

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCION DE NAUTICA, MAQUINAS Y RADIOELECTRONICA NAVAL**

TRABAJO FIN DE GRADO

**INTRODUCCIÓN A LAS TAREAS Y TRABAJOS PROPIAS DEL
ALUMNO DE MÁQUINAS: BUQUE VOLCÁN DE TIJARAFE**

YONE DAVID BENÍTEZ SÁNCHEZ

MARZO 2018

DIRECTOR

JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

Dr. D. José Agustín González Almeida, Profesor Asociado del área de conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Yone David Benítez Sánchez, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: INTRODUCCIÓN A LAS TAREAS Y TRABAJOS PROPIAS DEL ALUMNO DE MÁQUINAS: BUQUE VOLCÁN DE TIJARAFE.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 12 de marzo de 2018.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a long horizontal line extending from the end of the signature.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

Contenido

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	9
ANTECEDENTES	11
MATERIAL Y MÉTODOS	13
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL BUQUE	14
1.1 Características principales.....	14
1.2 Características generales.....	14
1.3 Equipos principales	15
1.4 Capacidad de los tanques.....	22
2.SISTEMAS AUXILIARES.....	22
2.1 Servicio de vapor	22
2.2 Servicio de refrigeración	26
2.3 Servicio de aire comprimido.....	28
2.4 Servicio de circulación de agua salada	30
2.5 Servicio de trasiego y purificación del combustible	33
2.6 Módulos de depuración	36
2.7 Servicio de alimentación de combustible	37
2.8 Módulos de combustible.....	38
2.9 Servicios de lubricación y purificación del aceite.....	38
2.10 Sistema de aire acondicionado	40
2.11 Sistema de tratamiento de aguas fecales	42
2.12 Generadores de agua destilada.....	44
2.13 Separador de sentinas.....	45
3. MOTORES PRINCIPALES.....	47
3.1 Datos del motor.....	47
3.2 Elementos del motor.....	49
4. SISTEMA DE REDUCCIÓN Y EJES PROPULSORES	61
4.1 Reductora Reintjes SVA 1200.....	61
4.2 Hélices propulsoras KAMEWA.....	62
5. MOTORES AUXILIARES	63
5.1 Datos del motor.....	64
5.2 Diseño del motor.....	65
6. SISTEMA DE CONTROL NORIS	72

RESULTADOS	73
7. TRABAJOS REALIZADOS A BORDO	73
7.1 Cambio de un inyector	73
7.2 Condensador de aire acondicionado.....	77
7.3 Condensador aire acondicionado control de máquinas	80
7.4 Cambio de aceite MMAA	81
7.5 Depuradora de F.O. (overhaul)	83
7.6 Culata.	84
7.7 Bomba de combustible MMPP.....	87
7.8 Trabajos de mantenimiento.....	89
7.9 RUTINAS DEL ALUMNO DE MÁQUINAS.....	89
CONCLUSIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Volcán de Tijarafe atracado en puerto de Santa Cruz de Tenerife	11
Ilustración 2. Buque Ro-Pax volcán de Tijarafe. Fuente: Naviera Armas.	13
Ilustración 3- Disposición de las cubiertas. Fuente: Planos construcción Volcán de Tijarafe.....	14
Ilustración 4- Motor de emergencia. Fuente: Trabajo de campo.	16
Ilustración 5 - Elementos de salvamento Fuente: Planos construcción Volcán de Tijarafe.....	21
Ilustración 6 - Caldera pirotubular horizontal. Fuente: Trabajo de campo.	24
Ilustración 7 - Caldera de exhaustación pirotubular Aalborg. Fuente: Manual del equipo.....	26
Ilustración 8 - Partes de un intercambiador de placas y circulación de fluido. Fuente: Manual del equipo.....	28
Ilustración 9 - Compresores de pistón a 30 bar y botellas de aire de los MMPP. Fuente: Trabajo de campo.....	29
Ilustración 10 - Compresores de aire de 7 bar con botella incorporada. Fuente: Trabajo de campo.....	30
Ilustración 11 - Filtro de fondo y válvula motorizada de aspiración de la toma de mar. Fuente: Trabajo de campo.....	31
Ilustración 12 - Bombas agua salada del servicio de refrigeración central. Fuente: Trabajo de campo.....	32
Ilustración 13 - Bloque de válvulas tanques de almacén de HFO. Líneas procedentes de almacén y servicio diario HFO y MDO, sedimentación HFO hacia ambas bombas de trasiego Fuente: Trabajo de campo.	34
Ilustración 14 - Bomba trasiego FO y bomba trasiego DO. Fuente: Trabajo de campo.....	35
Ilustración 15 - Módulo de depuración de aceite. Fuente: Trabajo de campo.....	36
Ilustración 16 – Enfriador de aceite	Ilustración 17 – Bomba de prelubricación
Fuente: Trabajo de campo.	Fuente: Trabajo de campo.
Ilustración 18 – Bombas de lubricación	Ilustración 19 – Filtro dúplex y automático Fuente: Trabajo de campo.....
Ilustración 20 - Equipo de aire acondicionado. Fuente: Trabajo de campo.	40
Ilustración 21 - Tratamiento Aguas Fecales y calentadores agua sanitaria. Fuente: Trabajo de campo.....	42
Ilustración 22 - Generador agua destilada AQUAMAR AQ-16/20A. Fuente: Trabajo de campo.	44
Ilustración 23 - Separador de aguas aceitosas. Fuente: Trabajo de campo.....	45
Ilustración 24 - Sección del motor principal. Fuente: Manual del equipo Fuente: Manual del equipo	47
Ilustración 25 - Datos del motor. Fuente: Manual del equipo	48
Ilustración 26 - Conjunto biela-pistón. Fuente: Manual del equipo.	51
Ilustración 27 - Sección culata con válvulas de admisión y escape. Fuente: Manual del equipo.	52
Ilustración 28 - Bombas acopladas de aceite, agua BT y agua AT. Fuente: Trabajo de campo. .	53
Ilustración 29 - Distribución del sistema de combustible interno. Fuente: Manual del equipo.	54
Ilustración 30 - Bomba de inyección e inyector. Fuente: Manual del equipo.....	55
Ilustración 31 - Circuito interno de agua de refrigeración. Fuente: Manual del equipo	56
Ilustración 32 - Sistema de aire de arranque. Fuente: Manual del equipo.....	57
Ilustración 33 - Colector de gases de escape. Fuente: Trabajo de campo.	59
Ilustración 34 - Reductora MP babor. Fuente: Trabajo de campo.....	61
Ilustración 35 - Componentes del sistema kamewa. Fuente: Manual del equipo.....	63

