



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/20**

MEGAYATE DE LUJO

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

**Cuaderno 10
CÁMARA DE MÁQUINAS**

ALUMNA: ROSA PÉREZ RAMÓN

TUTOR: RAÚL VILLA CARO

ÍNDICE

CUADERNO 10

1 INTRODUCCIÓN	4
2 JUSTIFICACIÓN DEL MOTOR PROPULSOR	5
2.1 JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA	8
2.2 ESTIMACIÓN CONSUMO MOTOR PRINCIPAL	8
2.3 SELECCIÓN DE LA REDUCTORA	10
3 SISTEMAS AUXILIARES PROPULSIÓN	11
3.1 SISTEMA ADMISIÓN AIRE	11
3.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	11
3.2.1 CIRCUITO AGUA DULCE	12
3.2.2 CIRCUITO AGUA SALADA	13
3.3 SISTEMAS EXHAUSTACIÓN	19
3.4 SERVICIO DE COMBUSTIBLE	19
3.5 SERVICIO DE LUBRICACIÓN	23
3.6 SISTEMA DE ARRANQUE	27
3.6.1 COMPRESOR AIRE DE ARRANQUE	27
3.6.2 SEPARADOR ACEITE Y AGUA	27
3.6.3 BOTELLAS AIRE COMPRIMIDO	27
3.7 INSTRUMENTACIÓN	29
4 VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	30
5 PLANO CÁMARA DE MÁQUINAS	32
ANEXO I: MOTOR PROPULSOR	33
ANEXO II: PROJECT GUIDE	38
BIBLIOGRAFÍA	42

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2018-2019

PROYECTO NÚMERO 19-19

TIPO DE BUQUE: MEGAYATE DE LUJO DE DESPLAZAMIENTO, DE 114 M DE ESLORA. TIPO WORLD GRAND EXPLORER

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: BUQUE DE PASAJE, OCEÁNICO, SOLAS MARPOL MCA, ZONA ECA POLAR CODE B ICE. RUTAS DE LA ANTÁRTIDA PERIODOS RESTRINGIDOS Y ÁRTICO (VERANO). PANAMÁ.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: PERSONAS EN CRUCEROS TURÍSTICOS DE GRAN LUJO

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 17 KNOTS AL 90% MCR Y 10% MM. AUTONOMÍA A 3500 MILLAS.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: GRÚA A BORDO, JACUZZI, GARAJE PARA MOTOS DE AGUA, PISCINA

PROPULSIÓN: UNO O DOS MOTORES DIESEL

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 50 PASAJEROS Y 42 TRIPULANTES.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: GARAJE, WATERMAKER x 2, STABILIZER TRAC, AIR CONDITIONING CRUISAIR, HELIPUERTO (NO CERTIFICADO). MARINA EN POPA Y LATERALES, BOTES TENDER.

Ferrol, diciembre 2019

ALUMNO/A: **Rosa Pérez Ramón**

TUTOR: **Raúl Villa Caro**

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este cuaderno se justificará la elección del motor y potencia propulsora definidos en el Cuaderno 6: "Predicción de Potencia y Diseño de Propulsores y Timones", así como el consumo del motor, y justificar la autonomía definida en los RPA del proyecto.

Además, se definirán los sistemas auxiliares relacionados con la propulsión, también se propondrá una disposición preliminar de la cámara de máquinas.

La configuración elegida es de dos motores engranados cada uno a un eje, con los dos motores funcionando a la vez. Se instalarán dos motores idénticos Caterpillar 3516C IMO II de 2525kW y 1800 rpm.

La autonomía, como la velocidad de crucero, viene indicada por la RPA. Por lo que el buque ha de tener una autonomía de 3500 millas y una velocidad de crucero de 17 nudos.

Como base para comenzar los cálculos, se utilizarán las dimensiones principales obtenidas en el Cuaderno 1: "Dimensionamiento Preliminar y Elección de la Cifra de Mérito":

L (M)	B (M)	D (M)	T (M)
111,15	21,63	8,77	5,17

La normativa que se va a utilizar es la de la Sociedad de Clasificación Lloyd's Register.

2 JUSTIFICACIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

Como ya se ha mencionado, se instalarán dos motores idénticos 3516C IMO II de 2525kW y 1500 rpm. Se muestran a continuación las características técnicas de este motor:

CLASIFICACIÓN DE POTENCIA		^
Gama de potencia	1650-3386 bhp (1230-2525 bkW)	
ESPECIFICACIONES DEL MOTOR		^
Gama de velocidad	1200-1800 rev/min	
Emisiones	IMO II	
Rotación (desde el extremo del volante)	Hacia la izquierda o hacia la derecha	
Configuración	Diésel, ciclo de 4 tiempos, 16 cilindros en "V"	

Imagen 1. Características Motor Principal (Caterpillar)

Caterpillar dispone de varios niveles de clasificación para sus motores según el régimen de funcionamiento normal (rating A, B, C y D). El rating seleccionado para este proyecto es el C (máximo continuo) especial, entre otros, para yates de desplazamiento con rango de operación de entre 2 000 y 4 000 horas por año.

(continued)

SPECIFICATIONS

Vee 16, 4-Stroke-Cycle Diesel		
Aspiration	TTA	
Bore x Stroke	6.69 x 7.48 in	170 x 190 mm
Bore x Stroke¹	6.69 x 8.46 in	170 x 215 mm
Displacement	4211 cu in	69 liter
Displacement¹	4765 cu in	78 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise or clockwise	
Engine dry weight (approx)	17,550 - 19,025 lb	7964 - 8629 kg

Imagen 2. Características Motor Principal (Product Guide Motor)

Una ventaja importante de este tipo de motores es que son muy compactos y todos los servicios necesarios para su funcionamiento están incluidos en el motor, por lo que su instalación es relativamente sencilla.

DIMENSIONS

	LE	H	WE
min.	143.1 in/3637 mm	77.4 in/1967 mm	80.2 in/2037 mm
max.	148.0 in/3761 mm	84.6 in/2150 mm	84.3 in/2142 mm

Imagen 3. Características Motor Principal (Product Guide Motor)

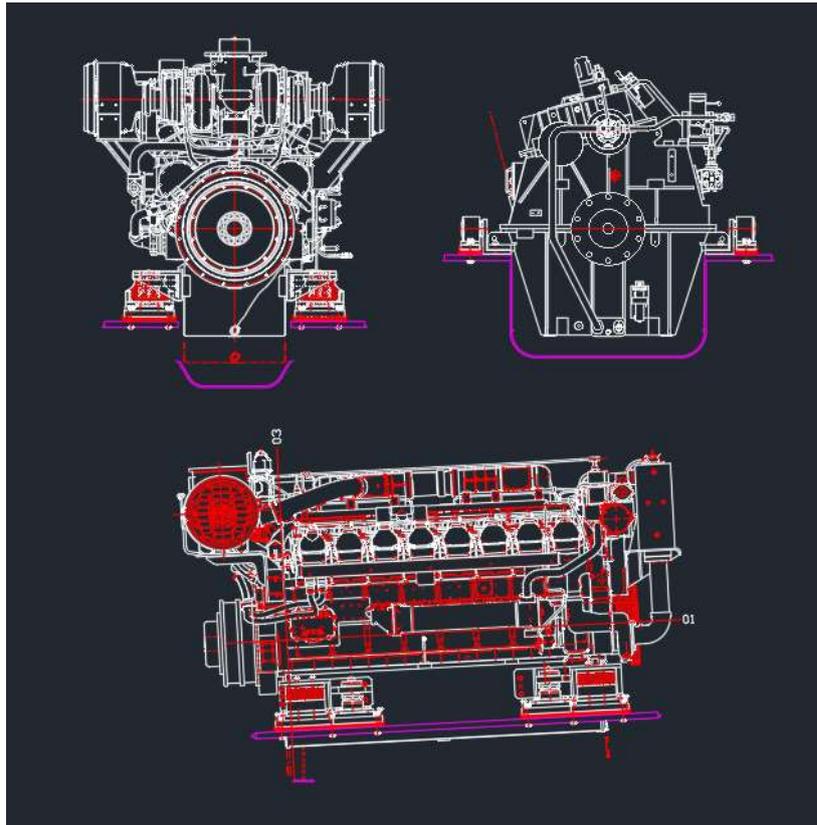


Imagen 4. Motor Principal

La selección del motor propulsor se basa en la búsqueda en el mercado de un motor que se ajuste a las necesidades de potencia calculadas en el cuaderno 6, con los márgenes definidos en los RPA del proyecto. Se ha analizado el tipo de motor que llevan a bordo los buques de la base de datos, dando como resultado:

BUQUE	PROPULSIÓN	
Nomad	2x Diesel 3516-B-DITA	Total 2984,0 HP
Grace E	2x	Total 3200 HP 2386kw
Bella Vita	2x Caterpillar 3516B Diesel	Total 5364 HP
Naia	2x Caterpillar 3516C Diesel	Total 6302 HP 4699 kw
O'Mega	2xYamar Diesel ZT280	Total 4000HP 2944kw
Ice	2x	Total 5070HP 3781kw
DAR	2xMTU Diesel 20V 4000 M73I	Total 9656HP 7200kw
Moonlight II	2xCaterpillar 3606 Diesel	Total 5520HP 4116kw
Aquarius	2xMTU Diesel 16V 4000 M63L	Total 8056HP 6007kw
Kismet	2xCaterpillar3516C-HD Diesel	Total 5438HP 4055kw
Vava II	2xMTU 12V 4000 M70 Diesel	Total 11278HP 8410kw
Faith	2xMTU 16V 4000 M63L Diesel	Total 6002HP 4476kw
Madame Gu	4xMTU 20V 4000 M73 Diesel	Total 19312HP 14401kw
I Dynasty	3xCaterpillar + 2xRollsRoyce Diesel	Total 9494HP 7080kw
Quantum Blue	2xMTU Diesel 20V 4000 M93L	Total 9938HP 7411kw
Amadea	2xMTU Diesel	Total 11532HP 8599kw
Radiant	2xMTU 16V 1163 TB73L Diesel	Total 14140HP 10544kw
Jubilée	2xMTU 20V 4000 M73L Diesel	Total 9656HP 7200kw
Luna	5xMTU 16V 4000 M40B Diesel	Total 18705HP 13948kw
Ulysses	2xCaterpillar 3516C Diesel	Total 5912HP 4409kw
A	2xMAN RK280 Diesel	Total 12070HP 9001kw
Golden Odyssey	2xMTU 20V4000 N43S Diesel-Electric	Total 20382HP 15199kw
Maryah	5xCaterpillar Diesel	Total 10730HP 8001kw
Octopus	8xMercedes Diesel	Total 19200HP 14317kw

2.1 JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA

En el cuaderno 6 se ha estimado la potencia efectiva necesaria por el motor (3145,9 kW) incluidos en este cálculo los márgenes establecidos por la RPA (90% MCR y 10% Margen de Mar). El motor seleccionado (3516C IMO II de 2525kW) ofrece una potencia especificada por el catálogo de 2525 kW al freno. El buque cuenta con dos motores idénticos.

2.2 ESTIMACIÓN CONSUMO MOTOR PRINCIPAL

Para saber el consumo de los motores se acude al Project Guide del motor, el fabricante ofrece un valor medio de consumo del motor, se escoge el correspondiente con el tipo de motor que se ha seleccionado.



RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

	mhp	bhp	bkW	rpm	U.S. g/h	g/bkW-hr	EPA	IMO	EU
A	1673	1650	1230	1200	78.9	206.2	NC	II	IW
A	2028	2000	1492	1600	96.3	202.8	NC	II	IW
A¹	2292	2260	1686	1600	107.5	202.4	NC	II	IW
A¹	2482	2448	1825	1600	113.2	206.9	NC	II	IW
B	1775	1750	1305	1200	84.2	206.2	NC	II	IW
B	2130	2100	1566	1600	100.4	201.8	NC	II	IW
B¹	2407	2375	1771	1600	112.0	200.8	NC	II	IW
B¹	2611	2575	1920	1600	118.6	206.7	NC	II	IW
B¹	3046	3004	2240	1800	148.3	210.3	NC	II	IW
C	1876	1850	1379	1200	90.0	207.0	NC	II	IW
C	2231	2200	1641	1600	104.5	201.9	NC	II	IW
C¹	2534	2500	1864	1600	117.0	199.3	NC	II	IW
C¹	2720	2682	2000	1600	123.4	198.5	NC	II	IW
C¹	3196	3151	2350	1800	148.6	209.2	NC	I	NC
C¹	3196	3151	2350	1800	154.7	200.9	NC	II	IW
D¹	2855	2816	2100	1600	114.9	199.0	NC	II	IW
D¹	3434	3386	2525	1800	165.0	207.6	NC	II	IW

¹High displacement engine (HD)

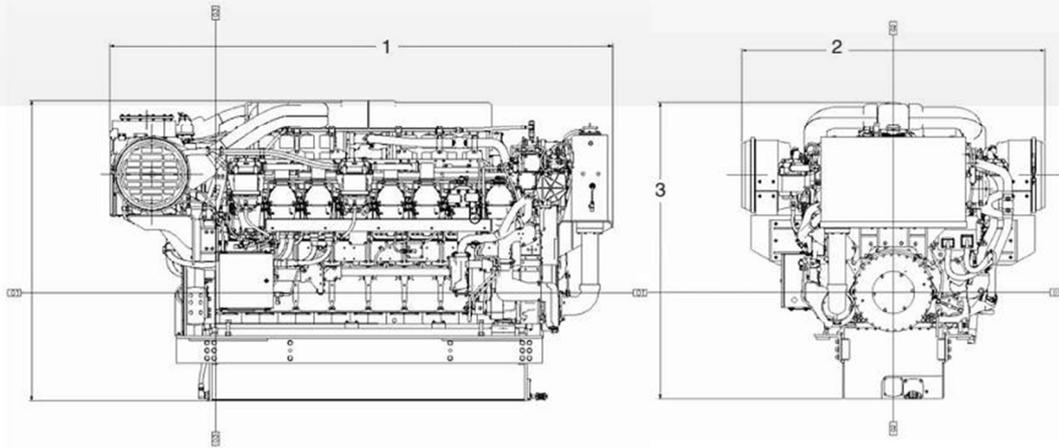
Imagen 5. Características Motor Principal (Product Guide Motor)



3516C HD MARINE PROPULSION

3045, 3194, 3432 mhp
3003, 3150, 3385 bhp
2240, 2350, 2525 bkW

DIMENSIONS



Engine Dimensions — Keel Cooled		
(1) Length	3773 mm	148.5 in
(2) Width	2284 mm	89.9 in
(3) Height	2224 mm	87.55 in
Weight, Net Dry (approx)	8824 kg	19,454 lb

Note: Do not use for installation design.
See general dimension drawings
for detail.

RATING DEFINITIONS AND CONDITIONS

B Rating (Heavy Duty)

Typical applications: For vessels operating at rated load and rated speed up to 80% of the time, or 10 hours out of 12, with some load cycling (40% to 80% load factor). Typical applications could include but are not limited to vessels such as mid-water trawlers, purse seiner, crew and supply boats, ferries, or towboats. Typical operation ranges from 3000 to 5000 hours per year.

C Rating (Maximum Continuous)

Typical applications: For vessels operating at rated load and rated speed up to 50% of the time, or 6 hours out of 12, with cyclical load and speed (20% to 80% load factor). Typical applications could include but are not limited to vessels such as ferries, harbor tugs, fishing boats, offshore service boats, displacement hull yachts, or short trip coastal freighters. Typical operation ranges from 2000 to 4000 hours per year.

D Rating (Intermittent Duty)

Typical applications: For vessels operating at rated load and rated speed up to 16% of the time, or 2 hours out of 12, (up to

50% load factor). Typical applications could include but are not limited to vessels such as offshore patrol boats, customs boats, police boats, some fishing boats, fireboats, or harbor tugs. Typical operation ranges from 1000 to 3000 hours per year.

Power at declared engine speed is in accordance with ISO3046-1:2002E. Caterpillar maintains ISO9001:1994/QS-9000 approved engine test facilities to assure accurate calibration of test equipment. Electronically controlled engines are set at the factory at the advertised power corrected to standard ambient conditions. The published fuel consumption rates are in accordance with ISO3046-1.

Fuel rates are based on fuel oil of 35° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/L (7.001 lb/U.S. gal). Additional ratings may be available for specific customer requirements. Consult your Cat representative for additional information.

Performance data is calculated in accordance with tolerances and conditions stated in this specification sheet and is only intended for purposes of comparison with other manufacturers' engines. Actual engine performance may vary according to the particular application of the engine and operating conditions beyond Caterpillar's control.

Power produced at the flywheel will be within standard tolerances up to 50°C (122°F) combustion air temperature measured at the air cleaner inlet, and fuel temperature up to 52°C (125°F) measured at the fuel filter base. Power rated in accordance with NMMA procedure as crankshaft power. Reduce crankshaft power by 3% for propeller shaft power.

CAT, CATERPILLAR, their respective logos, "Caterpillar Yellow" and the "Power Edge" trade dress, as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.

TMI Reference No.: DM9290-00, DM9289-00, DM9288-00
LEHM0052-00 (11-11)

©2011 Caterpillar
All rights reserved.
Materials and specifications are subject to change without notice.
The International System of Units (SI) is used in this publication.

