00 +</b>	<b>232</b>	<b>94,53</b>	<b>94,53</b>	<b>2272,4</b>	<b>2342,7</b>	<b>2342,7</b>	<b>2342,7</b>	<b>109,3</b>	<b>1701,2</b>
13,00	258	117,92	117,92	3149,7	3247,1	3247,1	3247,1	85,4	1701,2
14,00	291	152,46	152,46	4591,1	4733,1	4733,1	4733,1	63,1	1701,3

Aún así, esta no será la potencia que deba entregar nuestro motor propulsor, ya que se debe considerar el régimen de este, que es del 85%.

Estudiamos dos condiciones de navegación:

Primero, la condición de navegación a 12 nudos, en que el motor funcione al 85% de su MCR:

$$BHP \text{ navegando (12 kn)} = \frac{PB \text{ TOTAL}}{85\%} = \frac{2342,7}{85\%} = 2734,9KW$$

La demanda de potencia mecánica en la condición de navegación a 12 nudos es de 2734,9KW, a entregar por el motor principal.

En la condición de arrastre a 4 nudos, la potencia necesaria para la navegación se estima en un 65-70% de la potencia necesaria para la navegación a la velocidad de servicio (recordar que también tiene que arrastrar las redes de pesca que ofrecen una gran resistencia). Entonces:

$$Pot \text{ faenando (4 kn)} = \frac{70\% * PB \text{ TOTAL}}{85\%} = \frac{70\% * 2342,7}{85\%} = 1914,45KW$$

Además de la potencia necesaria para navegar, se dispone de un generador de cola que, en modo PTO, suministra 900KW a los distintos consumidores eléctricos.

$$Potencia \text{ PTO} = \frac{PTO}{85\%} = \frac{900}{85\%} = 1058,82KW$$

Entonces, la potencia que debe entregar el motor en la condición de navegación a 4 nudos y arrastre, es la suma de las dos anteriores:

$$BHP \text{ faenando (4 kn)} = Pot \text{ navegación 4 kn} + Pot \text{ PTO} = 1914,45 + 1058,82 = 2973,28KW$$

Tenemos entonces que, la situación más demandante es la de navegación y faena, en la que el motor principal debe entregar, como mínimo, 2973,28KW.

En el cuaderno 6 justificamos la elección de un motor Wärtsilä 6L32, cuya potencia máxima es de 3480KW, por lo que cumple con el requisito de BHP a entregar.

El motor propulsor elegido tiene una potencia de 3480kW al 100% de la MCR<sup>1</sup> y a 750rpm.

Sus regímenes de funcionamiento normales serán los siguientes:

$$\text{Régimen motor} = \frac{\text{Demanda faenando}}{\text{Pot max motor}} = \frac{2734,9}{3480} = 78,5\%$$

$$\text{Régimen motor} = \frac{\text{Demanda navenago 12kn}}{\text{Pot max motor}} = \frac{2527,28}{3480} = 72,6\%$$

Regímenes aceptables, dentro de la curva de funcionamiento óptima de nuestro motor.

Este motor puede funcionar con HFO<sup>2</sup>, y MDO<sup>3</sup>. En general tiene un bajo consumo de fueloil en un amplio rango de carga.

Destaca por su tiempo de arranque rápido y gran aceptación de la carga, característica a tener en cuenta a la hora de elegir un sistema de propulsión para nuestro buque ya que no solo navegará a velocidad de servicio, sino que también lo hará a una velocidad de 4kn cuando tenga que arrastrar las redes de pesca.

Se adjunta imagen del motor instalado en un buque pesquero de características similares



---

<sup>1</sup> MCR, se define como Ratio Máximo Continuo, es decir, el ratio máximo en funcionamiento continuo. En la RPA de nuestro buque se establece que navegue al 85% de este máximo del motor

<sup>2</sup> HFO: Heavy Fuel Oil, es decir, fuel oil pesado

<sup>3</sup> MDO: Marine Diesel Oil, que es un gasóleo intermedio

### 3.1.2.1 Características del motor

Potencia: 3480 kW

Configuración: 6 cilindros en V

Ángulo de la V: 55°

Diámetro interior del cilindro: 320mm

Carrera del pistón: 400mm

Potencia: 580kW/cilindro (9 cilindros)

Velocidad: 750 rpm

Presión: 28,9 bares

Velocidad del pistón: 10m/s

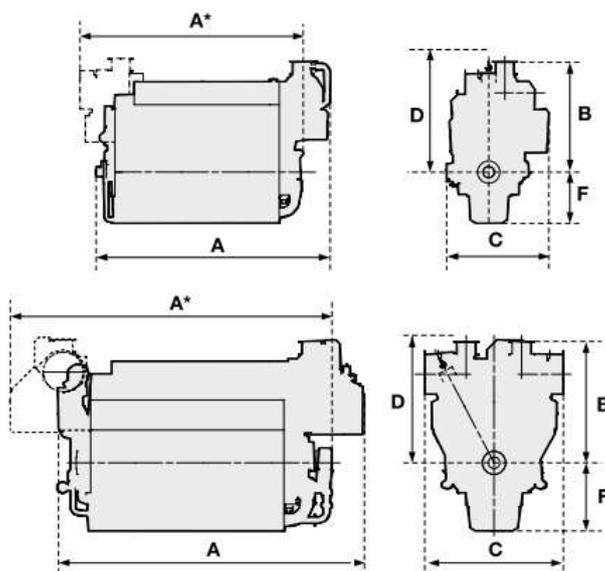
Especificaciones del combustible: fuel oil

ISO 8217, categoría ISO-F-RMK 700

Dimensiones y peso, dados en la siguiente tabla:

Dimensions (mm) and weights (tonnes)								
Engine type	A*	A	B*	B	C	D	F	Weight
6L32	5 570	5 130	2 432	2 295	2 380	2 345	1 155	35
8L32	6 400	6 379	2 457	2 375	2 610	2 345	1 155	44
9L32	6 885	6 869	2 455	2 375	2 610	2 345	1 155	49
12V32	7 098	6 865	2 516	2 430	2 900	2 120	1 210	57
16V32	8 041	7 905	2 516	2 595	3 325	2 120	1 210	71

A continuación se adjunta un esquema donde aparecen estas dimensiones A, B, C, D y F.



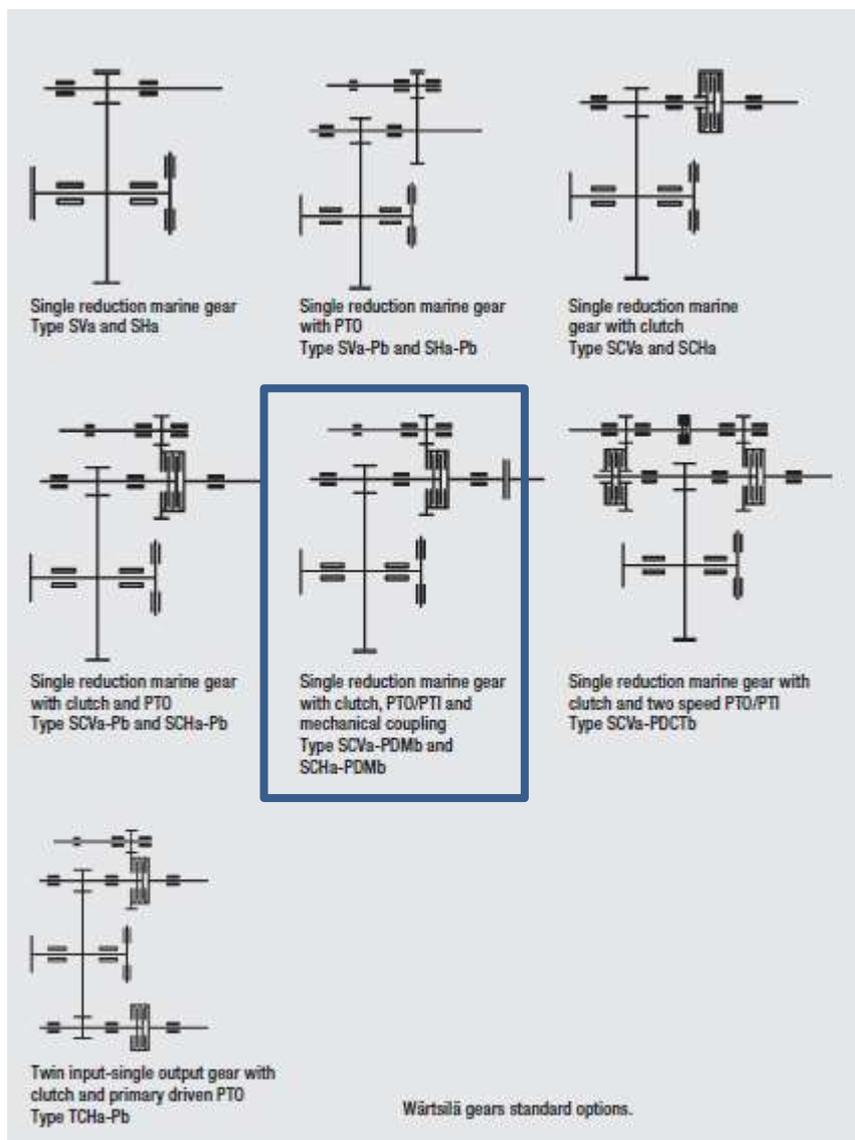
### 3.1.3 Sistema de transmisión mecánica

#### Reductora

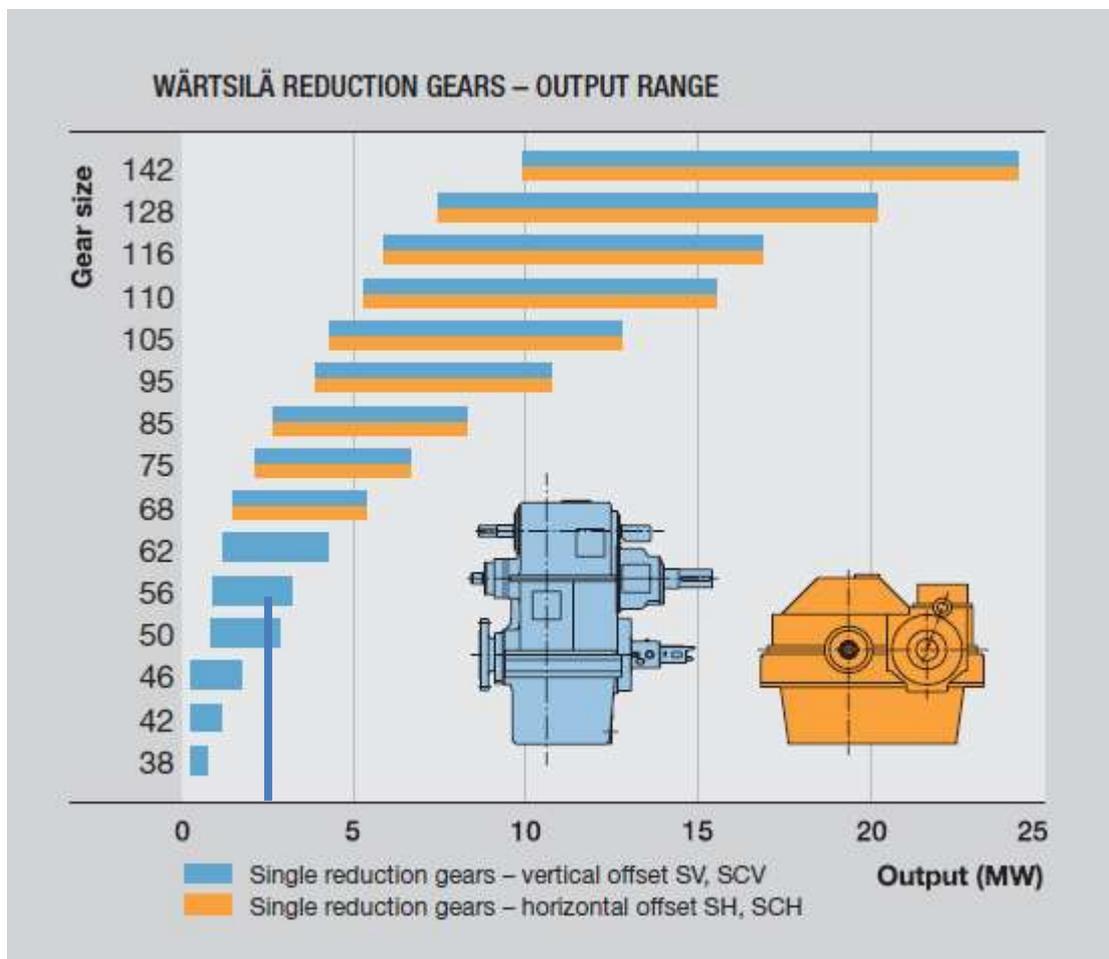
Para evitar problemas de incompatibilidad entre equipos se escoge una reductora de la misma marca que el motor: Wärtsilä.

Se adjunta un esquema de los tipos de transmisión de las reductoras que oferta Wärtsilä.

Escogemos la opción enmarcada: reducción simple para motores marinos, con embrague, PTO/PTI y acoplamiento mecánico. El tipo de reductora será entonces SCVa-PDMbp si es vertical o bien SCHa-PDMb si elegimos un modelo horizontal.



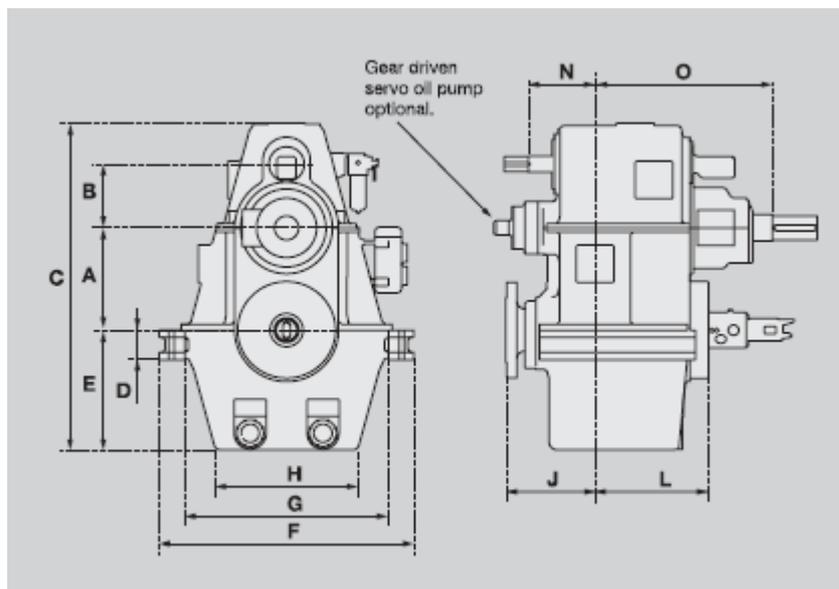
Ahora se escoge el modelo de reductora en función a la potencia de salida:



La potencia a entregar es de unos 3,5MW, por lo que escogemos el modelo SCV56. La catalogación SCV se debe a que es vertical, V, y a que lleva embrague, C; y 56 hace referencia al tamaño. Se adjunta a continuación una tabla con las dimensiones de la reductora:

**SINGLE MARINE REDUCTION GEARS**  
**VERTICAL OFFSET GEARS – DIMENSIONS**

SV/SCV Size	A	B Std-Max	C	D	E	F	G	H	J	L	N	O SCV/SV
SCV38	380	290	1305	115	465	1000	750	530	340	538	230	650
SCV42	420	320	1435	125	510	1500	830	585	530	558	255	715
SCV46	460	350	1570	140	560	1580	910	640	570	595	280	785
SCV50	500	380	1724	150	590	1340	1024	720	470	592	420	1035
SCV56	560	410	1848	160	645	1500	1110	800	530	650	450	1100
SCV62	620	440-470	2210	180	740	1580	1240	880	570	662	350	1150
SCV68	680	460-510	2370	200	800	1720	1360	960	625	720	370	1250
SCV75	750	480-530	2460	220	880	1850	1480	1040	660	800	450	1300/1095
SCV85	850	510-560	2720	250	1000	2100	1680	1178	730	915	550	1470/1220
SCV95	950	580-630	3025	280	1145	2350	1880	1327	800	1025	450	1640/1350
SCV105	1050	630	3302	300	1265	2600	2100	1487	880	1125	500	1700/1400
SCV110	1010	650	3025	65	1150	2600	2140	1822	1405	550	1100	1615
SCV116	1160	650	3525	150	1400	2580	2300	1800	1535	765	885	1800/1025
SCV128	1280	800	3970	275	1536	3160	2645	1815	1700	840	900	2270/1120
SCV142	1420	1000	4520	305	1704	3505	2645	2012	1885	928	910	2270/1320



A la hora de encargar la reductora tenemos que proporcionar el dato de la relación de transmisión.

Para hallar la relación de transmisión tenemos que considerar las rpms máximas que alcanzará la hélice, a la velocidad de servicio de 12kn, que serán 232 rpm

SPEED [kt]	POWER DELIVERY								
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN.m]	QENG [kN.m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	CPPITCH [mm]
4,00	77	10,48	10,48	83,8	86,4	86,4	86,4	987,8	1701,2
6,00	114	22,59	22,59	266,4	274,6	274,6	274,6	466,1	1701,3
8,00	150	38,96	38,96	605,2	623,9	623,9	623,9	273,5	1701,4
10,00	188	61,00	61,00	1185,8	1222,5	1222,5	1222,5	174,5	1701,2
11,00	209	75,74	75,74	1636,7	1687,4	1687,4	1687,4	139,1	1701,2
+ 12,00 +	232	94,53	94,53	2272,4	2342,7	2342,7	2342,7	109,3	1701,2
13,00	258	117,92	117,92	3149,7	3247,1	3247,1	3247,1	85,4	1701,2
14,00	291	152,46	152,46	4591,1	4733,1	4733,1	4733,1	63,1	1701,3

Se escogerá una reductora con relación de transmisión 1:3, de manera que soportará, como máximo 250 rpm. Si escogiésemos una reductora con mayor relación de transmisión, esta no podría absorber el 100% de la potencia nominal del motor a 750 rpm.

### 3.1.4 Generador de cola PTI/PTO

La justificación de instalar un generador de cola es para así poder instalar 2 motores auxiliares en lugar de 3, o de 2 generadores más grandes. Como veremos en el cuaderno 11, para un sistema de propulsión diésel, se requiere una planta eléctrica de n generadores, donde n-1 generadores puedan cubrir la totalidad de la potencia en la condición de máxima demanda. Entonces, deberíamos instalar o bien 2 generadores, y que cada uno cubra la totalidad de la potencia, o bien 3 generadores, de manera que 2 de ellos cubran la demanda total. En el cuaderno 11, tras calcular la reserva de energía pick-up y considerar el coste de una y otra opción, nos decantamos instalar 2 generadores y un generador de cola (con la misma potencia), satisfaciendo así la premisa de n-1.

El coste de instalación de un generador de cola con su convertidor de frecuencia es menor que el de un generador. Además, ocupando el mismo espacio y por un coste ligeramente superior, podemos instalar un generador de cola que, además de proporcionar energía eléctrica, proporcione energía mecánica, es decir, que realice la función de PTI/PTO.

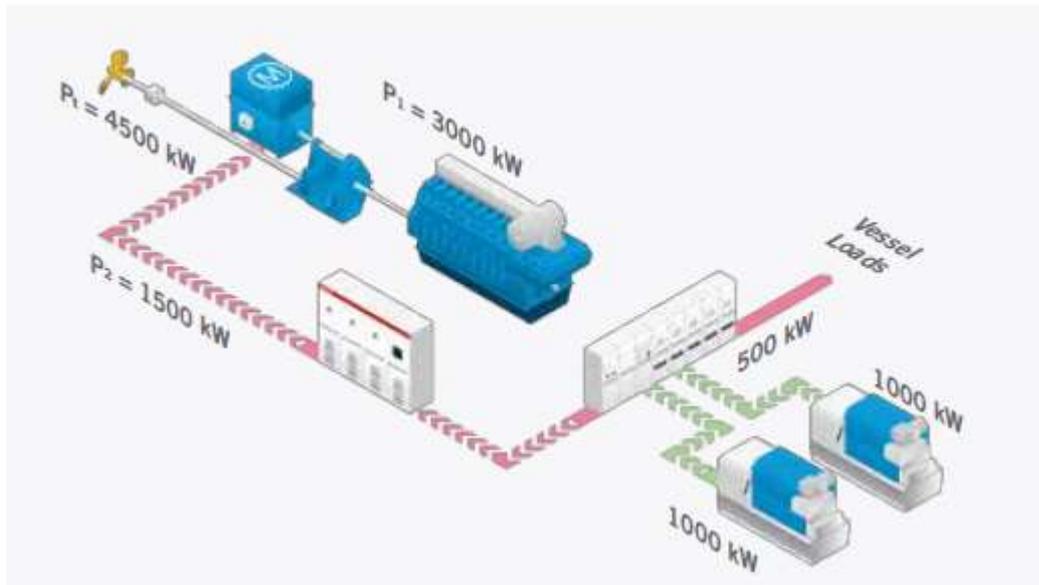
Se explican a continuación los supuestos de operación del generador de cola.<sup>4</sup>

#### 3.1.4.1 PTI modo Booster

El motor principal funciona a la velocidad máxima, en paralelo con el generador de cola, es decir, que a la hélice se transmite la suma de las energías (del motor diesel ,3000KW en el ejemplo, y del generador de cola, 1500KW en el ejemplo, lo que resulta un total de 4500KW en la reductora y, por consiguiente, en la hélice).

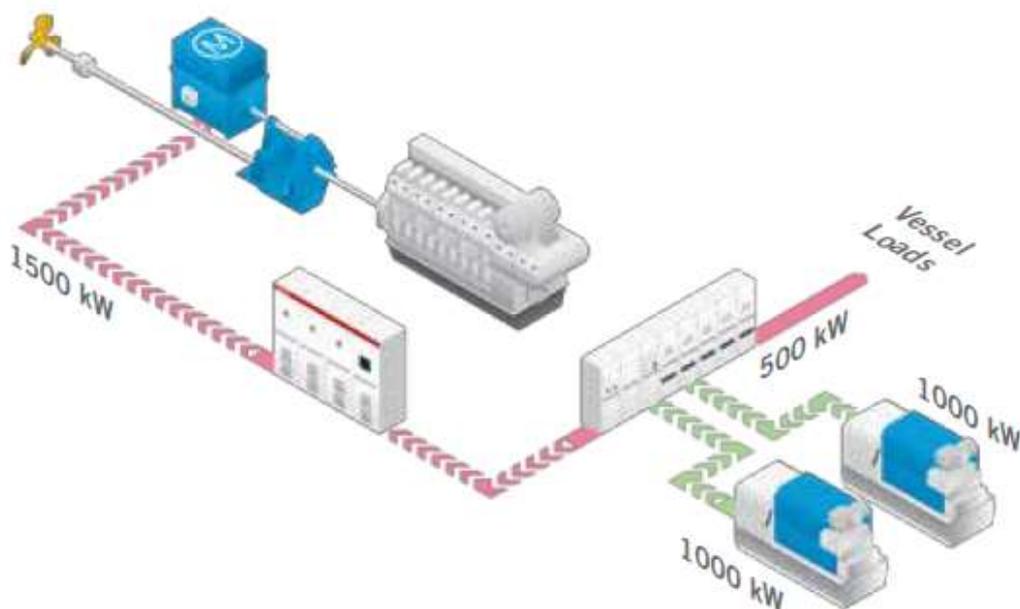
En nuestro caso no se empleará este modo de funcionamiento, ya que supondría sobredimensionar los generadores para su funcionamiento normal.

<sup>4</sup> Información facilitada por Ingedrive



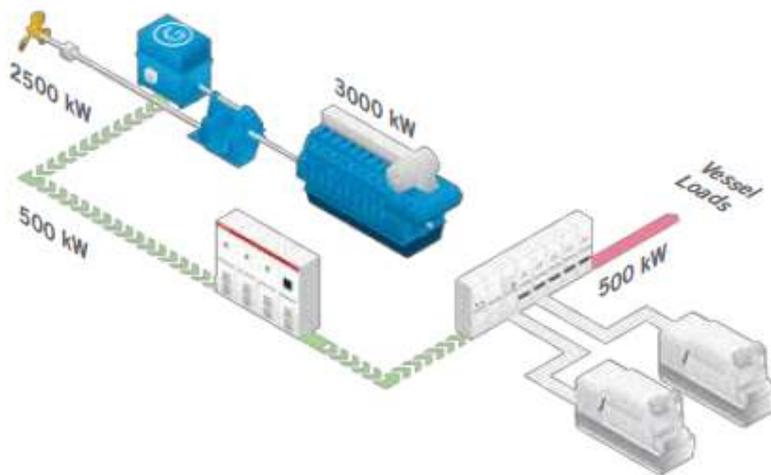
### 3.1.4.2 PTI modo diesel-electrico

Esta situación ocurre cuando los generadores están en funcionamiento y alimentan tanto las cargas eléctricas como la propulsión. Esta función es muy útil ante un fallo del motor principal, ya que permite una PTH (Power Take Home), es decir, una vuelta a cada segura, a menor velocidad que la de servicio, pero garantizando la propulsión autónoma del buque. Será la situación en la que utilizemos el modo PTI del generador de cola, ya que normalmente se utilizará en modo PTO.



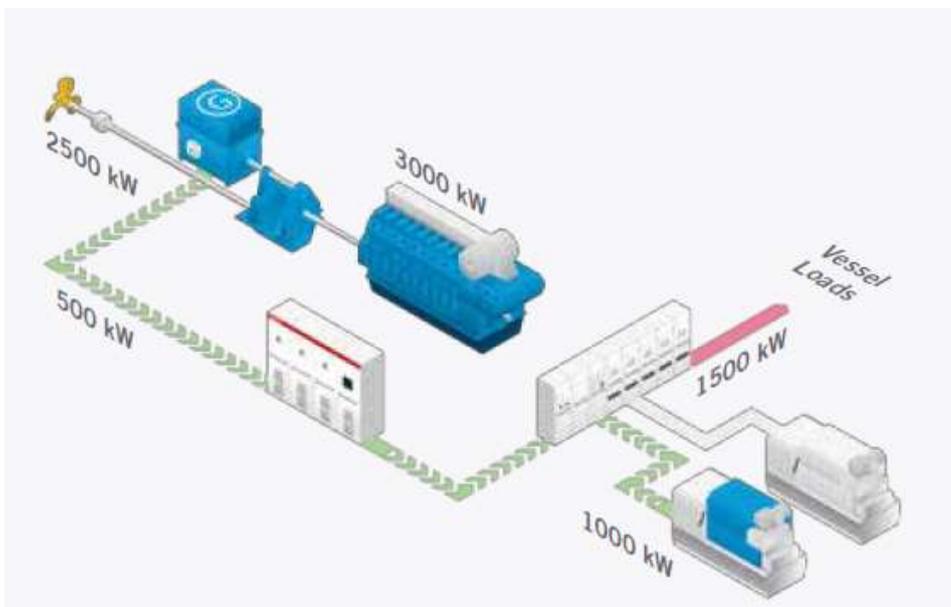
### 3.1.4.3 PTO modo tránsito

El motor diesel principal genera la potencia para propulsión y para los consumidores del barco, ya que los 2 generadores estarían apagados. No será un modo habitual de funcionamiento de nuestra planta propulsora-eléctrica, ya que el motor no tiene tanta excedencia de energía.