Ilustración 36 - Datos del motor auxiliar. Fuente: Manual del equipo	64
Ilustración 37 - Sección del motor. Fuente: Manual del equipo.	65
Ilustración 38 - Detalle de eje de levas. Fuente: Manual del equipo.....	68
Ilustración 39 - Detalle accionamiento de las válvulas de admisión y escape. Fuente: Manual del equipo.....	69
Ilustración 40 - Bombas acopladas de aceite, agua de BT y agua de AT. Fuente: Trabajo de campo.....	69
Ilustración 41 - Sistema de agua de refrigeración. Fuente: Manual del equipo	70
Ilustración 42 - Sistema arranque neumático y motor de arranque.....	71
Ilustración 43 - Sistema de combustible. Fuente: Manual del equipo.....	71
Ilustración 44 - Desmontaje de la tapa del motor. Fuente: Trabajo de campo.	73
Ilustración 45 - Tubo de inyección	74
Ilustración 46 - Desmontando tuercas de sujeción.....	75
Ilustración 47 - Extrayendo inyector con el útil	75
Ilustración 48 - Hueco del inyector	76
Ilustración 49 - Inyector	76
Ilustración 50 - Grupo de aire acondicionado con condensador sin tapa	78
Ilustración 51 - Limpiando orificios condensador con una vara	79
Ilustración 52 - Poniendo la tapa del condensador.....	80
Ilustración 53 - Grupo aire acondicionado del control de máquina	80
Ilustración 54 - Limpiando orificios con varilla.....	81
Ilustración 55 - Motor auxiliar sin tapas del cárter	82
Ilustración 56 - Interior del cárter	82
Ilustración 57 - Desmontaje y limpieza de las piezas de la depuradora	84
Ilustración 58 - Elementos que hay que desmontar	85
Ilustración 59 - Empujadores y balancines.....	85
Ilustración 60 - Herramienta hidráulica	86
Ilustración 61 - Elementos de la bomba de combustible.....	87
Ilustración 62 - Bomba de combustibe	88

INTRODUCCIÓN

Durante el periodo de embarque en el buque Volcán de Tijarafe de la Naviera Armas, que ha comprendido cinco meses (de mayo a octubre del 2017); y previamente había realizado prácticas en el buque Bencomo Express de la compañía Fred Olsen durante otros cinco meses, en labores propias de alumno de máquinas, he tenido la oportunidad de participar de manera activa en todo aquello que concierne a la operación, manejo, mantenimiento y reparación de los distintos componentes que forman parte de la cámara de máquinas.

Mediante la realización de éste trabajo de fin de grado, se pretende exponer de manera detallada los trabajos realizados a bordo de dicho buque durante ese periodo de prácticas, de tal forma que pueda servir como guía a otros alumnos que tuvieran que enfrentarse a situaciones parecidas. Para ello, tenemos en consideración la distribución, sistema de propulsión, sistema de control y los principales sistemas auxiliares del buque Ro-PAX Volcán de Tijarafe.

Este buque entró en servicio en febrero de 2007 y mientras realicé las prácticas profesionales en el mismo, cubría la ruta entre el puerto de Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas de Gran Canaria – Arrecife / Las Palmas de Gran Canaria - Morro Jable.

Durante la estancia en el barco, estuve bajo la supervisión del primero y segundo oficiales de máquinas, si bien en las maniobras esta pasaba al Jefe de máquinas, si bien mi turno de guardia se correspondía con la del primer oficial.

A bordo se realizaron trabajos de mantenimiento y reparación de carácter habitual, en equipos imprescindibles para la navegación y que tratamos de exponer a continuación de manera detallada.

OBJETIVOS

A la hora de desarrollar éste trabajo de final de grado, hemos planteado una serie de objetivos que hemos tratado de alcanzar durante el mismo.

El objetivo principal se centra en exponer de manera clara y ordenada cuáles son las tareas que debe realizar o en las cuáles va a participar de manera habitual los alumnos de máquinas en un buque de las características del Volcán de Tijarafe de la naviera Armas, recogiendo y explicando diferentes casos y tareas realizadas a bordo. Además, trataremos de describir los equipos y máquinas principales y auxiliares que componen la cámara de máquinas, así como de realizar de manera exhaustiva una explicación del proceso de mantenimiento seguido de manera cotidiana para cada uno de estos equipos.

Finalmente se tratan algunos casos de averías y la forma en que se han gestionado las mismas.

De manera específica, los objetivos planteados podemos enumerarlos en:

- Describir los componentes y equipos de la sala de máquinas del buque Volcán de Tijarafe.
- Explicar de manera pormenorizada las características principales de estos equipos y sistemas
- Detallar los trabajos y tareas de mantenimiento habituales llevadas a cabo en la cámara de máquinas con participación del alumno de máquinas
- Describir de manera pormenorizada los trabajos en situación de avería realizados durante el periodo de embarque seguido a bordo.

ANTECEDENTES

Naviera Armas nació en 1941 y se ha convertido en una de las compañías navieras más importante de Canarias. Tiene sus orígenes en Lanzarote, en el esfuerzo de Antonio Armas Curbelo, que comenzó su andadura con barcos de casco de madera, con veleros puros y motoveleros, y nombres legendarios en el historial de del cabotaje de las islas dedicados al tráfico salinero y de carga. Armas Curbelo incorporó después a su flota buques de casco de acero y propulsión diésel y máquinas de vapor, con los que expandió su actividad comercial fuera de las fronteras insulares, alcanzando protagonismo en la antigua provincia del Sahara español.

El testigo de este emprendedor lo recogió su hijo Antonio Armas Fernández, actual presidente de la empresa. Concedor de las nuevas tendencias en el sector, a su iniciativa se debe la introducción de los primeros buques de carga rodada en Canarias. Esta etapa comenzó en 1975, con la adquisición de dos barcos menores de trb, que navegaron en las líneas interinsulares con los nombres de Volcán de Yaiza y Volcán de Tahíche.

A partir de 1995 se produjo un cambio significativo en la estrategia de la compañía, cuando se decidió introducirse en el mercado de buques de carga y pasaje.



Ilustración 1 - Volcán de Tijarafe atracado en puerto de Santa Cruz de Tenerife

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la elaboración de este trabajo de fin de grado hemos precisado de diverso material bibliográfico, documentación técnica y material fotográfico obtenidos tanto del propio buque, como del trabajo de campo realizado durante el periodo de prácticas.

A todo éste material, que hemos recopilado y organizado, debemos sumar los manuales propios de los equipos que componen la instalación de la sala de máquinas de abordado, editado por las distintas empresas fabricantes (Alborg, Alfa Laval, Wärtsila, Aquamar, Azcue, etc...)