Imagen 6. Características Motor Principal (Product Guide Motor)

El tipo de motor que tenemos es Caterpillar 3516C Modelo D de 2525 kW de potencia y 1500 rpm. Por lo que el consumo es de 207,6 g/bkW*hora.

Por lo que se tiene lo siguiente:

$$\text{Número de Motores} = 2$$

$$\text{Potencia cada motor} = 2525 \text{ kW}$$

$$\text{Consumo} = 207,6 \frac{\text{g}}{\text{kW} * \text{hora}}$$

$$\text{Autonomía} = 3500 \text{ millas}$$

$$\text{Velocidad de Crucero} = 17 \text{ nudos}$$

Con estos datos, se obtiene un consumo de combustible total de 188 toneladas. A este valor se le aplica un margen del 10%, por lo que se obtiene:

$$\text{Combustible} = 207 \text{ toneladas}$$

2.3 SELECCIÓN DE LA REDUCTORA

En el cuaderno 6: "Predicción de Potencia y Diseño de Propulsores y Timones" se han calculado unas revoluciones de giro del propulsor de 183 rpm para una velocidad de crucero. El motor propulsor gira a 1500 rpm, lo que la relación de reducción será de 8,20:1. Se realiza un estudio del mercado, y como resultado se decide instalar una reductora **Reintjes, modelo WLS 234-2240 (930/1)**, óptima para buques de trabajo con propulsores de paso controlable. Este engranaje reductor es de carcasa de acero y cuenta con embrague. El hecho de disponer de embrague permite el desacoplamiento entre el motor y la reductora y viceversa. El rango de potencia válido de la reductora es de 310 – 3900 kW.

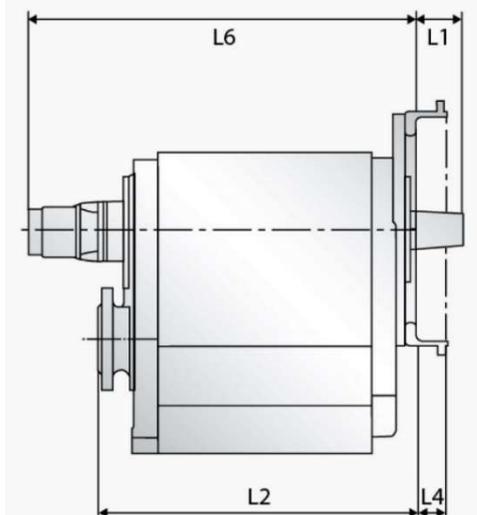


Imagen 7. Reductora

Los reductores de la serie WSL han sido especialmente diseñados para buques rápidos, como unidades navales, yates; buques con exigencias de alto rendimiento.

3 SISTEMAS AUXILIARES PROPULSIÓN

A continuación, se va a mostrar los distintos sistemas auxiliares que llevará el buque a bordo, para cumplir con todos los servicios exigidos:

- Sistema de Admisión de Aire.
- Sistema de Refrigeración.
- Sistema de Exhaustación.
- Servicio de Combustible.
- Servicio de Lubricación.
- Sistema de Arranque.
- Instrumentación.

3.1 SISTEMA ADMISIÓN AIRE

La temperatura en la cámara de máquinas debe estar dentro de un rango entre 8,5 y 11 grados por encima de la temperatura ambiente del aire, el sistema de ventilación debe trabajar para que esto se cumpla. La temperatura de la zona de la cámara de máquinas no debe superar los 49°C. De modo que será suficiente con cambiar el aire de la cámara de máquinas cada dos minutos.

La velocidad del motor es de 1500 rpm, con una potencia de 2525 kW. La cámara de máquinas cuenta con dos motores idénticos.

Se va a tomar la curva Máxima de potencia, por lo que se requiere que entre a la cámara de máquinas para un motor, un flujo de 212 m³/min de aire. Para dos motores se necesita que:

$$Q = 424 \frac{m^3}{min}$$

Lo que equivale a:

$$Q = 7,1 \frac{m^3}{s}$$

3.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Un sistema de refrigeración adecuado es fundamental para un buen funcionamiento del motor. Una de las causas de fallos en los motores es un mal sistema de refrigeración, así como un mal mantenimiento del sistema de refrigeración.

Dentro de este sistema de refrigeración, existen dos tipos:

- Refrigeración directa: el agua salada refrigera los equipos o enfría agua dulce contenida en un circuito cerrado propio de los equipos.
- Refrigeración Centralizada: un pequeño circuito de agua salada enfría agua dulce contenida en otro circuito más grande, mediante un intercambiador.

Caterpillar utiliza agua dulce, y agua salada como refrigerante. El agua dulce debe cumplir con una serie de requisitos (Ph entre 5,5 y 9; con menos de 40 ppm de cloruros; además de limitaciones en sulfatos y dureza). Por agua salada, se refiere a la obtenida por las tomas de mar (agua de mar, ríos, lagos o cualquier otro tipo de agua que no cumple con los requisitos de agua dulce).

En la cámara de máquinas se dispondrá de dos tomas de mar, una a cada costado, en la zona de proa. Ambas tomas irán conectadas a un colector, y en la zona de crujía irá colocado un filtro, para después poder distribuir el agua hacia los lugares en los que se requiera.

En este buque proyecto se instalará un sistema de refrigeración centralizada, de modo que se necesitará un menor número de metros de tubería en la cámara de máquinas. Además,

al reducir el uso de agua salada, disminuirá el uso de tubería galvanizada. Se dividirá el sistema en dos circuitos, uno de agua dulce, y otro de agua salada.

Las zonas de los intercambiadores expuestas al agua del mar, deberá ser de aleación de cuproníquel o similar, para evitar la corrosión.

El sistema central de refrigeración, para una configuración de varios motores, permite el uso de un sistema de refrigeración común para ambos. Lo cual presenta ventajas y desventajas:

- Ventajas
 - Instalación de menos tuberías, con la correspondiente reducción de trabajos en astillero.
 - Menor número de componentes, que supone menores costes de gestión y mantenimiento del sistema.
 - Componentes más grandes, que en comparación con los de sistemas individuales los de un sistema central son más robustos y con un mayor periodo de vida estimado.
- Desventajas:
 - Mayor dificultad en el diagnóstico de problemas al disponer de mayor número de modos de funcionamiento.

Se dispone de dos alternativas para el sistema de refrigeración con agua de mar, uno a través de intercambiadores de calor, instalados en la cámara de máquinas, que toman el agua de mar a través de las tomas de mar para enfriar el agua del motor y otro sistema denominado "keel cooler", con el cual se hace pasar un circuito de agua caliente por una abertura en la quilla donde se enfría con el agua de mar.

3.2.1 CIRCUITO AGUA DULCE

Este circuito suministrará agua dulce al circuito de refrigeración principal, así como al de motores auxiliares.

· Circuito de Refrigeración del Motor Principal:

Para la refrigeración del motor principales se precisan los siguientes equipos:

- Intercambiador Aceite/Agua Dulce.
- Intercambiador Aire/Agua Dulce.
- Generadores de agua dulce.
- Bombas de refrigeración del motor principal: se dispondrán de dos bombas de refrigeración, una para el circuito de alta temperatura y otra para la de baja. Además, se incluirán dos bombas de respeto que entrarán en funcionamiento en el momento en el que fallen las otras.
Se usarán bombas de 60 m³/h a 3 bares para garantizar la refrigeración del motor (como recomienda el Project Guide) en todo su rango de carga. Se usarán bombas que serán accionadas por motores eléctricos de 15kW.
- Bombas de refrigeración del equipo auxiliar.
- Des-aireador.
- Precalentador del motor principal: en la entrada del circuito de alta temperatura irá instalado un precalentador con el objetivo de alcanzar una temperatura aproximada de 75°C en los cilindros del motor antes del arranque. Este equipo tiene un consumo medio de 5kW/cilindro, por lo que el consumo equivale a 80 kW.
- Válvulas termostáticas: el uso de estas válvulas se limita a la apertura o cierre automático del paso del fluido, dependiendo de la temperatura.

Circuito de Refrigeración de Motores Auxiliares:

Los motores auxiliares cuentan con un circuito cerrado propio de agua dulce. El agua se enfría en un intercambiador agua/agua, en el que se emplea el agua dulce del sistema de refrigeración centralizada.

El circuito de refrigeración del grupo de emergencia es de refrigeración por aire, con el objetivo de mejorar su rendimiento, se instalará un ventilador que será movido por el propio motor.

3.2.2 CIRCUITO AGUA SALADA

El objetivo del uso del agua salada es el enfriamiento del sistema de refrigeración centralizada. Ésta también se utilizará en el sistema contraincendios. Otro uso es como agua de lastre, pero este buque no requiere de tanques de lastre.

El circuito cuenta con los siguientes elementos:

Tomas de Mar:

El buque contará con dos tomas de mar que cumplirán el objetivo de satisfacer la demanda de agua salada para el sistema de refrigeración y sistema contra incendios.

Las tomas de mar irán situadas en la cámara de máquinas, a proa del motor principal, una a babor, y la otra a estribor. Cada tomar de mar, consiste en un elemento estructural con forma de cajón situado por debajo de la flotación. Constará con una rejilla, una brida de conexión a través de la cual se realizará la aspiración de las bombas, una conexión para aireación de la propia toma de mar y una última brida para el soplado con aire para la limpieza.

Filtros:

Los filtros van situados inmediatamente después de las válvulas que regulan el paso de flujo de las tomas de mar, con el objetivo de evitar el paso de fango o arena al interior de las tuberías.

Bombas de Circulación e intercambiador:

Las bombas tienen que ser dimensionadas para que proporcionen el caudal necesario de agua salada para el enfriamiento de agua dulce del sistema de refrigeración.

Intercambiador:

Es necesario conocer la cantidad de calor que hay que disipar para poder dimensionar el intercambiador de calor agua salada/agua dulce.

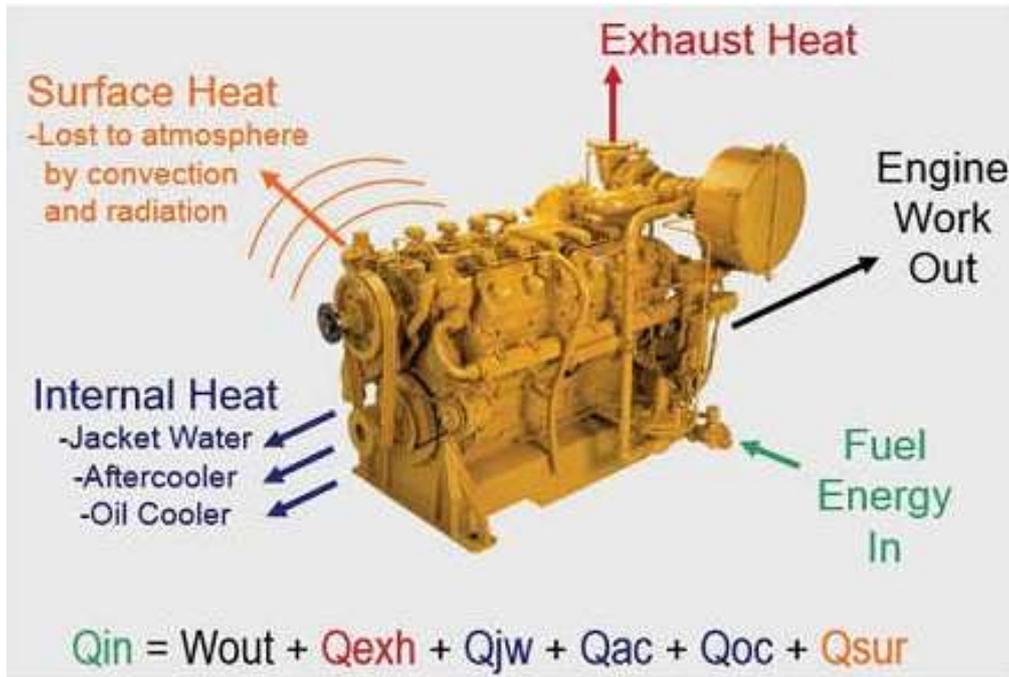


Imagen 8. Esquema Motor

Elemento	Calor (kW)	Fuente
Motor	2525	Project Guide Serie 3500C
Resto de equipos	757,50	30% del calor del motor
Total	3282,50	

Elemento	Calor (kW)	Fuente
Engine Jacket	866	Project Guide Serie 3500C
OilCooler	332	Project Guide Serie 3500C
AfterCooler	611	Project Guide Serie 3500C
Recoverable Exhaust Heat Rej.	1427	Project Guide Serie 3500C
Total	3236	

Elemento	%
Recoverable Heat	51,90
Thermal Efficiency	40,20
Total Efficiency	92,10

Elemento	Caudal (m3/h)	Fuente
Motor	90	Project Guide Serie 3500C
Resto de equipos	27	30% del motor
Total	117	

Los valores de las Temperaturas de entrada y salida de los circuitos, caudales y presiones se toman de la Project Guide del Motor:

Circuito de Alta	Circuito de Baja
T entrada = 75°C	T entrada = 30°C
T salida = 99°C	T salida = 55°C
P = 1,6 bar	P = 3 bar
Q = 75 m3/h	Q = 75 m3/h

Se van a tomar como temperaturas de entrada y de salida del intercambiador las del circuito de baja- Se considera una temperatura de agua salada de 30°C. El calor que cede el agua dulce en el intercambiador es el siguiente:

$$q = \frac{Q}{3600} \cdot \rho \cdot Ce \cdot \Delta T = \left(\frac{140}{3600}\right) \cdot 4180 \cdot 25$$

q calor cedido por el agua dulce.

Q caudal, 117 m³/h. Se va a tomar un valor con una margen de 20%, 140 m³/h.

ρ densidad del agua dulce 1 kg/L.

Ce calor específico del agua 4180J/kgK.

ΔT diferencia de temperatura (55°C -30°C) = 25°C.

$$q = 4065 \text{ kW}$$

El caudal de agua salada que se requiere, en función de una temperatura de salida del intercambiador de 55°C, es de:

$$4065 = \frac{Q}{3600} \cdot \rho \cdot Ce \cdot \Delta T = \left(\frac{Q}{3600}\right) \cdot 3950 \cdot 25$$

q calor cedido por el agua dulce.

ρ densidad del agua salada 1,025 kg/L.

Ce calor específico del agua salada 3950 J/kgK.

ΔT diferencia de temperatura (55°C -30°C) = 25°C.

$$Q \text{ agua salada} = 150 \frac{m^3}{h}$$

Bombas de Circulación de Agua Salada:

Son las bombas cuya función es tomar el agua de los colectores e impulsarla a través del intercambiador. Se deben dimensionar para que muevan el caudal anteriormente calculado. El buque dispondrá de dos bombas para el uso habitual (por motor), y una más de respeto. A continuación se muestran las características de dicha bomba:

- Presión 2 bar.
- Caudal de 150 m³/h.
- Rendimiento 0,6.

$$Potencia\ bomba = \frac{Q \cdot P}{\eta} = \frac{150}{3600} \cdot 2 \cdot 10^5}{0,6} = 14\ kW$$

Se considera el uso de bombas tipo Azcue CA 150-10A de 15 kW.