### 3.1.4.4 PTO modo paralelo

En este modo estará funcionando un grupo generador en paralelo con el motor principal, de manera que la potencia que suministre el motor principal sea mayor a la requerida para la propulsión, entonces, el excedente, tras pasar por la reductora, el generador de cola y el convertidor de frecuencia, llega al cuadro principal, donde se destina a los consumidores eléctricos que lo requieran. Podemos ver en el siguiente esquema un ejemplo de funcionamiento en paralelo, donde el motor principal genera 3000KW, pero como el propulsor solamente requiere 2500KW, los 500KW excedentes se destinan a la planta eléctrica.



En nuestro caso el motor principal produciendo 2973,28KW al 85%, destinaría 1914,4KW a la propulsión, y 900KW al consumo eléctrico.

### 3.1.5 Disposición esquemática de la planta propulsora

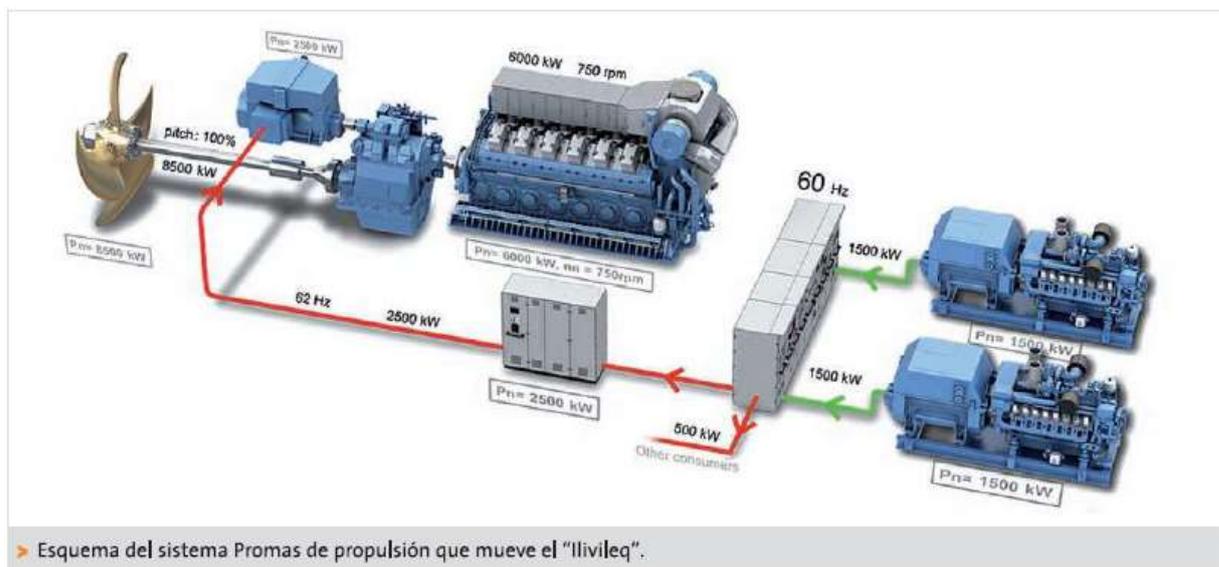
Adjuntamos el esquema de propulsión del buque Ilivileq, de nuestra base de datos.

Las potencias entregadas por cada equipo son diferentes de nuestro buque proyecto, pero los elementos son los mismos:

Tenemos dos generadores (o motores auxiliares), conectados a un cuadro principal, de donde se distribuye la energía eléctrica a los diferentes consumidores. De este cuadro también sale energía eléctrica, que, tras pasar por convertidor de frecuencia, llega al generador de cola, engranado a la reductora. En este modo de funcionamiento el generador estaría actuando como PTI, y nosotros lo utilizaremos principalmente en modo PTO; aunque la dirección de la energía sea al revés, sigue el mismo esquema de funcionamiento.

Adjuntamos un texto explicativo del modo de funcionamiento de la planta propulsora del buque Ilivileq, extraído de la revista “*Construcción naval: Renovando la flota pesquera internacional. Arrastrero congelador de Astilleros Armón*”:

*“En detalle, la propulsión consta del mencionado motor principal B33:45 y sus 5.400KW a 750 rpm, cumplimentando el IMO Tier II, unido a un generador Marelli de 1.500KW. El motor se acopla a una reductora 950 GI IC-S600, con reducción 5,91:1, contando con un PTO de 2.950 rpm y un PTI de 1.500KW a 1.200rpm”*



## 4 POTENCIA DE LAS MÁQUINAS PRIMARIAS

### 4.1 Resumen resultados cuaderno 6

Adjuntamos resultados correspondientes a la parte de propulsión:

Propulsion		Project ID	BUQUE ARRASTRERO 1500M3						
12 ago 2021 05:49		Description	Buque factoria arrastrero congelador de 1500m3						
HydroComp NavCad 2018		File name	2021.CarlaFuentesLorenzo.C6.hcnc						
Analysis parameters									
Hull-propulsor interaction		System analysis							
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn						
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run						
Reference ship:		CFP method:	Fixed RPM						
Max prop diam:	3780,0 mm	Engine RPM:							
Corrections		Mass multiplier:							
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:							
Rudder location:		Limit (RPM/s):							
Friction line:		Water properties							
Hull form factor:		Water type:	Salt						
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3						
Roughness (mm):		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s						
Ducted prop corr:	[Off]								
Tunnel stern corr:	[Off]								
Prediction method check [Holtrop]									
Parameters:	FN [design]	CP	LWL/BWL						
Value:	0,25	0,68	4,31						
Range:	0,06-0,80	0,55-0,85	3,90-14,90						
			2,10-4,00						
Prediction results [System]									
SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			FUEL PER ENGINE	
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBENG [kW]	LOADENG [% rated]	VOLRATE [L/h]	MASSRATE [t/h]
4,00	30,0	0,3617	0,2316	1,0106	77	86,4	0,0	---	---
6,00	94,0	0,3596	0,2316	1,0106	114	274,6	0,0	---	---
8,00	211,3	0,3582	0,2316	1,0106	160	623,9	0,0	---	---
10,00	413,3	0,3572	0,2316	1,0106	188	1222,5	0,0	---	---
11,00	573,7	0,3568	0,2316	1,0106	209	1687,4	0,0	---	---
+ 12,00 +	804,3	0,3564	0,2316	1,0106	232	2342,7	0,0	---	---
13,00	1126,1	0,3561	0,2316	1,0106	258	3247,1	0,0	---	---
14,00	1660,9	0,3558	0,2316	1,0106	291	4733,1	0,0	---	---
SPEED [kt]	EFFICIENCY			THRUST					
	EFFO	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]				
4,00	0,2942	0,3471	0,28741	18,96	14,57				
6,00	0,2911	0,3424	0,27328	39,64	30,46				
8,00	0,2886	0,3387	0,26329	66,84	51,35				
10,00	0,2885	0,3381	0,26291	104,55	80,33				
11,00	0,2903	0,3400	0,27001	131,94	101,37				
+ 12,00 +	0,2933	0,3433	0,28334	169,56	130,28				
13,00	0,2965	0,3468	0,30035	219,14	168,38				
14,00	0,3001	0,3509	0,33027	300,14	230,61				
SPEED [kt]	POWER DELIVERY								
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN.m]	QENG [kN.m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	CPPITCH [mm]
4,00	77	10,48	10,48	83,8	86,4	86,4	86,4	987,8	1701,2
6,00	114	22,59	22,59	266,4	274,6	274,6	274,6	466,1	1701,3
8,00	160	38,96	38,96	605,2	623,9	623,9	623,9	273,5	1701,4
10,00	188	61,00	61,00	1185,8	1222,5	1222,5	1222,5	174,5	1701,2
11,00	209	75,74	75,74	1636,7	1687,4	1687,4	1687,4	139,1	1701,2
+ 12,00 +	232	94,53	94,53	2272,4	2342,7	2342,7	2342,7	109,3	1701,2
13,00	258	117,92	117,92	3149,7	3247,1	3247,1	3247,1	85,4	1701,2
14,00	291	152,46	152,46	4591,1	4733,1	4733,1	4733,1	63,1	1701,3

Report ID:0017012-1746

HydroComp NavCad 2018 18.04.2021.0928.01002

**Propulsion**

12 ago 2021 05:49  
 HydroComp NavCad 2018

Project ID BUQUE ARRASTRERO 1500M3  
 Description Buque factoria arrastrero congelador de 1500m3  
 File name 2021.CarlaFuentesLorenzo.C6.hcnc

**Prediction results [Propulsor]**

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
4,00	164,88	12,04	2,45	15,27	0,217	1,92	2,0	2,0	1381,9
6,00	72,79	5,54	1,13	22,52	0,236	4,08	2,0	2,0	1387,5
8,00	40,77	3,19	0,65	29,67	0,261	6,94	2,0	2,0	1391,5
10,00	26,01	2,04	0,41	37,13 !!	0,295	10,86	2,0	2,0	1391,5
11,00	21,47	1,65	0,34	41,27 !!	0,319	13,61	2,0	2,0	1388,7
+ 12,00 +	18,02	1,33	0,27	45,92 !!	0,351	17,27	2,0	2,0	1383,5
13,00	15,34	1,08	0,22	51,02 !!	0,392	21,98	2,0	2,0	1376,8
14,00	13,21	0,85	0,17	57,52 !!	0,457	29,38	2,0	2,0	1365,0
SPEED [kt]	PROPULSOR COEFS								
	J	KT	KQ	KT/U2	KQU3	CTH	CP	RNPROP	KTN
4,00	0,2702	0,0548	0,00801	0,74981	0,40569	1,9094	6,4231	1,27e7	0,0142
6,00	0,2758	0,0526	0,00794	0,69207	0,37835	1,7623	5,9902	1,88e7	0,0132
8,00	0,2797	0,0511	0,00789	0,6535	0,36034	1,6641	5,705	2,48e7	0,0124
10,00	0,2798	0,0511	0,00788	0,65224	0,35981	1,6609	5,6966	3,10e7	0,0124
11,00	0,2770	0,0521	0,00792	0,67934	0,37242	1,7299	5,8962	3,45e7	0,0129
+ 12,00 +	0,2718	0,0541	0,00799	0,73278	0,39758	1,866	6,2946	3,83e7	0,0139
13,00	0,2652	0,0567	0,00807	0,80613	0,43277	2,0528	6,8518	4,26e7	0,0152
14,00	0,2534	0,0611	0,00821	0,95111	0,50437	2,422	7,9853	4,80e7	0,0175

Report ID:20210612-1740

HydroComp NavCad 2018 18.04.0973.0038.U1002

## 4.2 Potencia y rpm de las máquinas primarias

Para el cálculo de la potencia del motor tomamos como referencia los datos dados por Wärtsilä:

Cylinder configuration	Main engines	Generating sets				Dredger
	750 rpm	720 rpm		750 rpm		750/ 775 rpm
	Engine [kW]	Engine [kW]	Generator [kVA]	Engine [kW]	Generator [kVA]	Engine [kW]
W 6L32	3480	3360	4030	3480	4180	3120
W 7L32	4060	3920	4700	4060	4870	3640
W 8L32	4640	4480	5380	4640	5570	4160
W 9L32	5220	5040	6050	5220	6260	4680
W 12V32	6960	6720	8060	6960	8350	6240
W 16V32	9280	8960	10750	9280	11140	8320

Para nuestro motor, con configuración 6L32, la potencia que suministra a 750 rpm es 3480kW.

## 4.3 Justificación del cumplimiento de los RPA aplicables a la propulsión

Para calcular la potencia dada el motor, tenemos que considerar un margen de carga del 85%, fijado por la RPA. Mencionar que se ha aplicado un 10% de margen de mar más un 5% adicional para los cálculos realizados en NavCad:

Margin	
Design margin:	15 %
Basis:	Hull + added dr...

Para justificar la elección del motor principal adjuntamos la salida del programa correspondiente a la propulsión:

SPEED [kt]	POWER DELIVERY								
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN.m]	QENG [kN.m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	CPPITCH [mm]
4,00	77	10,48	10,48	83,8	86,4	86,4	86,4	987,8	1701,2
6,00	114	22,59	22,59	266,4	274,6	274,6	274,6	466,1	1701,3
8,00	150	38,96	38,96	605,2	623,9	623,9	623,9	273,5	1701,4
10,00	188	61,00	61,00	1185,8	1222,5	1222,5	1222,5	174,5	1701,2
11,00	209	75,74	75,74	1636,7	1697,4	1697,4	1697,4	139,1	1701,2
<b>+ 12,00 +</b>	<b>232</b>	<b>94,53</b>	<b>94,53</b>	<b>2272,4</b>	<b>2342,7</b>	<b>2342,7</b>	<b>2342,7</b>	<b>109,3</b>	<b>1701,2</b>
13,00	258	117,92	117,92	3149,7	3247,1	3247,1	3247,1	85,4	1701,2
14,00	291	152,46	152,46	4591,1	4733,1	4733,1	4733,1	63,1	1701,3

La potencia necesaria para mover nuestro buque a una velocidad de 12 nudos, y con las características de formas que hemos definido, es de 2342,7 KW.

Aún así, esta no será la potencia que debe entregar nuestro motor propulsor, ya que se debe considerar el régimen de este, que es del 85%

Entonces:

$$Pot\ motor\ principal = \frac{PBTOTAL}{85\%} = \frac{2342,7}{85\%} = 2734,9\ KW$$

Necesitamos entonces un motor que proporcione, como mínimo, 2734,9KW trabajando al 85% de su MCR o 2342,7 KW trabajando al 100% de su MCR.

Nuestro motor principal proporciona 3480KW al 100% de su régimen y 2958KW al 85% de su MCR, por lo que cumple con la potencia a entregar, más cierto margen de seguridad.

El excedente de potencia de nuestro motor frente a los requerimientos es de:

$$Potencia\ reserva\ 12\ nudos = 1 - \frac{2734,9}{3480} = 21,4\% \text{ de potencia excedente}$$

Como hemos dicho anteriormente, este 21% de potencia se destina al modo de funcionamiento PTO de la planta, durante el cual el motor principal aportaría energía para los consumidores eléctricos. Sobredimensionar el motor propulsor un 21% es mucho más eficiente a nivel coste, peso y espacio, que instalar un tercer generador eléctrico para cumplir el requisito de n-1 generadores que satisfagan la condición de potencia eléctrica más demandante.

Calculamos ahora la potencia de reserva en navegación a 4 nudos, faenando y con la PTO funcionando (BHP=2973,28KW)

$$Potencia\ reserva\ 4\ nudos\ faenando = 1 - \frac{2973,28}{3480} = 15\% \text{ de potencia excedente}$$

Tenemos entonces que, incluso en la situación más demandante de energía, el motor cumple las expectativas y tiene un 15% de margen de seguridad. Si el margen fuese mayor trabajaría por debajo de su régimen nominal, y si el margen fuese menor, el motor trabajaría por encima de este régimen óptimo, o sea que iría forzado.

## 5 CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y AUTONOMÍA

### 5.1 Condición de autonomía

La capacidad de los tanques almacén se estima en función de la capacidad de congelación.

Nuestro buque tiene una capacidad de congelación de 100t/día. Nuestras bodegas tienen una capacidad de 1500m<sup>3</sup>, por lo tanto:

$$\text{Días}_{\text{caladero}} = \frac{\text{Capacidad bodega}}{\text{Capacidad de congelación}}$$

$$\text{Días}_{\text{caladero}}=15$$

En nuestra RPA se establece una autonomía de 40 días, por lo que tenemos un máximo de 25 días de navegación más los 15 días en caladero.

Procedemos ahora a calcular la autonomía en millas, que necesitaremos para calcular el volumen de combustible.

Como hemos dicho, navegará 25 días a 12 nudos y 15 días a 4 nudos, por lo tanto:

$$\text{Autonomía viaje}=25 \text{ días} * 24 \text{ horas/día} * 12 \text{ nudos /hora}=7200 \text{ millas}$$

$$\text{Autonomía caladero}=15 \text{ días} * 24 \text{ horas/día} * 4 \text{ nudos /hora}=1440 \text{ millas}$$

$$\text{Autonomía total}=8640 \text{ millas}$$

### 5.2 Consumo horario de propulsión y generación

El consumo de propulsión y generación, dadas las características de nuestro buque, es de 24h. Los días que pase de viaje al caladero serán íntegramente de navegación, una vez llegado al caladero también está navegando, a velocidad de arrastre y con la red largada. Una vez tiene las bodegas llenas vuelve a puerto navegando a velocidad de servicio y durante 24 horas al día.

### 5.3 Listado de tanques de combustible y volumen

Para calcular el combustible requerido por el motor accionador de la propulsión tenemos que aclarar que podrá operar tanto con MDO<sup>5</sup> como con HFO<sup>6</sup>. El HFO se empleará en condiciones de navegación y el MDO se utilizará para la entrada y salida de puerto.

El consumo del motor propulsor en condiciones ISO es de 178.8g/KWh.

Es importante distinguir entre tanques de HFO y MDO porque las condiciones de almacenamiento son diferentes: se almacenan a rangos de temperatura distintos por lo que necesitan diferentes sistemas auxiliares.

---

<sup>5</sup> MDO: marine diesel fuel oil

<sup>6</sup> HFO: Heavy fuel oil

De los cálculos realizados en el cuaderno 4 obtenemos unos valores finales de:

Volumen MDO=62,73m<sup>3</sup>

Volumen HFO=564,63m<sup>3</sup>

### 5.3.1 Tanques uso diario MDO motor principal

Una vez definidas las capacidades de HFO y MDO, tenemos que dimensionar los tanques de uso diario de cada combustible.

En el SOLAS se establece que debemos llevar dos tanques de uso diario para 8 horas, de cada tipo de combustible. Entonces, para MDO debemos tener 2 tanques de uso diario. La capacidad de cada uno de ellos debe ser suficiente como para abastecer al motor principal durante 8 horas. Se calculan para la condición de combustible más demandante

$$P_{combustib} = \frac{16 h * 2973,28 kW * 178,8 g/kWh}{10^6 g/ton} * \frac{1}{0,85} = 10m^3$$

Necesitamos entonces, 2 tanques de 5m<sup>3</sup> cada uno, para almacenar el MDO de uso diario del motor principal

### 5.3.2 Tanques uso diario HFO motor principal

Al igual que para los tanques de MDF de uso diario, se establece la condición de que el volumen mínimo es el necesario para 16 horas de funcionamiento continuo (entre dos tanques).

$$P_{combustib} = \frac{16 h * 2973,28 kW * 178,8 g/kWh}{10^6 g/ton} * \frac{1}{0,85} = 10m^3$$

### 5.3.3 Tanques sedimentación MDO motor principal

Los tanques de sedimentación del motor principal los dimensionaremos con los mismos requerimientos que los tanques de uso diario, ya que desde los tanques de sedimentación se trasiega el combustible a los de uso diario.

Establecemos entonces 2 tanques de sedimentación de 5m<sup>3</sup> para MDO del motor principal

#### 5.3.4 *Tanques almacén MDO motor principal*

El volumen de los tanques almacén de MDF será el correspondiente al volumen total de MDF menos el volumen de los tanques de diario y de sedimentación.

Si tenemos 2 tanques de UD de MDO de 5m<sup>3</sup> cada uno, y 2 tanques de sedimentación de MDO de otros 5m<sup>3</sup> cada uno, resultan entonces 20m<sup>3</sup> de MDO.

Estimamos en el apartado 7.1.1.1 que el volumen de MDO sería de unos 62,7m<sup>3</sup>, a los que restamos ahora los mencionados 20m<sup>3</sup>, tenemos entonces:

Volumen tanques almacén MDO motor principal=42,7m<sup>3</sup>

#### 5.3.5 *Tanques almacén HFO motor principal*

Al igual que en los tanques de MDF, la capacidad será igual a la capacidad total de HFO menos los tanque de uso diario y sedimentación, que suman un total de 20m<sup>3</sup>.

Estimamos en el apartado 7.1.1.1 que el consumo de HFO por parte del motor principal sería de unos 564m<sup>3</sup>, a los que restamos estos 20m<sup>3</sup> de UD y sedimentación y obtenemos:

Volumen tanques almacén HFO motor principal=544m<sup>3</sup>

#### 5.3.6 *Tanques sedimentación HFO motor principal*

Para los tanques de sedimentación de HFO hacemos exactamente lo mismo que para los tanques de MDO, los dimensionamos en base a los requisitos mínimos de los tanques de uso diario, resultando así dos tanques de 5m<sup>3</sup> cada uno.

#### 5.3.7 *Resumen volúmenes mínimos*

En la siguiente tabla tenemos el volumen mínimo de los 2 tipos de combustible, de los cuales el HFO solamente será para consumo del motor principal, pero MDO se compartirá con los generadores.

COMBUSTIBLE	VOLUMEN MÍNIMO	
USO DIARIO MDO	15,4	m3
SEDIMENTACIÓN MDO	15,4	m3
ALMACÉN MDO	246,21	m3
USO DIARIO HFO	10	m3
SEDIMENTACIÓN HFO	10	m3
ALMACÉN HFO	544	m3

### 5.3.8 Listado de tanques en Maxsurf Stability

Se anexan capturas del listado de tanques que se realizó en el cuaderno 4.

#### 5.3.8.1 Tanques MDO

Dentro de los tanques de MDO diferenciamos:

##### 5.3.8.1.1 Uso diario MDO

Como vimos en la tabla 2, la capacidad mínima de los tanques de uso diario de MDO es de 15.4m3, por lo que cumplimos sobradamente los requerimientos

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass	Unit Volume	Total Volume
Diario MDO BR	100%	28,232	28,232	33,609	33,609
Diario MDO ER	100%	28,232	28,232	33,609	33,609

##### 5.3.8.1.2 Sedimentación MDO

La capacidad de los tanques de sedimentación de MDO es de 50m3, que cumple con la capacidad mínima.

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass	Unit Volume	Total Volume
Sedimentación MDO BR	100%	25,073	25,073	29,849	29,849
Sedimentación MDO ER	100%	25,073	25,073	29,849	29,849

##### 5.3.8.1.3 Almacén MDO

A continuación, podemos ver el listado de tanques de MDO, entre los que suman un total de 455,5m3.

Si a estos 455,5m3 le restamos los 56m3 de uso diario y los 50m3 de sedimentación, nos queda un volumen final de MDO almacén de 349,5m3, que cumple con el requisito de ser mayor o igual que 246,21m3.

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass	Unit Volume	Total Volume
Diario MDO BR	100%	28,232	28,232	33,609	33,609
Diario MDO ER	100%	28,232	28,232	33,609	33,609
Sedimentación MDO BR	100%	25,073	25,073	29,849	29,849
Sedimentación MDO ER	100%	25,073	25,073	29,849	29,849
MDO 1 BR	100%	26,545	26,545	31,601	31,601
MDO 1 ER	100%	26,545	26,545	31,601	31,601
MDO 2 ER	100%	45,625	45,625	54,316	54,316
MDO 2 BR	100%	45,625	45,625	54,316	54,316
MDO 3 BR	100%	35,095	35,095	41,780	41,780
MDO 3 ER	100%	35,095	35,095	41,780	41,780
MDO 4 BR	100%	30,762	30,762	36,622	36,622
MDO 4 ER	100%	30,762	30,762	36,622	36,622
<b>TOTAL MDO</b>	<b>100%</b>	<b>382,665</b>	<b>382,665</b>	<b>455,553</b>	<b>455,553</b>

### 5.3.8.2 HFO

Dentro de los tanques de HFO diferenciamos:

#### 5.3.8.2.1 Uso diario HFO

El volumen mínimo de uso diario es de 10m<sup>3</sup> y diseñamos tanques de 21m<sup>3</sup>, que cumplen.

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass	Unit Volume	Total Volume
Diario HFO ER	100%	10,573	10,573	11,196	11,196
Diario HFO BR	100%	10,573	10,573	11,196	11,196

#### 5.3.8.2.2 Sedimentación HFO

La restricción de volumen mínimo es de 10m<sup>3</sup>, que vemos que se cumple:

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass	Unit Volume	Total Volume
Sedimentación HFO ER	100%	12,262	12,262	12,985	12,985
Sedimentación HFO BR	100%	12,262	12,262	12,985	12,985

#### 5.3.8.2.3 Almacén HFO

El volumen de tanques almacén será igual o superior a 544m<sup>3</sup>

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass	Unit Volume	Total Volume
Diario HFO ER	100%	10,573	10,573	11,196	11,196
Diario HFO BR	100%	10,573	10,573	11,196	11,196
Sedimentación HFO ER	100%	12,262	12,262	12,985	12,985
Sedimentación HFO BR	100%	12,262	12,262	12,985	12,985
HFO 2 Br	100%	21,494	21,494	22,762	22,762
HFO 2 ER	100%	21,494	21,494	22,762	22,762
HFO 1 ER	100%	23,999	23,999	25,415	25,415
HFO 1 BR	100%	23,999	23,999	25,415	25,415
HFO 4 ER	100%	105,578	105,578	111,806	111,806
HFO 4 BR	100%	105,578	105,578	111,806	111,806
HFO 3 BR	100%	126,977	126,977	134,467	134,467
HFO 3 ER	100%	126,977	126,977	134,467	134,467
<b>TOTAL HFO</b>	<b>100%</b>	<b>601,766</b>	<b>601,766</b>	<b>637,261</b>	<b>637,261</b>

Si al volumen total de HFO, que es 637,2 m<sup>3</sup>, le restamos el volumen de tanques de uso diario y sedimentación (21 y 24,4 m<sup>3</sup>), resultaría un volumen de tanques de almacén de HFO igual a 591,8m<sup>3</sup>, mayor que la capacidad estimada por formulación (544m<sup>3</sup>)

## 5.4 Determinación de la autonomía y comparación con la requerida

Para calcular el consumo del buque utilizaremos como combustible MDO (diésel), cuya densidad es de  $0,85t/m^3$ . También podrá operar con HFO.