Nuestro principal área de trabajo ha sido la propia instalación del buque en sí, principalmente el área de la sala de máquinas y sobre todos los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes y sistemas que conforman las misma, pues si algo queda claro desde el primer momento y no se debe olvidar, mucho menos como alumno de máquinas es la necesidad y casi obligatoriedad de acudir a los manuales de los fabricantes de los equipos, a pesar de que podamos tener una experiencia contrastada, pues en ocasiones en operaciones rutinarias podemos olvidar detalles que a la postre pueden derivar en importantes problemas en la operación, afectando al conjunto.



Ilustración 2. Buque Ro-Pax volcán de Tijarafe. Fuente: Naviera Armas.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL BUQUE

1.1 Características principales

Eslora total	154,51	Metros
Manga	24,20	Metros
Puntal a cubierta superior	13,55	Metros
Calado	5,5	Metros
Peso muerto	3350	Toneladas
Capacidad máxima (trip.+pasaje)	34+966	Personas
Potencia propulsora	2x11700	KW

1.2 Características generales

El Volcán de Tijarafe es un buque Ro-PAX, lo que significa que está diseñado para transportar carga rodada y pasaje. Puede albergar a un máximo de 1000 personas entre tripulación y pasaje.

El buque dispone de proa lanzada con bulbo y popa de estampa con cola de pato. Posee un sistema de estabilizadores mediante aletas retráctiles.

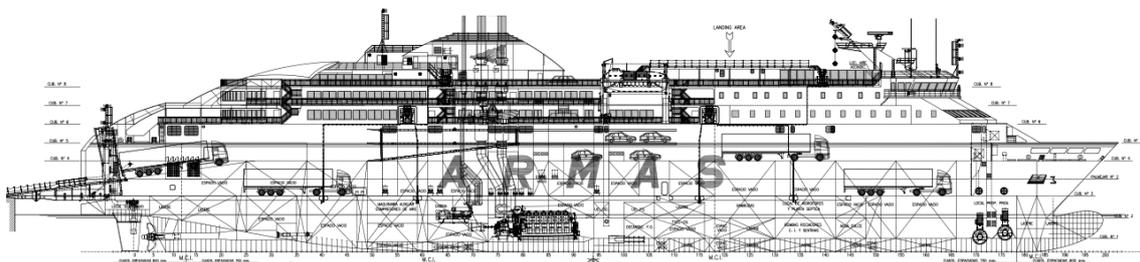


Ilustración 3- Disposición de las cubiertas. Fuente: Planos construcción Volcán de Tijarafe.

El buque dispone de 9 cubiertas.

La sala de máquinas se sitúa de la mitad del barco hacia popa, en la cubierta 2 y 1. Los tanques de lastre se sitúan en el doble fondo, en tanques laterales y en proa y popa.

La carga rodada se ubica en la cubierta 3, 4 y 5. La cubierta 3 es para carga rodada pesada, la 4 para semirremolques y automóviles, y la 5 es una cubierta móvil (car-deck) en caso de necesidad de más superficie de carga, que se utiliza para carga ligera.

La cubierta 6, 7 y 8 albergan la acomodación para el pasaje y la tripulación. El puente se ubica en la proa de la cubierta 8.

1.3 Equipos principales

1.3.1 La planta propulsora.

Está compuesta por dos motores Diésel de cuatro tiempos Wärtsilä 12V46 de 12 cilindros en V, sobrealimentados y preparados para quemar IFO 380, capaces de desarrollar una potencia máxima continua de 11.700 kW a 500rpm cada uno.

Cada una de las dos líneas de ejes está accionada vía dos reductoras de engranajes helicoidales sin embrague Reintjes de relación de reducción 2,686:1 con chumacera de empuje incorporada. Cada reductora cuenta con una toma de fuerza de 1200 kW sin embrague, para el accionamiento de los alternadores. Las dos líneas de ejes, suministradas por Rolls-Royce, accionan sendas hélices de paso variable (HPV) Kamewa de 4200 mm de diámetro, construidas en aleación de alta resistencia de níquel-aluminio-bronce.

Para una mejor maniobrabilidad, dispone de dos hélices Rolls-Royce transversales a proa, de paso variable, accionamiento eléctrico y montadas en túnel de 2000 mm de diámetro, con una potencia de 1000 kW cada una a 307 rpm.

1.3.2 La planta de generación de corriente eléctrica

Para las necesidades del buque consta de dos grupos de generadores diésel formados por motores auxiliares diésel Wärtsilä 20 de seis cilindros en línea, capaces de

desarrollar 1200 kW a 1000 rpm que accionan vía acoplamientos elásticos dos alternadores Leroy Somer de 1350 KVA, 400 V a 50Hz. También posee dos alternadores de cola Leroy Somer de 1500 KVA, 400 V, 50 Hz a 1000 rpm, accionados por tomas de fuerza de las reductoras capaces de desarrollar 1080 kW

1.3.3 El grupo de emergencia

Se encuentra situado en la cubierta 9, fuera de la sala de máquinas, compuesto por un motor diésel Volvo-Penta de 292 kW a 1500 rpm, conectado mediante acoplamiento a un alternador Leroy Somer de 250 kW, 400 V y 50 Hz.



Ilustración 4- Motor de emergencia. Fuente: Trabajo de campo.

1.3.4 El sistema de refrigeración centralizado

Lo constituyen, para el servicio de alta temperatura, dos electrobombas con un caudal de 270 m³/h a 2 bar cada una, como reserva de las bombas acopladas de los motores, y para el servicio de baja temperatura:

- Dos electrobombas de 270 m³/h a 2 bar cada una, como reserva de las bombas acopladas.

- Tres electrobombas de 65 m³/h a 2,5 bar para servicios auxiliares.
- Tres enfriadores centrales de placas de titanio dimensionados para satisfacer el 100% de las necesidades.

1.3.5 El sistema de circulación de agua salada

Está formado por:

- Tres electrobombas para los enfriadores centrales, de 570 m³/h a 3 bar.
- Dos electrobombas para los generadores de agua dulce. Caudal de 40 m³/h a 4 bar.
- Dos electrobombas para el condensador atmosférico. Caudal de 125 m³/h a 3 bar.
- Tres electrobombas para el aire acondicionado, con caudal de 120 m³/h, cada una.
- Una electrobomba para el aire acondicionado del control. Caudal 10 m³/h.
- Dos electrobombas para el equipo frigorífico de gambuzas, de 4 m³/h.

1.3.6 La planta de tratamiento y purificación

El tratamiento de combustible y de aceite lubricante de los motores principales y grupos auxiliares está comprendida por dos módulos triples:

- **Tratamiento de combustible:**
 - Dos separadoras centrífugas Alfa Laval SA 851 para fuel-oil, de 4 m³/h, cada una.
 - Una electrobomba de trasiego de fuel-oil, de 30 m³/h a 2 bar.
 - Una separadora centrífuga Alfa Laval PA 605 para Diésel , de 1 m³/h de capacidad.
 - Una electrobomba de trasiego de Diésel -oil de 30 m³/h a 2 bar.
- **Tratamiento del aceite lubricante:**
 - Dos separadoras centrífugas Alfa Laval SA 841 para el servicio de los motores principales, con capacidad de 2,5 m³/h, cada una.