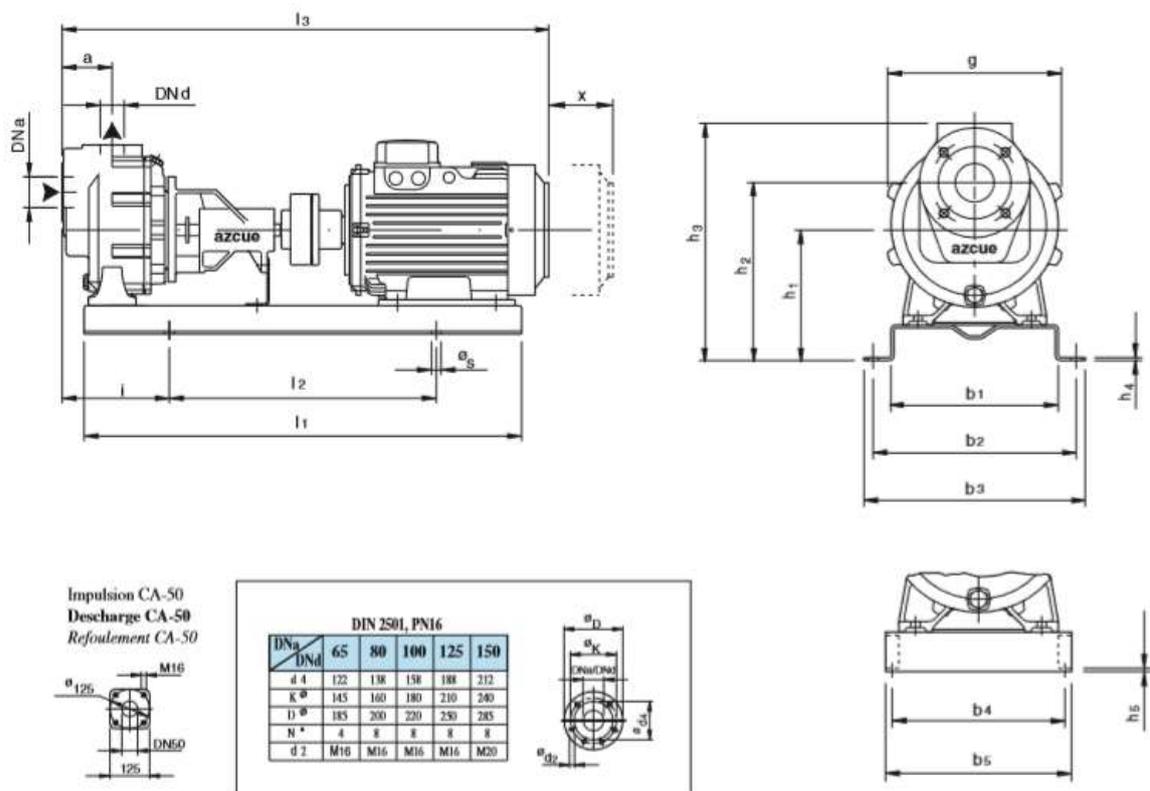


Imagen 9. Bomba Circulación Agua Salada

Las curvas y recomendaciones que proporciona Caterpillar en su Project Guide serie 3500C para bombas son las siguientes:

· **Agua Dulce:**

Engine Speed RPM: 1800 Pump Speed RPM: 2400	
EXT RESIST M H2O	EXT FLOW L/MIN
6.8	1,802.0
8.4	1,700.0
9.8	1,600.0
11.4	1,500.0
12.9	1,400.0
14.3	1,300.0
16.1	1,200.0

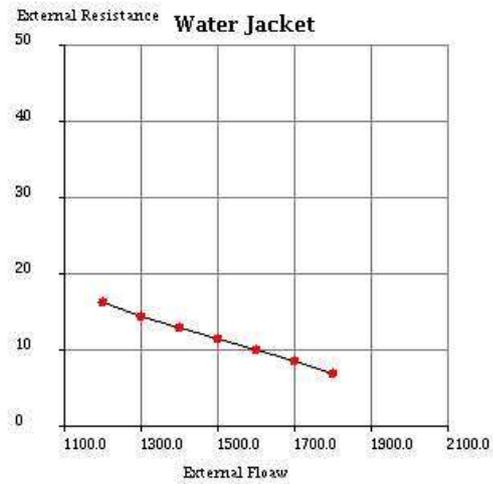


Imagen 10. Curva Caterpillar Agua Dulce

· **Agua Salada:**

Engine Speed RPM: 1,800 Pump Speed RPM: 2,394	
EXT RESIST FT H2O	EXT FLOW GPM
5.58	287.95
21.65	264.17
41.34	237.75
57.09	211.34
70.21	184.92
80.71	158.5
89.9	132.09
96.13	105.67
99.74	79.25
101.05	52.83
100.73	39.1

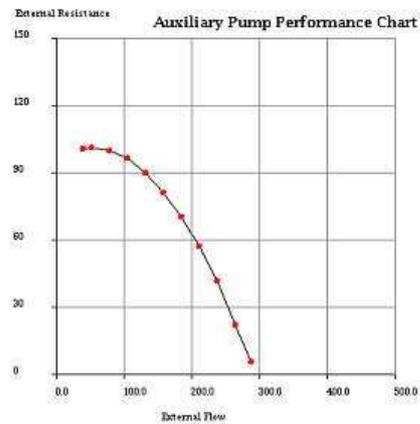


Imagen 11. Curva Caterpillar Agua Salada

Los diagramas que proporciona Caterpillar en su Project Guide para estos sistemas de refrigeración, son los siguientes:

Intercambiadores de Calor:

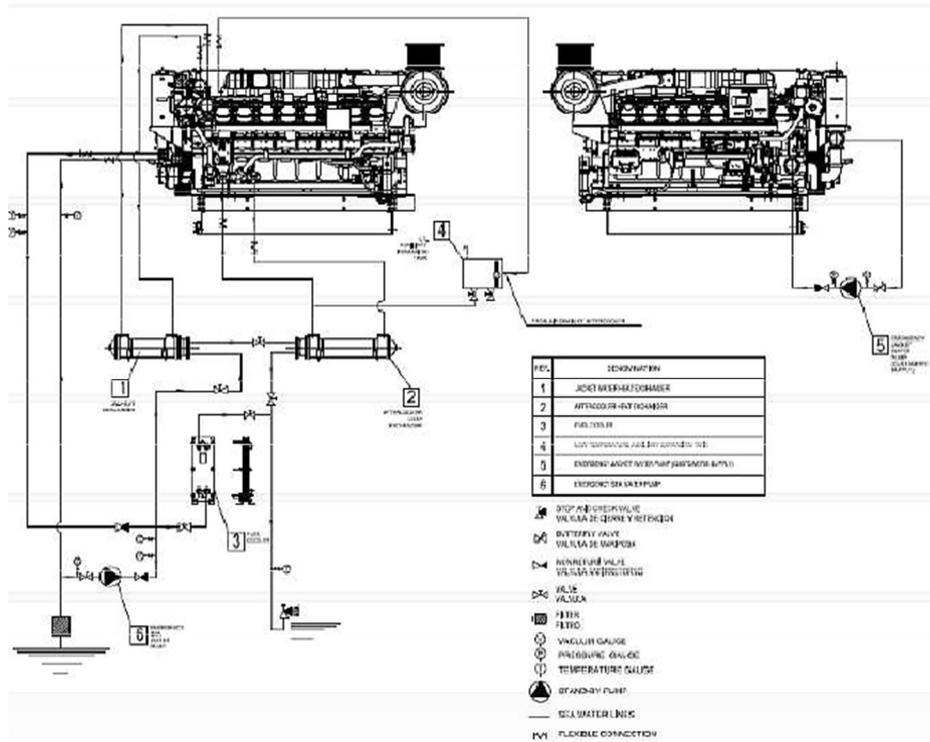


Imagen 12. Intercambiador de Calor

Kell Cooler:

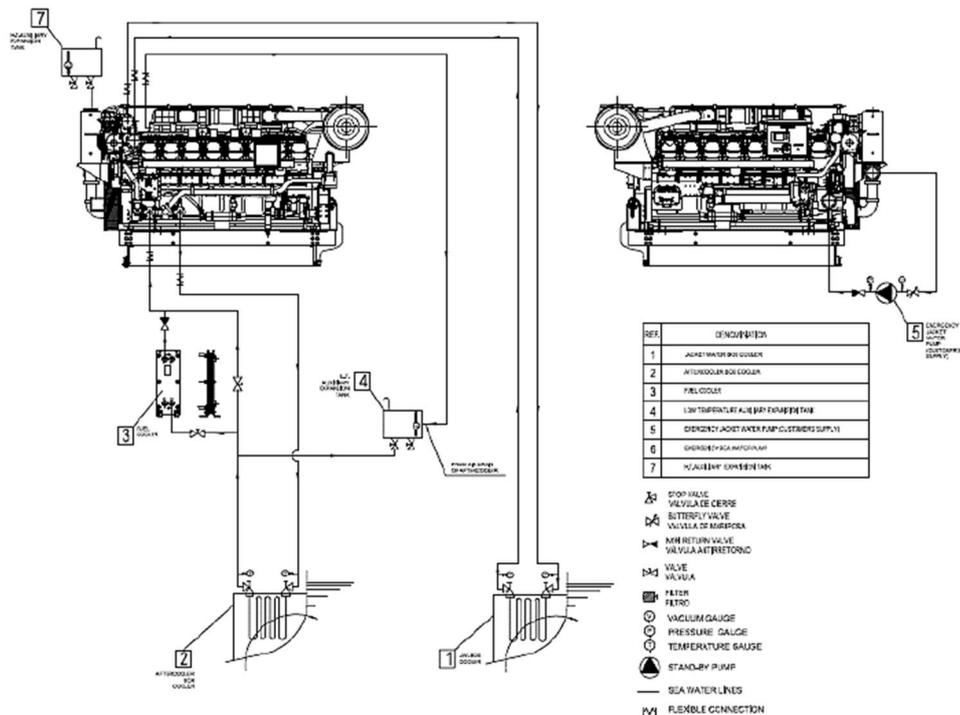


Imagen 13. Kell Cooler

3.3 SISTEMAS EXHAUSTACIÓN

La misión del sistema de exhaustación es eliminar los gases de los cilindros y descargarlos lo más rápido posibles y de un modo silencioso. Las características de partida para este sistema son:

- Minimizar la resistencia del flujo de gas.
- Reducción de las emisiones de ruido.
- Espacio de separación abundante entre el sistema de exhaustación y los componentes del motor para reducir el impacto de las altas temperaturas de los gases de exhaustación.
- Garantizar que el sistema no sobrecargue los componentes del motor (turbosoplante o válvulas).
- Asegurar que el calor absorbido es disipado por los componentes del sistema de exhaustación.

Para garantizar el cumplimiento de los estándares de ruido (debido a que la exhaustación genera gran cantidad) el sistema contará con silenciadores, cuyo objetivo es reducir las emisiones de ruido antes de alcanzar la atmósfera.

Una vez los gases hayan pasado por el silenciador, se dirigirán al exterior por dos posibles vías, una seca y otra húmeda, el uso de una u otra va a depender de la velocidad del buque. En el caso de que el buque no esté en movimiento, vaya marcha atrás o a bajas velocidades, la salida será directamente a la atmósfera; a partir de una determinada velocidad se accionará una válvula que derive los gases de exhaustación por debajo de la línea de flotación. La válvula será de mariposa, con accionamiento eléctrico (a través de una señal del rpm del motor principal) Se instalará un sistema por motor a cada costado. En ningún momento ambas salidas estarán cerradas, siempre habrá un circuito de escape abierto.

Los datos del sistema de exhaustación a partir de la Project Guide son los siguientes:

Caudal de Exhaustación por motor: 551,1 m³/min.

Temperatura de exhaustación: 653 °C.

3.4 SERVICIO DE COMBUSTIBLE

EL objetivo de este sistema es suministrar combustible en condiciones óptimas al motor propulsor y a los generadores. Para su correcto funcionamiento del sistema de suministro es necesaria la existencia de medios de almacenamiento, purificación y trasiego.

El diseño del sistema es de forma que éste entregue más combustible del necesario para la combustión, el exceso se devolverá a los tanques de combustible. El combustible sobrante capta el calor del motor y vuelve al tanque, elevando la temperatura del mismo. Por cuestiones de rendimiento, se recomienda que la temperatura permanezca lo más baja posible, en un rango de 15-40 °C. En ningún momento se sobrepasarán los 66°C. Si surgiera el caso en el que la temperatura del tanque alcanza niveles altos, será necesario que el combustible en exceso se enfríe antes de volver al tanque.

El combustible además de alimentar al motor cumple la función de lubricar y refrigerar los inyectores, es ésta una de las razones por las que se envía más combustible a los inyectores del que inyectan en la cámara de combustión, retornando gran parte del combustible al tanque de combustible.

La recomendación del fabricante es que se disponga de un tanque de uso diario cercano a los motores, ya definido en el Cuaderno 4: "Cálculos de Arquitectura Naval" y Cuaderno 5: "Situaciones de Carga".

Para asegurar la entrada de combustible limpio, se contará con un filtro entre el tanque de uso diario y la entrada del motor.

· **Tanque de Uso Diario:**

Este tanque se va a dimensionar en función de las características del motor que se ha elegido. Se debe satisfacer la necesidad de gasoil durante 8 horas al consumo máximo, y se va a dimensionar para satisfacer la necesidad de gasoil durante 24 horas.

$$\text{Consumo diario} = 2 \cdot 165 \left(\frac{g}{kWh} \right) \cdot 2525kW \cdot 24h \cdot 10^{-6}$$

$$\text{Consumo Diario MP} = 20 \text{ toneladas}$$

· **Tanque de Lodos:**

Para el cálculo estimado de volumen de sentina y lodos se va a seguir la Regla 17 "Tanques para residuos de hidrocarburos" del convenio MARPOL, el cual hace la siguiente referencia:

Todos los buques cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 400 toneladas tendrán un tanque o tanques de capacidad suficiente, teniendo en cuenta el tipo de maquinaria con que estén equipados y la duración de sus viajes, para recibir los residuos (fangos) que no sea posible eliminar de otro modo cumpliendo las prescripciones del presente anexo, tales como los resultantes de la purificación de los combustibles y aceites lubricantes y de las fugas de hidrocarburos que se producen en los espacios de máquinas.

Según el cálculo de Arqueo bruto para este buque proyecto realizado en el Cuaderno 9: "Francobordo y Aqueo" se ha obtenido un GT de 7490.

Continuando con los cálculos de los tanques de lodos:

$$V1 = K1 \cdot C \cdot D \text{ (m}^3\text{)}$$

Siendo,

V1 el volumen del tanque de lodos (m³).

K1 toma el valor de 0,005.

C el consumo de combustible (33 m³/día).

D el periodo máximo de travesía entre puertos en que se pueden descargar los fangos a tierra (8 días).

$$V1 = 0,005 \cdot 33 \cdot 8$$

$$V1 = 1,30 \text{ m}^3$$

· **Trasiego y Purificación de Combustible:**

Se va a proceder a definir los componentes de trasiego y tratamiento de combustible que conforman el sistema de servicio de combustible.

Bomba de Trasiego y Purificación de Combustible:

Se va a dimensionar una bomba que sea capaz de llenar el tanque de uso diario en dos horas.

La capacidad del tanque de uso Diario es de 20 m³, y el caudal suministrado será de 10m³/hora. La presión será tal que sea capaz de hacer trasiego entre el tanque más bajo al tanque más alto, venciendo la altura y las pérdidas de carga, por ello se estima una presión de 5 bar.

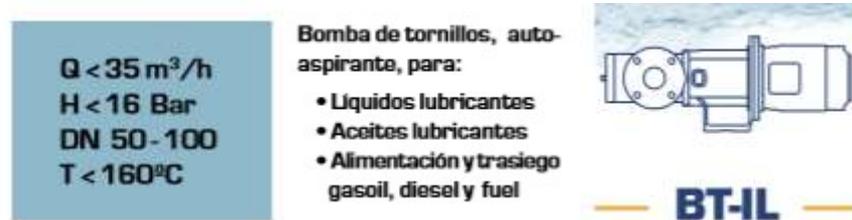


Imagen 14. Bomba Trasiego Combustible

Se ha decidido utilizar la Bomba Azcue BT-IL a 1450 rpm, ya que cumple con los requisitos establecidos. La potencia que se requiere para la bomba es de 4,5 kW.

Alimentación de Combustible:

Este servicio cuenta con todo lo necesario para alimentar los motores diésel a bordo, desde los tanques. Cada tanque va a disponer de una línea de alimentación y otra de retorno con sus respectivas válvulas.

El servicio de combustible va a estudiarse de forma independiente para los motores principales, con respecto al resto de motores que van a bordo.

Alimentación Motor Principal:

Bombas de Alimentación:

Bombas cuyo objetivo es el de impulsar el combustible al motor principal desde el tanque de uso diario.

Estas bombas deben ser capaces de suministrar un caudal que triplique el consumo de combustible del motor, con el objetivo de asegurar el cebado de las bombas de inyección.

$$Q_{motor} = C \cdot P \cdot \left(\frac{1}{\rho}\right) = 207,6 \left(\frac{g}{kWh}\right) \cdot 2525kW \cdot \left(\frac{1}{850000 \left(\frac{g}{m^3}\right)}\right) = 0,062 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{motor} = 62 \frac{l}{h}$$

Siendo,
C el consumo del motor.
P potencia del motor.
 ρ densidad del fluido.

Por lo que se requieren bombas de alimentación de:

$$Q_{bomba\ alimentaci3n} = 186 \frac{l}{h}$$

Se instalarán a bordo dos bombas BT-HM Azcue con un caudal inferior a 10 m³/h y una temperatura inferior a 160°.

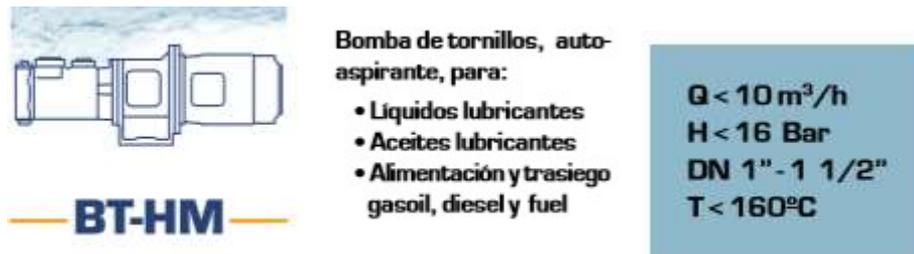


Imagen 15. Bomba Alimentación Motor Principal

Válvula Reguladora de Presión.

La presión en el interior del motor debe mantenerse entre 2 y 4 bares, por lo cual se requiere la instalación de una válvula reguladora de presión en la línea de retorno. Para poder garantizar el llenado de toda la cámara de la bomba inyectora.

Filtros de Combustible.

A lo largo de la línea de alimentación de combustible, se van a instalar dos juegos de filtros, antes de las bombas de alimentación.

Alimentación Resto de Motores:

La alimentación del resto de motores va a estar formada por los mismos equipos y elementos que la de los motores principales, con la diferencia de que los elementos (bombas, válvulas reguladoras de presión) irán en el interior de los propios motores, ya que al ser de menores dimensiones que las de los motores principales. Este servicio contará con un único juego de filtros, el cual se situará a la entrada de los motores.