En el Project Guide del motor Wärtsila 6L32 encontramos una tabla con los consumos del motor

IMO Tier II or III	
Fuel specification: Fuel oil	
700 cSt/50°C	7200 sR1/100°F
ISO 8217, category ISO-F-RMK 700	
SFOC 178.8 g/kWh at ISO conditions	

El consumo es de 178,8g/kWh en condiciones ISO.

Las condiciones ISO son las siguientes:

Presión total barométrica: 100kPa

Temperatura del aire: 25°C

Humedad relativa: 30%

Temperatura de aire refrigerante: 25°C

Recordamos la estimación de combustible realizada en el cuaderno 4:

El buque navegará 25 días a 12 nudos y 15 días a 4 nudos, por lo tanto:

Autonomía viaje=25 días \* 24 horas/día \* 12 nudos /hora=7200millas

Autonomía caladero=15 días \* 24 horas/día \* 4 nudos /hora=1440 millas

Autonomía total=8640millas

Calculamos entonces el combustible necesario:

Para la condición de navegación, obtenemos tras el cuaderno 6 que la potencia necesaria al 85% del MCR, es de 2734,9KW. En esta condición el buque navega a 12 nudos y el motor principal solamente entrega energía mecánica para la propulsión del buque.

$$P_{combustible\ navegando} = \frac{7200millas * 2734,9\ kW * 178,8\ g/kWh}{12\ nudos * 10^6\ g/ton} = 293,4t$$

Para la condición de arrastre, el buque navegará al 70% MCR (porque va a 4 nudos y faenando, en lugar de navegar a 12 nudos), y el excedente de energía del motor principal se destina a un generador de cola, que funcionando en modo PTO

entrega 900KW para consumo eléctrico. La potencia que entrega el motor en esta condición, calculada y justificada en el cuaderno 6, es de 2973,28KW; entonces:

$$P_{\text{combustible faenando}} = \frac{1440 \text{ millas} * 2973,28 \text{ kW} * 178,8 \text{ g/kWh}}{4 \text{ nudos} * 10^6 \text{ g/ton}} = 191,38t$$

Tenemos un peso total de combustible de 484,78 toneladas, que, suponiendo una densidad de 0,85, resulta un volumen total de combustible de 570,3m<sup>3</sup>. A este valor se aplica un margen de 10%, ya que estamos en una fase de diseño preliminar. Así pues, obtenemos un volumen de combustible necesario de **627,36m<sup>3</sup>**.

De estos 627,36m<sup>3</sup>:

Volumen MDO=62,73m<sup>3</sup>

Volumen HFO=564,63m<sup>3</sup>

## 6 SISTEMAS AUXILIARES RELACIONADOS CON LA PROPULSIÓN

### 6.1 Guía de proyecto utilizada

Para estudiar los sistemas auxiliares de la propulsión, introducimos primero la guía de proyecto que hemos utilizado: "Wärtsila 32 Product Guide". Nos apoyaremos en ella para definir los sistemas auxiliares del motor propulsor Wärtsila 6L32.

### 6.2 Definición de sistemas

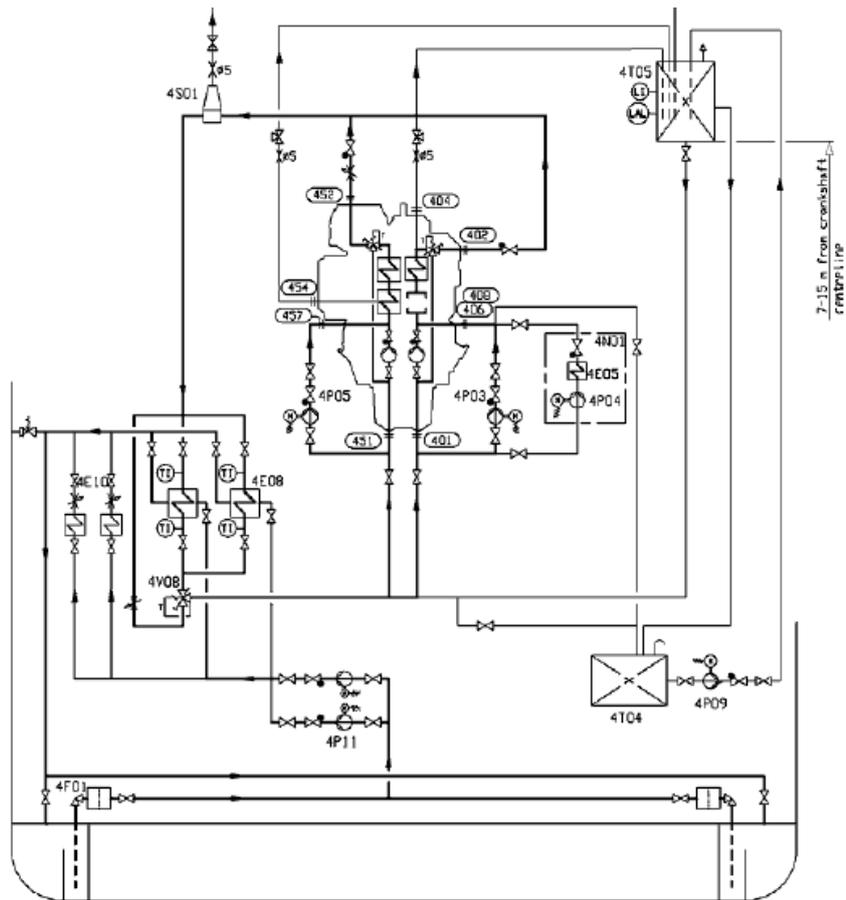
#### 6.2.1 Refrigeración (agua dulce y agua salada)

Dentro de los sistemas de refrigeración tenemos que distinguir entre la refrigeración de agua dulce y el sistema de refrigeración de agua salada. Este circuito de agua salada es adicional a los circuitos de agua dulce de alta y baja temperatura.

El agua salada de refrigeración se emplea en la refrigeración externa del motor. Mientras que el agua que está en contacto directo con las diferentes partes del motor, es agua dulce.

##### 6.2.1.1 Esquemas funcionales

Se adjunta esquema del agua de refrigeración, dulce y salada, para el caso de un motor principal y una reductora:



### 6.2.1.2 Lista de equipos

- 4E08 Enfriador central
- 4E10 Enfriador (engranaje reductor)
- 4F01 Filtro de succión (agua de mar)
- 4N01 Unidad de precalentamiento
- 4P03 Bomba de reserva (HT)
- 4P04 Bomba de circulación (precalentador)
- 4E05 Calentador (precalentador)
- 4P05 Bomba de reserva (LT)
- 4P09 Bomba de transferencia
- 4P11 Bomba de circulación (agua de mar)
- 4S01 Purga de aire
- 4T04 Tanque de drenaje
- 4T05 Tanque de expansión
- 4V08 Válvula de control de temperatura (enfriador central)

### 6.2.1.3 Características técnicas de los equipos

### Bombas de circulación stand-by (4P03, 4P05)

La capacidad de estas bombas de circulación es de 60m<sup>3</sup>/h según Product Guide, y la presión de este sistema externo de agua salada es de 250KPa, que vienen siendo 26mca, como veremos en el catálogo.

Capacity of engine driven pump, nom	60 m <sup>3</sup> /h
Delivery head of standby pump (excluding static pressure)	250 kPa

Se dispondrá de 2 bombas de stand-by según lista de equipos del sistema (elementos 4P03 y 4P04). Modelo CMX-50/160A:

### Serie CMX (2.900 r.p.m.)

Modelo	Potencia		Q m <sup>3</sup> /h l/min.	H mts													PRECIO
	CV	kW		6	9	12	15	18	24	30	36	42	60	72	84		
CMX-32/125B	1	0,75	16	14	13	11	10										1.429
CMX-32/125A	1,5	1,1	21	20	18	16	14	10									1.430
CMX-32/160B	2	1,5	25	24	22	20	17	12									1.593
CMX-32/160A	3	2,2	34	33	31	29	26	21									1.756
CMX-32/200B	4	3	41	39	36	33	30	21									1.865
CMX-32/200A	5,5	4	51	49	47	44	41	32									2.028
CMX-32/250C	7,5	5,5	56	53	51	48	45	37									2.639
CMX-32/250B	10	7,5	71	69	66	63	60	52									3.105
CMX-32/250A	15	11	83	80	78	74	71	63									4.164
CMX-40/125C	1,5	1,1				14	13	11	10	8							1.584
CMX-40/125B	2	1,5				17	17	14	13	11	8						1.604
CMX-40/125A	3	2,2				23	22	21	18	16	13						1.623
CMX-40/160B	4	3				31	30	27	24	21	17						1.749
CMX-40/160A	5,5	4				37	36	33	30	27	23						1.974
CMX-40/200B	7,5	5,5				48	46	44	41	36	31						2.584
CMX-40/200A	10	7,5				56	55	53	49	45	40						2.808
CMX-40/250C	12,5	9,2				63	62	60	56	52	45						4.232
CMX-40/250B	15	11				72	71	69	66	61	55						4.250
CMX-40/250A	20	15				85	84	82	78	74	69						5.818
CMX-50/125C	3	2,2							16	15	14	10	7				1.757
CMX-50/125B	4	3							20	19	18	14	11				1.865
CMX-50/125A	5,5	4							24	23	22	18	15	12			2.122
CMX-50/160B	7,5	5,5							32	31	29	24	20	15			2.411
CMX-50/160A	10	7,5							39	38	36	31	27	22			2.803
CMX-50/200B	12,5	9,2							45	43	40	34	29	23			3.961
CMX-50/200A	15	11							57	55	53	44	37	28			4.247
CMX-50/250C	20	15							68	67	65	58	51				5.497
CMX-50/250B	25	18,5							76	75	73	66	60				6.219
CMX-50/250A	30	22							86	85	83	74	69	61			6.472

### Bomba de agua salada (4P11)

Las bombas de agua salada se disponen separadas del motor principal y son accionadas eléctricamente. La capacidad de estas bombas está determinada por el tipo de enfriadores y la cantidad de calor a ser disipado.

### Válvula de control de temperatura sistema HT (4V01)

Esta válvula se encarga de controlar la temperatura del agua del motor, haciendo recircular un poco de agua de vuelta a la bomba de HT.

### **Válvulas termostáticas (4V08)**

Son las encargadas de controlar la temperatura, tanto en el circuito de baja temperatura como en el de alta.

Las válvulas termostáticas comprueban la temperatura del agua a la salida del circuito y redirigen el caudal de agua, o bien de vuelta al circuito, o bien al intercambiador de calor.

#### Válvula de control de temperatura para recuperación de calor (4V02)

La válvula de control de temperatura tras la recuperación de calor controla la temperatura máxima del agua que se mezcla con agua HT desde la salida del motor y antes de la bomba HT.

El punto de ajuste suele ser de hasta 75°C.

### **Central enfriadora de agua dulce (4E08)**

El enfriador de agua dulce puede ser del tipo enfriador de placa, de tubo o de caja. Los enfriadores de placa son los más comunes. Es posible que se necesite una presión más baja para compensar la alta resistencia al flujo en el enfriador central.

En el Product Guide del motor se dan los datos de dimensiones y potencia calorífica de enfriamiento (kw).

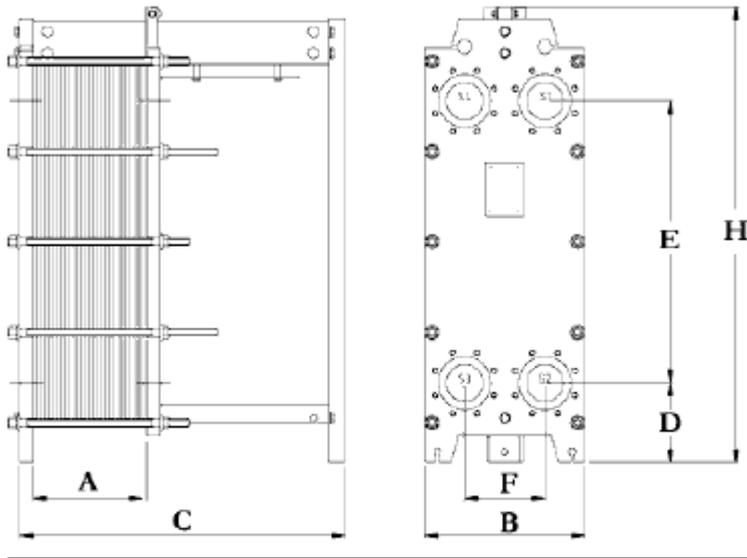


Fig 9-9 Main dimensions of the central cooler.

Engine type	P [kW]	Weight [kg]	Dimension [mm]						
			A	B	C	D	E	F	H
1 x 6L32	1641	820	193	690	817	330	1057	380	1675
1 x 7L32	1914	830	227	690	817	330	1057	380	1675
1 x 8L32	2189	860	262	690	817	330	1057	380	1675
1 x 9L32	2462	880	296	690	817	330	1057	380	1675
1 x 12V32	3170	890	331	690	817	330	1057	380	1675
1 x 16V32	4227	960	448	690	817	330	1057	380	1675
1 x 18V32	4755	1000	524	690	817	330	1057	380	1730

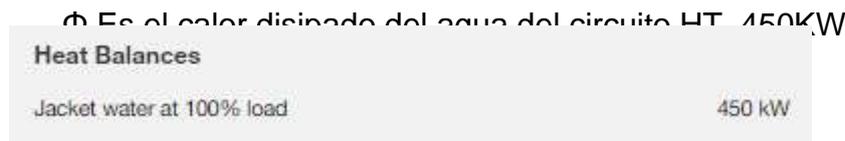
El caudal del enfriador de agua dulce debe calcularse según cómo esté diseñado el circuito. En caso de que el enfriador central de agua dulce se utilice para flujos de agua combinados LT y HT en paralelo, el caudal total se puede estimar con la siguiente fórmula, propuesta por Wärtsilä:

$$Q = Q_{LT} + \frac{3.6 \times \Phi}{4.15 \times (T_{OUT} - T_{IN})}$$

Donde:

Q es el caudal total de agua dulce (m<sup>3</sup>/h)

Q<sub>LT</sub> es la capacidad nominal de la bomba LT ( 60 m<sup>3</sup>/h según Product Guide)



Tout es la temperatura del agua HT después del motor (96°C)

Tin es la temperatura del agua HT después del enfriador (38°C)

Por lo que  $Q_{ad}=66,73\text{m}^3/\text{h}$ , que es el caudal total de agua dulce (lo consideraremos para el cálculo de las bombas del sistema de refrigeración de agua dulce)

El caudal de agua salada será, según criterios de diseño, de 1,2 a 1,5 veces el caudal de agua dulce, por lo que

$$Q_{as}=1.3*66.7=86,75\text{m}^3/\text{h}$$

Se buscan entonces 2 bombas que cumplan esta premisa se caudal a entregar, y que tengan una presión de trabajo entre 80 y 140KPa:

Modelo	Potencia		Q m <sup>3</sup> /h l/min.	48	60	72	84	96	108	120	180	210	228	PRECIO
	CV	kW		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	3000	3500	3800	
CMX-65/160E	5,5	4		17	15	14	12	10	8					2.859
CMX-65/160D	7,5	5,5		21	20	18	16	14	12					3.175
CMX-65/160C	10	7,5		26	25	23	21	19	17	15				3.278
CMX-65/160B	12,5	9,2		35	33	30	27	23	20					4.711
CMX-65/160A	15	11		41	39	36	33	29	26	21				4.885
CMX-65/200C	20	15		50	48	45	41	37	32					6.319
CMX-65/200B	25	18,5		58	55	52	49	45	40	35				6.620
CMX-65/200A	30	22		66	63	60	57	54	49	42				6.840
CMSX-65/250B	40	30	H mts	83	82	80	77	73	69	64				10.275
CMSX-65/250A	50	37		97	94	93	90	86	82	78				11.700
CMX-80/160C	15	11		33	32,5	32	31	29	28	26	15			5.400
CMX-80/160B	20	15		40	39,5	39	38	36	35	33	22	15		6.863
CMX-80/160A	25	18,5		47	46,5	46	45	43	42	40	29	23	20	7.178
CMX-80/200C	30	22		52	51,5	51	50	49	48	45	35	29		7.445
CMSX-80/200B	40	30		63	62,5	62	61,5	61	59	57	46	39	35	11.070
CMSX-80/200A	50	37		71	70,5	70	69,5	69	68	66	54	49	44	12.155

Se escogen 2 bombas de agua salada, una de servicio y otra de respeto, como todas las bombas que sean de vital importancia para la propulsión del buque; modelo CMX-65/160C, capaces de entregar un caudal de 96m<sup>3</sup>/h a una presión de hasta 19 metros de columna de agua, es decir, 186KPa.

### Recuperación del calor residual

El calor residual en el agua de refrigeración HT se puede utilizar para la producción de agua dulce, calefacción central, etc.

El sistema debe estar provisto de una válvula de control de temperatura para evitar un enfriamiento innecesario.

### Tanque de expansión 4T05

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

La presión desde el tanque de expansión hasta la entrada de la bomba debe oscilar entre 0,7 y 1,5 bar.

El volumen del tanque de expansión es, como mínimo, el 10% del volumen total del sistema de agua refrigerante (0,41m<sup>3</sup>/cil), por lo que, como tenemos 6 cilindros, el tanque de expansión tendrá un volumen de 0,25m<sup>3</sup>

Se adjunta una table con el diámetro mínimo de la tubería del tanque de expansión

**Table 9-1 Minimum diameter of balance pipe**

Nominal pipe size	Max. flow velocity (m/s)	Max. number of vent pipes with ø 5 mm orifice
DN 32	1.1	3
DN 40	1.2	6
DN 50	1.3	10
DN 65	1.4	17

### Tanque de drenaje (4T04)

Es recomendable recoger el agua de refrigeración, que contiene aditivos, en un tanque de drenaje cuando se tengan que realizar trabajos de mantenimiento.

Se debe disponer de una bomba para que el agua de refrigeración pueda bombearse de este tanque de drenaje al sistema de nuevo y así reutilizarse.

### Calentador HT (4E05)

Se recomienda calentar el agua HT a una temperatura cercana a la de funcionamiento. La potencia calorífica del calor HT determina el tiempo necesario para calentar el motor desde la condición de frío.

La potencia calorífica requerida es de, como mínimo 5kW/cil, lo que permite calentar el motor de 20°C a 60°C en 10-15 horas.

Al tener nuestro motor 6, cilindros, estimamos una potencia calorífica del calentador de **P=36kW**, que cumple con los requerimientos.

### Bomba de circulación para el precalentador HT (4P04)

La capacidad requerida es de 0,4m<sup>3</sup>/h por cilindro, lo que viene siendo una capacidad total de 2,4m<sup>3</sup>/h para esta bomba.

La presión que debe suministrar esta bomba es de 0,8 a 1 bar.

Se opta por instalar 1 bomba centrífuga autoaspirante que dé un caudal de 3m<sup>3</sup>/h. Se hará acopio de otra bomba para tener de respeto en el buque. Modelo RG 200

Modelo	Potencia		Amperios			Caudal m <sup>3</sup> / hora										Ø	
	CV	kW	monof.	trifásico		1,5	3	6	12	18	24	30	36	48	60	Asp.	Imp.
			230V	230V	400V												
RG 200	2	1,5	9,5	-	4,5	-	19	18,5	17	15	12	9	4	-	-	2"	2"
RG 300	3	2,2	-	-	5,7	-	-	17	16	15	14	13,5	13	11	6	3"	3"

### Unidad de precalentamiento 4N01

La unidad de precalentamiento está formada por:

- Calentadores eléctricos o de vapor
- Bomba de circulación
- Cuadro de control para calefactores y bomba
- Juego de termómetros
- Válvula antirretorno

El proveedor nos da las dimensiones y peso de la unidad según la potencia calorífica a suministrar, que es de P=36kw

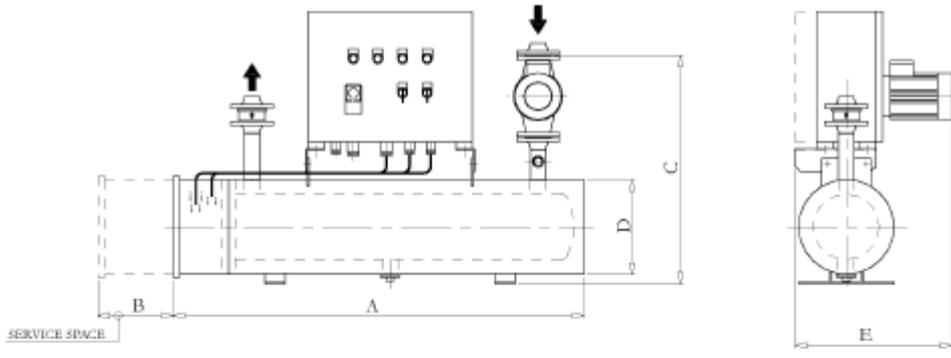


Fig 9-10 Preheating unit, electric (V60L0562C)

Heater capacity [kW]	Pump capacity [m <sup>3</sup> /h]		Weight [kg]	Pipe conn. In/outlet	Dimensions [mm]				
	50 Hz	60 HZ			A	B	C	D	E
18	11	13	95	DN40	1250	900	660	240	460
22.5	11	13	100	DN40	1050	720	700	290	480
27	12	13	103	DN40	1250	900	700	290	480
30	12	13	105	DN40	1050	720	700	290	480
36	12	13	125	DN40	1250	900	700	290	480
45	12	13	145	DN40	1250	720	755	350	510
54	12	13	150	DN40	1250	900	755	350	510
72	12	13	187	DN40	1260	900	805	400	550
81	12	13	190	DN40	1260	900	805	400	550
108	12	13	215	DN40	1260	900	855	450	575

La capacidad de bombeo del equipo de precalentamiento es de 12m<sup>3</sup>/h. Por lo que procedemos a calcular la potencia necesaria para el accionamiento de esta bomba:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \rho}{\eta}$$

Donde:

P es la potencia del motor eléctrico

Q es el caudal de bombeo, 12m<sup>3</sup>/h

H es la altura que debe suministrar la bomba, que estimamos en 10m

G es la gravedad, 9,81m/s<sup>2</sup>

Rho es la densidad, que es 1 al tratarse de agua dulce

N es el rendimiento de la bomba, que tomamos como 0,6

Por lo tanto, la potencia consumida por la bomba del precalentador es de 0,55KW

#### **6.2.1.4 Estimación de la potencia eléctrica consumida**

En lugar de calcular la potencia eléctrica consumida por el sistema de refrigeración de agua salada, se calculará en el apartado 7.2.3 el consumo del sistema de refrigeración total.

Pese a ser independientes los circuitos de agua dulce y agua salada, comparten ciertos equipos como el enfriador o el precalentador, por lo que se espera para hacer el cálculo completo.

#### **6.2.2 Sistema de refrigeración (de agua salada) en condiciones polares**

Al tratarse nuestro buque proyecto de un pesquero destinado a faenar el zonas del mar del norte, realizamos las condiciones oportunas en lo que a la maquinaria propulsora se refiere.

Como hemos dicho en el apartado anterior, en condiciones árticas, cuando exista riesgo de congelación del agua de refrigeración está recomendado y permitido el uso de glicol como anticongelante.

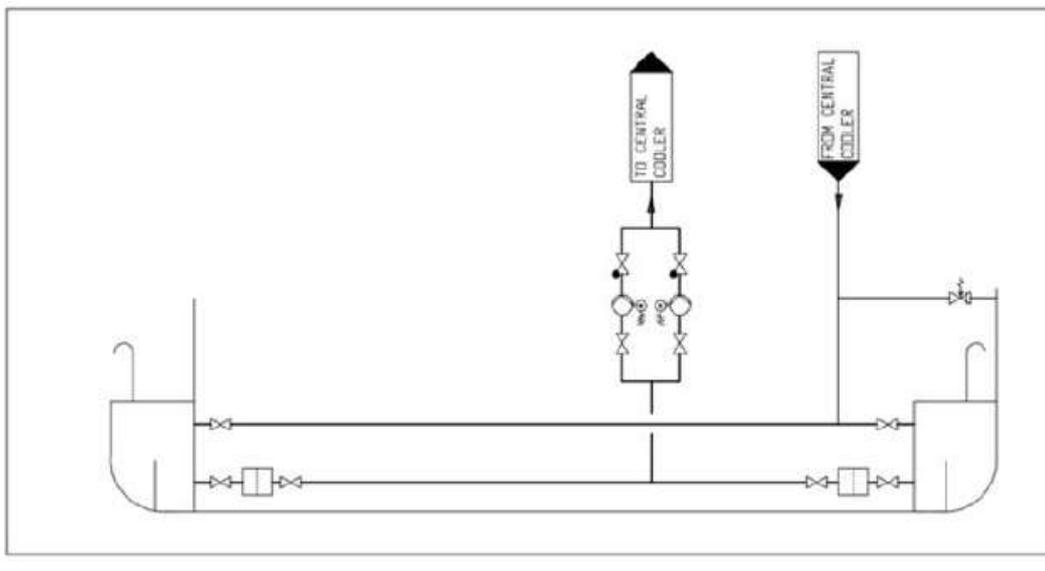
Cuando el motor trabaja a cargas bajas, el aire combustión está por debajo de 0° Celsius tras la etapa del compresor, y en lugar de transmitir calor al agua de

refrigeración, la enfría. Si la temperatura del aire de combustión que llega a los cilindros es demasiado fría, puede producirse una combustión desigual del combustible en el cilindro. Además, el enfriamiento excesivo del exterior del motor, puede causar corrosión por frío en las camisas de los cilindros o incluso atascar los pistones.

El mantenimiento de la temperatura nominal del depósito de aire de carga y de la entrada de agua HT son factores importantes a la hora de diseñar el sistema de agua de refrigeración para condiciones árticas. En este caso el enfriador de aire se reemplaza por un enfriador de dos etapas en el sistema de calentamiento de agua LT. Por lo que la válvula termostática debe colocarse en el sistema externo.

En condiciones árticas, el agua salada caliente proveniente de la salida del intercambiador central, generalmente se devuelve a la toma de mar para evitar que el hielo bloquee los filtros de las tomas de mar.

Se adjunta un ejemplo del diagrama de flujo del sistema de agua refrigerante en condiciones árticas:



**Fig 9-8** Example flow diagram of arctic sea water system

### 6.2.3 Agua dulce de refrigeración

Tanto el agua dulce como el agua salada de refrigeración tiene como objeto contrarrestar los procesos térmicos que se dan en el motor principal, utilizando el agua como fuente fría.