- Una separadora centrífuga Alfa Laval PA 605 para el servicio de los motores auxiliares, con capacidad de 1 m³/h.
- Una electrobomba de lodos de 8 m³/h a 4 bar.
- Una electrobomba para el trasiego de aceite de 10 m³/h a 4 bar.
- Dos electrobombas de prelubricación de 65 m³/h a 0,8 bar.
- Dos bombas de reserva para los motores principales de 210 m³/h a 8 bar.

1.3.7 La unidad de aire comprimido para el arranque

Está formada por:

- Dos compresores de aire Sauer de dos etapas y dos cilindros, para los motores principales, de 66 m³/h a 30 bar.
- Dos botellas de aire para el motor principal, de 2000 litros a 30 bar.
- Una botella de aire para el arranque de los grupos auxiliares de 250 litros a 30 bar.
- Dos botellas de aire de control de 125 litros a 7 bar, con su compresor Mark.

1.3.8 La generación de vapor

Viene suministrada por los siguientes equipos:

- Una caldera horizontal, pirotubular, de mechero para fuel/diésel, con capacidad para producir 1500 kg/h de vapor a 7 bar, proporcionada por Aalborg Industries.
- Dos calderas de exhaustación pirotubulares verticales de Aalborg Industries, con capacidad para producir 1000 kg/h de vapor a 7 bar, cada una.
- Un condensador atmosférico, o recuperador de vapor.
- Dos electrobombas para la alimentación de la caldera horizontal de mechero con un caudal de 2,5 m³/h.
- Cuatro electrobombas de circulación para las calderas de recuperación de gases con una capacidad de 3 m³/h.

1.3.9 El sistema de agua sanitaria

Está compuesto por los siguientes equipos:

- Dos generadores de agua dulce Gefico AQUAMAR AQ-16, con capacidad para 16 ton/día.

- Un tanque hidróforo de 1000 litros.
- Dos electrobombas de circulación de agua dulce sanitaria de 12 m³/h a 6 bar.
- Dos calentadores eléctricos de 200 litros de capacidad unitaria. También se calientan mediante el servicio de vapor.
- Dos electrobombas de circulación de agua destilada de 1 m³/h a 4 bar.

1.3.10 El sistema contra incendios

Consta de los siguientes equipos:

- Dos electrobombas de 90 m³/h a 8 bar.
- Un grupo de presión con electrobomba de 6 m³/h a 9 bar.
- Una electrobomba de emergencia de 40 m³/h a 7 bar.
- Un sistema de extinción para la máquina con 48 botellas de 45 kg de CO
- Un sistema de extinción por rociadores de garaje (drencher), formado por, dos electrobombas de 165 m³/h a 8 bar y 526 rociadores distribuidos en 15 secciones a lo largo de la zona de carga.
- Un sistema de extinción por rociadores (sprinklers) en la zona de habilitación, formado por, una electrobomba de 100 m³/h a 8 bar y 616 rociadores distribuidos en 12 secciones.
- Sistema de extinción por agua nebulizada Flexifog en cámara de máquinas, para los motores auxiliares, motores principales, caldera de mechero, módulos de purificación de combustible y aceite lubricante, suministrado por Heien-Larssen.
- Un sistema independiente para el conducto de extracción de la campana de la cocina.
- Sistema de circuito cerrado de TV.

El buque dispone de cuatro puertas de corredera estancas al agua y de accionamiento hidráulico, situadas entre la planta séptica y la gambuza; entre la cámara de los grupos auxiliares y la cámara de motores principales; entre la cámara de los grupos auxiliares y el local del aire acondicionado y pañol; y entre la cámara de los motores principales y depuradoras y módulos de combustible. El sistema de accionamiento tiene un mando local manual, otro en el tronco de escaleras de la máquina y otro desde el panel instalado en el puente de gobierno, sólo de cierre.

1.3.11 Los dispositivos de salvamento

Disponen de los siguientes equipos:

- Cuatro botes salvavidas con capacidad para 150 personas cada uno, con sus respectivos pescantes de gravedad.
- Cuatro balsas salvavidas, dos para 25 personas y otras dos para 50 personas.
- Ocho balsas salvavidas con capacidad para 100 personas cada una.
- Un bote de rescate rápido en estribor, con su equipo de puesta a flote mediante pescante basculante.
- Un bote de rescate, con equipo de puesta a flote mediante pescante radial.
- Un medio de rescate MOR asociado a la maniobra del equipo de puesta a flote del bote de rescate rápido.
- Cuatro sistemas de evacuación MES (Marine Evacuation System), mediante tubos situados en cuatro compartimentos repartidos estratégicamente en la cubierta nº6, permitiendo la evacuación en 30 minutos. Cada MES consiste en un tubo que despliega una balsa salvavidas autoadrizable VIKING 100 DKS incorporada, con capacidad para 175 personas.