A continuación se va a mostrar un esquema del servicio de combustible más recomendado:

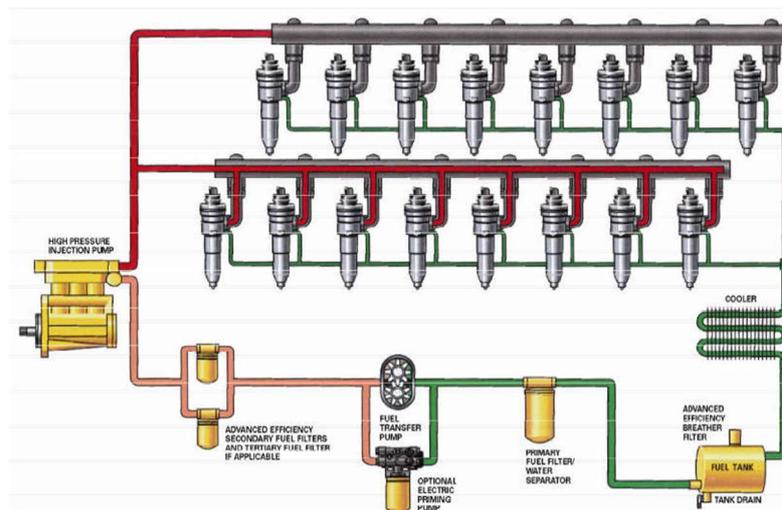


Imagen 16. Servicio de Combustible

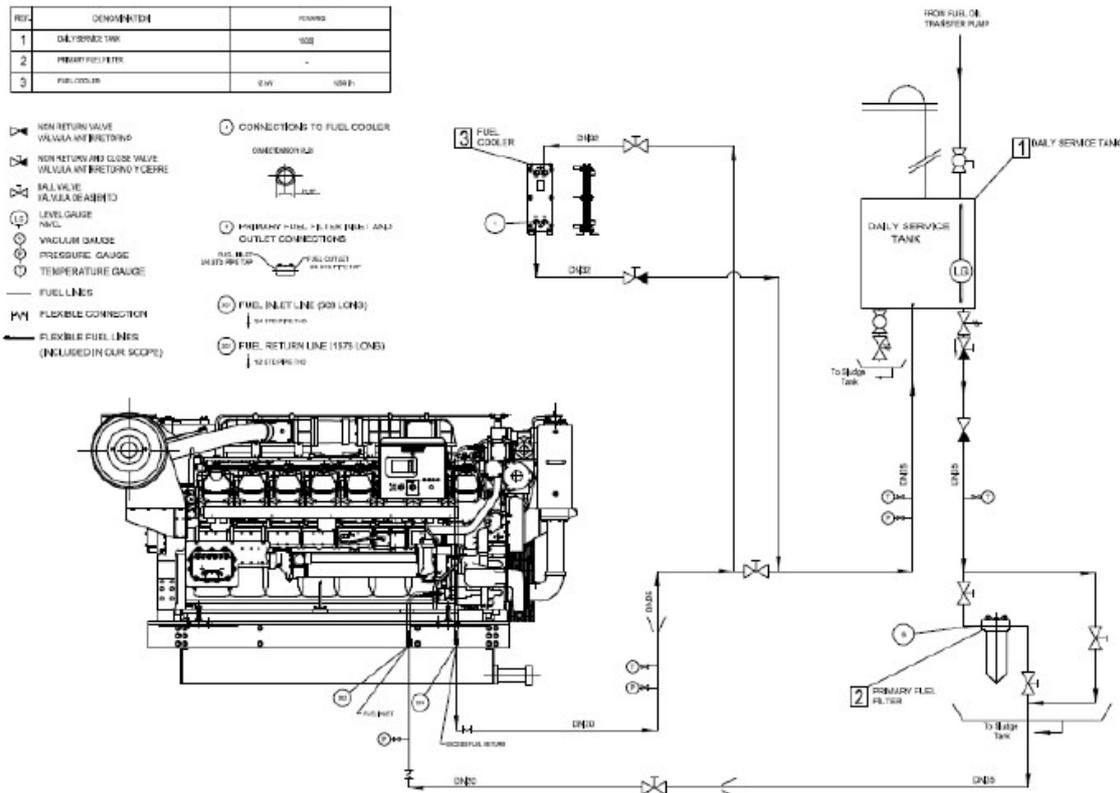


Imagen 17. Servicio de Combustible

3.5 SERVICIO DE LUBRICACIÓN

Es necesario llevar a bordo una serie de elementos de almacenamiento, mantenimiento y uso para el aceite de lubricación, ya que hay varios equipos que necesitan ser lubricados:

- Motores principales.
- Motor auxiliar.
- Reductora.

La misión del lubricante es mantener separadas y reducir la fricción entre superficies que están en movimiento, así como limpiar y proteger el motor de la corrosión. Otra función que desempeña es la de servir como refrigerante.

La viscosidad de un fluido es una forma de cálculo de la resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o de tracción, por lo que permite medir la resistencia del aceite a fluir, y está relacionada con la capacidad del aceite para reducir la fricción.

El circuito de lubricación de emergencia de aceite debe tener una válvula antirretorno y una válvula limitadora de presión tarada a 860kPa (8,8 kg/cm²) en la línea de descarga de la bomba de emergencia del motor. Es recomendable la instalación de válvulas en el circuito de emergencia para evitar que el aceite trabaje sin aceite durante el funcionamiento normal en caso de una rotura accidental.

Es recomendable hacer pruebas periódicas del aceite lubricante, para anticiparse a fallos provocados por una mala lubricación y mejorar la vida del motor.

Sistema de pre-lubricación: sistema automático que cuenta de una pequeña bomba capaz de llenar todos los conductos hasta la detección de aceite en la parte alta del sistema de lubricación. Una vez se termina la pre-lubricación, se puede arrancar el motor.

El servicio de lubricación está compuesto por:

Tanque Almacén (aceite limpio): tiene la capacidad para cubrir el consumo de aceite durante la navegación.

Tanque de circulación (colector de aceite): dimensionado para almacenar el aceite de lubricación del motor, y se sitúa debajo del mismo. El aceite es aspirado mediante la bomba de lubricación, y finalmente regresa al tanque por acción de la gravedad.

Tanque de aceite sucio: cumple la misión de recoger el aceite de circulación del motor principal, el motor auxiliar y de la reductora.

Tanque de lodos: es un tanque común para el sistema de lubricación y el de combustible.

Bomba de lubricación: La bomba principal de aceite debe ser una bomba de engranajes de caudal fijo. La potencia de la misma dependerá de la velocidad de giro del motor. se instalarán también válvulas de regulación de presión, para minimizar los cambios de restricción del sistema.

Filtros: se instalarán en la entrada de la bomba y en la del motor.

Enfriador de aceite: su misión disminuir la temperatura del aceite lubricante que posteriormente entrará en el motor principal. Se efectuará mediante un intercambiador de calor de agua dulce/aceite.

A continuación se muestra un diagrama del flujo del aceite de lubricación en el motor:

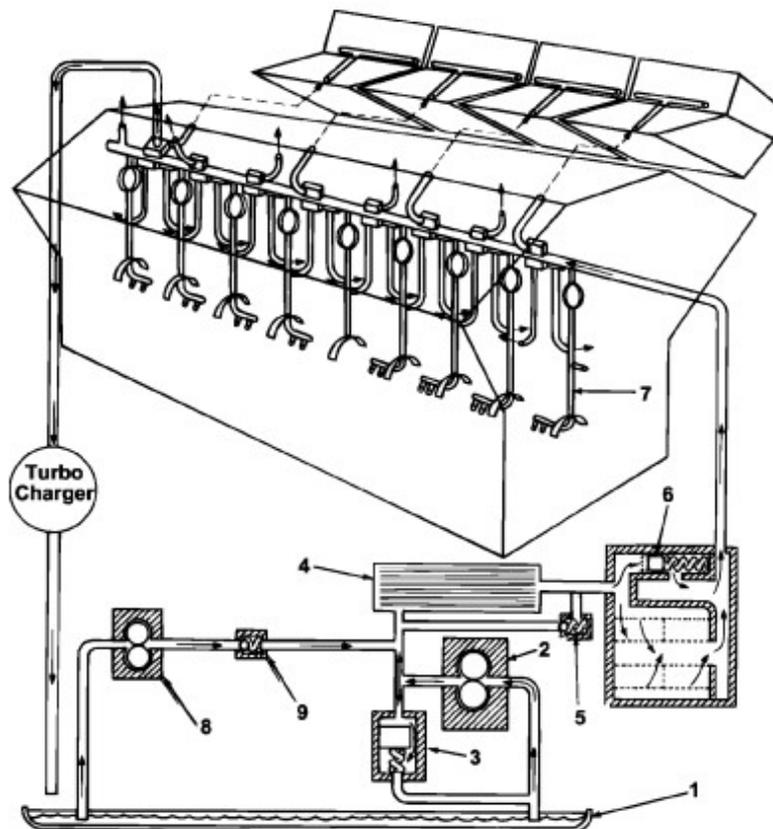


Imagen 19. Flujo Aceite Lubricación en el Motor

1. Sumidero – El aceite de lubricación es extraído del sumidero a través de un colador y dirigido hacia la entrada de la bomba de aceite de lubricación.
2. Bomba de aceite de lubricación – La cantidad de aceite de lubricación suministrado por la bomba de aceite de lubricación excede las necesidades del motor cuando el motor es nuevo. Cuando los espacios libres dentro del motor aumentan debido al desgaste normal, el flujo necesario para una lubricación apropiada del motor seguirá siendo adecuado.
3. Válvula de regulación de presión de aceite – Esta válvula regula la presión para que sea necesario que todo el flujo de aceite pase por el enfriador.
4. Enfriador de aceite de lubricación – El aceite del motor se enfría mediante el agua de las camisas o una fuente externa de agua en el enfriador de aceite del motor.
5. Válvula de derivación del enfriador del motor – cuando la viscosidad del aceite causa una caída sustancial de la presión del enfriador de aceite, la válvula de derivación se abre, haciendo que el aceite se desvíe por fuera del enfriador hasta que el aceite está lo suficientemente caliente como para que sea necesario que todo el flujo de aceite pase por el enfriador.
6. Filtro de aceite de lubricación – Los filtros de aceite de lubricación de Caterpillar son de flujo total con una válvula de derivación para proporcionar adecuada lubricación si el filtro quedara taponado. El sistema del filtro puede ser de elemento reemplazable o de tipo enrosicable. La válvula de derivación del filtro de aceite es una protección contra la falta de aceite de lubricación si el filtro de aceite se taponara.
7. Conductos de aceite del motor – El flujo de aceite principal se distribuye por los conductos hacia los componentes internos del motor. El flujo de aceite transporta el calor y las partículas desgastadas y retorna al sumidero por gravedad.
8. Bomba de prelubricación – Sólo se usa durante el ciclo de arranque.
9. Válvula de retención – Evita la inversión de flujo de aceite a través de la bomba de prelubricación cuando la bomba está inactiva.

Imagen 20. Flujo Aceite Lubricación en el Motor

3.5.1 Bombas de Traslado:

La misión de estas bombas es la de hacer circular al aceite desde los tanques almacén hasta los distintos equipos que requieren lubricación. Todo el volumen de aceite debe recorrer el circuito en una hora, por ello se instalarán dos bombas de 10 m³/h de 5kW de potencia. La bomba puede ser tipo Azcue BT-IL 52D3 a 1450 rpm con un motor de 5,5 kW.

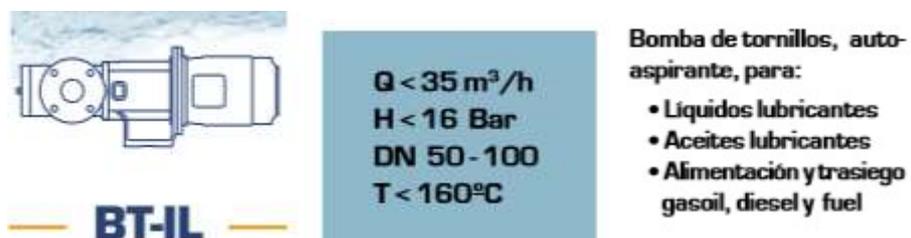


Imagen 21. Bomba Traslado

- **3.5.2 Reductoros:** la lubricación de la reductora se divide en dos sistemas.

Lubricación de los engranajes.

- Tanque Almacén.
- Enfriador de Aceite.
- Bombas de lubricación, 10kW de potencia.
- Toma de aceite.
- Filtro.

Sistema Hidráulico de Embrague.

3.6 SISTEMA DE ARRANQUE

Para arrancar los motores principales y los auxiliares se empleará aire comprimido. Las dos primeras revoluciones de los motores se van a realizar únicamente usando aire comprimido, a partir de entonces se inyectará combustible.

El aire comprimido debe estar libre de cualquier partícula sólida o de aceite, para poder garantizar el correcto funcionamiento de los distintos elementos que componen el sistema.

El motor seleccionado permite el uso de dos sistemas de arranque, uno eléctrico y otro neumático.

Arranque Eléctrico: se cuenta con un otor eléctrico que acciona el volante del motor. El arranque se efectúa mediante el uso de baterías.

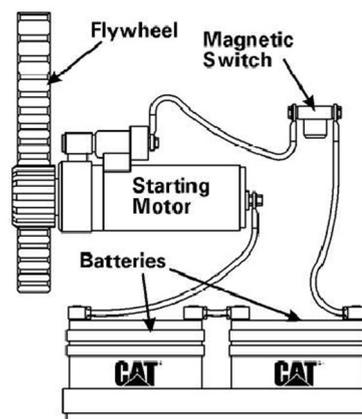


Imagen 22. Sistema de Arranque

3.6.1 COMPRESOR AIRE DE ARRANQUE

Para el arranque se requieren como mínimo dos compresores de aire, estos deben de ser capaces de llenar el depósito de aire de arranque desde una presión mínima a una presión máxima en un tiempo de 30 minutos.

3.6.2 SEPARADOR ACEITE Y AGUA

Entre el compresor y las botellas habrá instalado un separador de aceite y agua, con el objetivo de eliminar los restos de aceite y de agua que se generó debido a la condensación, para poder garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

3.6.3 BOTELLAS AIRE COMPRIMIDO

Se emplea un sistema neumático compuesto por botellas de aire comprimido, las cuales se sitúan en la cámara de máquinas y se recargan a través de un compresor.

A continuación se muestra la fórmula para dimensionar las botellas de aire:

$$Vt = \frac{Vs \cdot T \cdot Pa}{Pt - Pmin}$$

Siendo,

- Vt Capacidad del depósito en m3.
- Vs Consumo de aire del motor de arranque en m3/s.
- T Tiempo de arranque necesario en segundos. Para 6 intentos (exigido por las SSCC) se tiene en cuenta que el primero, en frío, lleva 7s y los siguientes 2s (≈20s, con margen de seguridad).
- Pa Presión atmosférica, normalmente 101 kPa.
- Pt Presión del depósito al principio del arranque en kPa.
- Pmin Presión mínima en kPa del depósito para mantener el eje a 100 RPM.

Según la Project Guide del motor, el consumo de aire del motor de arranque para un motor Cat 3516C es de 0,3 m³/s para una presión de 690kPa y de 0,4 m³/s para una presión de 1035kPa.

Se va a estimar la presión del depósito al inicio del arranque a 3000kPa, y la presión mínima del depósito es 448kPa según el tipo de motor.

Se decide utilizar el caso más desfavorable:

$$Vt = \frac{0,4 \cdot 20 \cdot 101}{3000 - 448} = 0,32 \text{ m}^3$$

Se va a añadir un margen de error a los cálculos, de modo que se supone un volumen total de 0,7 m³. Por lo que se necesitan dos depósitos de 0,35 m³ de aire comprimido.

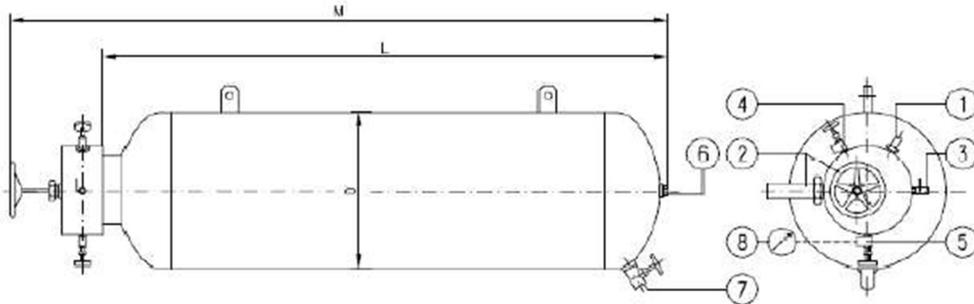


Imagen 23. Sistema de Arranque Aire Comprimido

Capacidad (L)	Diámetro (mm)	L (mm)	M (mm)	Masa (kg)
400	Ø508	2310	2545	340

Se va a amosrar a continuación un esquema de la instalación que propone el fabricante para el arranque con aire comprimido.