En el caso del agua dulce, tiene que tener las siguientes características para poder ser empleada en el sistema de refrigeración:

- Un pH entre 6,5 y 8,5
- Una dureza máxima de 10ºdH

- Una concentración máxima de cloruros de 80mg/l
- Una concentración máxima de sulfatos de 150mg/l

Además, es obligatorio el uso de aditivos de agua de refrigeración que estén certificados, para que actúen como inhibidores de corrosión.

Si existe riesgo de congelamiento, situación que probablemente se de en nuestro buque cuando faene en el mar del norte, se debe agregar glicol al agua. Debe evitarse si no existe tal riesgo de congelación, pues disminuye la transferencia de calor al agua.

Dentro del circuito de refrigeración por agua dulce, es decir, la refrigeración interna, tenemos que diferenciar entre el circuito de baja temperatura (LT), que refrigera el aire de admisión y el aceite lubricante; y el circuito de alta temperatura (HT), que refrigera los cilindros y el turbosoplante.

### 6.2.3.1 Esquemas funcionales

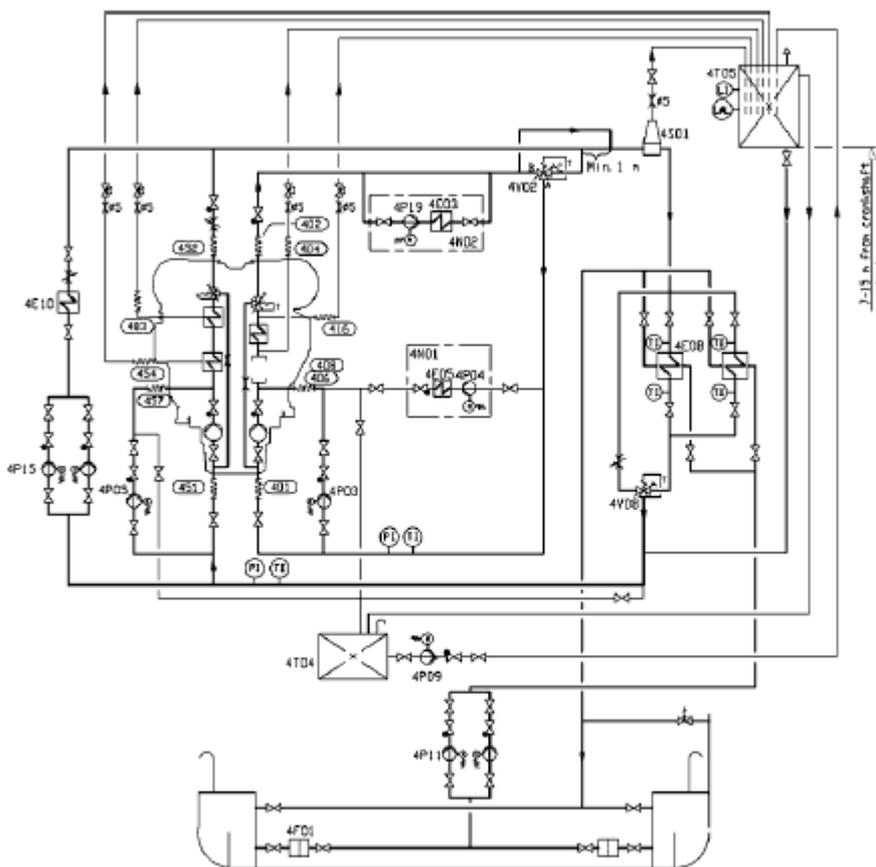


Fig 9-2 Example diagram for single main engine (HFO), reduction gear fresh water cooled (3V76C5262C)

### 6.2.3.2 Lista de equipos

- 4E03 Recuperación de calor (evaporador)
- 4E05 Calentador (unidad de precalentamiento)

4E08 Enfriador central  
4E10 Enfriador (engranaje reductor)  
4F01 Filtro de succión (agua de mar)  
4N01 Unidad de precalentamiento  
4N02 Unidad de evaporación  
4P03 Bomba de reserva (HT)  
4P04 Bomba de circulación (precalentador)  
4P05 Bomba de reserva (LT)  
4P09 Bomba de transferencia  
4P11 Bomba de circulación (agua de mar)  
4E08 Enfriador central  
4P15 Bomba de circulación (LT)  
4P19 Bomba de circulación (evaporador)  
4S01 Purga de aire  
4T04 Tanque de drenaje  
4T05 Tanque de expansión  
4V02 Válvula de control de temperatura (recuperación de calor)  
4V08 Válvula de control de temperatura (enfriador central)

### **6.2.3.3 Características técnicas de los equipos**

Las características de los equipos que aparecen en el listado ya se han explicado en el apartado 7.2.1, de sistema de refrigeración de agua salada.

Solamente quedan por concretar las bombas de agua dulce.

Recordamos que en el apartado de “Central enfriadora de agua dulce (4E08)” obtuvimos el caudal total de agua dulce para la central enfriadora. Este cálculo se realizó previamente porque a partir de este  $Q_{ad}=66,73\text{m}^3/\text{h}$ , obtuvimos el caudal de agua salada en el enfriador, para así poder escoger la unidad de bombeo.

Ahora pretendemos escoger la bomba de agua salada, que ha de entregar, como mínimo, un caudal de  $66,73\text{m}^3/\text{h}$  a una presión de 60KPa.

Modelo	Potencia		Q m <sup>3</sup> /h											PRECIO
	CV	kW	48	60	72	84	96	108	120	180	210	228		
CMX-65/160E	5,5	4	17	15	14	12	10	8						2.859
CMX-65/160D	7,5	5,5	21	20	18	16	14	12						3.175
CMX-65/160C	10	7,5	26	25	23	21	19	17	15					3.278
CMX-65/160B	12,5	9,2	35	33	30	27	23	20						4.711
CMX-65/160A	15	11	41	39	36	33	29	26	21					4.885
CMX-65/200C	20	15	50	48	45	41	37	32						6.319
CMX-65/200B	25	18,5	58	55	52	49	45	40	35					6.620
CMX-65/200A	30	22	66	63	60	57	54	49	42					6.840
CMSX-65/250B	40	30	83	82	80	77	73	69	64					10.275
CMSX-65/250A	50	37	97	94	93	90	86	82	78					11.700
CMX-80/160C	15	11	33	32	32	31	29	28	26	15				5.400
CMX-80/160B	20	15	40	39	39	38	36	35	33	22	15			6.863
CMX-80/160A	25	18,5	47	46	46	45	43	42	40	29	23	20		7.178
CMX-80/200C	30	22	52	51	51	50	49	48	45	35	29			7.445
CMSX-80/200B	40	30	63	62	62	61,5	61	59	57	46	39	35		11.070
CMSX-80/200A	50	37	71	70	70	69,5	69	68	66	54	49	44		12.155

Se escogen 2 bombas de agua dulce CMX-65/160E, una de ellas de respeto, que entregan un caudal de 72m<sup>3</sup>/h a 137KPa

### Características sistema HT

High Temperature Cooling Water System	
Pressure at engine, after pump, nom (PT401)	250 kPa
Temperature before cylinders, approx. (TE401)	77 °C
Temperature after cylinders, nom (TE402)	96 °C
Temperature before cylinders without CAC, approx. (TE401)	96 °C
Temperature after charge air cooler, nom (TE432)	96 °C
Temperature after engine, alarm	105 °C
Temperature after engine, stop	110 °C
Capacity of engine driven pump, nom	60 m <sup>3</sup> /h
Pressure drop in external system, max	100 kPa
Pressure from expansion tank, min	70 kPa
Pressure from expansion tank, max	150 kPa
Delivery head of standby pump (excluding static pressure)	250 kPa
Water volume in engine	0.41 m <sup>3</sup>
Pressure drop over engine, total	150 kPa

### Características sistema LT

Low Temperature Cooling Water System	
Temperature before engine, min	25 °C
Temperature before engine, max	38 °C
Temperature after lube oil cooler, nom	47 °C
Capacity of engine driven pump, nom	60 m³/h
Pressure drop over charge air cooler	35 kPa
Pressure drop over oil cooler	30 kPa
Pressure drop in external system, max	100 kPa
Pressure from expansion tank, max	150 kPa

#### 6.2.3.4 Estimación de la potencia eléctrica consumida

Como hemos dicho en el apartado de estimación de la potencia eléctrica consumida por el sistema de refrigeración de agua salada, no se harán distinciones ente equipos de agua salada y de agua dulce, ya que algunos equipos utilizan ambos circuitos (el agua salada para refrigerar el agua dulce HT por ejemplo).

Adjuntamos una tabla con las características principales de los equipos del sistema de refrigeración del motor, donde tenemos un total de **P consumida=52,55KW**

Sistema	Equipo	Cantidad	Equipos en funcionamiento	Marca y modelo	Potencia consumida (KW) unidad	Potencia consumida total	Caudal (m3/h)	Presión (mca)
Sistema de refrigeración	Bombas stand-by	2	0	CMX-50/160A	7,5	15	60	31
	Bomba refrigeración agua salada 4p11	2	1	CMX-50/125B	3	6	60	14
	Enfriador de agua dulce	2	1	Warstila (Pot calorífica 1641 KW)		0		
	Bomba agua salada	2	1	CMX-65/160C	7,5	15	96	19
	Bombas agua dulce	2	1	CMX-65/160E	4	8	72	14
	Calentador HT	1	1	Wartsila	36	36		

	Bomba de circulación HT para el precalentador	2	1	RG 200	1,5	3	3	19
	Unidad de precalentamiento	1	1	Wartsila para P=36 KW	0,55	0,55	12	
				<b>TOTAL CONSUMO</b>	<b>60,05</b>		<b>KW</b>	

### 6.2.4 Combustible del motor

Describiremos brevemente el funcionamiento del sistema de combustible del motor antes de adentrarnos en los cálculos.

El motor se podrá alimentar de MDO y HFO indistintamente, siendo el primero el que se utilizará en el atraque en puerto. Para el cambio de un combustible a otro es recomendable también un cambio en las válvulas de escape del motor.

El combustible se transfiere desde los tanques de combustible a los tanques de sedimentación, donde se separan los lodos y agua.

Tras la centrifugación, el combustible se pasa a los tanques de uso diario, con capacidad para abastecer el motor principal durante 8 horas.

#### 6.2.4.1 Cálculos de dimensionamiento

Se dimensiona el sistema de bombeo de los tanques de sedimentación. Las unidades de bombeo seleccionadas serán las encargadas de trasegar el combustible desde los diferentes tanques del buque al tanque de sedimentación, paso previo al llenado del tanque de uso diario. Esta operación de trasiego tiene una duración estimada de 2 horas.

Los tanques de sedimentación deben tener una capacidad suficiente para contener el combustible que pueda ser consumido en 24 horas de funcionamiento al máximo, por lo que se estima su volumen en 15 m<sup>3</sup>. Siguiendo la recomendación del Product Guide del motor, se dispondrán 2 tanques de sedimentación, uno para HFO y otro para MDO, con sus respectivas unidades de bombeo, que calculamos a continuación:

#### **Bomba de alimentación de los tanques de sedimentación**

Para calcular el caudal de la bomba de alimentación de los tanques de sedimentación:

$$Q = \frac{V_{SEDIMENTACIÓN}}{t}$$

Siendo el volumen de los tanques de sedimentación 15m<sup>3</sup> y el tiempo 2 horas, tenemos que el caudal a entregar es de Q=7,5m<sup>3</sup>/h

Se opta por instalar dos bombas de la marca KSB, modelo RCV, específicas para esta tarea de alimentación de combustible, una bomba para el tanque de MDO y otra para el tanque de HFO. Se dispondrá de otra bombas de respeto.

### RC / RCV

	DN	20 - 100	<b>Descripción</b> Bomba de engranajes helicoidales, autoaspirante, con válvula by-pass incorporada. Disponible en diseño monobloc, horizontal sobre bancada o vertical. Con cierre mecánico.
	Q [m <sup>3</sup> /h]	≤ 78	
	H [m]	≤ 100	<b>Aplicaciones</b> Alimentación de combustible, bombeo de combustibles, aceite lubricante y fluidos viscosos, sistemas de lubricación.
	p [bar]	≤ 10	
	T [°C]	≥ +5 - ≤ +80	
	n [rpm]	≤ 1500	
Datos de servicio a 50 Hz También disponible a 60 Hz			

### Separadores centrífugos

El separador centrífugo es el encargado de trasladar el combustible desde el tanque de sedimentación al tanque de uso diario.

Según el Product Guide del motor, el caudal del separador centrífugo se puede calcular como:

$$Q = \frac{P \cdot b \cdot 24}{\rho \cdot t}$$

Donde:

P es el MCR del motor, 85% de 3480Kw, lo que viene siendo 2958KW

B es el consumo específico del motor:

Fuel consumption at 85% load (LFO)

179.7 g/kWh

Rho es la densidad del fluido, 0,85

T es el tiempo de funcionamiento, que se estima en 23 horas

Por lo tanto, Q=0,65m<sup>3</sup>/h

Este equipo, junto con el calentador, se incluyen en el módulo de purificadora centrífuga que se explicará en un apartado posterior.

### Pre calentador del separador

Calculamos la capacidad mínima requerida por el fabricante con la siguiente formulación:

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

Donde:

P es la potencia calorífica (KW)

Q es la capacidad de la bomba de la unidad separadora de combustible (l/h), que acabamos de calcular, resultando 65000 l/h

$\Delta T$  es el incremento de temperatura, que tomamos como 48°C según indicaciones del Product Guide del motor

Tenemos entonces una potencia requerida de  $P = 1,83KW$

### Bomba de stand-by, MDO (1P08)

Sus características son las siguientes:

Capacidad= 5 veces el consumo total del motor conectado

Presión de diseño 16 bar

Presión máxima (válvula de seguridad) 12 bar

Temperatura de diseño 50°C

Viscosidad 90cSt

Sabiendo que:

Engine driven fuel oil pump flow	4.5 m³/h
----------------------------------	----------

El caudal de esta bomba será de 22.5m³/h:

Se escoge una bomba KSB modelo RCV

#### RC / RCV

	DN	20 - 100	<b>Descripción</b> Bomba de engranajes helicoidales, autoaspirante, con válvula by-pass incorporada. Disponible en diseño monobloc, horizontal sobre bancada o vertical. Con cierre mecánico.  <b>Aplicaciones</b> Alimentación de combustible, bombeo de combustibles, aceite lubricante y fluidos viscosos, sistemas de lubricación.
	Q [m³/h]	≤ 78	
	H [m]	≤ 100	
	p [bar]	≤ 10	
	T [°C]	≥ +5 - ≤ +80	
	n [rpm]	≤ 1500	
Datos de servicio a 50 Hz También disponible a 60 Hz			

### 6.2.4.2 Esquemas funcionales

Se adjunta esquema del sistema de alimentación de combustible MDO, que será el que se utilice en la entrada a puerto:

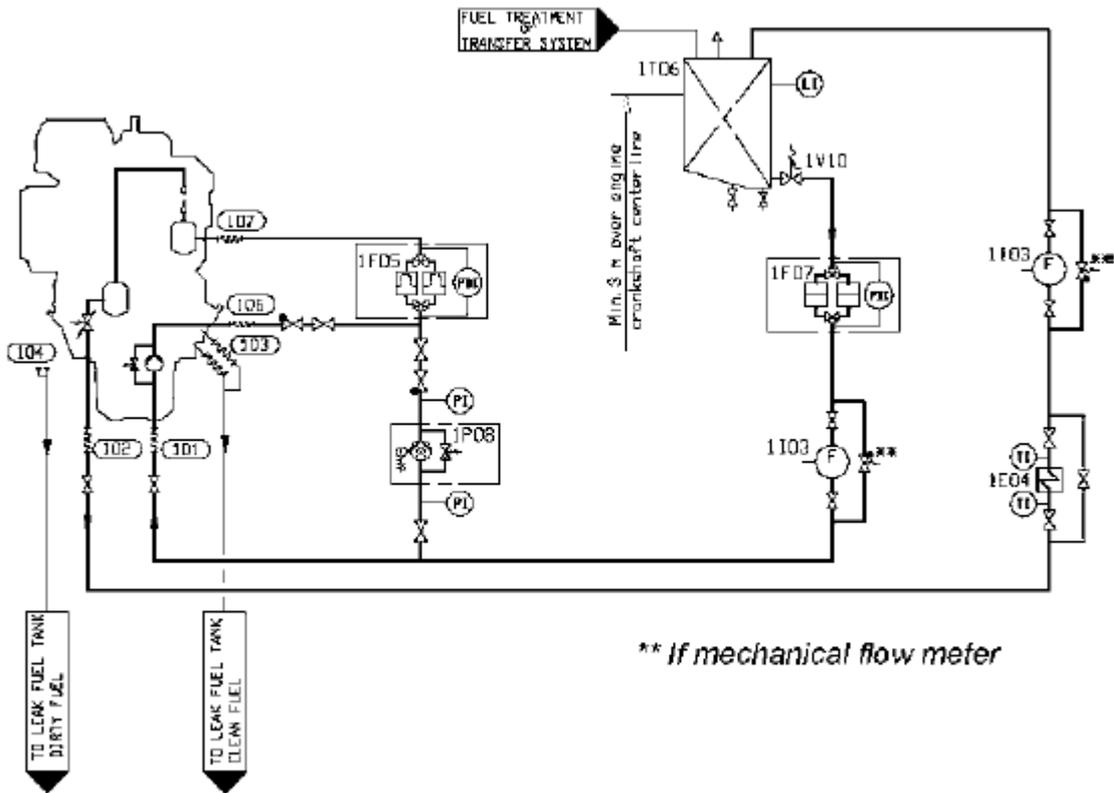


Fig 6-3 Typical example of fuel oil system (MDF) with engine driven pump (V76F6629G)

Se adjunta esquema del sistema HFO en una instalación con un solo motor, que es el caso de nuestro buque:

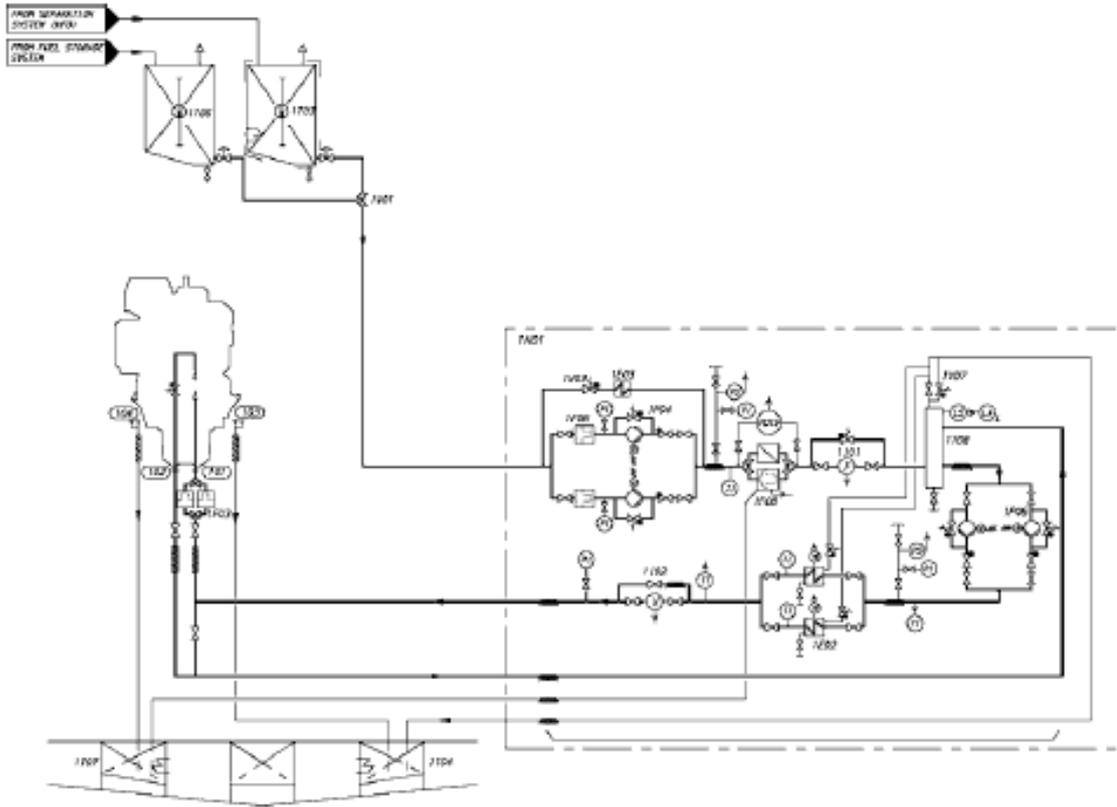


Fig 6-5 Example of fuel oil system (HFO) single engine installation (V76F6627D)

Esquema funcional de la unidad separadora de combustible:

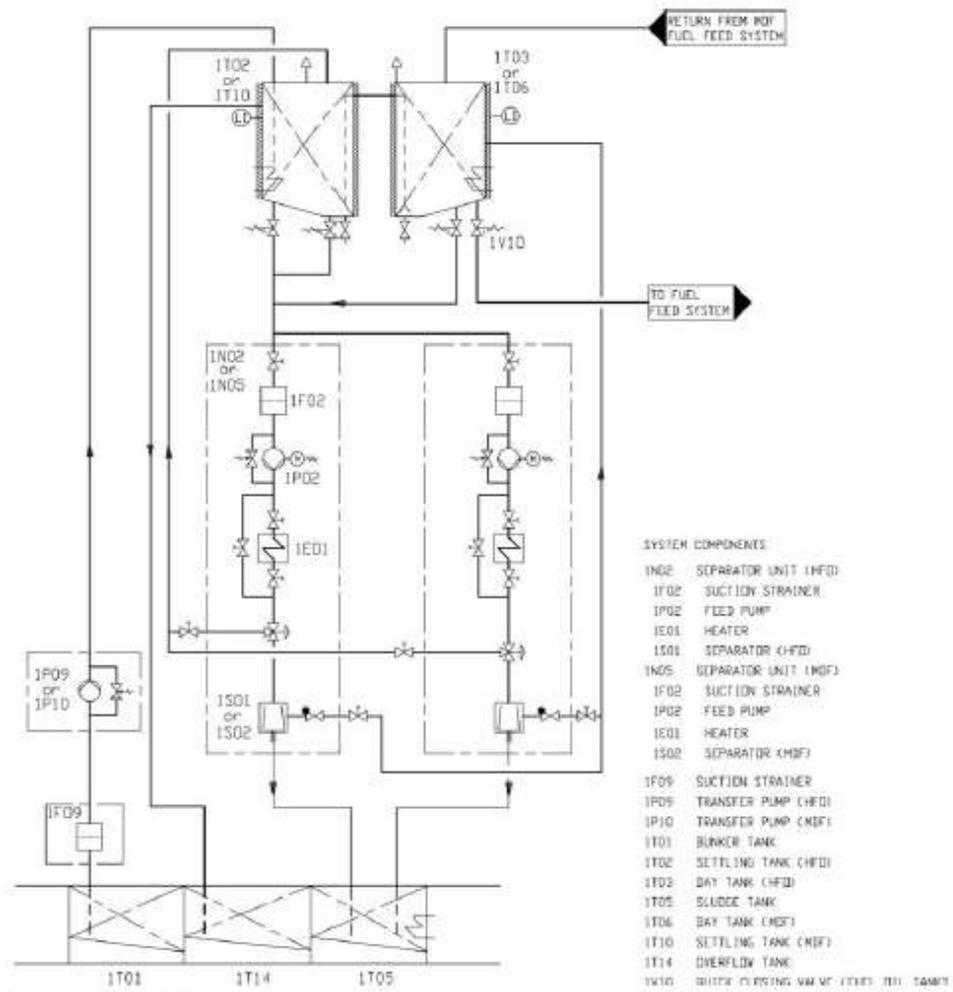


Fig 6-2 Fuel transfer and separating system (V76F6626G)

### 6.2.4.3 Lista de equipos

#### **Equipos en el sistema de alimentación de combustible MDO:**

- 1E04 Enfriador (MDO)
- 101 Entrada de combustible
- 1F05 Filtro fino o filtro de seguridad (MDO)
- 102 Salida de combustible
- 1F07 Colador de succión (MDO)
- 103 Fuga de drenaje de combustible, combustible limpio
- 1I03 Medidor de flujo (MDO)
- 104 Fuga de drenaje de combustible, combustible sucio
- 1P08 Bomba de stand-by (MDO)
- 106 Combustible al filtro externo
- 1T06 Depósito diario (MDO)
- 107 Combustible del filtro externo
- 1V10 Válvula de cierre rápido (depósito de gasóleo)

#### **Equipos en el sistema de alimentación de combustible HFO:**

- 1E02 Calentador (unidad de refuerzo)
- 1P04 Bomba de alimentación de combustible (unidad de refuerzo)
- 1E03 Refrigerador (unidad de refuerzo)
- 1P06 Bomba de circulación (unidad de refuerzo)
- 1E04 Enfriador (MDO)
- 1T03 Tanque de uso diario (HFO)
- 1F03 Filtro de seguridad (HFO)
- 1T06 Tanque de uso diario (MDO)
- 1F06 Filtro de succión (unidad de refuerzo)
- 1T08 Tanque de desaireación (unidad de refuerzo)
- 1F08 Filtro automático (unidad de refuerzo)
- 1V01 Válvula de conmutación
- 1I01 Caudalímetro (unidad de refuerzo)
- 1V03 Válvula de control de presión (unidad de refuerzo)
- 1I02 Viscosímetro (unidad de refuerzo)

- 1V07 Válvula de ventilación (unidad de refuerzo)
- 1N01 Unidad de alimentación / refuerzo
- 1V10 Válvula de cierre rápido (depósito de fuel oil)

#### 6.2.4.4 Características técnicas de los equipos

Fuel System	
Nominal fuel pressure before injection pumps	700 kPa
Tolerance of fuel oil pressure before injection pumps	50 kPa
Engine driven fuel oil pump flow	4.5 m <sup>3</sup> /h
Leak fuel quantity (LFO), clean fuel at 100% load	6 kg/h
Fuel consumption at 100% load (LFO)	184.7 g/kWh
Fuel consumption at 85% load (LFO)	179.7 g/kWh
Fuel consumption at 75% load (LFO)	179.1 g/kWh
Fuel consumption at 50% load (LFO)	179.8 g/kWh
Calculated fuel oil flow to engine	3.46 m <sup>3</sup> /h

#### Unidad separadora (1N02/1N05)

Las separadoras se suelen suministrar como unidades prefabricadas por el fabricante. Están formadas por:

- Colador de succión (1F02)
- Bomba de alimentación (1P02)
- Precalentador (1E01)
- Tanque de lodos (1T05)
- Separador (1S01 / 1S02)
- Bomba de lodos
- Armarios de control que incluyen arrancadores de motor y monitorización

El esquema de funcionamiento de este sistema se adjunta en el apartado 7.2.4.2, figura 6-2.