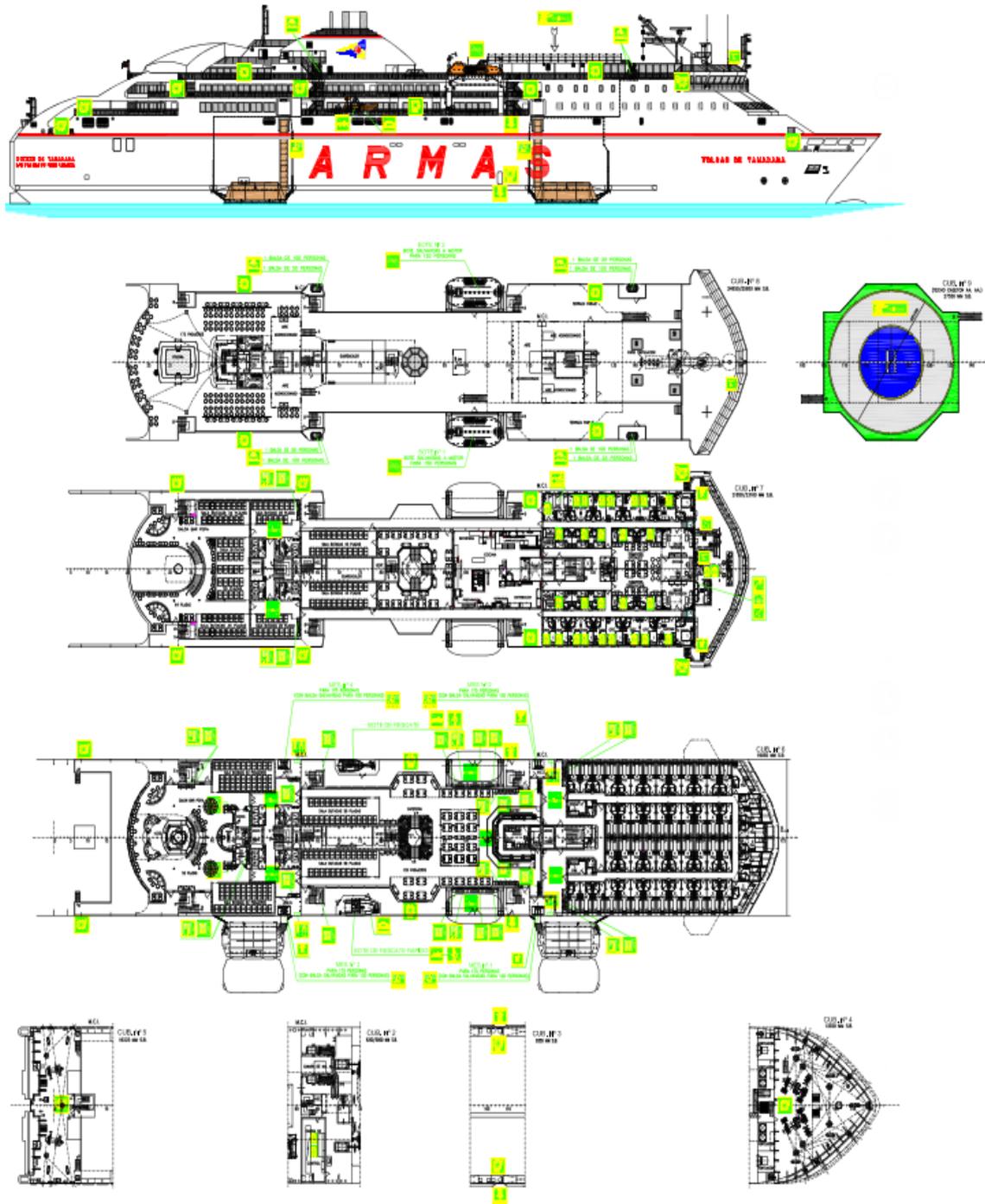


Ilustración 5 - Elementos de salvamento Fuente: Planos construcción Volcán de Tijarafe.

1.4 Capacidad de los tanques.

TANQUES	CAPACIDAD MAXIMA m ³	SONDA MAXIMA mts
TK F/O ALMACEN F12 B	187	5,3
TK F/O ALMACEN F12 E	187	5,3
TK DECANTACION F/O F18 C	129,1	3,1
TK F/O SERVICIO DIARIO F19 B	47,6	2,3
TK F/O SERVICIO DIARIO F19 E	47,6	2,3
TK REBOSES F/O F22 E	12,9	2
TK FUGAS COMB. LIMPIO F45 B	4,7	1,5
TK FUGAS COMB. SUCIO S45 E	4,7	1,5
TK DERRAMES BANDEJA COMB. S48 B	4,6	1,5
TK D/O CENTRAL D14 C	56,8	2
TK D/O SERVICIO DIARIO D15 B	12,7	2,3
TK D/O SERVICIO DIARIO D15 E	12,7	2,3
TK REBOSES D/O D16 B	9,7	2
TK ACEITE ALMACEN O22 C	18,8	1,6
TK ACEITE RETORNO O26 B	17,7	0,8
TK ACEITE RETORNO O26 E	17,7	0,8
TK ACEITE SUCIO S42 C	18,8	1,5
TK DERRAMES BANDEJA ACEITE S48 E	4,6	1,5
TK LODOS S23 E	16,1	2
TK AGUAS ACEITOSAS S47 C	9,4	1,4
TK IMBORNALES S25 C	18,9	2
TK AGUA DESTILADA W27 C	14	1,5
TK DRENAJE AGUA DE CILINDROS W20 C	9,3	1,7
TK AGUA DULCE W07 B	46,7	3
TK AGUA DULCE W07 E	46,7	3

2.SISTEMAS AUXILIARES

2.1 Servicio de vapor

El servicio de vapor proporciona al buque la energía necesaria para los diferentes servicios de transmisión de calor. Entre ellos está el precalentamiento del agua de refrigeración en motores principales y auxiliares, calentamiento del agua en el intercambiador de placas del aire acondicionado, calentamiento del fuel en los tanques y como tubería de acompañamiento, calentadores de agua sanitaria y calentadores en las depuradoras de fuel y de aceite.

El vapor es generado por una caldera pirotubular horizontal y por dos calderas de exhaustación verticales (calderas de recuperación). El sistema está diseñado para que la caldera pirotubular se encargue de la producción de vapor durante el periodo de estancia en puerto del barco y que a lo largo de la navegación la producción de vapor corra a cargo de los economizadores, aprovechando los gases de escape de los motores principales, y sustituyendo a la caldera como elemento de apoyo en caso de falta de suministro o baja presión en el circuito.

El vapor generado por la caldera o los economizadores va hacia la línea general de distribución, donde la lleva a los diferentes servicios, estas tuberías están recubiertas por un aislamiento térmico de fibra de vidrio. En esta línea general hay una derivación que va al condensador atmosférico, igual que el retorno de los servicios. La función de este condensador atmosférico es llevar el vapor sobrante que no es aprovechado por las instalaciones hacia un tanque de observación de purgas, en forma de condensado. Con esto se consigue un ahorro energético en la producción de agua destilada y disminución de salto térmico. Antes del condensador de vapor sobrante hay una reductora de presión, ya que la línea de vapor trabaja a 7 bar y el condensador a 3 bar. La línea general deriva en los siguientes servicios:

- Precalentadores de agua dulce de MMPP y MMAA.
- Los módulos de combustible de MMPP y MMAA.
- Los calentadores de las depuradoras.
- El intercambiador de placas para el calentamiento del agua del aire acondicionado.
- Separador de sentinas.
- Calentadores de agua sanitaria.
- Serpentín para el calentamiento de los tanques de almacenamiento, sedimentación, servicio diario y de reboses de FO, tanque de lodos, aceite sucio, combustible sucio y derrames de aceite y combustible.
- Como tubería de acompañamiento a los tubos de FO.

2.1.1. Caldera

Marca: Aalborg Industries

Modelo: UNEX BH-1500

Producción de vapor: 1500 kg/h

Contenido agua a nivel normal: 2400 m³

Presión de trabajo: 7 bar

Presión de timbre: 9 bar

La caldera es pirotubular de hogar a sobrepresión, hogar centrado, horizontal, cilíndrica y monobloc. Puerta frontal totalmente abatible con placa de acoplamiento para el quemador y caja de humos posterior con salida vertical. La construcción de la parte sometida a presión es de chapa de acero al carbono calidad DIN-H-I1 según DIN17155 y tubos de humos de acero al carbono estirado sin soldadura según DIN 17175.