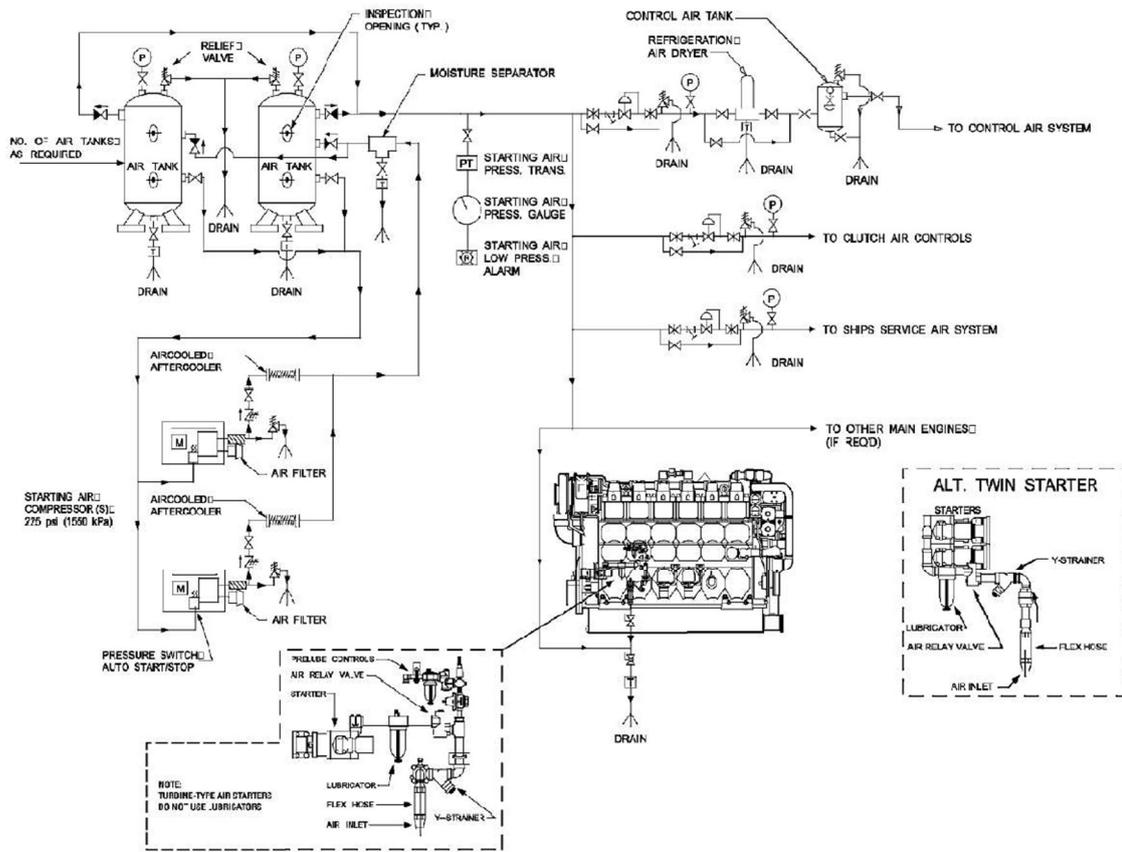


Imagen 24. Esquema Instalación Aire Comprimido

3.7 INSTRUMENTACIÓN

El motor cuenta con sistemas electrónicos de control y monitorización; el panel de control e instrumentación es el principal, y en el cual se encuentran los leds de aviso y la seta de emergencia, la cual está situada en el propio motor, pudiendo así disponer de un panel externo a una distancia máxima de 30m.

También se cuenta con paneles remotos de dimensiones reducidas que pueden situarse en diversas zonas del yate. El puente de mando contará con un panel apropiado, con una pantalla informativa, botones de arranque-parada, control electrónico y parada de emergencia.

4 VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS

La misión de la ventilación es el aporte de oxígeno para la combustión de los motores principales y auxiliares, como la disipación de calor emitido por motores y resto de equipos. Para realizar este cálculo se va a seguir la norma UNE-EN ISO 8861.

La capacidad de la planta de ventilación debe proporcionar unas condiciones de trabajo confortables en la cámara de máquinas, suministrando el aire necesario para la combustión, y evitando el calentamiento del ambiente, y los equipos.

El flujo de aire debe ser como mínimo el valor más alto obtenido a partir de las siguientes expresiones:

$$Q = qc + qh$$

$$Q = 1,5 \cdot qc$$

Siendo,

- qc flujo de aire para la combustión en m³/s.
qh flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor en m³/s.

El flujo de aire para la combustión se puede obtener:

$$qc = qdp + qdg + qb$$

$$qc = Pdp \cdot \frac{mad}{\rho} + Pdg \cdot \frac{mad}{\rho} + qb$$

$$qc = \frac{2 \cdot 2525kW \cdot \frac{0,002kg}{kW \cdot s}}{1,13 \frac{kg}{m^3}} + \frac{3 \cdot 1200 kW \cdot \frac{0,002kg}{kW \cdot s}}{1,13 \frac{kg}{m^3}} + 0$$

$$qc = 15,31 \frac{m^3}{s}$$

Siendo,

- qdp, flujo de aire para la combustión de los motores principales en m³/s.
qdg, flujo de aire para la combustión de los motores diésel de los generadores en m³/s.
qb, flujo de aire para la combustión de la caldera en m³/s (cero).
Pdp, potencia normalizada de servicio de los motores de propulsión a la máxima potencia de salida continua en kW (2525kW).
mad, aire necesario para la combustión de los motores de propulsión y los motores diésel en kg/kW·s según el caso (0,002 kg/(kW·s) para motores de 4 tiempos).
Pdg, potencia normalizada de servicio de los motores diésel de los generadores a la máxima potencia de salida continua en kW (1200 kW ajustar cuando se tenga).
ρ, densidad del aire a 35°C, 70RH y 101,3 kPa (1,13 kg/m³).

El flujo de aire para evacuación de la emisión de calor se calcula:

$$qh = \frac{\varphi dp + \varphi dg + \varphi b + \varphi p + \varphi g + \varphi el + \varphi t + \varphi o}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} - 0,4 \cdot (qdp + qdg) - qb$$

$$qh = \frac{Pdp \cdot \frac{\Delta hd}{100} + Pdg \cdot \frac{\Delta hd}{100} + 0 + 0 + Pg \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) + 0,5 + 0,05 + 0}{1,01 \cdot 1,13 \cdot 2,5} - 0,4 \cdot (qdp + qdg) - qb$$

$$qh = \frac{2 \cdot 95,35 + 3 \cdot 56,64 + 0,5 + 0,05}{1,01 \cdot 1,13 \cdot 2,5} - 0,4 \cdot 15,31$$

$$qh = 120,5 \frac{m^3}{s}$$

$$qh (+10\%) = 132,5 \frac{m^3}{s}$$

Siendo,

- φdp , emisión de calor de los motores diésel principales en kW
- φdg , emisión de calor de los motores diésel de los generadores en kW
- φb , emisión de calor de las calderas y calentadores de fluido térmico en kW φp , emisión de calor de las tuberías de vapor y condensación en Kw.
- φg , emisión de calor del generador eléctrico refrigerado por aire en kW φel , emisión de calor de las instalaciones eléctricas en kW.
- φep , emisión de calor de las tuberías de escape incluidas en las calderas alimentadas por llama de gas en kW.
- φt , emisión de calor de los tanques de calefacción en kW.
- φo , emisión de calor de otros componentes en kW (se considera cero y al resultado final se añadirá un 10% de margen de error).
- c , capacidad de calor específico del aire (1,01 kJ/(kg·K)).
- ΔT , aumento de temperatura del aire en la sala de máquinas (2,5 K).

Por lo tanto se tiene que el flujo de aire en la cámara de máquinas es de:

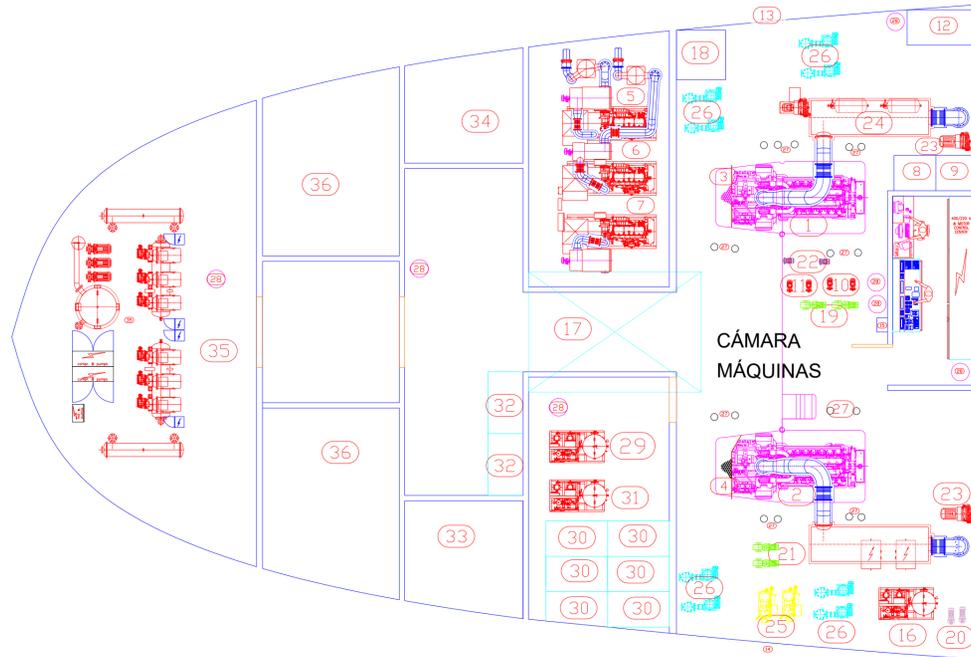
$$Q = qc + qh = 15,31 + 132,5 = 147,90 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 1,5 \cdot qc = 23 \frac{m^3}{s}$$

Se tiene por tanto que la ventilación en cámara de máquinas deberá de ser de 150 m³/s que equivale a 9000 m³/min. Se van a instalar 15 ventiladores del modelo HCT/MAR-90-6T-3 de SODECA con un caudal de 600 m³/min, de una potencia de 2,2 kW.

5 PLANO CÁMARA DE MÁQUINAS

CÁMARA DE MÁQUINAS CREW DECK



EQUIPOS Y MAQUINARIA

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	QUANT.		
1	MAIN ENGINE NO.1	1	CATERPILLAR TYPE: 3516C	2525 kW / 1500 RPM.
2	MAIN ENGINE NO.2	1	CATERPILLAR TYPE: 3516C	25250 kW / 1500 RPM.
3	REDUCTION GEARBOX NO.1	1	REINTJES TYPE: WLS 930/1	∞
4	REDUCTION GEARBOX NO.2	1	REINTJES TYPE: LAF-1173 L	∞
5	DIESEL GENERATOR SET NO.1	1	ENGINE: CATERPILLAR C-32	1200 kW / 1500 RPM. 1200 kW/1500 kVA 50 Hz
6	DIESEL GENERATOR SET NO.2	1	ENGINE: CATERPILLAR C-32	1200 kW / 1500 RPM. 1200 kW/1500 kVA 50 Hz
7	DIESEL GENERATOR SET NO.3	1	ENGINE: CATERPILLAR C-32	1200 kW / 1500 RPM. 1200 kW/1500 kVA 50 Hz
8	INTERCAMBIADOR ACEITE/AGUA	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA DULCE
9	INTERCAMBIADOR AIRE/AGUA DULCE	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA DULCE
10	BOMBA REFRIGERACIÓN	2	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	60 m³/h 15 kW
11	BOMBA REFRIGERACIÓN	2	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	EQUIPO AUXILIAR
12	PRECALENTADOR MOTOR PRINCIPAL	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	80 kW
13	TOMA DE MAR 1	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA SALADA
14	TOMA DE MAR 2	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA SALADA
15	FILTRO	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA SALADA
16	BOMBA CIRCULACIÓN	2	AZCUE TYPE: 150-10A	150 m³/h
17	TANQUE USO DIARIO	1	SERVICIO COMBUSTIBLE	20 m³
18	TANQUE DE LODOS	1	SERVICIO COMBUSTIBLE	1,3 m³
19	BOMBA TRASIEGO Y PURIFICACIÓN	2	AZCUE TYPE: BT IL 1450 RPM	10 m³/h
20	BOMBA ALIMENTACIÓN	2	AZCUE: MP BT HM	SERVICIO COMBUSTIBLE
21	BOMBA TRASIEGO LUBRICACIÓN	2	AZCUE BT-IL 52D3	10 m³/h. 5,5 kW
22	BOMBA LUBRICACIÓN REDUCTORA	2	SERVICIO DE LUBRICACIÓN	
23	COMPRESOR AIRE ARRANQUE	2	SISTEMA DE ARRANQUE	
24	BOTELLAS AIRE COMPRIMIDO	2	SISTEMA DE ARRANQUE	0,35 m³ DIÁMETRO 508 mm
25	BOMBA ACHIQUE SENTINA (C.I.)	2		
26	BOMBA CI	8		
27	BOQUILLAS CI	18	SISTEMA CONTRAINCENDIOS	
28	EXTINTOR	7	SISTEMA CONTRAINCENDIOS	
29	BOMBA AGUA POTABLE	2	AZCUE CA 35/25	
30	CALENTADOR	8	SERVICIO SANITARIO	
31	BOMBA RECIRCULACIÓN	2	AZCUE CA 35/25	
32	POTABILIZADORA	2	PLANTA ÓSMOSIS INVERSA	
33	PLANTA TAR	1	T. AGUAS RESIDUALES	
34	SEPARADOR SENTINAS	1		
35	UNIDAD AIRE ACONDICIONADO	1	SISTEMAS AIRE ACONDICIONADO	
36	TECH ROOM	2		

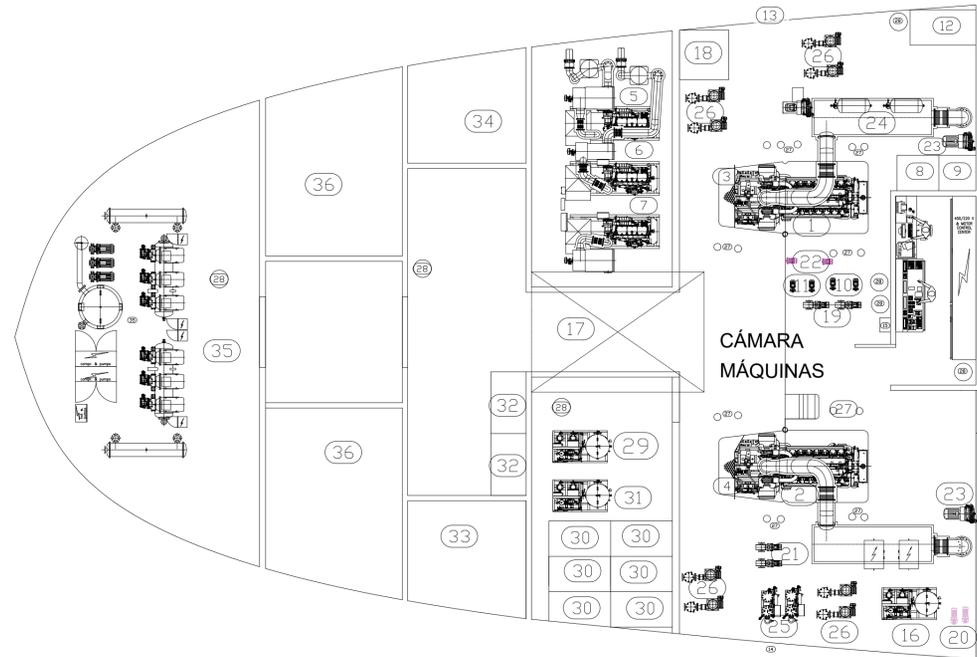
TFG – MEGAYATE DE LUJO

ROSA PÉREZ RAMÓN

DISTRIBUCIÓN CÁMARA MÁQUINAS

ESCALA 1:100 DIN A1

CÁMARA DE MÁQUINAS CREW DECK



EQUIPOS Y MAQUINARIA

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	QUANT.		
1	MAIN ENGINE NO.1	1	CATERPILLAR TYPE: 3516C	2525 kW / 1500 RPM.
2	MAIN ENGINE NO.2	1	CATERPILLAR TYPE: 3516C	25250 kW / 1500 RPM.
3	REDUCTION GEARBOX NO.1	1	REINTJES TYPE: WLS 930/1	∞∞
4	REDUCTION GEARBOX NO.2	1	REINTJES TYPE: LAF-1173 L	∞∞
5	DIESEL GENERATOR SET NO.1	1	ENGINE: CATERPILLAR C-32	1200 kW / 1500 RPM. 1200 kW/1500 kVA 50 Hz
6	DIESEL GENERATOR SET NO.2	1	ENGINE: CATERPILLAR C-32	1200 kW / 1500 RPM. 1200 kW/1500 kVA 50 Hz
7	DIESEL GENERATOR SET NO.3	1	ENGINE: CATERPILLAR C-32	1200 kW / 1500 RPM. 1200 kW/1500 kVA 50 Hz
8	INTERCAMBIADOR ACEITE/AGUA	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA DULCE
9	INTERCAMBIADOR AIRE/AGUA DULCE	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA DULCE
10	BOMBA REFRIGERACIÓN	2	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	60 m³/h 15 kW
11	BOMBA REFRIGERACIÓN	2	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	EQUIPO AUXILIAR
12	PRECALENTADOR MOTOR PRINCIPAL	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	80 kW
13	TOMA DE MAR 1	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA SALADA
14	TOMA DE MAR 2	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA SALADA
15	FILTRO	1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CIRCUITO AGUA SALADA
16	BOMBA CIRCULACIÓN	2	AZCUE TYPE: 150-10A	150 m³/h
17	TANQUE USO DIARIO	1	SERVICIO COMBUSTIBLE	20 m³
18	TANQUE DE LODOS	1	SERVICIO COMBUSTIBLE	1,3 m³
19	BOMBA TRASIEGO Y PURIFICACIÓN	2	AZCUE TYPE: BT IL 1450 RPM	10 m³/h
20	BOMBA ALIMENTACIÓN	2	AZCUE: MP BT HM	SERVICIO COMBUSTIBLE
21	BOMBA TRASIEGO LUBRICACIÓN	2	AZCUE BT-IL 52D3	10 m³/h. 5,5 kW
22	BOMBA LUBRICACIÓN REDUCTORA	2	SERVICIO DE LUBRICACIÓN	
23	COMPRESOR AIRE ARRANQUE	2	SISTEMA DE ARRANQUE	
24	BOTELLAS AIRE COMPRIMIDO	2	SISTEMA DE ARRANQUE	0,35 m³ DIÁMETRO 508 mm
25	BOMBA ACHIQUE SENTINA (C.I.)	2		
26	BOMBA CI	8		
27	BOQUILLAS CI	18	SISTEMA CONTRAINCENDIOS	
28	EXTINTOR	7	SISTEMA CONTRAINCENDIOS	
29	BOMBA AGUA POTABLE	2	AZCUE CA 35/25	
30	CALENTADOR	8	SERVICIO SANITARIO	
31	BOMBA RECIRCULACIÓN	2	AZCUE CA 35/25	
32	POTABILIZADORA	2	PLANTA ÓSMOSIS INVERSA	
33	PLANTA TAR	1	T. AGUAS RESIDUALES	
34	SEPARADOR SENTINAS	1		
35	UNIDAD AIRE ACONDICIONADO	1	SISTEMAS AIRE ACONDICIONADO	
36	TECH ROOM	2		