#### Bombas de alimentación del separador (1P02)

Las bombas de alimentación del separador ya las hemos dimensionado en un apartado anterior. El fabricante del motor nos indica que estas bombas deben estar protegidas por un filtro de succión con una malla de 0,5mm.

El sistema para el control de la alimentación del separador de combustible tiene que ser aprobado.

La presión de diseño de estas bombas de 5 bar

La temperatura de diseño es de 100°C

### **Precaentador del separador (1E01)**

El precaentador se dimensiona de acuerdo con la capacidad de la bomba de alimentación y un tanque de sedimentación determinado.

La temperatura de la superficie del calentador no debe ser demasiado alta, para así evitar el cracking del combustible. El control de temperatura debe mantener la temperatura del combustible con un margen de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . La temperatura recomendada para HFO es de 98°C y para MDO entre 20 y 40°C.

### **Tanque de lodos (1T05)**

El tanque de lodos debe ubicarse directamente debajo de los separadores, o lo más cerca que se pueda, en caso de que no esté integrado en la unidad separadora de combustible. La tubería de lodos debe estar siempre abierta.

### **Tanque de retorno de combustible (1T13)**

El tanque de retorno debe estar equipado con una válvula para la ventilación del tanque de uso diario de MDO.

El volumen del tanque de combustible de retorno debe ser de, como mínimo 100l.

### **Unidad de alimentación (1N01)**

Se puede suministrar la unidad de alimentación ya montada. Está formada por los siguientes equipos:

- Dos filtros de succión
- Dos bombas de alimentación de combustible de tipo tornillo, equipadas con válvulas de seguridad y motores eléctricos integrados
- Una válvula de control de presión / rebose
- Un tanque de desaireación presurizado, equipado con una válvula de ventilación operada por interruptor de nivel
- Dos bombas de circulación, del mismo tipo que las bombas de alimentación de combustible
- Dos calentadores, vapor, aceite eléctrico o térmico (un calentador en funcionamiento, el otro como repuesto)
- Un filtro de retrolavado automático con filtro de reserva
- Un viscosímetro para el control de los calentadores.

- Una válvula de control para calentadores de vapor o aceite térmico, un gabinete de control para calentadores eléctricos
- Un sensor de temperatura para el control de emergencia de los calentadores.
- Un armario de control que incluye arrancadores para bombas
- Un panel de alarma

Se adjunta plano de la unidad con dimensiones

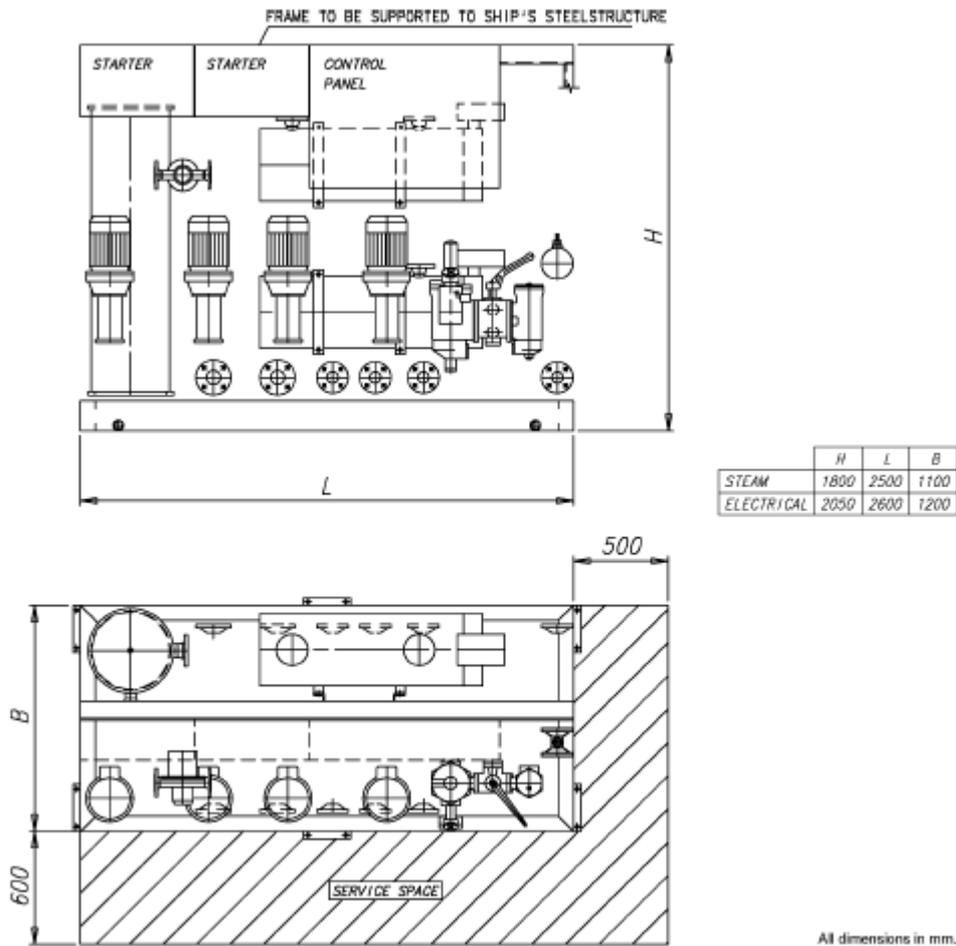


Fig 6-8 Feeder/booster unit, example (DAAE006659)

#### Unidad de bombeo y filtro (1N03)

Debe instalarse una bomba y un filtro antes del motor, cuando la instalación esté formada por varios motores propulsores. Como no es el caso, no se necesita disponer un sistema que reparta el flujo de combustible entre todos los motores. Nuestra planta propulsora no necesita este equipo.

#### Válvula de rebose HFO (1V05)

Ocurre lo mismo que en el caso anterior, es un equipo que se instala cuando varios motores están conectados a la misma unidad de alimentación, pero no es nuestro caso

### 6.2.4.5 Estimación de la potencia eléctrica consumida

#### Bombas de alimentación de los tanques de sedimentación

Conocidas las características de las bombas, dadas por KSB en su ficha técnica, procedemos a calcular la potencia que requerirá cada unidad (recordar que disponemos de 4 unidades de bombeo a bordo, siendo 2 de ellas de respeto)

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \rho}{\eta}$$

Donde:

Q es el caudal suministrado por la bomba, 7,5m<sup>3</sup>/h

H es la altura de la bomba, que estimamos en 45 metros, ya que depende de la distancia de los tanques y se escoge la situación más desfavorable.

G es la gravedad, 9,81m/s<sup>2</sup>

Rho es la densidad del fluido trasegado, que será 0,85 para este combustible

N es el rendimiento mecánico de la bomba 0,6

Tenemos entonces que la potencia consumida por la unidad de bombeo que alimenta cada tanque de sedimentación (MDO y MFHO) es de 4,7kW, por el rendimiento del motor eléctrico (0,9), P=4.23KW

#### Bombas de los separadores centrífugos

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \rho}{\eta}$$

Donde:

Q es el caudal suministrado por la bomba, 0,65m<sup>3</sup>/h

H es la altura de la bomba, que estimamos en 15 metros, ya que el equipo se ubicará en cámara de máquinas

G es la gravedad, 9,81m/s<sup>2</sup>

Rho es la densidad del fluido , que será 0,85 para este combustible

N es el rendimiento mecánico de la bomba 0,6

La potencia consumida por cada unidad de bombeo de los separadores centrífugos es de P=0,135KW por el rendimiento del motor eléctrico (0,9), por lo que P=0,121KW

### Bomba de stand-by

Para calcular la potencia de la bomba:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \rho}{\eta}$$

Donde:

P es la potencia del motor eléctrico

Q es el caudal de bombeo, 22.5m3/h

H es la altura que debe suministrar la bomba, que estimamos en 40m

G es la gravedad, 9,81m/s<sup>2</sup>

Rho es la densidad, que es 0,85 por ser diesel

N es el rendimiento de la bomba, que tomamos como 0,6

Potencia consumida = 14,7KW \* 0,9 = 13.23

Se adjunta cuadro resumen con los equipos del sistema de combustible y la potencia total consumida:

Sistema	Equipo	Cantidad	Equipos en funcionamiento	Marca y modelo	Potencia consumida (KW) unidad	Potencia consumida total	Caudal (m3/h)	Presión (mca)
Sistema de combustible	Bomba de alimentación de los tanques de sedimentación	4	2	KSB RCV	2,1	4,23	7,5	
	Bombas alimentación separador centrífugo	4	2	KSB RCV	0,121	0,242	0,65	5
	Precaentador del separador	1	1		1,83	1,83		
	Enfriador	1	1					
	Bomba de stand by	1	1	KSB RCV	13,23	13,23	22,5	16,3
					<b>TOTAL</b>	<b>19,532</b>	<b>KW</b>	

### **6.2.5 *Aceite lubricante***

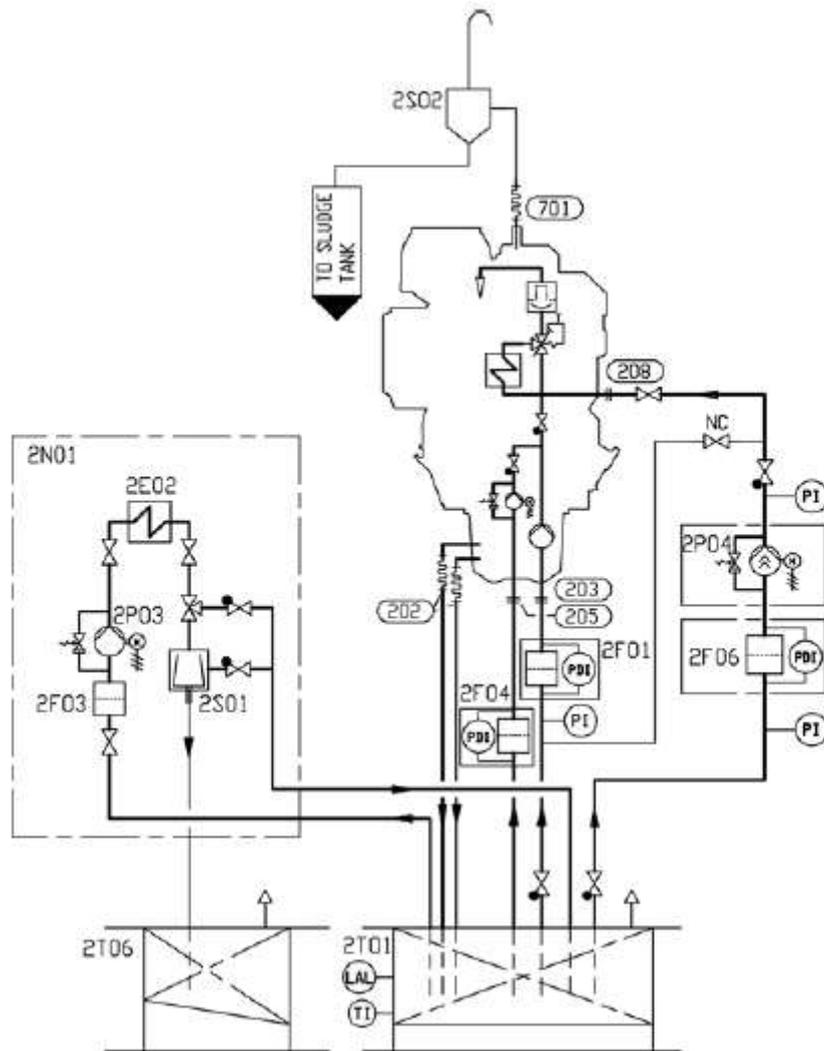
El sistema de lubricación tiene como objetivo evacuar el calor de las partes lubricadas, amortiguar y absorber los choques de los cojinetes y atenuar el desgaste de partes móviles.

#### **6.2.5.1 Cálculos de dimensionamiento**

En la ficha técnica del motor se estima que el volumen para el tanque de aceite lubricante es de  $1,6\text{m}^3$ , y el volumen del tanque para la separadora de aceite será de  $3,2\text{m}^3$ .

#### **6.2.5.2 Esquemas funcionales**

Se adjunta esquema del sistema de lubricación:



### 6.2.5.3 Lista de equipos

En el anterior esquema del sistema podemos identificar las siguientes partes:

- 2E02 Calentador de la unidad separadora
- 2F01 Filtro de succión de la bomba principal de aceite lubricante
- 2F03 Filtro de succión de la unidad separadora
- 2F04 Filtro de succión de la bomba de prelubricación
- 2F06 Filtro de succión de la bomba stand by
- 2N01 Unidad separadora
- 2P03 Bomba separadora
- 2P04 Bomba stand-by
- 2S01 Separador

2S02 Condensador

2T01 Tanque del sistema de lubricación

2T06 Tanque de lodos

#### 6.2.5.4 Características técnicas de los equipos

##### **Separador aceite (2S01)**

Se requiere una unidad separadora de aceite lubricante para asegurar la limpieza y calidad del mismo.

Requisitos del separador:

- El separador debe estar dimensionado para centrifugación continua.
- Cada sistema de aceite lubricante debe tener su propio separador individual.
- Tasa de circulación de todo el volumen por 24 h: aprox. 5 veces
- Temperatura de centrifugado: 95 ° C

Los separadores generalmente se suministran como unidades premontadas.

Normalmente, las unidades separadoras de aceite lubricante están equipadas con:

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

El caudal del separador se calcula con la siguiente fórmula, proporcionada por Wärtsilä:

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

Donde:

Q es el caudal en l/h

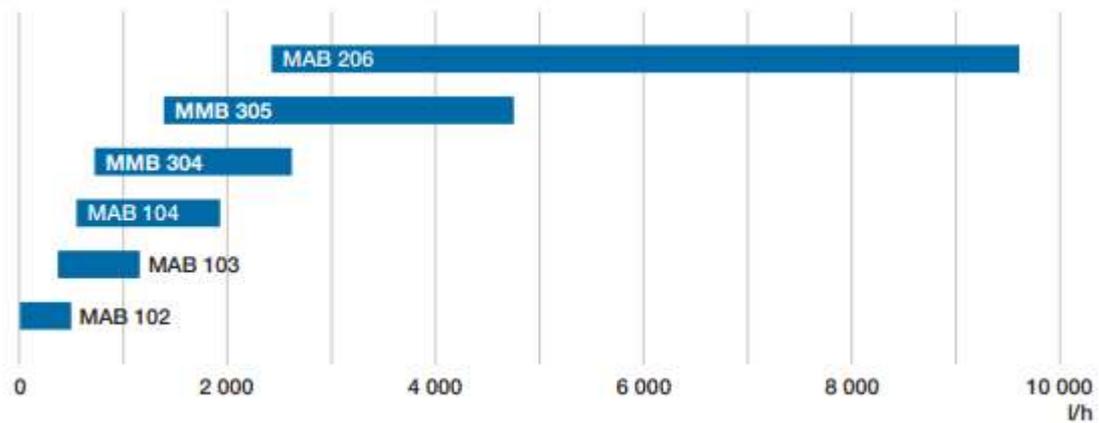
P es la potencia de salida del motor, 3480KW

N es igual a 5 para HFO

T es igual al tiempo de trabajo, que es 23 h

Entonces, Q=1021,3l/h

Se escoge un separador Alfa Laval modelo MMB



Optamos por el modelo MAB 103, que puede entregar el caudal que necesita nuestro sistema de lubricación.

### Bomba de alimentación del separador (2P03)

Esta bomba debe coincidir con los requerimientos del separador, por eso suele ser suministrada y adaptada al separador por el fabricante.

Ha de suministrar un caudal de 1021l/h, por lo que se escoge una bomba Hasa WT 16

Modelo Model Modèle	Cod.	P2		I (A)			r.p.m.	Ø		Presión max. Max. pressure Pressión max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Caudal Flow Débit (l/h)
		kW	CV	1 – 230V	3 – 230V	3 – 400V		Asp	Imp		
WT-3	7358	0,3	0,4	-	2,5	1,5	1450	3/8"	3/8"	6	220
WM-3	7359	0,3	0,4	3,8	-	-	1450	3/8"	3/8"	6	220
WT-5	7360	0,37	0,6	-	2,5	1,5	1450	3/4"	3/4"	10	500
WM-5	7361	0,37	0,6	3,8	-	-	1450	3/4"	3/4"	10	500
WT-10	7362	0,75	1	-	3,6	2,1	1450	1"	1"	10	1000
WM-10	7363	0,75	1	6	-	-	1450	1"	1"	8	1000
<b>WT-16</b>	<b>7364</b>	<b>0,75</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>3,6</b>	<b>2,1</b>	<b>1450</b>	<b>1"</b>	<b>1"</b>	<b>6</b>	<b>1600</b>
WM-16	7365	0,75	1	6	-	-	1450	1"	1"	6	1600
WT-17	7366	1,5	2	-	6,7	3,9	1450	1 1/4"	1 1/4"	10	1700
WT-25	7367	1,5	2	-	7,1	4,1	950	1 1/4"	1 1/4"	10	2500
WT-35	7368	2,2	3	-	8,8	5,1	1450	1 1/4"	1 1/4"	8	3500
WT-50	7369	3	4	-	12,3	7,1	1450	1 1/4"	1 1/4"	10	5000

Dispondremos de 2 bombas de alimentación del separador, una de ellas de respeto.

### Pre calentador del separador (2E02)

Debe dimensionarse de acuerdo con la capacidad de la bomba de alimentación y la temperatura del tanque de aceite.

### Bomba de lubricación de stand-by (2P04)

Sus características de diseño son las siguientes:

La capacidad es la siguiente:

Pump capacity (main), engine driven 105.0 m<sup>3</sup>/h

La presión de diseño es de 800KPa

Les catálogo de Hasa para bombas de lubricación escogemos:

Modelo Model Modèle	Cod.	P2		I (A)			r.p.m.	Ø		Presión max. Max. pressure Pressión max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Caudal Flow Débit (l/h)
		kW	CV	1 – 230V	3 – 230V	3 – 400V		Asp	Imp		
WT-3	7358	0,3	0,4	-	2,5	1,5	1450	3/8"	3/8"	6	220
WM-3	7359	0,3	0,4	3,8	-	-	1450	3/8"	3/8"	6	220
WT-5	7360	0,37	0,6	-	2,5	1,5	1450	3/4"	3/4"	10	500
WM-5	7361	0,37	0,6	3,8	-	-	1450	3/4"	3/4"	10	500
WT-10	7362	0,75	1	-	3,6	2,1	1450	1"	1"	10	1000
WM-10	7363	0,75	1	6	-	-	1450	1"	1"	8	1000
WT-16	7364	0,75	1	-	3,6	2,1	1450	1"	1"	6	1600
WM-16	7365	0,75	1	6	-	-	1450	1"	1"	6	1600
WT-17	7366	1,5	2	-	6,7	3,9	1450	1 1/4"	1 1/4"	10	1700
WT-25	7367	1,5	2	-	7,1	4,1	950	1 1/4"	1 1/4"	10	2500
WT-35	7368	2,2	3	-	8,8	5,1	1450	1 1/4"	1 1/4"	8	3500
WT-50	7369	3	4	-	12,3	7,1	1450	1 1/4"	1 1/4"	10	5000

Como bomba de stand-by se escoge una HASA WT-17

Las características técnicas de los equipos son las siguientes, proporcionadas por el proveedor:

Lubricating Oil System	
Pressure before bearings, nom (PT201)	500 kPa
Pressure before bearings, alarm	300 kPa
Pressure before bearings, stop	200 kPa
Pressure after pump, max	530 kPa
Suction ability, including pipe loss, max	30 kPa
Priming pressure, nom (PT201)	50 kPa
Priming pressure, alarm	30 kPa
Temperature before bearings, nom (TE201)	63 °C
Temperature before bearings, alarm	70 °C
Temperature after engine, approx.	78 °C
Pump capacity (main), engine driven	105.0 m <sup>3</sup> /h
Pump capacity (main), engine driven	81 m <sup>3</sup> /h
Pump capacity (main), electrically driven	70 m <sup>3</sup> /h
Priming pump capacity (50 Hz)	15 m <sup>3</sup> /h
Priming pump capacity (60 Hz)	18 m <sup>3</sup> /h
Oil volume in separate system oil tank	3.2 m <sup>3</sup>
Oil volume, nom	1.6 m <sup>3</sup>
Filter fineness	30 microns
Filter difference pressure alarm	120 kPa
Oil consumption at 100% load, approx	0.35 g/kWh

### 6.2.5.5 Estimación de la potencia eléctrica consumida

#### Potencia de la bomba de alimentación del separador

Para calcular la potencia de la bomba:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \rho}{\eta}$$

Donde:

P es la potencia del motor eléctrico

Q es el caudal de bombeo, 1,025 m<sup>3</sup>/h

H es la altura que debe suministrar la bomba, que estimamos en 10m

G es la gravedad, 9,81m/s<sup>2</sup>

Rho es la densidad, que es 0.9 al tratarse de aceite lubricante

N es el rendimiento mecánico de la bomba, que tomamos como 0,6

Potencia consumida = 0,3KKW \* 0,9 = 0,27KW consumidos

### **Potencia de la bomba de stand-by**

Para calcular la potencia de la bomba:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \rho}{\eta}$$

Donde:

P es la potencia del motor eléctrico

Q es el caudal de bombeo, 105.5m<sup>3</sup>/h

H es la altura que debe suministrar la bomba, que estimamos en 80mca

G es la gravedad, 9,81m/s<sup>2</sup>

Rho es la densidad, que es 0.9 al tratarse de aceite

N es el rendimiento de la bomba, que tomamos como 0,6

Potencia mecánica =4,7KW, entonces, Potencia eléctrica consumida=4,23KW

## 6.2.6 Gases de exhaustación

En el sistema de exhaustación nos ocuparemos de definir los equipos que lo componen, así como de dimensionar el tubo de escape de los gases de combustión procedentes del motor.

### 6.2.6.1 Cálculos de dimensionamiento

Diseñaremos el tubo de exhaustación lo más sencillo posible, cuanto más corto y recto mejor, y cuando tengamos que disponer codos, su curvatura será como mínimo 1,5 veces el diámetro del tubo.

La velocidad máxima recomendada para el tubo es de 35 a 40 m/s. El proveedor nos informa de que, para una velocidad de 35 m/s, el diámetro del tubo es de 646mm.

Procedemos a comprobar la velocidad de los gases de escape para nuestro motor:

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

Donde

M' es el gasto másico de los gases de exhaustación, que es igual a 6,45kg/s al 100%

T es la temperatura de salida de los gases de escape, que es 350°C al 100%

D es el diámetro del conducto de escape, que tomamos como 646mm, tal y como se nos ha propuesto

La velocidad de los gases será pues de 34,5m/s, que es menor que el máximo exigido de 40m/s, por lo que cumplimos las restricciones y establecemos que:

**D conducto=646mm**

**R curvaturas conducto= 1,5 \*646= 969mm**

### 6.2.6.2 Esquemas funcionales

Se adjunta esquema del sistema de exhaustación de gases:

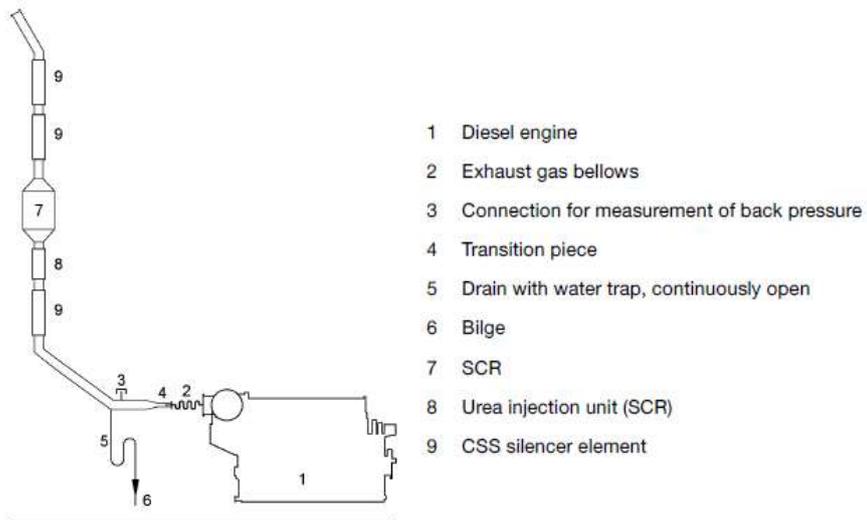


Fig 11-4 External exhaust gas system

### 6.2.6.3 Lista de equipos

Los equipos de los que se compone el sistema de exhaustación de gases son los siguientes:

- Fuelles de gases de escape
- Conexión para medir la contrapresión
- Desagüe con sifón
- Conexión a sentinas
- Unidad de inyección de urea SCR
- Elemento silenciador CSS

### 6.2.6.4 Características técnicas de los equipos

Se adjunta:

<b>Exhaust Gas System</b>	
Temperature after turbocharger at 100% load (TE517)	350 °C
Temperature after turbocharger at 85% load (TE517)	315 °C
Temperature after turbocharger at 75% load (TE517)	315 °C
Temperature after turbocharger at 50% load (TE517)	300 °C
Temperature after cylinder, alarm	500 °C
Exhaust gas backpressure, max	5 kPa
Exhaust gas pipe diameter, min	600 mm
EG mass flow at 100% load	6.54 kg/s
EG mass flow at 85% load	5.7 kg/s
EG mass flow at 75% load	5.34 kg/s
EG mass flow at 50% load	4.14 kg/s
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	646 mm

Además de las características técnicas, caben mencionar ciertas recomendaciones y apuntes por parte de Wärtsilä:

-Los fuelles de los gases de escape tienen que ser de un tipo aprobado. Aquellos que están montados en la salida del turbocompresor sirven para evitar un exceso de vibraciones.

-Cada tubo de escape debe estar provisto de una conexión para medir la contrapresión. Esta debe medirse durante las pruebas de mar del buque.

-La unidad SCR (de inyección de urea) requiere una disposición especial para mantener la contrapresión y la temperatura de los gases de escape en el rango establecido. Debe ubicarse de 3 a 5 metros de la tubería de escape. Si se optase por disponer también una caldera de gases, esta se instalaría después de SCR.

-Los silenciadores de gases de exhaustación pueden ser compactos (como el propuesto en el esquema, CSS), o bien silenciadores convencionales.