Ilustración 6 - Caldera pirotubular horizontal. Fuente: Trabajo de campo.

- Cuadro eléctrico de control:

La caldera está equipada con un cuadro eléctrico donde van conectados los presostatos, controladores de nivel, los arrancadores de las bombas de alimentación de agua, combustible y el mechero, botonera, interruptores de maniobra, luces indicadoras, sistema de control del mechero, etc.

- Válvulas de seguridad:

La caldera está equipada con dos válvulas de seguridad de sistema de resorte provistas de mecanismo de apertura manual. La elevación de las válvulas es producida por la presión del vapor evacuado. Las válvulas son capaces de evacuar todo el vapor producido en régimen máximo sin que pueda aumentar la presión en el interior de la caldera más de un 10% de la presión de timbre de la misma.

- Un controlador de nivel
- Una purga de superficie
- Una purga de fondo
- Colector con termómetro, manómetro, presostatos, termostato y válvula de desaireación
- Dos bombas de alimentación de agua con sus correspondientes válvulas
- Quemador marca Aalborg KBO R14-H

2.1.2. Economizadores Aalborg Mission XS-2V

Marca: Aalborg Industries

Producción de vapor: 1000 kg/h

Presión de trabajo: 7 bar

Presión de timbre: 9 bar

Para la generación de vapor durante la navegación, aprovechando la energía calorífica de los gases de escape de los motores principales, el buque dispone de dos calderas de exhaustación pirotubulares verticales de Aalborg Industries.

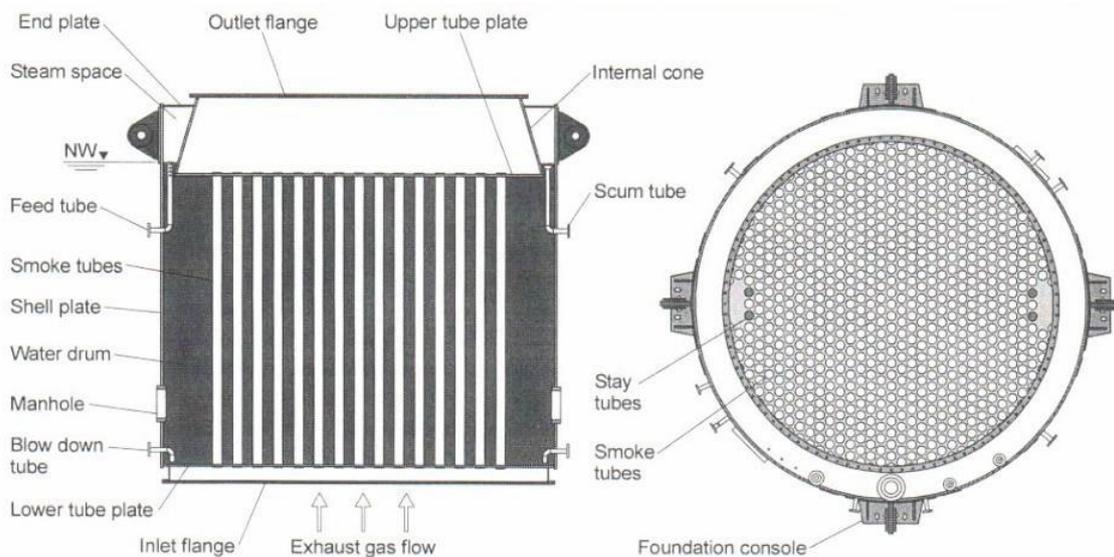


Ilustración 7 - Caldera de exhaustación pirotubular Aalborg. Fuente: Manual del equipo.

Los economizadores trabajan con circulación forzada mediante dos bombas para cada uno, una en automático y la otra en reserva, situadas en la sala de máquinas y cuya aspiración procede del tanque de observación de purgas de agua destilada. Estas bombas entran en funcionamiento cuando la sonda de bajo nivel procedente del economizador le manda señal de aviso al cuadro de mando, y deja de trabajar cuando se restablece el nivel adecuado de agua.

En caso de necesidad, debido a una posible avería en el economizador, la unidad puede trabajar en seco durante un periodo prolongado, gracias a que los extremos de los tubos están soldados con sello.

2.2 Servicio de refrigeración

El sistema de refrigeración de los motores principales, motores auxiliares, equipos auxiliares de propulsión y generadores de agua destilada se diferencian dos circuitos, que son:

- Circuito de refrigeración de alta temperatura.
- Circuito de refrigeración de baja temperatura.

Estos circuitos están interrelacionados, compartiendo elementos comunes.

La refrigeración de los equipos a lo largo del circuito se realiza mediante bombas acopladas en los MMPP y MMAA, las cuales funcionan con el movimiento del cigüeñal a través de la caja de engranajes del motor. Cada motor posee:

- Dos bombas, una de baja temperatura y otra de alta temperatura.
- Dos bombas de reserva de alta temperatura, caudal de 270 m³/h y presión de 2 bar, para el servicio a los motores.
- Dos bombas de reserva de baja temperatura, caudal de 270 m³/h y presión de 2 bar, para el servicio a los motores.
- Tres electrobombas de baja temperatura, caudal 65 m³/h y presión 2,5 bar, para el servicio de los equipos auxiliares.
- También poseen unidades de precalentamiento, una cada motor, que se ponen en marcha con el paro del mismo, para un mantenimiento adecuado de la temperatura del agua de refrigeración, a través de un calentador de vapor.

2.2.1 Intercambiadores de placas

Los enfriadores que presenta el servicio de refrigeración son tres intercambiadores de placas de la casa Alfa Laval. Estos enfriadores están formados por un determinado número de placas metálicas corrugadas, este número determina la superficie total de transferencia de calor, entre los dos fluidos a separar. Las placas tienen cuatro orificios en las esquinas y cada dos placas consecutivas constituyen un canal, formándose un conjunto de canales por los que circulan los fluidos de forma alternada.