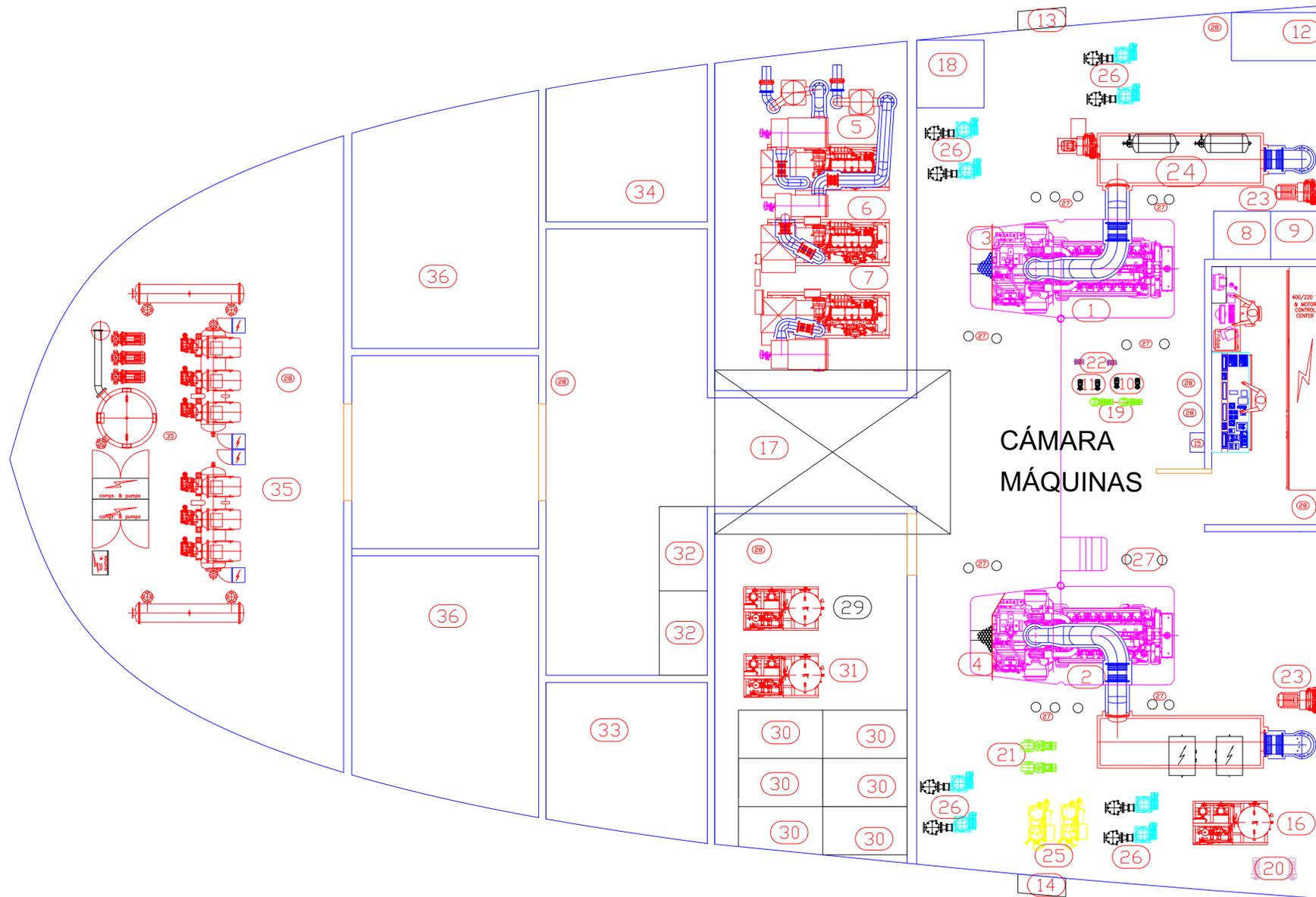
TFG – MEGAYATE DE LUJO

ROSA PÉREZ RAMÓN

DISTRIBUCIÓN CÁMARA MÁQUINAS

ESCALA 1:100 DIN A1

CÁMARA DE MÁQUINAS CREW DECK



EQUIPOS Y MAQUINARIA	
NÚMERO	DESCRIPCIÓN
1	MAIN ENGINE NO.1
2	MAIN ENGINE NO.2
3	REDUCTION GEARBOX NO.1
4	REDUCTION GEARBOX NO.2
5	DIESEL GENERATOR SET NO.1
6	DIESEL GENERATOR SET NO.2
7	DIESEL GENERATOR SET NO.3
8	INTERCAMBIADOR ACEITE/AGUA
9	INTERCAMBIADOR AIRE/AGUA DULCE
10	BOMBA REFRIGERACIÓN
11	BOMBA REFRIGERACIÓN
12	PRECALENTADOR MOTOR PRINCIPAL
13	TOMA DE MAR 1
14	TOMA DE MAR 2
15	FILTRO
16	BOMBA CIRCULACIÓN
17	TANQUE USO DIARIO
18	TANQUE DE LODOS
19	BOMBA TRASIEGO Y PURIFICACIÓN
20	BOMBA ALIMENTACIÓN
21	BOMBA TRASIEGO LUBRICACIÓN
22	BOMBA LUBRICACIÓN REDUCTORA
23	COMPRESOR AIRE ARRANQUE
24	BOTELLAS AIRE COMPRIMIDO
25	BOMBA ACHIQUE SENTINA (C.I)
26	BOMBA CI
27	BOQUILLAS CI
28	EXTINTOR
29	BOMBA AGUA POTABLE
30	CALENTADOR
31	BOMBA RECIRCULACIÓN
32	POTABILIZADORA
33	PLANTA TAR
34	SEPARADOR SENTINAS
35	UNIDAD AIRE ACONDICIONADO
36	TECH ROOM

TFG – MEGAYATE DE LUJO

ROSA PÉREZ RAMÓN

CÁMARA DE MÁQUINAS

ESCALA 1:55 DIN A1



ANEXO I: MOTOR PROPULSOR



3516C HD MARINE PROPULSION

3045, 3194, 3432 mhp
(3003, 3150, 3385 bhp)
2240, 2350, 2525 kW

PRELIMINARY

SPECIFICATIONS

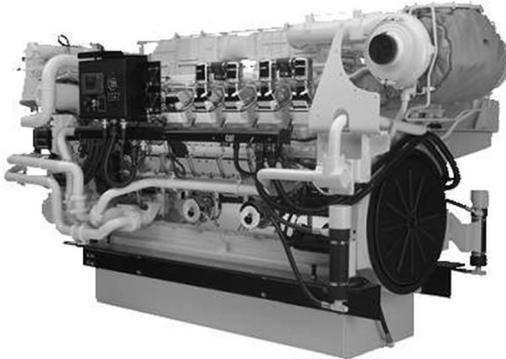


Image shown may not reflect actual engine

V-16, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Emissions	EPA Marine Tier 3 Compliant, IMO Tier II Compliant
Displacement	78.08 L (4764.73 in ³)
Rated Engine Speed	1800 rpm
Bore	170.0 mm (6.69 in)
Stroke	215.0 mm (8.46 in)
Aspiration	Turbocharged-Aftercooled
Governor	A4 ECU
Cooling System	Keel Cooled*
Weight, Net Dry (approx.)	8824 kg (19,454 lb)
Refill Capacity	
Lube Oil System	779.8 L (206 gal)
Cat® Diesel Engine Oil	10W30 or 15W40
Oil Change Interval	1000 hours
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise
Flywheel and Flywheel Housing	SAE No. 00
Flywheel Teeth	183

*Optional engine-mounted plate-type heat exchanger

STANDARD ENGINE EQUIPMENT

Air Inlet System

Corrosion-resistant separate circuit aftercooler core, air cleaners with service indicator, dual turbochargers, closed crankcase ventilation system

Control System

Dual A4 engine control modules provide engine control and monitoring, rigid wiring harness with plug and run connectors on port and starboard sides

Cooling System

Separate circuit auxiliary fresh water pump, centrifugal non-self-priming auxiliary sea water pump, gear driven centrifugal jacket water pump, expansion tank, engine oil cooler, thermostats and housing

Exhaust System

Dry gas-tight exhaust manifolds with SOLAS compliant stainless steel heat shields, dual turbochargers with water-cooled bearings and heat shields, modular pulse exhaust manifold, single exhaust outlet

Fuel System

Electronically controlled unit injectors, fuel filter with service indicators, fuel transfer pump, SOLAS compliant fuel connections with spill shield

Instrumentation

Instrument panel shipped loose with Color Marine Power Display (MPD), alarm horn, overspeed shutdown notification light, emergency stop notification light, secondary ECU "Ready" light, secondary ECU "Active" light, graphic display unit for analog or digital display of oil and fuel pressure, oil and fuel filter differential, system DC voltage, exhaust and water temperature, air inlet restriction, service meter, engine speed, fuel consumption (total and instantaneous)

Lube System

Pre-lube strategy, top-mounted dual crankcase breathers, oil filter with service indicators, oil level gauge, oil filler, gear-type oil pump

Mounting System

Mounting rails

Power Take-Offs

Accessory drives — upper RH, upper and lower LH; two-sided front housing

Protection System

A4 electronic control module with customer programmable engine derate strategies, engine alarms and diagnostics displayed on local and remote MPDs, emergency stop pushbutton, safety shutoff protection for oil pressure and water temperature, overspeed protection

General

Vibration damper and guard, Cat® yellow paint, two lifting eyes attach to engine block,

ISO Certification

Factory-designed systems built at Caterpillar ISO 9001:2000 certified facilities



3516C HD MARINE PROPULSION

3045, 3194, 3432 mhp
3003, 3150, 3385 bhp
2240, 2350, 2525 bkW

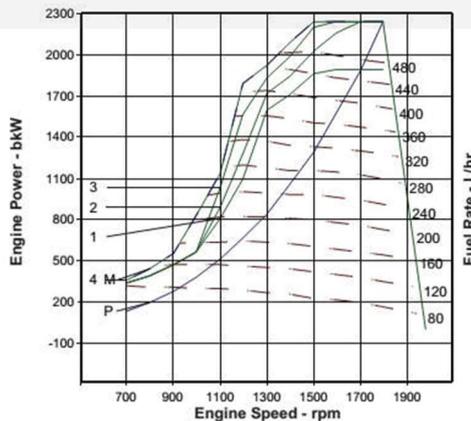
MARINE ENGINE PERFORMANCE

3516C HD DITA

B Rating 2240 bkW @ 1800 rpm — DM9290-00

PRELIMINARY

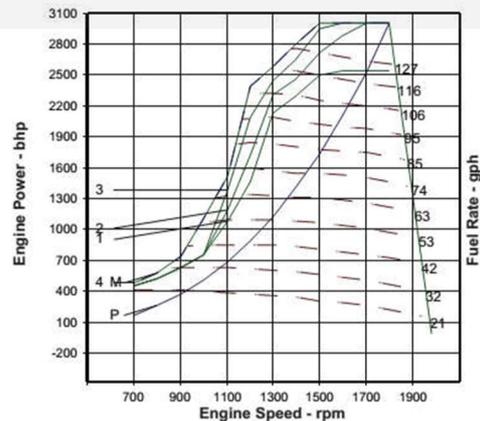
IMO II Certified — Aftercooler Temperature 33°C (91°F)



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bkW	BSFC g/kWh	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Intake Air Flow m ³ /min	Exh Manif Temp °C	Exh Gas Flow m ³ /min
Zone Limit	1800	1900	207	467.7	233.1	187.8	547	428.4
Curve: 1	1500	1866	198	439.9	220.0	161.4	573	377.3
	1300	1599	193	368.2	155.6	114.9	618	291.1
	1100	811	205	198.1	48.6	56.2	623	145.8
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0
Zone Limit	1800	2240	209	558.7	0.0	201.7	609	497.7
Curve: 2	1500	2029	198	478.8	0.0	168.8	598	406.2
	1300	1723	193	396.0	0.0	123.5	624	314.4
	1100	888	203	215.2	0.0	58.7	644	155.7
	900	474	213	120.4	0.0	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	0.0	24.4	525	55.0
Zone Limit	1800	2240	209	558.7	260.0	201.7	609	497.7
Curve: 3	1500	2201	200	523.4	248.9	175.1	629	440.0
	1300	1829	193	419.8	188.8	130.7	629	334.3
	1100	1039	201	249.2	71.5	65.2	673	177.5
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0
Zone Limit	1800	2240	209	558.7	260.0	201.7	609	497.7
Curve: 4	1500	2240	200	534.1	252.1	176.5	636	448.1
	1300	1930	192	442.4	203.4	137.7	634	353.3
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
	700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0
Max Power	1800	2240	209	558.7	260.0	201.7	609	497.7
Curve: M	1500	2240	200	534.1	252.1	176.5	636	448.1
	1300	1930	192	442.4	203.4	137.7	634	353.3
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
	700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0
Prop Demand	1800	2240	209	558.7	260.0	201.7	609	497.7
Curve: P	1500	1296	202	312.2	139.7	121.6	532	279.1
	1300	844	205	205.8	62.2	71.9	542	170.8
	1100	511	213	129.5	24.1	45.8	495	103.3
	900	280	219	73.1	7.9	32.3	371	57.6
	700	132	234	36.8	2.1	24.2	245	35.8

Brake Mean Effective Pressure 1913 kPa
Heat Rejection to Coolant (total) 1062 kW
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 2098 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 137 kW



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	BSFC lb/bhp-hr	Fuel Rate gph	Boost Press in-hg Gauge	Intake Air Flow cfm	Exh Manif Temp °F	Exh Gas Flow cfm
Zone Limit	1800	2548	.340	123.6	69.0	6632	1017	15129
Curve: 1	1500	2502	.326	116.2	65.1	5700	1063	13324
	1300	2144	.317	97.3	46.1	4058	1144	10280
	1100	1088	.337	52.3	14.4	1985	1153	5149
	900	636	.350	31.8	5.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	2.4	862	977	1942
Zone Limit	1800	3004	.344	147.6	0.0	7123	1128	17576
Curve: 2	1500	2721	.326	126.5	0.0	5961	1108	14345
	1300	2311	.317	104.6	0.0	4361	1155	11103
	1100	1191	.334	56.8	0.0	2073	1191	5498
	900	636	.350	31.8	0.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	0.0	862	977	1942
Zone Limit	1800	3004	.344	147.6	77.0	7123	1128	17576
Curve: 3	1500	2952	.329	138.3	73.7	6184	1164	15538
	1300	2453	.317	110.9	55.9	4616	1164	11806
	1100	1393	.330	65.8	21.2	2303	1243	6268
	900	636	.350	31.8	5.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	2.4	862	977	1942
Zone Limit	1800	3004	.344	147.6	77.0	7123	1128	17576
Curve: 4	1500	3004	.329	141.1	74.7	6233	1177	15825
	1300	2588	.316	116.9	60.2	4863	1173	12477
	1100	1526	.329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	.352	37.6	6.6	1307	1162	3245
	700	489	.357	24.9	2.7	865	1035	2013
Max Power	1800	3004	.344	147.6	77.0	7123	1128	17576
Curve: M	1500	3004	.329	141.1	74.7	6233	1177	15825
	1300	2588	.316	116.9	60.2	4863	1173	12477
	1100	1526	.329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	.352	37.6	6.6	1307	1162	3245
	700	489	.357	24.9	2.7	865	1035	2013
Prop Demand	1800	3004	.344	147.6	77.0	7123	1128	17576
Curve: P	1500	1738	.332	82.5	41.4	4294	990	9856
	1300	1132	.337	54.4	18.4	2539	1008	6032
	1100	685	.350	34.2	7.1	1617	923	3648
	900	375	.360	19.3	2.3	1141	700	2034
	700	177	.385	9.7	0.6	855	473	1264