#### **6.2.6.5 Estimación de la potencia eléctrica consumida**

El sistema de gases no se compone de ningún equipo que consuma energía eléctrica, ya que es básicamente un sistema formado por tubos, por lo que no se considera consumo de potencia eléctrica alguno.

### 6.2.7 Aire de arranque

El aire comprimido se utiliza para arrancar los motores y proporcionar energía para los dispositivos de control y seguridad. El uso del aire de arranque para otros fines está limitado por las reglas de las sociedades clasificadoras.

Para garantizar el correcto funcionamiento y la eficiencia del sistema de aire comprimido, este debe estar libre de partículas sólidas y de aceite.

#### 6.2.7.1 Cálculos de dimensionamiento

Dimensionaremos las botellas de aire de arranque, para lo cual necesitamos calcular el volumen de aire que es necesario para el arranque del motor.

Empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

$V_R$  es la capacidad de aire necesaria

$p_E$  es la presión atmosférica, 0,1MPa

$N$  es el número de arranques

$P_{máx}$  es la presión máxima del aire, que es 3MPa

$P_{mín}$  es la presión mínima del aire, que es 1,8MPa

El número de arranques es una premisa dada por las sociedades clasificadoras, y debe ser igual a 6.

Obtenemos entonces, que  $V_R$  es igual a  $0,72m^3$ , volumen de aire necesario para el arranque. Conociendo este volumen total, procedemos a elegir las botellas de aire comprimido de arranque:

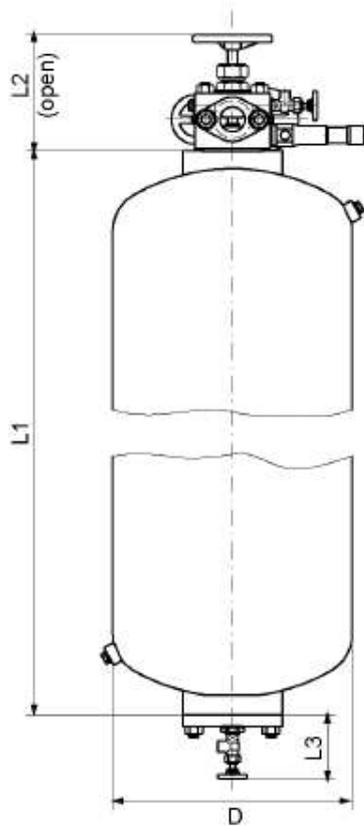


Fig 8-2 Air vessel

Size [Litres]	Dimensions [mm]				Weight [kg]
	L1	L2 <sup>1)</sup>	L3 <sup>1)</sup>	D	
250	1767	243	110	480	274
500	3204	243	133	480	450
710	2740	255	133	650	625
1000	3560	255	133	650	810
1250	2930	255	133	800	980

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

Como necesitamos 720L, optamos por 3 botellas de 250L de almacenamiento cada una, resultando un total de 750L, que cumple con el volumen necesario.

Además de las botellas de aire comprimido, necesitamos dimensionar también los compresores de arranque. Instalaremos 2, de los cuales 1 será de respeto, ya que este sistema es de vital importancia, y el arranque del motor principal no puede depender de un único compresor que recargue las botellas, ya que ante una avería en este compresor, el sistema de aire de arranque dejaría de funcionar.

Este compresor deberá rellenar las botellas tras su uso, desde la presión mínima (1,8MPa) a la presión máxima (3MPa).

Para elegir el compresor debemos empezar por calcular el volumen de entrada de aire en el mismo:

$$V_E = V_S \cdot \left( \frac{P_S}{P_E} \right)^{\frac{1}{1,4}}$$

Donde:

$V_E$  es el volumen de entrada de aire en el compresor, dato que queremos saber

$V_S$  es el volumen de salida de aire, 720L

$P_S$  es la presión de descarga del compresor, 3MPa

$P_E$  es la presión a la entrada del compresor, la presión atmosférica, 0,1MPa

Obtenemos entonces que el volumen de entrada es igual a 8,2m<sup>3</sup>/h.

Optamos por dos compresores de la marca Sauer, de la serie Mistral, y escogemos el modelo WP15L, capaz de entregar 15m<sup>3</sup>/h a 1480rpm a una presión de 30 bar, lo cual cumple con nuestras necesidades.

Mistral series | Technical data for a final pressure of 30 barg

Type	Final pressure barg	Stages	Cylinder	Speed rpm	Charging capacity m <sup>3</sup> /h	Power consumption kW	Heat dissipation kJ/sec	Weight kg	Length mm	Width mm	Height mm
WP15L Marine	30	2	2	1,180 1,480 1,780	12.0 15.0 18.0	2.7 3.4 4.1	3 4 5	135	855	600	630
WP22L Marine	30	2	2	1,180 1,480 1,780	17.0 21.0 25.0	3.5 4.4 5.4	4 5 6	135	855	600	630
WP33L Marine	30	2	2	1,180 1,480 1,780	23.0 30.0 35.0	5.1 6.5 7.8	6 7 9	145	890	600	630
WP45L Marine	30	2	2	1,180 1,480 1,780	40.0 50.0 60.0	7.6 9.6 11.5	9 11 13	318	1,214	742	820
WP65L Marine	30	2	2	1,180 1,480 1,780	53.0 67.0 80.0	10.2 12.8 15.4	12 15 18	328	1,254	742	820

Mencionar que el consumo de cada compresor, a 1480rpm, será de 3,4KW.

### 6.2.7.2 Esquemas funcionales

Se adjunta esquema del sistema externo de aire de arranque

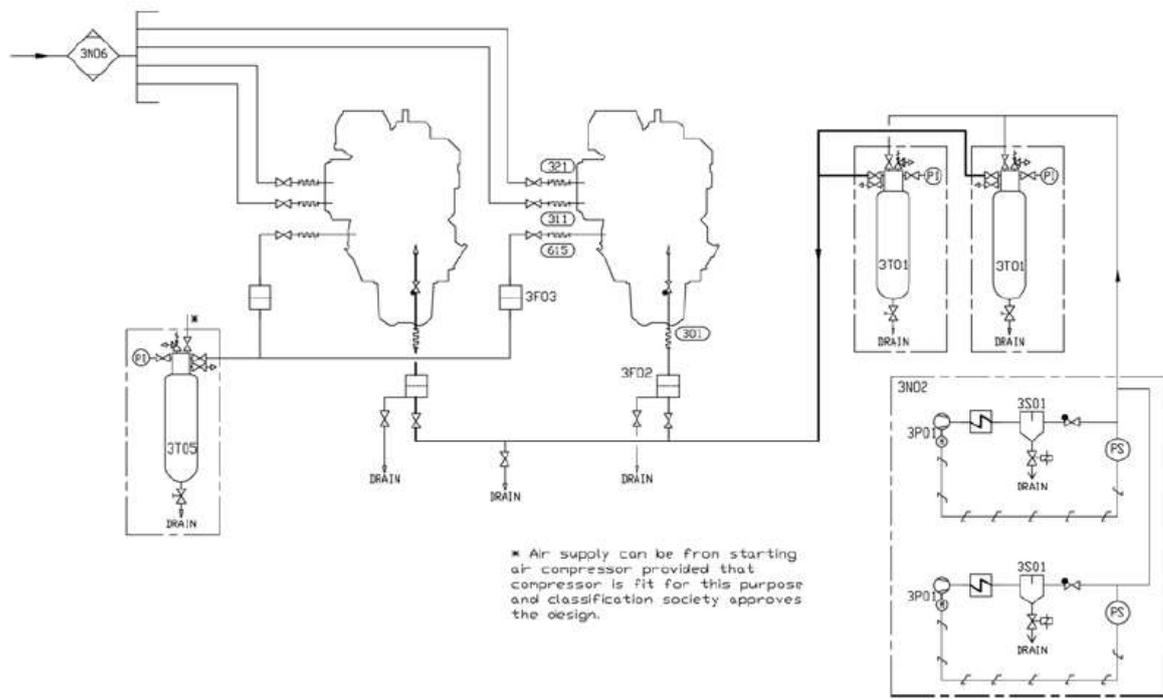


Fig 8-1 External starting air system (3V76H4142F)

### 6.2.7.3 Lista de equipos

- 3F02 Filtro de aire (entrada de aire de arranque)
- 3F03 Filtro de aire (entrada de asistencia de aire)
- 3N02 Unidad de compresión de aire de arranque
- 3N06 Secador de aire
- 3P01 Compresor
- 3S01 Separador
- 3T01 Botella de aire de arranque
- 3T05 Botella de aire
- 301 Entrada de aire de arranque DN32
- 311 Aire de control a la válvula de compuerta de descarga
- 321 Aire de control para dispositivo reductor de presión
- 615 Entrada de aire al sistema de asistencia de aire

#### 6.2.7.4 Características técnicas de los equipos

En el Product Guide se establecen presiones de trabajo, máxima y mínima, límite, etc

<b>Compressed Air System</b>	
Pressure, nom (PT301)	3000 kPa
Pressure, min (PT301)	1600 kPa
Pressure, max (PT301)	3000 kPa
Low pressure limit in air vessels	1600 kPa
Air consumption per start without propeller shaft engaged	2.1 Nm <sup>3</sup>
Air consumption per start with propeller shaft engaged	3.4 Nm <sup>3</sup>

Las características de cada equipo que compone el sistema de aire comprimido son las siguientes:

#### **3N02 Unidad de compresión de aire de arranque**

Nos dice que debemos instalar como mínimo 2 compresores de aire de arranque, tal y como hemos establecido en el apartado de dimensionamiento.

Se recomienda que los compresores sean capaces de llenar el recipiente desde la presión mínima a la presión máxima (que coincide con la presión de trabajo) en un margen de 15 a 30 minutos. Si las botellas son de 0,75 m<sup>3</sup>, la presión mínima es de 1,8MPa y la máxima 3MPa, el volumen a reponer es de 9Nm<sup>3</sup>. Para reponer el aire en 30 minutos se necesita un compresor de 18Nm<sup>3</sup>/h.

#### **3S01 Separador de agua y aceite**

Se debe instalar un separador de agua y aceite entre el compresor y las botellas de aire. Podría ser necesario también este tipo de separador entre las botellas que contienen el aire comprimido y el motor, dependiendo de la instalación.

#### **3T01 y 3T05 Botellas de aire de arranque**

Ya hemos escogido las botellas de aire de arranque, las cuales hemos dimensionado para una presión mínima de 1,8MPa y una presión máxima de 3MPa.

Estas botellas deben estar equipadas con, como mínimo, una válvula manual para el drenaje del condensado.

Si por razones de falta de espacio en cámara de máquinas, decidiésemos disponer estas botellas horizontalmente, tendríamos que colocarlas con una inclinación de 3 a 5 ° para facilitar el drenaje.

#### **3F02 Filtro de aire (entrada de aire de arranque)**

Se recomienda instalar un filtro antes de la entrada de aire de arranque del motor para evitar la entrada de partículas en el equipo. Se puede utilizar un colador tipo Y con un tamiz de acero inoxidable y una malla de 40  $\mu\text{m}$ .

La caída de presión no debe exceder los 20kPa para el consumo específico de aire de arranque del motor en un lapso de tiempo de 4 segundos.

### **3F03 Filtro de aire (entrada de asistencia de aire)**

Se recomienda instalar un filtro antes de la entrada de aire de arranque del motor para evitar la entrada de partículas en el equipo. Se puede utilizar un colador tipo Y con un tamiz de acero inoxidable y una malla de 400  $\mu\text{m}$ . La caída de presión no debe exceder los 20kPa para el consumo de aire de asistencia del motor.

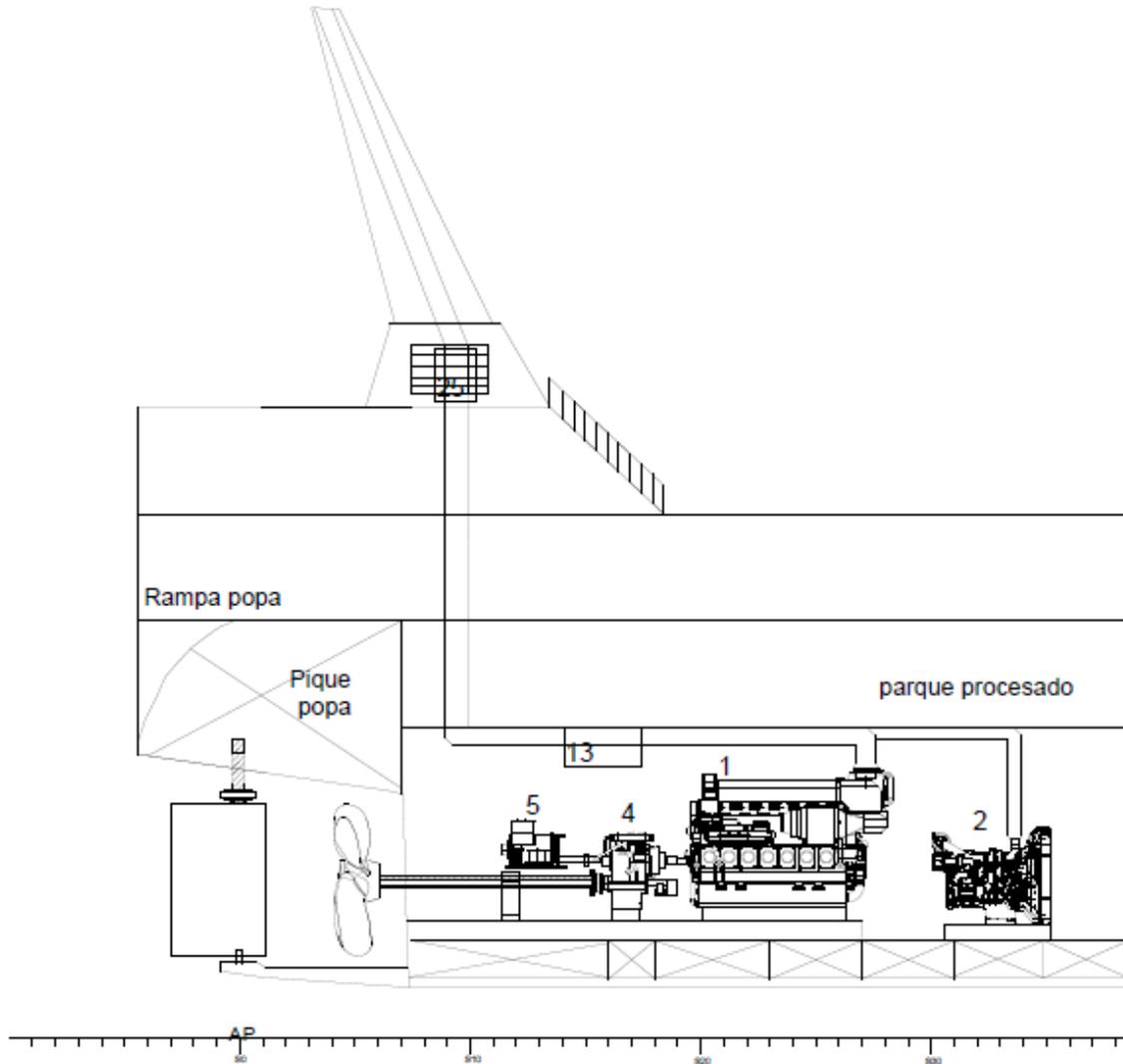
### **6.2.7.5 Estimación de la potencia eléctrica consumida**

Los compresores escogidos consumen 3,4KW cada uno, pero solamente uno estará en funcionamiento, el otro es de respeto, por lo que la potencia eléctrica que consume el sistema de aire a de arranque es de 3,4KW.

## 7 DISPOSICIÓN PRELIMINAR DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

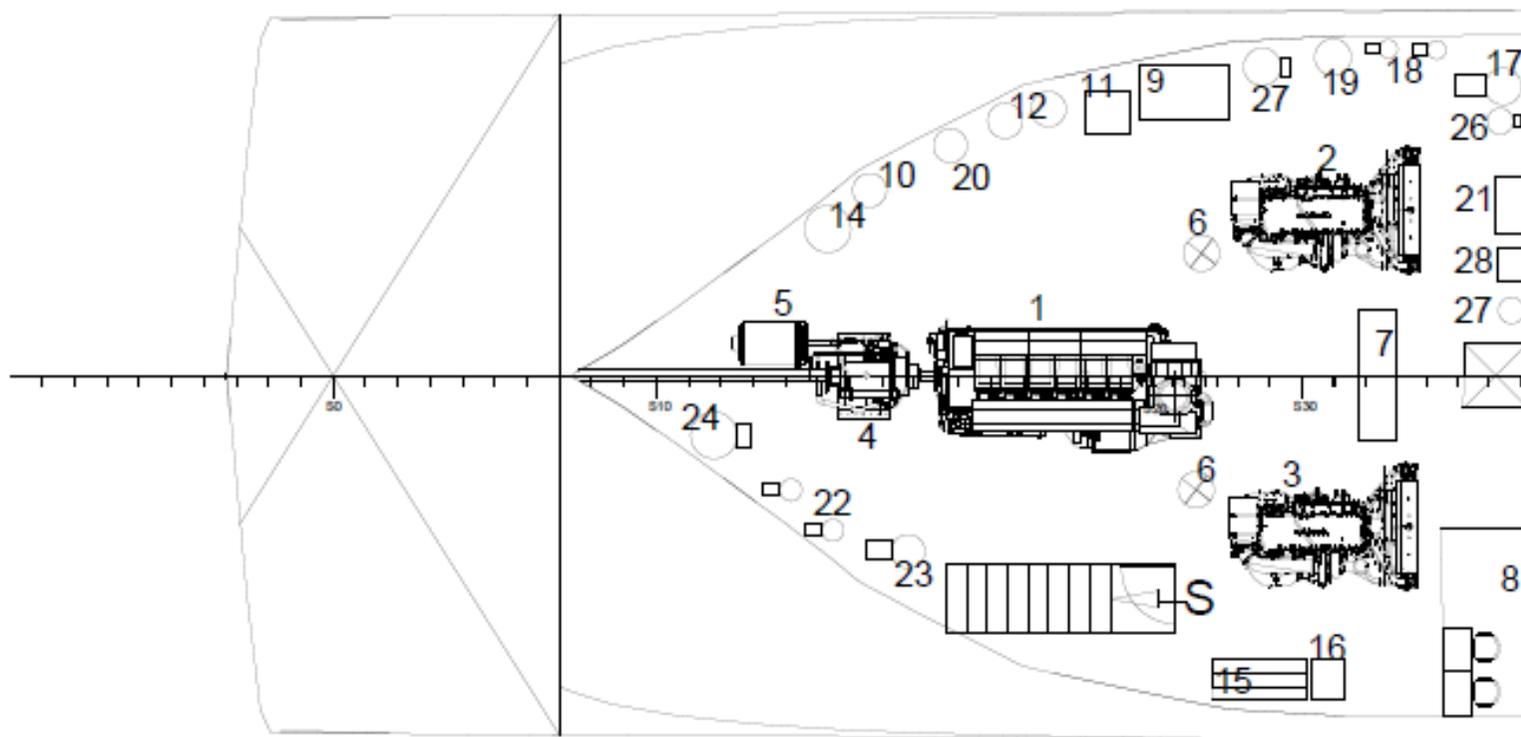
### 7.1 Lista de equipos en cámara de máquinas

#### 7.1.1 Plano de perfil de cámara de máquinas



### 7.1.2 *Planta de cada nivel*

Se trata de una cámara de máquinas pequeña, en la que solamente hay un nivel:



### *7.1.3 Plano de disposición de cámara de máquinas*

Se anexa al final del cuaderno el plano de disposición de la cámara de máquinas, con leyenda que incluye todos los equipos explicados en este cuaderno y otros equipos que veremos en detalle en el cuaderno 12 como la planta TAR, el generador de agua dulce, los hidróforos, etc.

El sistema de refrigeración de las bodegas tendrá un local propio en la cubierta principal, y en la cubierta superior tendremos un local donde ubicaremos los sistemas de aire comprimido del sistema de ventilación de habitación, por eso no aparecen en este plano, porque tienen locales propios.

## 8 VENTILACIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

### 8.1 Condiciones de diseño

Para el cálculo de la ventilación de cámara de máquinas, se sigue la norma UNE-EN-ISO 8861 “Ventilación en sala de máquinas de barcos con motor diésel”

Se calculan los caudales de suministro y extracción de aire necesarios para nuestra cámara de máquinas, y se escogen los ventiladores correspondientes

Las condiciones de diseño son las propuestas por AENOR, 1999:

<b>Temperatura ambiente exterior</b>	+35 °C
<b>Incremento de temperatura del aire</b>	máx. 12.5 K

### 8.2 Caudales de suministro y extracción

Procedemos al cálculo de caudales:

El flujo de aire total que consideraremos será el mayor de los obtenidos por la siguiente formulación:

$$Q = q_c + q_h$$

$$Q = 1.5 \cdot q_c$$

Donde Q es el flujo de aire total en m<sup>3</sup>/s

Q<sub>c</sub> es el flujo de aire para la  $q_c = q_{dp} + q_{dg}$  combustión:

Y:

Q<sub>dp</sub> es el flujo de aire para la combustión del motor principal, proporcionado por Wärtsila:

EG mass flow at 100% load

6.54 kg/s

Entonces, tenemos que Q<sub>dp</sub> es igual a 6.54 m<sup>3</sup>/s.

Calculamos Q<sub>dg</sub>, que es el flujo de aire para la combustión de motores diésel generadores (planta eléctrica):

CA mass flow at 100% load

1.76 kg/s

Al tener 2 generadores Q<sub>dg</sub> sería igual a 3,52kg/s

Entonces,  $Q_c = 6,54 + 3,52 = 10,06 \text{ kg/s}$ .

Calculamos ahora  $Q_h$ , que es el flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor

$$q_h = \frac{\varphi_{dp} + \varphi_{dg} + \varphi_g + \varphi_{el} + \varphi_{ep} + \varphi_t + \varphi_o}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} - 0.4 \cdot (q_{dp} - q_{dg}) - q_b$$

Donde:

$\varphi_{dp}$  : emisión de calor del motor principal [kW], dada en el Product Guide del motor, es de  $\varphi_{dp} = 108 \text{ kW}$

Heat Balances	
Jacket water at 100% load	450 kW
Charge air at 100% load (HT-circuit)	798 kW
Charge air at 100% load (LT-circuit)	480 kW
Lubrication oil at 100% load	408 kW
Radiation at 100% load	108 kW

$\varphi_{dg}$  : emisión de calor del/los motor/es generador/es [kW], que es de 98kW cada uno (solamente se considera 1, por que por condiciones de diseño tiene que ser 1 el que pueda suministrar toda la potencia requerida, por lo que se instalan dos generadores pero no funcionarán al mismo tiempo)

$\varphi_{el}$  : emisión de las instalaciones eléctricas [kW]

Que es el 20% de la emisión de los generadores: 20% de 3.52 = 0.7kW

$\varphi_{ep}$  : emisión de calor de los tubos de escape [kW], que se estima en 7,5kW según motores similares.

$\varphi_t$  : emisión de calor de los tanques de calefacción [kW]

La emisión de los tanques se calcula en función a su superficie:

Superficie del tanque	Emisión de calor, $\phi_s$ , en kW/m <sup>2</sup> , a una temperatura del tanque de				
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C
No aislado	0,14	0,234	0,328	0,42	0,515
Con 30 mm de aislamiento	0,02	0,035	0,05	0,06	0,08
Con 50mm de aislamiento	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

Nuestro tanques tendrán un aislamiento de 50mm. Los tanques de MDO se estiman en una superficie de 8m<sup>2</sup> y su temperatura es de 60°C, y los tanques de HFO se estiman en 12m<sup>2</sup> y su temperatura será de 80°C, por lo que la emisión de calor de los tanques será:

$$\varphi t = 8 * 0,01 + 12 * 0,03; \varphi t = 0,44 \text{KW}$$

$\varphi o$  : emisión de calor de otros componentes [kW] como pueden ser los compresores, la reductora, bombas, sistemas hidráulicos, intercambiadores de calor. Se estima en un 80% del calor emitido por las instalaciones eléctricas, lo que viene siendo  $\varphi o = 15.68 \text{KW}$

$c$  : capacidad de calor específico del aire [kJ/kg·K] (1.01 kJ/kg·K)

$$\Delta T : 12,5$$

$qb$ : flujo de aire para la combustión en la caldera [m3/s]. En el caso del buque proyecto no existe caldera y por tanto su valor es cero.

Ahora que conocemos todos los datos, los sustituimos en la fórmula de Qh y obtenemos que  $Qh = 9.28 \text{m}^3/\text{s}$

Entonces, conocidos todos los valores, calculamos el flujo de aire total:

$$Q1 = Qc + Qh = 10,06 + 9,28 = 19,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q2 = 1,5 * Qc = 1,5 * 10,06 = 15,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se escoge el caudal más restrictivo, Q2, que es igual a **19.34m3/s**

Tenemos que el flujo de aire necesario para la ventilación de cámara de máquinas, según la norma UNE-EN ISO 8861 es de  $19,34 \text{m}^3/\text{s}$ .

Este valor de caudal de ventilación dado por la formulación, considera el aire requerido por los equipos, así que vamos a comprobar cual sería el necesario para una ventilación de toda la cámara de máquinas.

$$Q = Vol * renovaciones/hora$$

Para estimar el volumen de la cámara de máquinas consideramos una manga de unos 14m y una eslora de 18m.

Las renovaciones/ hora de este tipo de espacios suele ser de unas 20 ren/hora

$$Q = Vol * renov \text{ hora} = 1663 \text{m}^3 * 20 \text{ ren/hora} = 33264 \text{m}^3/\text{h}$$

El caudal necesario para la ventilación, considerando el volumen del espacio a ventilar y las renovaciones por hora es de  $33264 \text{ m}^3/\text{h}$ . Como podemos ver, el caudal calculado mediante la norma UNE- EN ISO 8861 es notablemente superior que el anterior, ya que consideramos la ventilación que requieren motores, generadores y demás equipos.