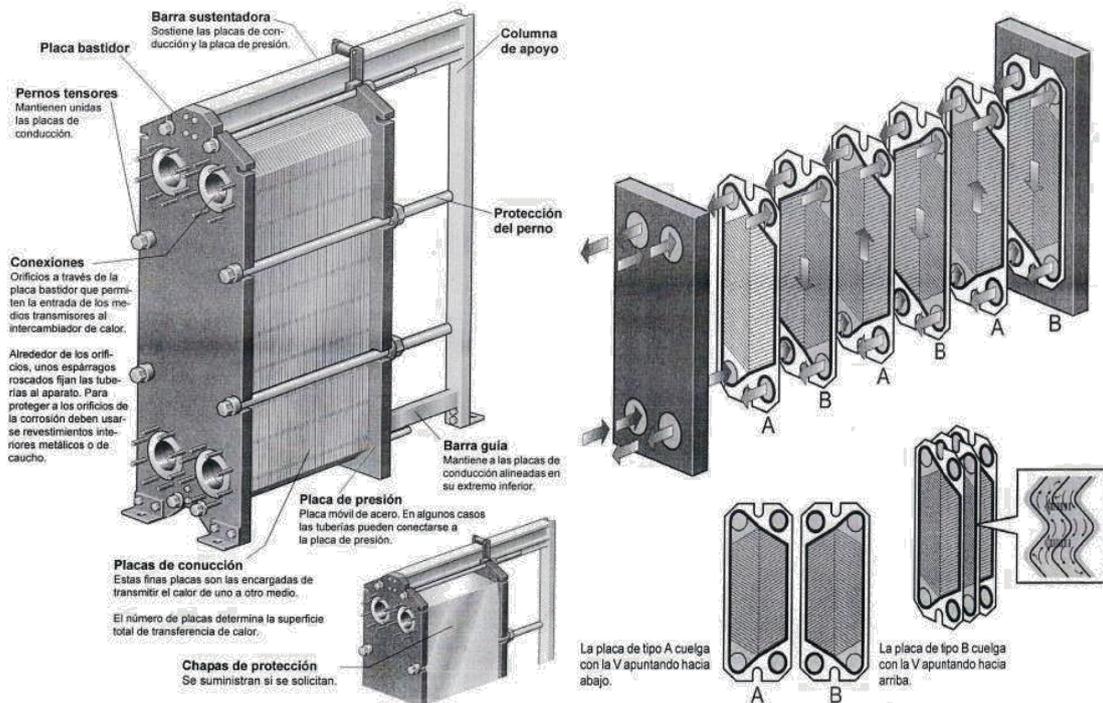


Ilustración 8 - Partes de un intercambiador de placas y circulación de fluido. Fuente: Manual del equipo

2.3 Servicio de aire comprimido

El servicio de aire se divide en dos redes, una de 30 bar y otra de 7 bar, para atender a las necesidades del buque.

2.3.1 Aire comprimido a 30 bar.

Se compone de:

- Dos compresores alternativos de dos cilindros y dos etapas con una capacidad de producción de 66 m³/h cada uno.
- Dos botellas de aire de 2000 litros de capacidad a 30 bar para arranque de los motores principales.
- Una botella de aire de 250 litros de capacidad a 30 bar para arranque de los motores auxiliares.

Suministra aire para los siguientes equipos:

- Aire de arranque a los MM.PP.
- Aire a la botella de arranque de los MM.AA. o a través de un by-pass.
- Aire a la caja de válvulas de cierre rápido.

- Aire al depósito de la red de 7 bar a través de una reductora de presión.
- Aire a través de una reductora de presión a 7 bar, a sentinas, a las tomas de mar, al hidróforo de agua dulce, al hidróforo de sprinklers, al hidróforo de agua destilada, al hidróforo del sistema C.I.



Ilustración 9 - Compresores de pistón a 30 bar y botellas de aire de los MMPP. Fuente: Trabajo de campo.

2.3.2 Aire comprimido a 7 bar

Se compone de:

- Dos compresores de tornillo y dos depósitos de 125 litros de capacidad cada uno a 7 bar.

Suministra aire a:

- Tomas de aire para limpieza, soplado y servicios generales repartidos por todo el barco.
- Tanque expansión AA.CC.
- Válvulas de soplado secciones rociadores garajes.



Ilustración 10 - Compresores de aire de 7 bar con botella incorporada. Fuente: Trabajo de campo.

2.4 Servicio de circulación de agua salada

El agua salada se utiliza como refrigeración de diferentes equipos a través de sus intercambiadores y para los servicios de lastre y contra incendios.

El agua salada es suministrada a través de 4 tomas de mar, 3 de ellas se encuentran en la máquina. Una siempre permanece abierta, que es la toma de mar baja, y en caso de poco calado se abre la toma de mar alta. Estas tomas de mar están en los dos costados, babor y estribor, que se van cambiando por mantenimiento.

La toma de agua tiene un único filtro en forma de cesta para la retención de impurezas, algas y animales procedentes del mar.



*Ilustración 11 - Filtro de fondo y válvula motorizada de aspiración de la toma de mar.
Fuente: Trabajo de campo.*

Después de pasar el filtro va a un colector común para abastecer los siguientes servicios:

- Enfriadores de placas del servicio de refrigeración central y enfriadores de aceite de los estabilizadores, a través de tres bombas centrífugas AZCUE, una de ellas en reserva, con caudal de 570 m³/h cada una y presión de 3 bar.
- Condensadores de los equipos de aire acondicionado centrales, a través de tres bombas centrífugas AZCUE de 120 m³/h cada una.
- Condensador del equipo de aire acondicionado de la cabina de control, a través de una bomba con caudal de 10 m³/h.
- Condensador atmosférico de vapor, a través de dos bombas marca AZCUE, una de ellas en reserva, de 125 m³/h y 2,5 bar.
- Para la generación de agua destilada, a través de dos bombas, una para cada generador, caudal 40 m³/h y presión 4 bar, cada una.
- Para el lastrado del barco, a través de dos bombas marca AZCUE con caudal de 150 m³/h a 2 bar, cada una.
- Para el equipo contraincendios, a través de dos bombas marca AZCUE con 90 m³/h a 8 bar, cada una.

- Para las bombas centrífugas autocebadas de sentinas marca AZCUE de 130 m³/h a 3 bar.
- Para el hidróforo del equipo contraincendios.



Ilustración 12 - Bombas agua salada del servicio de refrigeración central. Fuente: Trabajo de campo.

La cuarta toma de mar se encuentra en proa, posee su propio filtro, como las otras, y abastece los servicios como:

- Condensadores para el equipo frigorífico de la gambuza, a través de 2 bombas con caudal de 4 m³/h, cada una, el único caudal en servicio permanente en proa.
- Para la bomba contra incendios de reserva, marca AZCUE y 70 m³/h a 8 bar.
- Para la bomba centrífuga autocebada de sentinas en proa marca AZCUE de 100 m³/h a 3 bar.
- Para el equipo a presión de sprinklers.

2.5 Servicio de trasiego y purificación del combustible

A través de este servicio se describe el tratamiento del combustible desde su entrada en el buque a través de las tomas laterales, hasta su almacenamiento en los tanques de uso diario, pasando por los módulos de depuración.