Brake Mean Effective Pressure 277 psi
Heat Rejection to Coolant (total) 60396 btu/min
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 119313 btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 7791 btu/min

PD-DM9290-00.pdf

Created on 08/30/2011 19:00

© 2011 Caterpillar All Rights Reserved

LEHM0052-00

Page 2 of 5



3516C HD MARINE PROPULSION

3045, 3194, 3432 mhp
3003, 3150, 3385 bhp
2240, 2350, 2525 bkW

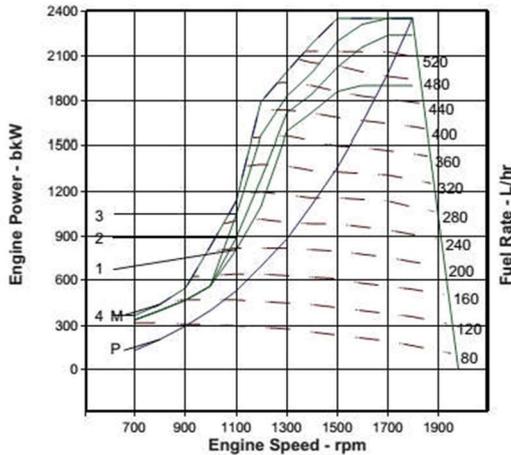
MARINE ENGINE PERFORMANCE

3516C HD DITA

C Rating 2350 bkW @ 1800 rpm — DM9289-00

PRELIMINARY

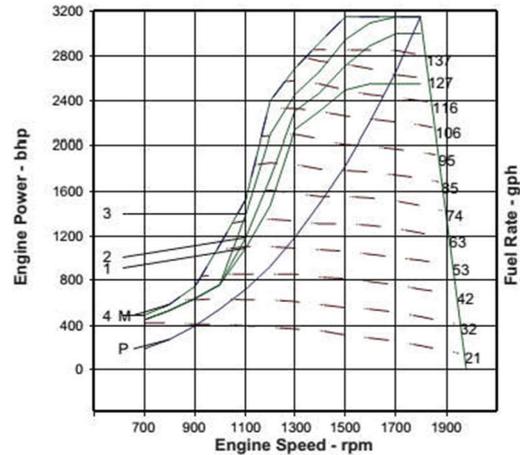
IMO II Certified — Aftercooler Temperature 33°C (91°F)



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bkW	BSFC g/kWh	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Intake Air Flow m³/min	Exh Manif Temp °C	Exh Gas Flow m³/min
Zone Limit Curve: 1	1800	1900	207	467.7	233.1	187.8	547	428.4
	1500	1866	198	439.9	220.0	161.4	573	377.3
	1300	1599	193	368.2	155.6	114.9	618	291.1
	1100	811	205	198.1	48.6	56.2	623	145.8
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0	
Zone Limit Curve: 2	1800	2240	209	558.7	0.0	201.7	609	497.7
	1500	2029	198	478.8	0.0	168.8	598	406.2
	1300	1723	193	396.0	0.0	123.5	624	314.4
	1100	888	203	215.2	0.0	58.7	644	155.7
	900	474	213	120.4	0.0	35.4	557	80.7
700	341	216	87.6	0.0	24.4	525	55.0	
Zone Limit Curve: 3	1800	2350	210	588.1	268.3	205.8	627	519.0
	1500	2201	200	523.4	248.9	175.1	629	440.0
	1300	1829	193	419.8	188.8	130.7	629	334.3
	1100	1039	201	249.2	71.5	65.2	673	177.5
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0	
Zone Limit Curve: 4	1800	2350	210	588.1	268.3	205.8	627	519.0
	1500	2350	202	565.9	262.4	181.4	658	473.1
	1300	2000	192	458.1	213.5	142.5	637	366.4
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0	
Max Power Curve: M	1800	2350	210	588.1	268.3	205.8	627	519.0
	1500	2350	202	565.9	262.4	181.4	658	473.1
	1300	2000	192	458.1	213.5	142.5	637	366.4
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0	
Prop Demand Curve: P	1800	2350	210	588.1	268.3	205.8	627	519.0
	1500	1360	202	326.6	149.5	126.7	537	290.9
	1300	885	204	215.1	67.0	74.1	550	177.2
	1100	536	212	135.4	25.8	46.4	510	106.7
	900	294	218	76.3	8.4	32.5	384	59.0
700	138	232	38.2	2.3	24.4	253	36.4	

Brake Mean Effective Pressure 1913 kPa
Heat Rejection to Coolant (total) 1117 kW
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 2221 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 142 kW



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	BSFC lb/bhp-hr	Fuel Rate gph	Boost Press in-hg Gauge	Intake Air Flow cfm	Exh Manif Temp °F	Exh Gas Flow cfm
Zone Limit Curve: 1	1800	2548	340	123.6	69.0	6632	1017	15129
	1500	2502	326	116.2	65.1	5700	1063	13324
	1300	2144	317	97.3	46.1	4058	1144	10280
	1100	1088	337	52.3	14.4	1985	1153	5149
	900	636	350	31.8	5.0	1250	1035	2850
700	457	355	23.1	2.4	862	977	1942	
Zone Limit Curve: 2	1800	3004	344	147.6	0.0	7123	1128	17576
	1500	2721	326	126.5	0.0	5961	1108	14345
	1300	2311	317	104.6	0.0	4361	1155	11103
	1100	1191	334	56.8	0.0	2073	1191	5498
	900	636	350	31.8	0.0	1250	1035	2850
700	457	355	23.1	0.0	862	977	1942	
Zone Limit Curve: 3	1800	3151	345	155.4	79.5	7268	1161	18328
	1500	2952	329	138.3	73.7	6184	1164	15538
	1300	2453	317	110.9	55.9	4616	1164	11806
	1100	1393	330	65.8	21.2	2303	1243	6268
	900	636	350	31.8	5.0	1250	1035	2850
700	457	355	23.1	2.4	862	977	1942	
Zone Limit Curve: 4	1800	3151	345	155.4	79.5	7268	1161	18328
	1500	3151	332	149.5	77.7	6406	1216	16707
	1300	2682	316	121.0	63.2	5032	1179	12939
	1100	1526	329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	352	37.6	6.6	1307	1162	3245
700	489	357	24.9	2.7	865	1035	2013	
Max Power Curve: M	1800	3151	345	155.4	79.5	7268	1161	18328
	1500	3151	332	149.5	77.7	6406	1216	16707
	1300	2682	316	121.0	63.2	5032	1179	12939
	1100	1526	329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	352	37.6	6.6	1307	1162	3245
700	489	357	24.9	2.7	865	1035	2013	
Prop Demand Curve: P	1800	3151	345	155.4	79.5	7268	1161	18328
	1500	1824	332	86.3	44.3	4474	999	10273
	1300	1187	335	56.8	19.8	2617	1022	6258
	1100	719	349	35.8	7.6	1639	950	3768
	900	394	358	20.2	2.5	1148	723	2084
700	185	381	10.1	0.7	862	487	1285	

Brake Mean Effective Pressure 277 psi
Heat Rejection to Coolant (total) 63524 btu/min
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 126308 btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 8076 btu/min



3516C HD MARINE PROPULSION

3045, 3194, 3432 mt
3003, 3150, 3385 bl
2240, 2350, 2525 bk

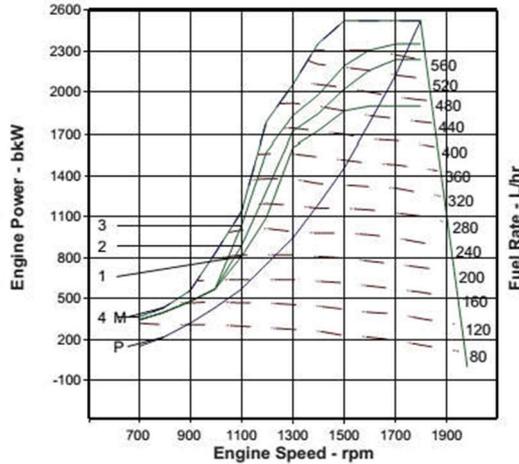
MARINE ENGINE PERFORMANCE

3516C HD DITA

D Rating 2525 bkW @ 1800 rpm — DM9288-00

PRELIMINARY

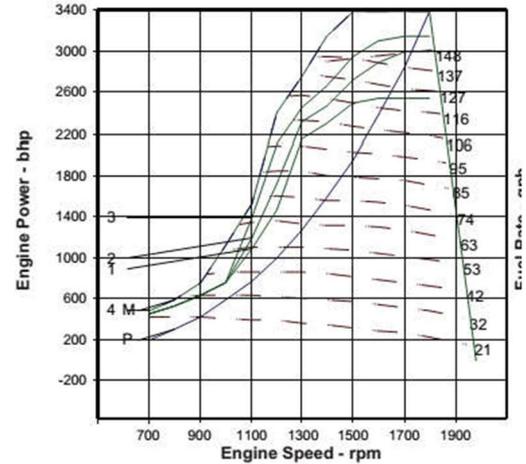
IMO II Certified — Aftercooler Temperature 33°C (91°)



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bkW	BSFC g / kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Intake Air Flow m³/min	Exh Manif Temp °C	Exh Gas Flow m³/min
Zone Limit	1800	1900	207	467.7	233.1	187.8	547	428.4
Curve: 1	1500	1866	198	439.9	220.0	161.4	573	377.3
	1300	1599	193	368.2	155.6	114.9	618	291.1
	1100	811	205	198.1	48.6	56.2	623	145.8
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0
Zone Limit	1800	2240	209	558.7	0.0	201.7	609	497.7
Curve: 2	1500	2029	198	478.8	0.0	168.8	598	406.2
	1300	1723	193	396.0	0.0	123.5	624	314.4
	1100	888	203	215.2	0.0	58.7	644	155.7
	900	474	213	120.4	0.0	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	0.0	24.4	525	55.0
Zone Limit	1800	2350	210	588.1	268.3	205.8	627	519.0
Curve: 3	1500	2201	200	523.4	248.9	175.1	629	440.0
	1300	1829	193	419.8	188.8	130.7	629	334.3
	1100	1039	201	249.2	71.5	65.2	673	177.5
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0
Zone Limit	1800	2525	211	633.6	280.3	211.6	653	551.1
Curve: 4	1500	2525	207	621.8	281.8	190.5	694	519.0
	1300	2058	192	471.1	221.9	146.5	640	377.3
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
	700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0
Max Power Curve: M	1800	2525	211	633.6	280.3	211.6	653	551.1
	1500	2525	207	621.8	281.8	190.5	694	519.0
	1300	2058	192	471.1	221.9	146.5	640	377.3
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
	700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0
Prop Demand Curve: P	1800	2525	211	633.6	280.3	211.6	653	551.1
	1500	1461	201	349.3	165.0	134.5	544	308.9
	1300	951	203	230.0	75.0	77.8	562	188.2
	1100	576	211	144.9	28.7	47.5	533	112.3
	900	316	216	81.4	9.2	32.7	405	61.5
	700	149	229	40.5	2.6	24.5	267	37.4

Brake Mean Effective Pressure 2550 kPa
Heat Rejection to Coolant (total) 1199 kW
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 2408 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 149 kW



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	BSFC lb/ bhp-hr	Fuel Rate gph	Boost Press in-Hg Gauge	Intake Air Flow cfm	Exh Manif Temp °F	Exh Gas Flow cfm
Zone Limit	1800	2548	.340	123.6	69.0	6632	1017	15129
Curve: 1	1500	2502	.326	116.2	65.1	5700	1063	13324
	1300	2144	.317	97.3	46.1	4058	1144	10280
	1100	1088	.337	52.3	14.4	1985	1153	5149
	900	636	.350	31.8	5.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	2.4	862	977	1942
Zone Limit	1800	3004	.344	147.6	0.0	7123	1128	17576
Curve: 2	1500	2721	.326	126.5	0.0	5961	1108	14345
	1300	2311	.317	104.6	0.0	4381	1155	11103
	1100	1191	.334	56.8	0.0	2073	1191	5498
	900	636	.350	31.8	0.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	0.0	862	977	1942
Zone Limit	1800	3151	.345	155.4	79.5	7268	1161	18328
Curve: 3	1500	2952	.329	138.3	73.7	6184	1164	15538
	1300	2453	.317	110.9	55.9	4616	1164	11806
	1100	1393	.330	65.8	21.2	2303	1243	6268
	900	636	.350	31.8	5.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	2.4	862	977	1942
Zone Limit	1800	3386	.347	167.4	83.0	7473	1207	19462
Curve: 4	1500	3386	.340	164.3	83.5	6727	1281	18328
	1300	2760	.316	124.5	65.7	5174	1184	13324
	1100	1526	.329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	.352	37.6	6.6	1307	1162	3245
	700	489	.357	24.9	2.7	865	1035	2013
Max Power Curve: M	1800	3386	.347	167.4	83.0	7473	1207	19462
	1500	3386	.340	164.3	83.5	6727	1281	18328
	1300	2760	.316	124.5	65.7	5174	1184	13324
	1100	1526	.329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	.352	37.6	6.6	1307	1162	3245
	700	489	.357	24.9	2.7	865	1035	2013
Prop Demand Curve: P	1800	3386	.347	167.4	83.0	7473	1207	19462
	1500	1959	.330	92.3	48.9	4750	1011	10909
	1300	1275	.334	60.8	22.2	2747	1044	6646
	1100	772	.347	38.3	8.5	1677	991	3966
	900	424	.355	21.5	2.7	1155	761	2172
	700	200	.376	10.7	0.8	865	513	1321

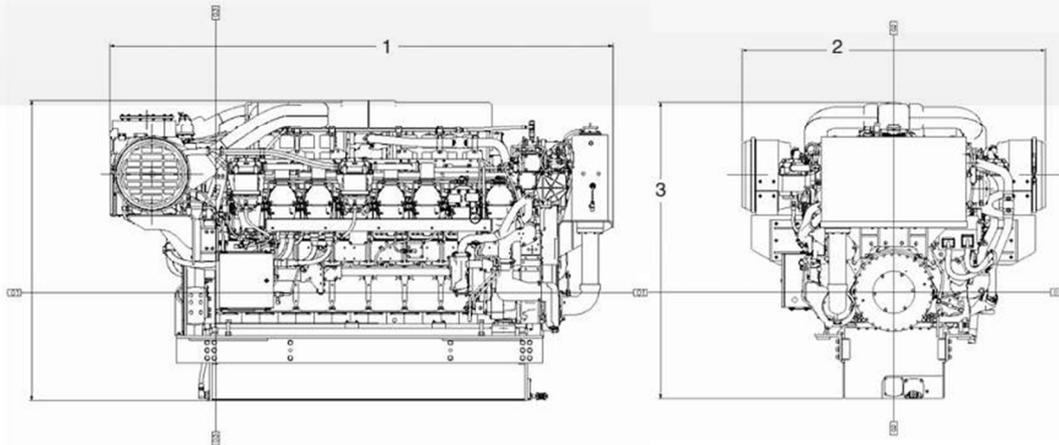
Brake Mean Effective Pressure 370 psi
Heat Rejection to Coolant (total) 68187 btu/min
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 136943 btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 8474 btu/min



3516C HD MARINE PROPULSION

3045, 3194, 3432 mhp
3003, 3150, 3385 bhp
2240, 2350, 2525 bkW

DIMENSIONS



Engine Dimensions — Keel Cooled		
(1) Length	3773 mm	148.5 in
(2) Width	2284 mm	89.9 in
(3) Height	2224 mm	87.55 in
Weight, Net Dry (approx)	8824 kg	19,454 lb

Note: Do not use for installation design.
See general dimension drawings
for detail.

RATING DEFINITIONS AND CONDITIONS

B Rating (Heavy Duty)

Typical applications: For vessels operating at rated load and rated speed up to 80% of the time, or 10 hours out of 12, with some load cycling (40% to 80% load factor). Typical applications could include but are not limited to vessels such as mid-water trawlers, purse seiner, crew and supply boats, ferries, or towboats. Typical operation ranges from 3000 to 5000 hours per year.

C Rating (Maximum Continuous)

Typical applications: For vessels operating at rated load and rated speed up to 50% of the time, or 6 hours out of 12, with cyclical load and speed (20% to 80% load factor). Typical applications could include but are not limited to vessels such as ferries, harbor tugs, fishing boats, offshore service boats, displacement hull yachts, or short trip coastal freighters. Typical operation ranges from 2000 to 4000 hours per year.