Aceptamos pues, que el caudal de ventilación de la cámara de máquinas será igual a  $19,34 \text{m}^3/\text{s}$  o  $69624 \text{m}^3/\text{h}$

### **8.3 Número y características de ventiladores de suministro y extracción**

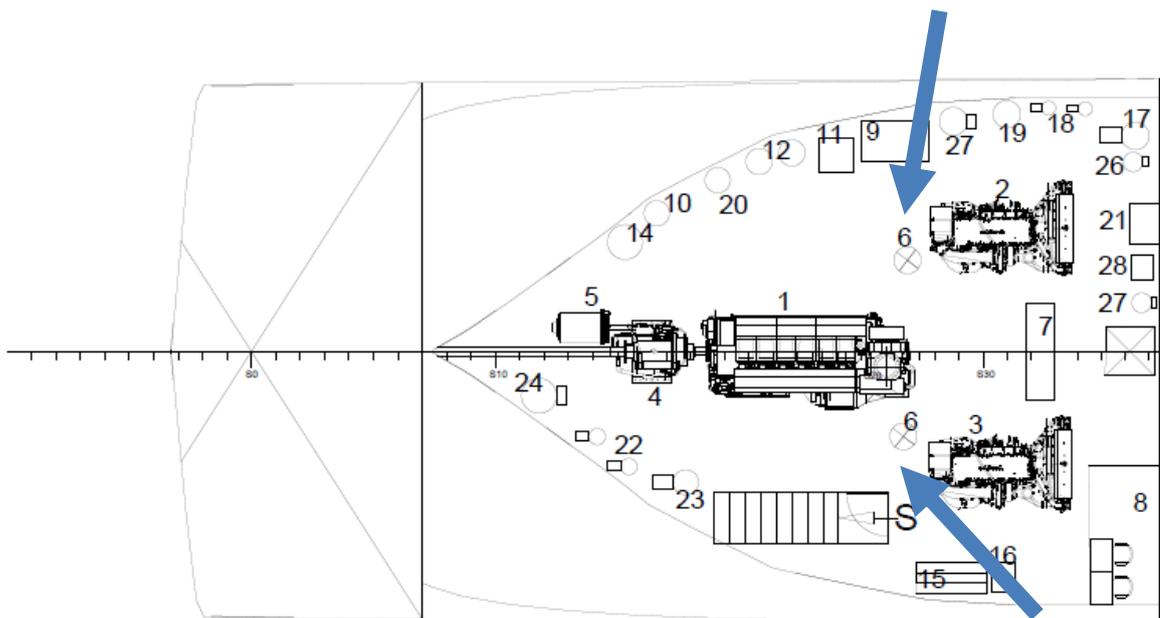
Se decide instalar 2 ventiladores axiales de la marca Induvent, de  $1000 \text{m}^3/\text{min}$  cada uno, lo que viene siendo  $16,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , con una presión de  $65,5 \text{ mca}$  y una potencia de  $11 \text{ KW}$  cada uno.

Se dispondrán 2 ventiladores de este tipo, uno a cada banda, entre los generadores y el motor principal.

### 8.4 Inclusión de ventiladores en lista de equipos y en la disposición

Equipo	Cantidad	Equipos en funcionamiento	Marca y modelo	Potencia consumida (KW) unidad	Potencia consumida equipos funcionamiento	Caudal (m3/h)
Ventiladores	2	2	Induvent	11	22	120.000
				<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	

Se pueden ver en el plano de disposición general:



## 9 BIBLIOGRAFÍA

AENOR, 1999. UNE-EN ISO 8861 Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diésel. ,

DELTA T SYSTEMS, 2017. Delta « T » Systems - Catálogo de productos y servicios. S.l.: s.n. ISBN 5612041500.

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, 2003. MARPOL. S.l.: s.n. ISBN 9280135570.

Bureau Veritas: Rules for Classification of Steel Ships: Edición Julio de 2017

# 10 ANEXO I: TABLA POTENCIA CONSUMIDA

Sistema	Equipo	Cantidad	Equipos en funcionamiento	Marca y modelo	Potencia consumida (KW) unidad	Potencia consumida equipos en funcionamiento	Caudal (m3/h)	Presión (mca)
Sistema de refrigeración	Bombas stand-by	2	0	CMX-50/160A	7,5	0	60	31
	Bomba refrigeración agua salada 4p11	2	1	CMX-50/125B	3	3	60	14
	Enfriador de agua dulce	2	1	Warstila (Pot calorífica 1641 KW)		0		
	Bomba agua salada	2	1	CMX-65/160C	7,5	7,5	96	19
	Bombas agua dulce	2	1	CMX-65/160E	4	4	72	14
	Calentador HT	1	1	Wartsila	36	36		
	Bomba de circulación HT para el precalentador	2	1	RG 200	1,5	1,5	3	19
	Unidad de precalentamiento	1	1	Wartsila para P=36 KW	0,55	0,55	12	
					<b>TOTAL</b>		<b>52,55 KW</b>	

Sistema de combustible	Bomba de alimentación de los tanques de sedimentación	4	2	KSB RCV	2,1	4,2	7,5	
	Bombas alimentación separador centrífugo	4	2	KSB RCV	0,121	0,242	0,65	5
	Precalentador del separador	1	1		1,83	1,83		
	Bomba de stand by	1	1	KSB RCV	13,23	13,23	22,5	16,3
					<b>TOTAL</b>	<b>19,502</b>	<b>KW</b>	
Sistema de aceite lubricante	Separadora de aceite	1	1	AlfaLaval MAB 103	1,4	1,4	1,025	
	Bomba de stand - by	1	1	HASA WT 17	4,23	4,23	105,5	
	Bomba de alimentación del separador	2	1	HASA WT 16	0,27	0,27	1,025	
					<b>TOTAL</b>	<b>5,9</b>	<b>KW</b>	
Sistema de ventilación	Ventiladores	2	2	Induvent	11	22	120000	65,5
					<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>KW</b>	

## 11 ANEXO II FICHA TÉCNICA MOTOR PROPULSOR WARTSILA 6L32



WÄRTSILÄ® 32 bore engines have been the preferred choice of yards, operators and owners since the 1980s, with more than 5100 engines delivered to the marine market alone. The Wärtsilä 32 is available with 6 to 16 cylinders and a power output ranging between 3 and 9.3 MW at 720 and 750 RPM. It has best-in-class power density and fuel economy over a wide operating range.

With proven reliability and low consumption of consumables, the Wärtsilä 32 represents the most efficient solution throughout the entire lifecycle of the vessel.

- Proven in service
- High reliability
- High power density
- Low fuel consumption over a wide load range
- Operates on HFO, MDO and liquid bio fuels
- Supported by Wärtsilä's global service network.

### Typical application areas

The Wärtsilä 32 has a proven track record in a wide range of vessel applications. It is used for main engine applications, both direct mechanical drive as well as diesel electric, and as an auxiliary engine. It can be optimized for either constant speed or along a combinatory curve. In the merchant fleet, typical applications include use as the main

engine on different types of tankers and container vessels. In the offshore sector, the reliability of the Wärtsilä 32 has made it the most popular medium speed engine for OSVs and drilling vessels. Similarly, in the cruise and ferry sector, the Wärtsilä 32 has proven to be the most favoured engine of its size.

In auxiliary electric production, the Wärtsilä 32 is widely utilized in all vessel categories where high auxiliary load is needed.

### Operational features

Its excellent fuel flexibility allows the Wärtsilä 32 to operate on HFO, MDO and liquid bio fuel with a broad range of fuel viscosities, from 2.0 cSt up to 730 cSt HFO (at 50 °C/122 °F).

The engine is able to operate efficiently and economically on low sulphur fuel oils (<0.1% S), making





It suitable for operation in emission-controlled areas. The engine can also be equipped with a SCR catalyst, such as the Wärtsilä NOR (nitrogen oxide reducer), which can reduce NO<sub>x</sub> emissions by up to 95%. This means that, already today, the machinery is IMO Tier III compliant. The standard Wärtsilä 32 naturally fulfils IMO Tier II regulations.

The Wärtsilä 32 is equipped with a variable inlet valve closure (VIC) unit. This makes it possible to apply early inlet valve closure at high load, which in turn enables minimized NO<sub>x</sub> levels and reduced fuel consumption. By switching to late inlet valve closure, good part load and transient performance is assured. The overall operational benefits include improved part load performance, smoke reduction, and improved load acceptance.

The engine control system incorporates automatic monitoring and control for optimal operating efficiency.

### Lifecycle costs

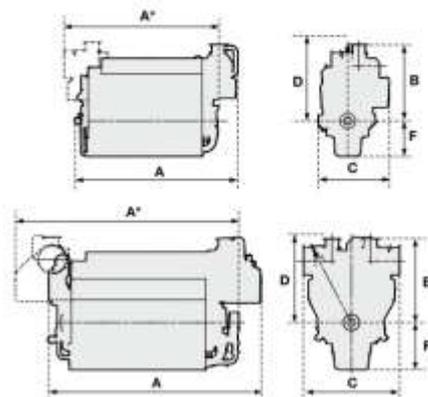
The Wärtsilä 32 has been designed to operate reliably on a range of fuels, even the poorest quality heavy fuel. The engine is designed for long periods of maintenance-free operation and has overhaul intervals of up to 24,000 hours. This and the maintenance-friendly design reduce downtime, promote scheduling, and cut operating costs. Together with condition based maintenance and long-time service agreements, the overhaul interval time for the Wärtsilä 32 can be even further extended, thus minimizing maintenance costs and maximizing the revenue-earning capability of the vessel. The Wärtsilä 32 engine is fully compliant with the IMO Tier II exhaust emissions regulations as set out in Annex VI of MARPOL 73/7.

Wärtsilä 32		IMO Tier II or III
Cylinder bore	320 mm	Fuel specification: Fuel oil
Piston stroke	400 mm	700 cSt/50°C 7200 cSt/100°F
Cylinder output	580 kW/cyl	ISO 8217, category ISO-F-RMK 700
Speed	750 rpm	SFOC 178.8 g/kWh at ISO conditions
Mean effective pressure	28.9 bar	
Piston speed	10.0 m/s	

Rated power	
Engine type	kW
8L32	3 480
8L32	4 640
9L32	5 280
12V32	6 960
16V32	9 280

Dimensions (mm) and weights (tonnes)								
Engine type	A*	A	B*	B	C	D	F	Weight
8L32	5 570	5 130	2 432	2 295	2 380	2 345	1 155	35
8L32	6 400	6 379	2 457	2 375	2 610	2 345	1 155	44
9L32	6 865	6 869	2 455	2 375	2 610	2 345	1 155	48
12V32	7 098	6 865	2 516	2 430	2 900	2 120	1 210	57
16V32	8 041	7 905	2 516	2 505	3 325	2 120	1 210	71

\* Turbocharger at flywheel end.



05-2019 / Book's Office

wärtsilä.com

WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2019 Wärtsilä Corporation. Specifications are subject to change without prior notice.



## 12 ANEXO III REDUCTORA



Gear type TCH370-563. Twin input-single output gear with double helical gearwheels for low noise operation.

### POWER TAKE-OFF (PTO)

All Wärtsilä gears can be supplied with one or more PTOs for driving any rotating device such as shaft alternator, pump and compressor.

For single gears, the standard PTO is primary driven. For twin input-single output gears, the PTO is either primary or secondary driven.

- A primary driven PTO rotates whenever the main engine is rotating.
- A secondary driven PTO rotates whenever the propeller shaft is rotating.

Some PTOs can also be supplied with clutch (controllable PTO).

### POWER TAKE-IN (PTI)

Most Wärtsilä gears can be supplied with a combined PTO/PTI or with just a PTI. In PTO mode with a combined PTO/PTI, the shaft alternator is driven by the PTO as it feeds electric power to the main switchboard (MSB). In PTI mode, the shaft alternator acts as an electric motor fed by electric power from the MSB.

**The PTI may have different functional modes:**  
**PTI "booster" mode.** In this mode the PTI operates in parallel with the main engine.

No clutch is required on the gear, but the propulsion system (gear, shafting and CPP) must be dimensioned for the total power of the main engine and the electric motor.

**PTI "take me home" mode.** For this mode one clutch or mechanical coupling is needed to isolate the main engine from the gear. In addition a "PTI" clutch is needed to accelerate the propeller from zero to nominal speed. To save electrical power, a two speed PTO/PTI is frequently used for this mode.

**PTI combination of "booster" and "take me home" modes.** For this mode the propulsion system must be dimensioned for the total power, and the gear must have two clutches.

### INTEGRATED HYDRAULIC SYSTEM FOR GEAR AND CP PROPELLER

Wärtsilä gears sizes 50-95 in their vertical or horizontal versions are also available with integrated hydraulic system for gear and CP propeller. This reduces the time needed and simplifies installation for the yards. For safety reasons, the main pump for the CP propeller is always gear driven with an integrated system.

All Wärtsilä gears can of course also be interfaced to a separate hydraulic power unit.

### SPECIAL GEARS

Special gears are available on request. Typical examples of special gears are shown on the next page.

#### WÄRTSILÄ TCH GEAR RANGE OF TWIN INPUT-SINGLE OUTPUT GEARS

Gear type	Engine effect (max)	Engine type
TCH190	1900	Wärtsilä 20
TCH240	2400	Electric motors
TCH250	2500	Wärtsilä 26 (L-version), Wärtsilä 32 (R-version), Wärtsilä 6L32
TCH270	2700	Wärtsilä 7L32, Wärtsilä 8L32, Wärtsilä 9L32
TCH310	3100	Wärtsilä 12V26, Wärtsilä 16V26, Wärtsilä 38 (L-version)
TCH350	3500	Wärtsilä 12V32, Wärtsilä 6L46F
TCH370	3700	Wärtsilä 16V32, Wärtsilä 18V32, Wärtsilä 8L46F, Wärtsilä 9L46F
TCH380	3800	Wärtsilä 12V38, Wärtsilä 16V38, Wärtsilä 18V38

**WÄRTSILÄ GEAR TYPES AND DESIGNATIONS:**

- S** Single marine reduction gears
- T** Twin input-single output marine gears
- C** Multiple-disc clutch
- V** Vertical offset between input and output shafts
- H** Horizontal offset between input and output shafts
- a** Offset between input and output shafts (cm)
- P** Primary driven PTO
- S** Secondary driven PTO
- b** Offset between input and PTO shafts (cm)

**EXAMPLE 1: SCV105-P63**  
 Single reduction gear with clutch, vertical offset 1050 mm, including a primary driven PTO with offset 630 mm.

**EXAMPLE 2: SCH95-P58**  
 Single reduction gears with clutch, horizontal offset 950 mm, including a primary driven PTO with offset 580 mm.

**EXAMPLE 3: TCH350-S53**  
 Twin input-single output gear with clutch, horizontal offset 3500 mm between engine crankshafts, including a secondary driven PTO with offset 530 mm.

**Wärtsilä gears standard options.**

## DESIGN FEATURES OF WÄRTSILÄ GEARS

### GEAR WHEELS

The gear wheels have single helical teeth, precision ground with profile correction to ensure both good load distribution and low noise operation. The material is alloyed gas carbonized steel. Double helical gear wheels are also available.

### HOUSING

The housing is made of cast iron or fabricated steel in order to make a rigid structure. Extensive FEM calculations ensure limited deformation and low stress levels. Special attention has been paid to minimizing noise and vibration.

### BEARINGS

For gear sizes 38-56, plain bearings are used on the output shaft. Otherwise low friction bearings are used.

For gear size 62 and larger, plain bearings are used on both pinion and output shaft. The main thrust bearing is a tilting pad bearing and is rigidly supported. Otherwise low friction bearings are used.

### HYDRAULIC SYSTEM

The hydraulic system is designed for lubrication, cooling and clutch control. All bearings are forced lubricated, the gear meshes have additional sprays for cooling and lubrication. The oil filters are designed for full flow and with a high degree of filtration.

### CLUTCHES

The clutches are high capacity multiple-disc, hydraulically operated and cooled. All clutches have a soft clutch in system, ensuring shock free engagement of main engine.

### SHAFTS

The pinion shaft is made of forged alloyed steel. Other shafts are forged carbon steel. The output shaft has an integrated forged flange. The input and PTO shaft ends are cylindrical with keyways.

### SHAFT SEALS

All shaft seals are non-contact labyrinth seals and maintenance free.

**SINGLE MARINE REDUCTION GEARS**  
**VERTICAL OFFSET GEARS – DIMENSIONS**

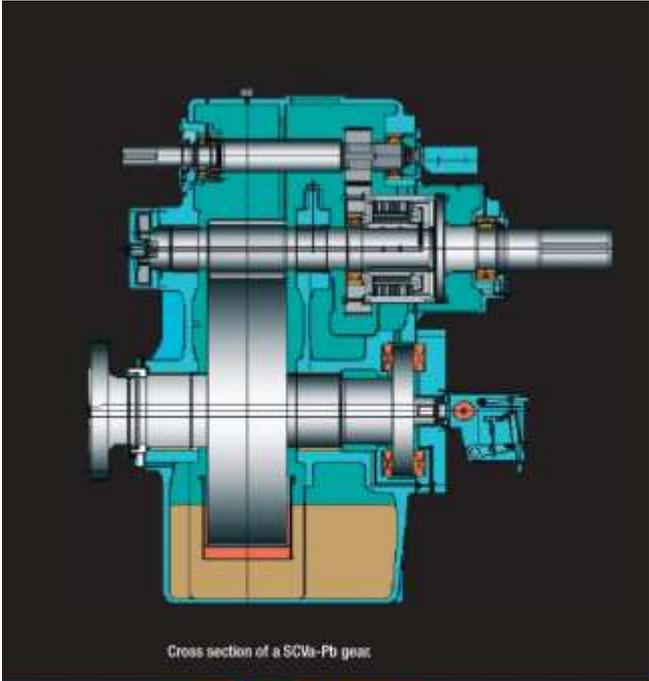
SCV/SHV Size	A	B Std. Max	C	D	E	F	G	H	J	L	N	O SCV/SHV
SCV38	380	230	1305	115	465	1000	750	530	340	538	230	690
SCV42	420	320	1435	125	510	1500	830	585	530	668	255	715
SCV48	480	350	1570	140	560	1580	910	640	570	695	280	785
SCV50	500	380	1724	150	590	1340	1024	720	470	662	420	1035
SCV56	560	410	1848	160	645	1500	1110	800	530	650	450	1100
SCV62	620	440-470	2210	180	740	1580	1240	880	570	662	350	1150
SCV68	680	460-510	2370	200	800	1720	1360	960	625	720	370	1250
SCV75	750	480-530	2460	220	880	1850	1480	1040	680	800	450	1300/1095
SCV85	850	510-560	2720	250	1000	2100	1680	1178	730	915	550	1470/1220
SCV95	950	580-630	3025	280	1145	2350	1880	1327	800	1025	450	1640/1350
SCV105	1050	630	3302	300	1285	2600	2100	1487	880	1125	500	1700/1400
SCV110	1010	650	3025	65	1150	2000	2140	1822	1405	580	1100	1615
SCV116	1160	650	3625	150	1400	2580	2300	1800	1535	765	685	1800/1025
SCV128	1280	800	3970	275	1536	3160	2645	1815	1700	840	900	2270/1120
SCV142	1420	1000	4520	305	1704	3505	2545	2012	1885	925	910	2270/1320

**HORIZONTAL OFFSET GEARS – DIMENSIONS**

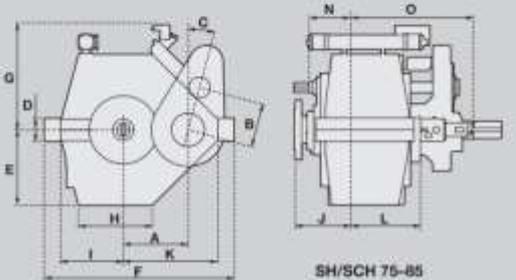
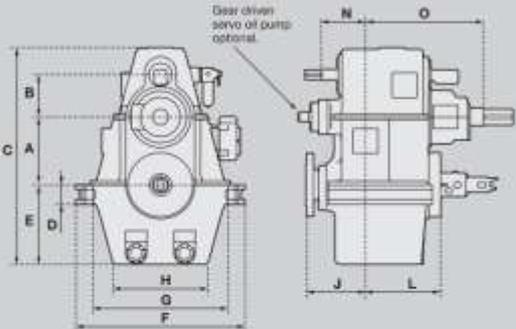
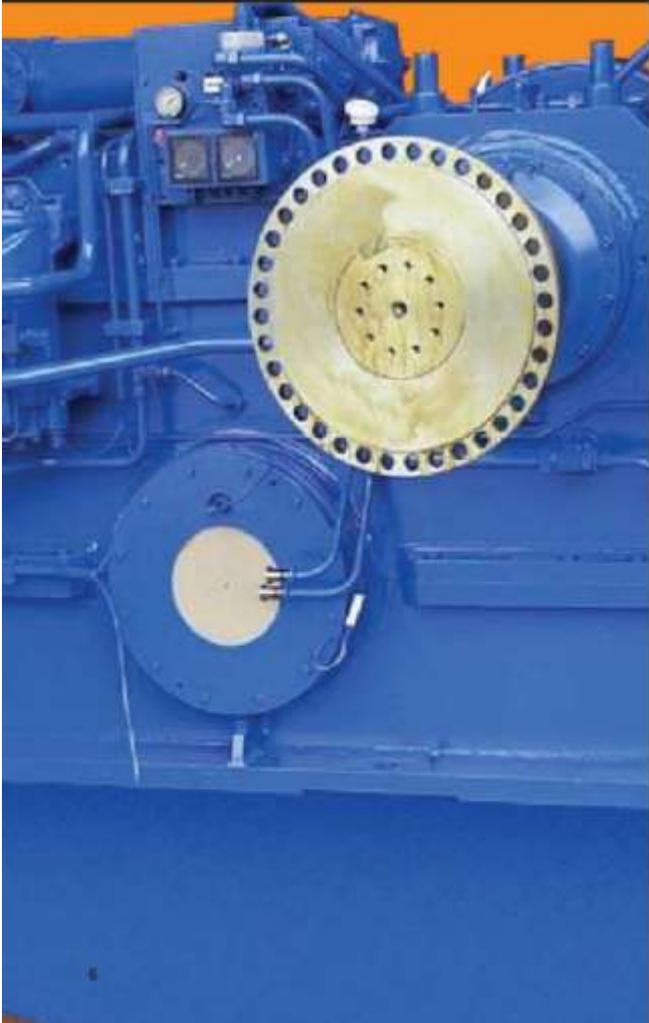
SHV/SHH Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N	O SHV/SHH
SHH38	680	510	0	100	700	2000	840	650	515	570	1095	730	500	1245
SHH75	750	530	15	280	885	2230	1220	865	735	660	1115	800	515	1670
SHH85	850	580	15	320	1000	2485	1440	970	830	730	1245	915	550	1800
SHH95	950	580	15	450	750	2710	1520	2250	830	1215	1420	540	700	1640
SHH105	1050	630	20	500	771	2995	1668	2195	910	1405	1545	580	750	1510/1700
SHH110	1100	670	20	500	810	3150	1850	2320	950	1450	1630	610	790	1750
SHH116	1160	670	20	550	850	3300	2240	2500	1015	1535	1715	725	830	1800/1100
SHH128	1280	740	20	590	1550	3640	1960	2675	1000	1600	1870		915	1915
SHH142	1420	820	20	620	1720	4040	2180	2970	1380	1700	2240		1015	2100

**TWIN INPUT-SINGLE OUTPUT REDUCTION GEARS**  
**DIMENSIONS**

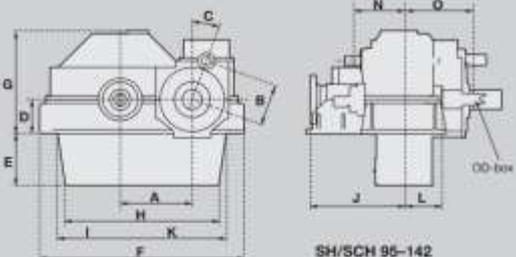
TOH Size	A	B	C	D	E	F	G	J	M	N	O
TOH180	1900	460	10	320	980	2750	890	555	2300	360	995
TOH240	2400	490	20	450	1315	3580	1455	730	3135	570	1220
TOH250	2500	530	12.5	450	1400	3700	1150	800	3230	570	1290
TOH270	2700	590	10	500	1330	3900	1690	880	3410	600	1560
TOH310	3100	630	10	500	1600	4500	1450	880	3750	680	1570
TOH350	3500	850	10	700	1855	5370	1630	1270	4380	790	2140
TOH370	3700	880	10	700	1855	5565	1645	1270	4590	880	2140
TOH380	3800	990	10	760	2015	5800	1780	1380	4770	860	2300