D Rating (Intermittent Duty)

Typical applications: For vessels operating at rated load and rated speed up to 16% of the time, or 2 hours out of 12, (up to

50% load factor). Typical applications could include but are not limited to vessels such as offshore patrol boats, customs boats, police boats, some fishing boats, fireboats, or harbor tugs. Typical operation ranges from 1000 to 3000 hours per year.

Power at declared engine speed is in accordance with ISO3046-1:2002E. Caterpillar maintains ISO9001:1994/QS-9000 approved engine test facilities to assure accurate calibration of test equipment. Electronically controlled engines are set at the factory at the advertised power corrected to standard ambient conditions. The published fuel consumption rates are in accordance with ISO3046-1.

Fuel rates are based on fuel oil of 35° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/L (7.001 lb/U.S. gal). Additional ratings may be available for specific customer requirements. Consult your Cat representative for additional information.

Performance data is calculated in accordance with tolerances and conditions stated in this specification sheet and is only intended for purposes of comparison with other manufacturers' engines. Actual engine performance may vary according to the particular application of the engine and operating conditions beyond Caterpillar's control.

Power produced at the flywheel will be within standard tolerances up to 50°C (122°F) combustion air temperature measured at the air cleaner inlet, and fuel temperature up to 52°C (125°F) measured at the fuel filter base. Power rated in accordance with NMMA procedure as crankshaft power. Reduce crankshaft power by 3% for propeller shaft power.

CAT, CATERPILLAR, their respective logos, "Caterpillar Yellow" and the "Power Edge" trade dress, as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.

TMI Reference No.: DM9290-00, DM9289-00, DM9288-00
LEHM0052-00 (11-11)

©2011 Caterpillar
All rights reserved.
Materials and specifications are subject to change without notice.
The International System of Units (SI) is used in this publication.

ANEXO II: PROJECT GUIDE

		2240 kW (3005 hp) at 1800 rpm "B" rating.	2350 kW (3150 hp) at 1800 rpm "C" rating.
3516DM48		Nominal	Nominal
Description	Measure		
FULL Load Power	kW	2,240	2,350.0
FULL Load Speed	RPM	1800	1800
Torque	NM	12750	13500
High Idle Speed	RPM	1940	1940
Idle Speed	RPM	650	650
Corrected Fuel Rate	G/MTN	780	8.380
CSFC	G/KW.H	213.8	214.0
Adjusted Boost	KJA	2500	255.0
Perf Ref No.:		DM8434	DM8435
Aftercooler Type:		SCAC	SCAC
Ex Manifold Type:		DRY	DRY
Fuel Pump Type:		EUI	EUI
Governor Type:		ADEM3	ADEMB
		2525 kW (3385 hp) at 1800 rpm "O" rating.	
3516DM50		Nominal	
Description	Measure		
Full Load Power	kW	2,525.0	
Full Load Speed	RPM	1800	
Torque	NM	14150	
High Idle Speed	RPM	1940	
Low Idle Speed	RPM	650	
Corrected Fuel Rate	G/MTN	8,880.0	
CSFC	G/KW.H	211.0	
Adjusted Boost	KPA	270	
Perf Ref No.:		DM8436	
Aftercooler Type:		SCAC	
Ex Manifold Type:		DRY	
Fuel Pump Type:		EUI	
Governor Type:		ADEM3	

PROJECT GUIDE 3500C ENGINES SERIES



Description	Unit	3516DM48		3516DM52	
		"C" rating. "B" rating. "A" rating.	2350 kW (3150 hp) 2240 kW (3005 hp)	1380 kW (1850 hp) 1305 kW (1750 hp) 1230 kW (1650 hp)	at 1800 rpm
Air Intake System					
The installed system must comply with the system limits below for all emissions certified engines to assure regulatory compliance.					
MAX ALLOW INTAKE RESTR W/CLEAN ELEMENT	KPA		2.5	2.5	
Cooling System					
ENGINE ONLY COOLANT CAPACITY	L		233.0	233.0	
MAX ALLOW ENGINE COOLANT OUTLET TEMP	DEG C		99.0	99.0	
MAX A/C IN TEMP-50/50 GLYCOL-30C/86F DAY	DEG C		40.0	48.0	
MIN ALLOWABLE AFTERCOOLER COOLANT FLOW	L/MIN		700.0	700.0	
MAX ALLOWABLE AFTERCOOLER COOLANT FLOW	L/MIN		870.0	870.0	
REGULATOR LOCATION			OUTLET	OUTLET	
Engine Spec System					
CYLINDER ARRANGEMENT			60V	60V	
NUMBER OF CYLINDERS	CYL		16	16	
CYLINDER BORE DIAMETER	MM		170	170	
PISTON STROKE	MM		215	190	
TOTAL CYLINDER DISPLACEMENT	L		78.08	69.00	
COMPRESSION RATIO (TO ONE)			14.7	14.7	
CRANKSHAFT ROTATION (FROM FLYWHEEL END)			STD	STD	
CYLINDER FIRING ORDER			4-9-10-15-	4-9-10-15-	
CYLINDER FIRING ORDER - CONTINUED			16-11-12-	16-11-12-	
CYLINDER FIRING ORDER - CONTINUED			13-14-7-8	13-14-7-8	
CYLINDER FIRING ORDER - CONTINUED			1-2-5-6-3-	1-2-5-6-3-	
NUMBER 1 CYLINDER LOCATION			FRONT	FRONT	
STROKES/COMBUSTION CYCLE	STROKES		4	4	
Exhaust System					
The installed system must comply with the system limits below for all emissions certified engines to assure regulatory compliance.					
Use a 0.5 working factor for design considerations					
MAX ALLOW SYS BACK PRESS	KPA		6.7	6.7	
MANIFOLD TYPE			DRY	DRY	
MAX ALLOW STATIC WT ON EXHAUST CONN	KG		33.1	33.1	
MAX ALLOW STATIC BEND MOMENT ON EXH CONN	N.M		48.8	48.8	
Fuel System					
MAX FUEL FLOW TO TRANSFER PUMP (TO ENG)	L/HR		1,680.0	1,260.0	
MAX ALLOW FUEL SUPPLY LINE RESTRICTION	KPA		30.0	30.0	
MAX ALLOW FUEL TMP FROM TRANSFER PUMP IN	DEG C		66.0	66.0	
MAX FUEL FLOW TO RETURN LINE (FROM ENG)	L/HR		1,627.0	1,220.0	
MAX ALLOW FUEL RETURN LINE RESTR	KPA		27.0	27.0	
FUEL SYSTEM TYPE			EUI	EUI	
Lube System					
RECOMMENDED OIL TYPE (API OR CAT SPEC)			CAT ECF-1	CAT ECF-1	
OIL FILTER TYPE			FULL FLOW	FULL-FLOW	
LUBE SYSTEM OIL COOLER TYPE			BUNDLE	BUNDLE	
CRANKCASE VENTILATION TYPE			TO ATM	TO ATM	
Mounting System					
STD - FLYWHEEL HOUSING SIZE-SAE NUMBER			00	00	
DRY WT ENG ONLY (DRAINED OF FLUIDS)	KG		9,170.0	9,170.0	
Starting System					
MIN CRANKING SPD REQUIRED FOR START-RPM	RPM		120	120	



5.1 HEAT REJECTION DATA

MAXIMUM LIMIT

	ENGINE POWER	ENGINE RPM	ENGINE RATING	REJ. TO JW	REJ. TO ATM.	REJ. TO EXH	EXH RECOVERY TO 177°C	FROM OIL COOLER	FROM AFTERC OOLER	WORK ENERGY	LOW HEAT VALUE ENERGY
	BKW	RPM		KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW
3508C	578	1200	A	240	83.1	460	199	75.4	147	578	1416
	634	1200	B	251	89.6	484	207	81.4	169	634	1528
	671	1200	C	261	93.5	521	234	86.4	180	671	1622
	746	1600	A	331	82.7	585	237	98.4	223	746	1847
	783	1600	B	343	87.2	629	270	104	233	783	1949
	820	1600	C	356	91.6	669	298	109	244	820	2047

3512C	969	1200	A	380	114	861	426	129	260	970	2427
	1044	1600	A	428	96.9	841	349	134	267	1044	2513
	1044	1200	B	400	119	922	462	139	292	1044	2607
	1118	1800	A	460	91.1	872	335	142	294	1118	2660
	1118	1200	C	426	106	912	417	144	312	1118	2698
	1118	1600	B	449	99.1	896	377	143	297	1118	2684
	1118	1200	A	421	125	988	504	149	325	1118	2796
	1174	1800	B	474	92.6	915	358	149	316	1174	2790
	1194	1200	B	446	111	975	457	153	339	1193	2875
	1194	1600	C	470	101	953	406	152	328	1193	2859
	1230	1800	C	489	93.9	955	379	155	340	1230	2918
	1268	1200	C	468	117	1055	516	164	366	1268	3074
	1350	1600	A	506	110	1078	468	171	368	1350	3201
	1425	1600	B	521	112	1134	502	179	393	1425	3362
	1500	1600	C	537	111	1200	546	188	421	1500	3537
	1678	1800	B	608	117	1524	753	223	534	1678	4186
	1765	1800	C	625	118	1610	816	234	566	1764	4396
	1902	1800	D	652	121	1728	902	250	600	1902	4694

3516C	1230	1200	A	480	116	996	434	159	349	1230	2977
	1305	1200	B	501	121	1076	488	169	382	1305	3178
	1379	1200	C	524	127	1168	555	181	418	1380	3395
	1492	1600	A	579	114	1209	546	191	442	1492	3594
	1566	1600	B	598	117	1266	582	200	461	1566	3756
	1641	1600	C	618	122	1336	620	210	482	1640	3937
	1825	1600	A	573	125	1704	925	231	388	1825	4335
	1920	1600	B	590	126	1773	969	241	414	1920	4534
	2000	1600	C	608	131	1842	1014	251	444	2000	4718
	2100	1600	D	631	138	1941	1082	265	485	2100	4967
	2240	1800	B	817	140	2230	1256	298	540	2240	5597
	2350	1800	C	836	144	2327	1323	311	566	2350	5842
	2525	1800	D	866	149	2482	1427	332	611	2525	6229



3516C HD MARINE PROPULSION

3045, 3194, 3432 ml
3003, 3150, 3385 bl
2240, 2350, 2525 bk

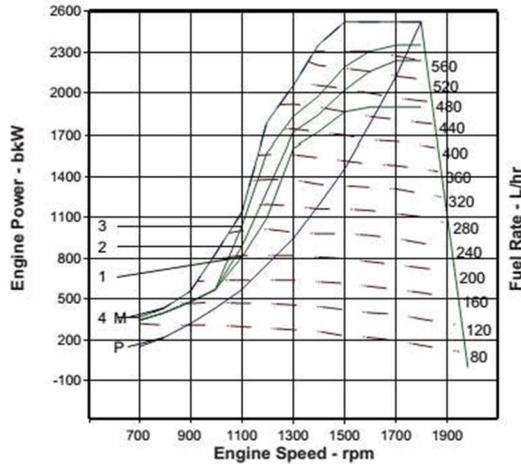
MARINE ENGINE PERFORMANCE

3516C HD DITA

D Rating 2525 bkW @ 1800 rpm — DM9288-00

PRELIMINARY

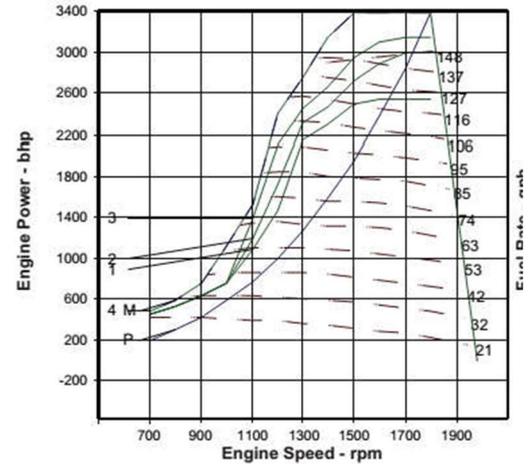
IMO II Certified — Aftercooler Temperature 33°C (91°)



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bkW	BSFC g / bkW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Intake Air Flow m³/min	Exh Manif Temp °C	Exh Gas Flow m³/min
Zone Limit Curve: 1	1800	1900	207	467.7	233.1	187.8	547	428.4
	1500	1866	198	439.9	220.0	161.4	573	377.3
	1300	1599	193	368.2	155.6	114.9	618	291.1
	1100	811	205	198.1	48.6	56.2	623	145.8
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0
Zone Limit Curve: 2	1800	2240	209	558.7	0.0	201.7	609	497.7
	1500	2029	198	478.8	0.0	168.8	598	406.2
	1300	1723	193	396.0	0.0	123.5	624	314.4
	1100	888	203	215.2	0.0	58.7	644	155.7
	900	474	213	120.4	0.0	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	0.0	24.4	525	55.0
Zone Limit Curve: 3	1800	2350	210	588.1	268.3	205.8	627	519.0
	1500	2201	200	523.4	248.9	175.1	629	440.0
	1300	1829	193	419.8	188.8	130.7	629	334.3
	1100	1039	201	249.2	71.5	65.2	673	177.5
	900	474	213	120.4	16.9	35.4	557	80.7
	700	341	216	87.6	8.2	24.4	525	55.0
Zone Limit Curve: 4	1800	2525	211	633.6	280.3	211.6	653	551.1
	1500	2525	207	621.8	281.8	190.5	694	519.0
	1300	2058	192	471.1	221.9	146.5	640	377.3
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
	700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0
Max Power Curve: M	1800	2525	211	633.6	280.3	211.6	653	551.1
	1500	2525	207	621.8	281.8	190.5	694	519.0
	1300	2058	192	471.1	221.9	146.5	640	377.3
	1100	1138	200	271.1	81.5	68.1	693	189.7
	900	558	214	142.5	22.3	37.0	628	91.9
	700	365	217	94.3	9.0	24.5	557	57.0
Prop Demand Curve: P	1800	2525	211	633.6	280.3	211.6	653	551.1
	1500	1461	201	349.3	165.0	134.5	544	308.9
	1300	951	203	230.0	75.0	77.8	562	188.2
	1100	576	211	144.9	28.7	47.5	533	112.3
	900	316	216	81.4	9.2	32.7	405	61.5
	700	149	229	40.5	2.6	24.5	267	37.4

Brake Mean Effective Pressure 2550 kPa
Heat Rejection to Coolant (total) 1199 kW
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 2408 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 149 kW



Performance Data

	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	BSFC lb/ bhp-hr	Fuel Rate gph	Boost Press in-hg Gauge	Intake Air Flow cfm	Exh Manif Temp °F	Exh Gas Flow cfm
Zone Limit Curve: 1	1800	2548	.340	123.6	69.0	6632	1017	15129
	1500	2502	.326	116.2	65.1	5700	1063	13324
	1300	2144	.317	97.3	46.1	4058	1144	10280
	1100	1088	.337	52.3	14.4	1985	1153	5149
	900	636	.350	31.8	5.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	2.4	862	977	1942
Zone Limit Curve: 2	1800	3004	.344	147.6	0.0	7123	1128	17576
	1500	2721	.326	126.5	0.0	5961	1108	14345
	1300	2311	.317	104.6	0.0	4361	1155	11103
	1100	1191	.334	56.8	0.0	2073	1191	5498
	900	636	.350	31.8	0.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	0.0	862	977	1942
Zone Limit Curve: 3	1800	3151	.345	155.4	79.5	7268	1161	18328
	1500	2952	.329	138.3	73.7	6184	1164	15538
	1300	2453	.317	110.9	55.9	4616	1164	11806
	1100	1393	.330	65.8	21.2	2303	1243	6268
	900	636	.350	31.8	5.0	1250	1035	2850
	700	457	.355	23.1	2.4	862	977	1942
Zone Limit Curve: 4	1800	3386	.347	167.4	83.0	7473	1207	19462
	1500	3386	.340	164.3	83.5	6727	1281	18328
	1300	2760	.316	124.5	65.7	5174	1184	13324
	1100	1526	.329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	.352	37.6	6.6	1307	1162	3245
	700	489	.357	24.9	2.7	865	1035	2013
Max Power Curve: M	1800	3386	.347	167.4	83.0	7473	1207	19462
	1500	3386	.340	164.3	83.5	6727	1281	18328
	1300	2760	.316	124.5	65.7	5174	1184	13324
	1100	1526	.329	71.6	24.1	2405	1279	6699
	900	748	.352	37.6	6.6	1307	1162	3245
	700	489	.357	24.9	2.7	865	1035	2013
Prop Demand Curve: P	1800	3386	.347	167.4	83.0	7473	1207	19462
	1500	1959	.330	92.3	48.9	4750	1011	10909
	1300	1275	.334	60.8	22.2	2747	1044	6646
	1100	772	.347	38.3	8.5	1677	991	3966
	900	424	.355	21.5	2.7	1155	761	2172
	700	200	.376	10.7	0.8	865	513	1321

Brake Mean Effective Pressure 370 psi
Heat Rejection to Coolant (total) 68187 btu/min
Heat Rejection to Aftercooler n/a
Heat Rejection to Exhaust (total) 136943 btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Engine 8474 btu/min

BIBLIOGRAFÍA

«AZCUE PUMPS,» [En línea]. Available: <https://hc-grupo.com/es/marcas/bombas-azcue/>.

C. P. G. 3516C, CATERPILLAR PROJECT GUIDE 3516C 2525 KW.