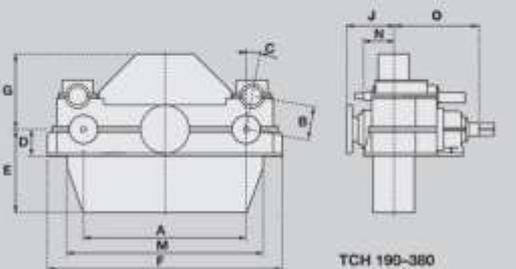
Cross section of a SCM-Pb gear



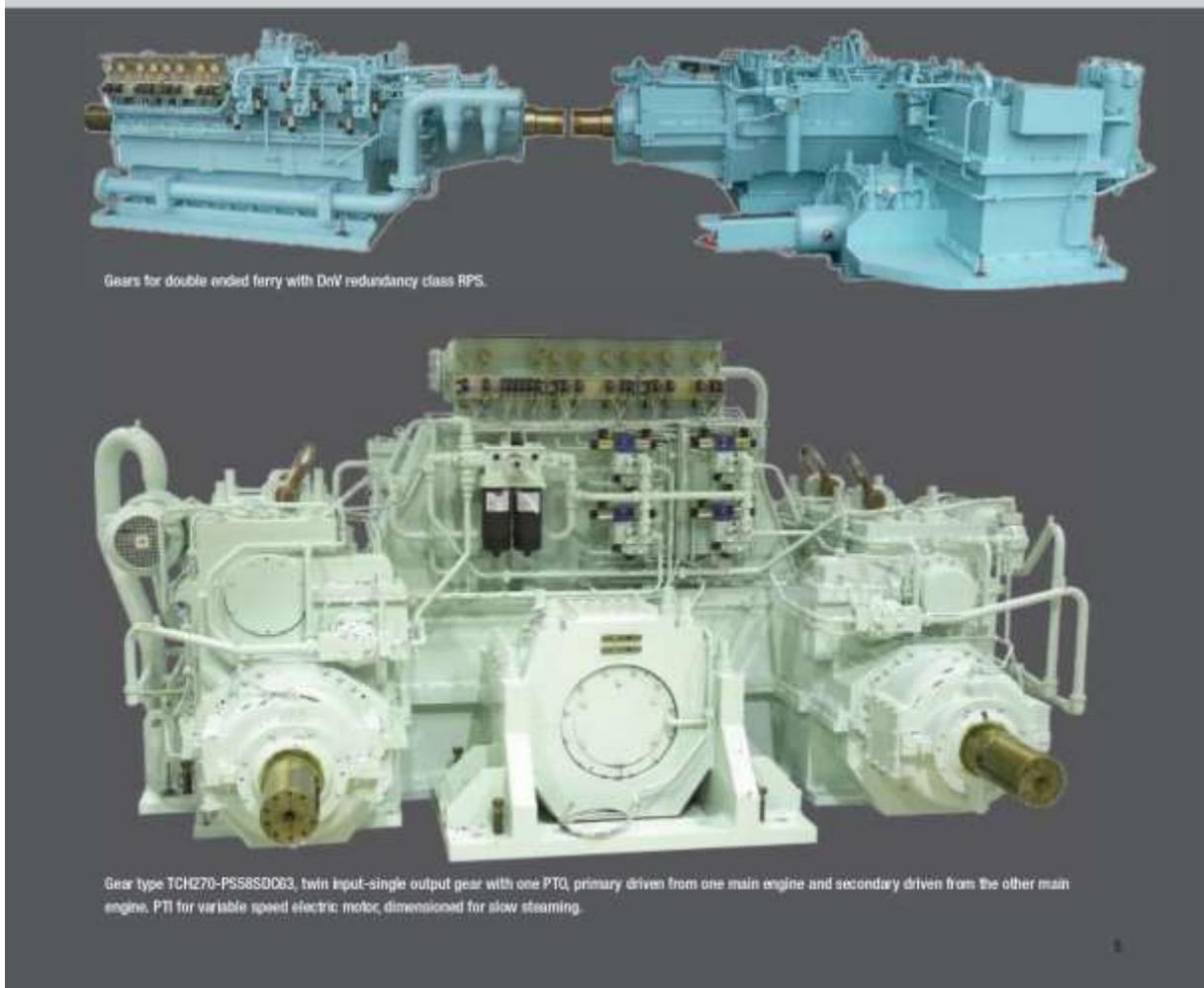
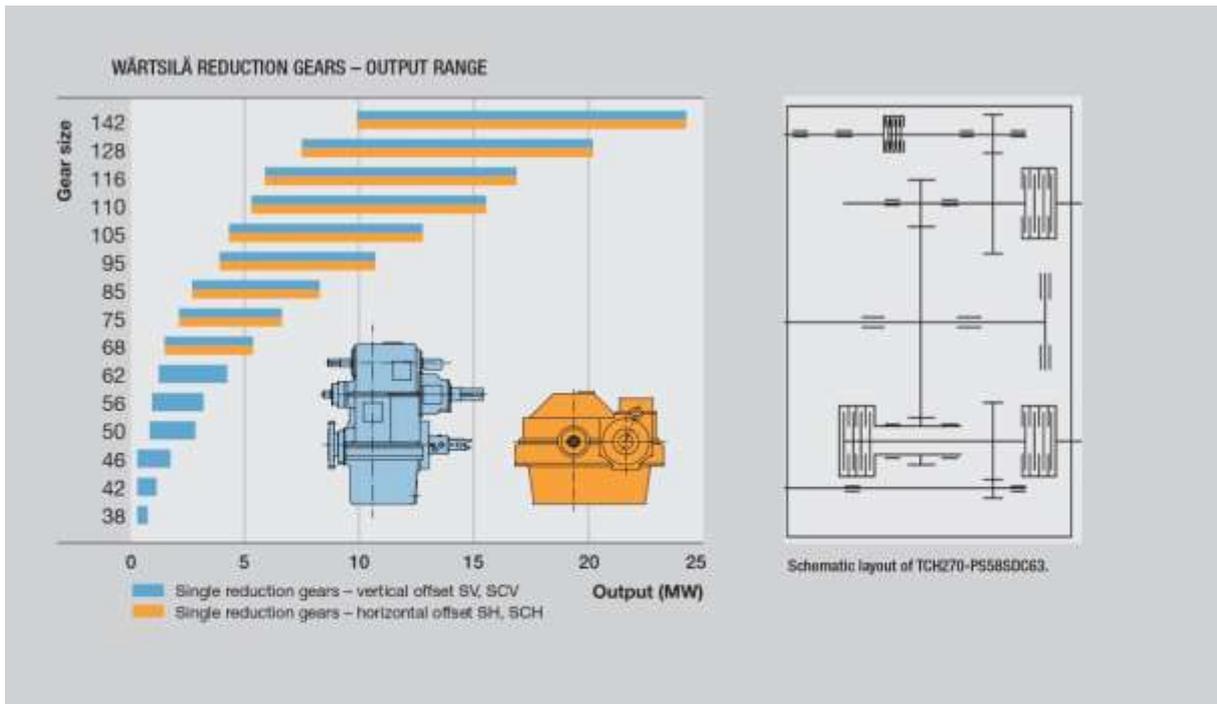
SH/SCH 75-85



SH/SCH 95-142



TCH 190-380



## 13 ANEXO IV COMPRESORES SAUER

### Sauer Compressors for Commercial Shipping

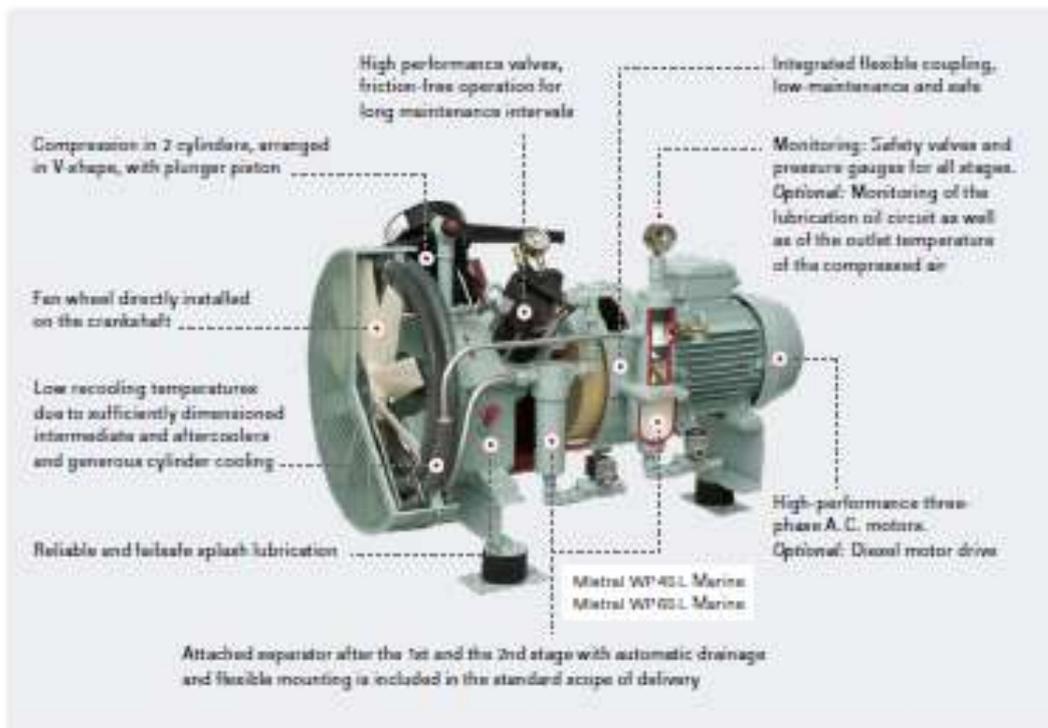
## //// Mistral

### 2-stage air-cooled starting-air compressors

Today, Sauer's 2-stage air-cooled starting-air compressors are among the most modern and low maintenance compressors available worldwide. More than a thousand of these dependable compressors are delivered to our customers every year.

#### General advantages

- Low installation cost due to absence of cooling water circuit
- Light-weight and less space required for installation
- Reliable and safe to operate, even at ambient temperatures up to 60°C
- Suitable for even the most difficult ambient conditions



#### Mistral Marine Diesel

- Diesel driven for Black-Start and Emergency
- Hand- or electric start
- Available as Mistral WP 15 L, WP 22 L, WP 45 L and WP 65 L

#### H25 Hand air compressors

- Ideal as emergency compressor to support safety concept
- Two-stage, two-cylinder with hand lever
- Also available incl. 30l or 60l pressure vessel





### Technical data

Mistral series | Technical data for a final pressure of 30 barg

Type	Final pressure barg	Stages	Cylinder	Speed rpm	Charging capacity m <sup>3</sup> /h	Power consumption kW	Heat dissipation kJ/sec	Weight kg	Length mm	Width mm	Height mm
H25	30	2	2	50 double-strokes/min	1.8	Heat air compressor		20	312	250	300
WP15L Marine	30	2	2	1,100	12.0	2.7	3.0	135	856	600	600
				1,400	15.0	3.4	4.0				
				1,700	18.0	4.1	4.5				
WP22L Marine	30	2	2	1,100	17.0	3.5	4.0	130	856	600	600
				1,400	21.0	4.4	5.0				
				1,700	25.0	5.4	6.0				
WP33L Marine	30	2	2	1,100	23.0	5.1	6.0	140	880	600	600
				1,400	30.0	6.5	7.0				
				1,700	35.0	7.8	8.5				
WP45L Marine	30	2	2	1,100	40.0	7.8	8.5	200	1,214	742	600
				1,400	50.0	9.6	10.5				
				1,700	60.0	11.5	13.0				
WP65L Marine	30	2	2	1,100	53.0	10.2	11.0	320	1,254	742	600
				1,400	67.0	12.8	14.0				
				1,700	80.0	15.4	17.0				

Performance data with 5% tolerance, referred to 20 °C and an air pressure of 1,013 mbars. Charging capacity according to ship building regulations. Performance data on final pressure deriving from 30 barg upon request. Weight and dimensions for standard units with three-phase A.C. motor, IP54, and flexible mounting. H25 is also available with 30 and 60 l vessel.

## 14 ANEXO V BOMBAS KSB

Bombas					
71					
<b>HGM-RO</b>					
	DN Q [m³/h] H [m] p [bar] T [°C] n [rpm]	45 - 250 < 1500 < 950 < 100 > 0 - < +60 < 3000	<b>Descripción</b> Bomba de cuerpo segmentado horizontal multiblocos partida radialmente, lubricada por el propio fluido, con impulsores radiales y cojinetes de fricción, entrada axial y radial, de aspiración simple. Disponible en acero inoxidable duplex o superduplex y también para aplicaciones de agua muy fría.		
		Caudal de servicio a 50 Hz Rendimiento a 50 Hz	Aplicaciones Bomba de alta presión para sistemas de desalación por ósmosis inversa.	<a href="http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/">http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/</a>	
<b>Multitec-RO</b>					
	DN Q [m³/h] H [m] p [bar] T [°C] n [rpm]	50 - 150 < 850 < 1000 < 100 > -10 - < +65 < 3000	<b>Descripción</b> Bomba centrífuga de cuerpo segmentado horizontal multiblocos. Boca de aspiración axial. Boca de impulsión con giro en intervalos de 90°. Impulsores radiales cerrados. En acero inoxidable duplex o superduplex.		
		Caudal de servicio a 50 Hz Rendimiento a 50 Hz	Aplicaciones Bomba de alta presión para sistemas de ósmosis inversa para desalación de agua marina y plantas geotérmicas (para inyección de aguas termales en los acuíferos).	KSB Samsic, Portugal <a href="http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/">http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/</a>	
<b>Bombas de desplazamiento positivo</b>					
<b>RC / RCV</b>					
	DN Q [m³/h] H [m] p [bar] T [°C] n [rpm]	25 - 100 < 75 < 100 < 10 > +5 - < +60 < 1500	<b>Descripción</b> Bomba de engranajes helicoidales, autoaspirante, con válvula by-pass incorporada. Disponible en diseño monobloque, horizontal sobre bancada o vertical. Con drive mecánico.		
		Caudal de servicio a 50 Hz Rendimiento a 50 Hz	Aplicaciones Alimentación de combustible, bombeo de combustibles, aceites lubricantes y fluidos viscosos, sistemas de lubricación.	<a href="http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/">http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/</a>	
<b>Sistemas contra incendios</b>					
<b>EDS</b>					
	DN Q [m³/h] H [m] p [bar] T [°C] n [rpm]	25 - 300 < 500 < 140 < 16 > +5 - < +60 < 3000	<b>Descripción</b> Sistema automático contra incendios, consistente en bomba jockey y una o varias bombas principales, con motor eléctrico o diesel, incluye colector, válvulas, accioneros y cuadro control. Conforme a EN 12865, ISA 6081, UNE 23500, NFPA 20, etc.		
		Caudal de servicio a 50 Hz Rendimiento a 50 Hz	Aplicaciones Edificios de oficinas, hoteles, industria, grandes superficies, etc.	<a href="http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/">http://www.ksb.com/central/catalogo/produccion/150073/</a>	

## 15 ANEXO VI BOMBAS AGP



### CENTRÍFUGAS NORMALIZADAS INOX.

(A)

ACERO INOX. AISI-316



Contrabridas

Kit contrabaldas CMX- CMX4 en acero inox.	Precio
Kit CMX 32 (DN 32 + DN 60)	290
Kit CMX 40 (DN 40 + DN 65)	330
Kit CMX 50 (DN 50 + DN 65)	380
Kit CMX 65 (DN 65 + DN 80)	510
Kit CMX 80 (DN 80 + DN 100)	590

SE SUMINISTRAN CON TUERCAS, TORNILLOS Y JUNTAS.

Serie CMX (2.900 r.p.m.)

Modelo	Potencia		Q m³/h l/min.	H mts														PRECIO
	CV	kW		6	9	12	15	18	24	30	36	42	60	72	84			
CMX-32/125B	1	0,75		16	14	13	11	10									1.429	
CMX-32/125A	1,5	1,1		21	20	18	16	14	10								1.430	
CMX-32/160B	2	1,5		25	24	22	20	17	12								1.593	
CMX-32/160A	3	2,2		34	33	31	29	26	21								1.756	
CMX-32/200B	4	3		41	39	36	33	30	21								1.865	
CMX-32/200A	5,5	4		51	49	47	44	41	32								2.028	
CMX-32/250C	7,5	5,5		56	53	51	48	45	37								2.639	
CMX-32/250B	10	7,5		71	69	66	63	60	52								3.105	
CMX-32/250A	15	11		83	80	78	74	71	63								4.164	
CMX-40/125C	1,5	1,1					14	13	11	10	8						1.584	
CMX-40/125B	2	1,5					17	17	14	13	11	8					1.604	
CMX-40/125A	3	2,2					23	22	21	18	16	13					1.623	
CMX-40/160B	4	3					31	30	27	24	21	17					1.749	
CMX-40/160A	5,5	4					37	36	33	30	27	23					1.974	
CMX-40/200B	7,5	5,5					48	46	44	41	36	31					2.584	
CMX-40/200A	10	7,5					56	55	53	49	45	40					2.808	
CMX-40/250C	12,5	9,2					63	62	60	56	52	45					4.232	
CMX-40/250B	15	11					72	71	69	66	61	55					4.250	
CMX-40/250A	20	15					85	84	82	78	74	69					5.818	
CMX-50/125C	3	2,2								16	15	14	10	7			1.757	
CMX-50/125B	4	3								20	19	18	14	11			1.865	
CMX-50/125A	5,5	4								24	23	22	18	15	12		2.122	
CMX-50/160B	7,5	5,5								32	31	29	24	20	15		2.611	
CMX-50/160A	10	7,5								39	38	36	31	27	22		2.803	
CMX-50/200B	12,5	9,2								45	43	40	31	21			3.961	
CMX-50/200A	15	11								57	55	53	44	37	28		4.247	
CMX-50/250C	20	15								68	67	65	58	51			5.497	
CMX-50/250B	25	18,5								76	75	73	66	60			6.219	
CMX-50/250A	30	22								86	85	83	76	69	61		6.472	

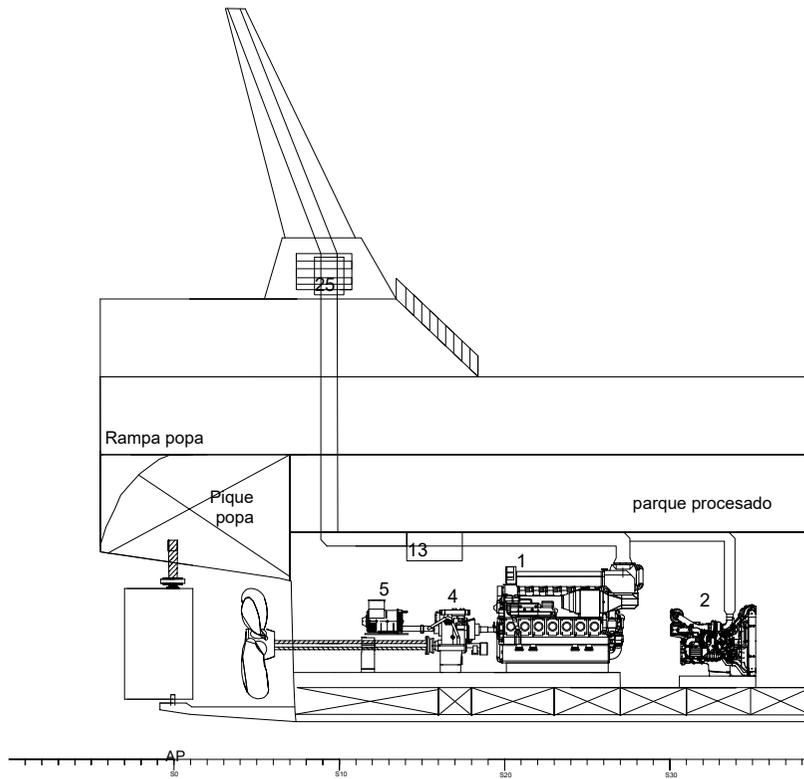
Modelo	Potencia		Q m³/h l/min.	H mts											PRECIO		
	CV	kW		48	60	72	84	96	108	120	180	210	228				
CMX-65/160E	5,5	4		17	15	14	12	10	8								2.859
CMX-65/160D	7,5	5,5		21	20	18	16	14	12								3.175
CMX-65/160C	10	7,5		26	25	23	21	19	17	15							3.278
CMX-65/160B	12,5	9,2		35	33	30	27	23	20								4.711
CMX-65/160A	15	11		41	39	36	33	29	26	21							4.885
CMX-65/200C	20	15		50	48	45	41	37	32								6.319
CMX-65/200B	25	18,5		58	55	52	49	45	40	35							6.620
CMX-65/200A	30	22		66	63	60	57	54	49	42							6.840
CMSX-65/250B	40	30		83	82	80	77	73	69	64							10.275
CMSX-65/250A	50	37		97	94	93	90	86	82	78							11.700
CMX-80/160C	15	11		33	32,5	32	31	29	28	26	15						5.400
CMX-80/160B	20	15		40	39,5	39	38	36	35	33	22	15					6.863
CMX-80/160A	25	18,5		47	46,5	46	45	43	42	40	29	23	20				7.178
CMX-80/200C	30	22		52	51,5	51	50	49	48	45	35	29					7.445
CMSX-80/200B	40	30		63	62,5	62	61,5	61	59	57	46	39	35				11.070
CMSX-80/200A	50	37		71	70,5	70	69,5	69	68	66	54	49	44				12.155

### Serie CMX4 (1.450 r.p.m.)

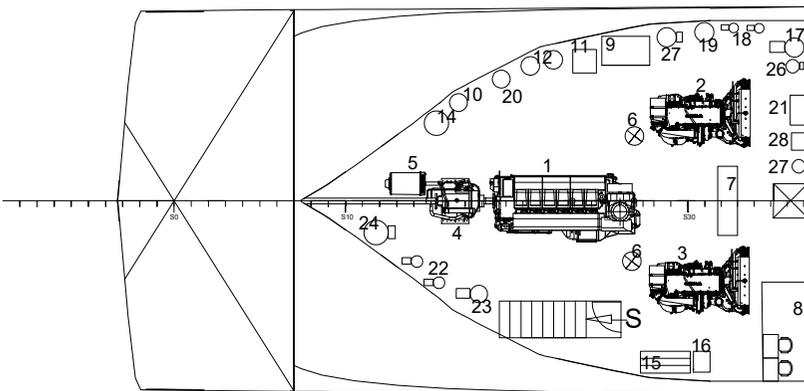
Modelo	Potencia		Q m <sup>3</sup> /h l/min.	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	15	24	30	36	42	PRECIO
	CV	kW		50	75	100	125	150	175	200	250	400	500	600	700	
CMX4-32/125B	0,33	0,25	H mts	4,1	3,9	3,6	3,2	2,7	2,2	1,6					1.574	
CMX4-32/125A	0,33	0,25		5,2	5	4,7	4,3	3,8	3,3	2,7					1.576	
CMX4-32/160B	0,33	0,25		6,3	5,9	5,4	4,9	4,4	3,7	2,9					1.591	
CMX4-32/160A	0,5	0,37		8,2	7,8	7,4	6,9	6,4	5,8	5,2	3,6				1.622	
CMX4-32/200B	0,5	0,37		10	9,4	8,7	7,9	7	6,1	5,1					1.747	
CMX4-32/200A	0,75	0,55		12,5	12	11,4	10,6	9,8	8,8	7,8	5,4				1.798	
CMX4-32/250C	1	0,75		13,6	13	12,3	11,6	10,8	9,9	8,9	6,5				2.563	
CMX4-32/250B	1,5	1,1		17,5	16,8	16,1	15,3	14,4	13,5	12,5	10,2				2.668	
CMX4-32/250A	2	1,5		20,3	19,7	19	18,2	17,4	16,3	15,2	12,8				2.756	
CMX4-40/125C	0,33	0,25					3,6	3,5	3,3	3,1	2,7				1.605	
CMX4-40/125B	0,33	0,25					5	4,8	4,6	4,4	3,9	2			1.591	
CMX4-40/125A	0,5	0,37					5,9	5,7	5,5	5,2	4,7	2,7			1.609	
CMX4-40/160B	0,5	0,37					7,4	7,2	6,9	6,6	5,9	3,1			1.643	
CMX4-40/160A	0,75	0,55					8,7	8,5	8,2	7,9	7,2	4,4			1.599	
CMX4-40/200B	1	0,75					11,5	11,2	10,8	10,5	9,7	5,8			1.926	
CMX4-40/200A	1,5	1,1					13,5	13,3	13	12,7	11,8	8			2.039	
CMX4-40/250C	1,5	1,1					14,9	14,6	14,3	14	13				2.848	
CMX4-40/250B	2	1,5					17,3	17	16,7	16,4	15,5	11,4			2.911	
CMX4-40/250A	3	2,2					20,7	20,3	20	19,7	18,8	14,8			3.165	
CMX4-50/125C	0,5	0,37								4,2	4	3,3	2,7	2	1.688	
CMX4-50/125B	0,5	0,37								5	4,8	4	3,3	2,6	1,8	1.689
CMX4-50/125A	0,75	0,55								6	5,6	5	4,3	3,6	2,8	1.732
CMX4-50/160B	1	0,75								7,8	7,6	6,7	5,9	4,9	3,8	1.907
CMX4-50/160A	1,5	1,1								9,3	9,1	8,2	7,4	6,6	5,4	2.017
CMX4-50/200B	1,5	1,1								12,1	11,7	10	8,6	6,8	4,8	2.562
CMX4-50/200A	2	1,5								13,9	13,6	11,8	10,4	8,7	6,6	2.643
CMX4-50/250C	3	2,2								16,8	16,4	15	13,8	12,3	9,7	3.196
CMX4-50/250B	3	2,2								18,6	18,2	16,8	15,5	13,8	11,6	3.186
CMX4-50/250A	4	3								21,3	20,9	19,6	18,4	16,8	14,7	3.335

Modelo	Potencia		Q m <sup>3</sup> /h l/min.	24	30	36	42	48	60	72	108	132	PRECIO
	CV	kW		400	500	600	700	800	1000	1200	1800	2200	
CMX4-65/160E	0,75	0,55	H mts	4,2	3,7	3,3	2,7	2,2					2.685
CMX4-65/160D	1	0,75		5,3	4,8	4,4	3,8	3,4					2.891
CMX4-65/160C	1,5	1,1		6,5	6,1	5,7	5,1	4,6	3,4				2.961
CMX4-65/160B	1,5	1,1		8,5	7,9	7,2	6,3	5,5	3,4				3.675
CMX4-65/160A	2	1,5		9,7	9,2	8,5	7,7	6,9	4,9				3.906
CMX4-65/200C	2	1,5		11	10,2	9,4	8,4	7,4	5,1				3.975
CMX4-65/200B	3	2,2		13,5	12,8	12	11	10	7,9				4.042
CMX4-65/200A	4	3		16,8	16,3	15,6	14,7	13,8	11,7	9,3			4.119
CMX4-65/250B	5,5	4		20,3	19,5	18,9	18,1	17,2	15,1	12			5.091
CMX4-65/250A	7,5	5,5		23,7	23,2	22,6	22	21	19	16,3			5.431
CMX4-80/160C	2	1,5				7,6	7,2	6,8	6	5,1			4.478
CMX4-80/160B	3	2,2				9	8,7	8,3	7,5	6,6	3,2		4.591
CMX4-80/160A	3	2,2				10,4	10,1	9,7	8,9	8	4,5		4.591
CMX4-80/200B	4	3				12,5	12,2	11,8	10,8	9,8	6,1		4.668
CMX4-80/200A	5,5	4				15,8	15,5	15,2	14,3	13,3	9,7	7	4.904
CMX4-80/250C	7,5	5,5				20	19,7	19,3	18,4	17,4	12,4		5.386
CMX4-80/250B	10	7,5				22,6	22,3	22	21,3	20,3	16,1	12,2	5.632
CMX4-80/250A	15	11				26,5	26,2	26	25,2	24,2	20,2	16,8	5.792

## **16 ANEXO VII: PLANO DISPOSICIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS**



1	Motor principal	15	Botellas aire comprimido
2	Motor auxiliar BR	16	Compresores aire arranque
3	Motor auxiliar ER	17	Bomba trasiego combustible
4	Reductora	18	Bombas lubricación
5	Generador de cola PTI/PTO	19	Bomba pelubricación
6	Ventiladores	20	Separadora de aceite
7	Cuadro principal	21	Purificadora combustible
8	Sala de control de máquinas	22	Bombas agua dulce (HT y LT)
9	Planta TAR	23	Bomba agua salada
10	Separador de sentinas	24	Bomba achique y CI emergencia
11	Generador agua dulce	25	Silenciador
12	Hidróforos	26	Bomba purificador aceite
13	Calentador agua sanitaria	27	Bomba purificador combustible
14	Separadora combustible	28	Enfriador combustible



INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA		EPS FERROL
CUADERNO 10		
ARRASTRERO CONGELADOR 1500M3		UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESCALA 1:400	PLANO DISPOSICIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	