El combustible es suministrado al buque a través de gabarra conectado con las tomas laterales. Existe un local de tomas a babor y otro a estribor, donde presenta conexiones para HFO, MDO, lodos, aceite para MMPP, aceite para reductora, agua sanitaria y planta séptica. Ambas tomas laterales, bien sean de HFO o MDO, convergen en una sola línea hacia los tanques de almacenamiento y en cuyo recorrido presenta una desviación hacia el tanque de sedimentación. Esta línea posee una válvula de seguridad que actúa en caso de sobrepresión dirigiendo el combustible al correspondiente tanque de reboses. En la operación de llenado de tanques, desde las tomas de combustible, el tanque de sedimentación será el primero en llenarse por dos motivos:

- Aprovechar el relleno de los tanques de almacenamiento que facilita un control gradual del nivel en el tanque de sedimentación, debido a la presión de suministro.
- La posibilidad de una contrapresión desde almacenamiento, que podría causar daños en los tanques de la tubería hacia sedimentación, en el caso de completar primero estos tanques.

Una vez acabado con sedimentación, se cierra la válvula de entrada a este tanque desde la línea de suministro y se lleva un control equilibrado del relleno de los tanques de almacenamiento. Durante la operación de llenado en los tanques de almacenamiento se realizará el control a través de una medición periódica en ambas sondas, abriendo o cerrando las válvulas de entrada, véase en la figura.



Ilustración 13 - Bloque de válvulas tanques de almacén de HFO. Líneas procedentes de almacén y servicio diario HFO y MDO, sedimentación HFO hacia ambas bombas de trasiego Fuente: Trabajo de campo.

El HFO introducido en los tanques de almacenamiento es trasegado al tanque de sedimentación a través de la bomba de engranajes helicoidales AZCUE de caudal 30 m³/h a 2 bar. En el tanque de sedimentación se realiza la separación de sólidos en suspensión por la acción de la gravedad. Tras el tanque de sedimentación, el fuel es conducido a los módulos de depuración de combustible, en donde se eleva la temperatura a 98 °C a través del precalentador de vapor regulado por una termostática, la instalación de un purgador en la línea de vapor da paso a la descarga de condensados.

Tras el precalentador, una válvula de tres vías permite la entrada del producto al bolo de la depuradora a pleno régimen, o bien, recircula el fuel nuevamente hacia el tanque de sedimentación, en el caso de parada de la depuradora por fallo de sistema o para operaciones de mantenimiento.

El MDO contenido en el tanque de almacenamiento es trasegado a través de otra bomba de engranajes helicoidales AZCUE de caudal 30 m³/h a 2 bar, o a través de la depuradora, hacia los tanques de servicio diario o el tanque de almacenamiento del motor de emergencia. El servicio de combustible de MDO carece de tanque de sedimentación debido a que es un producto más refinado y no posee tantas impurezas como el HFO, además, el precalentador en el módulo de depuración es innecesario, ya que la densidad propia del combustible (0,83 g/ml a 15 °C) es menor que la del agua, necesario para un proceso de separación adecuado.



Ilustración 14 - Bomba trasiego FO y bomba trasiego DO. Fuente: Trabajo de campo.

Tras su paso por la depuradora, el combustible se conduce a sus respectivos tanques de servicio diario. También existe la posibilidad de recircular el combustible del tanque de sedimentación a sedimentación, o de servicio diario a servicio diario.

2.6 Módulos de depuración



Ilustración 15 - Módulo de depuración de aceite. Fuente: Trabajo de campo.

Existen dos módulos de depuración:

- Módulo de depuración de combustible
- Módulo de depuración de aceite

El módulo de depuración de combustible, de HFO, consta de dos separadoras centrífugas de alta velocidad, tipo Alfa Laval SA 851, una en funcionamiento y la otra en reserva, y una separadora centrífuga de alta velocidad, tipo Alfa Laval PA 605, para MDO. La alimentación para cada depuradora viene a través de su correspondiente bomba de engranajes rectos, cuya instalación es externa al módulo. Dos bombas Alfa Laval, una en funcionamiento y la otra en reserva, para abastecer las depuradoras de HFO, y una

bomba para la depuradora de MDO. Tras la impulsión a través de la bomba de alimentación, el combustible pasa a través del precalentador de vapor, incluido en el conjunto del módulo correspondiendo uno para cada separador centrífugo, y de este hacia la válvula de tres vías y la depuradora. Cada módulo posee una entrada de vapor para el intercambiador de los precalentadores, una salida para los condensados procedentes del purgador, una entrada de la línea de agua para las operaciones de maniobra y desplazamiento en las depuradoras y una entrada de aire comprimido para el accionamiento neumático de la válvula de tres vías.

El módulo de depuración de aceite consta de dos separadoras centrífugas de alta velocidad Alfa Laval SA 841 equipadas con tambor autodeslodante, una para cada tanque de aceite de retorno de los motores principales y otra separadora centrífuga de alta velocidad Alfa Laval PA 605, con tambor autodeslodante, para los motores auxiliares, los cuales son de cárter húmedo.

2.7 Servicio de alimentación de combustible

Veremos el recorrido y el tratamiento del combustible desde su salida de los tanques de consumo diario hasta los equipos que alimentan, que en este caso serán los motores principales, los motores auxiliares, motor de emergencia y el quemador de la caldera.

El combustible empleado para los motores principales y auxiliares es el IFO 380, intermedio entre residual y refinado, para una mejor manipulación. Y para el quemador de la caldera se utiliza diésel marino.

Todas las líneas de fuel tienen calefacción, por medio de una tubería de acompañamiento de cobre por el que circula vapor que rodea el tubo en forma de espiral, y aisladas con paneles de lana de roca y fibra de vidrio, de forma que cuando no hay alimentación de fuel al motor y este se encuentra estancado, no haya precipitación de ceras. Las líneas de Diésel no necesitan calefacción.

Los tanques de servicio diario de HFO se encuentran a una temperatura de entre 70 °C y 80 °C, según se esté depurando o consumiendo, mediante servicios de calefacción propios. Los tanques de MDO no poseen calefacción.

La temperatura mínima de los tanques de almacenamiento de HFO que debe de estar es de 40°C y la temperatura de las depuradoras debe rondar los 98°C. Después el combustible es precalentado en el módulo de tratamiento para que llegue a la bomba de inyección de los motores a una temperatura entre 115 y 130°C.

Existen dos módulos de tratamiento. Una vez rebasado el acondicionamiento en los módulos, la línea de cada uno de se bifurca hacia el motor principal y el motor auxiliar.

2.8 Módulos de combustible

El Módulo Booster tiene la función de proporcionar la alimentación de combustible precisa para las bombas de inyección a la presión y temperatura requeridas. La línea de fuel debe ir presurizada debido a la calidad del fuel, con un alto grado de viscosidad, que requiere una alta temperatura del combustible y previniendo de esta manera la formación de gases y vapor en las líneas de retorno de los motores.

2.9 Servicios de lubricación y purificación del aceite

2.9.1 Lubricación de los motores principales

Al ser motores de cárter seco, para su lubricación, los MM.PP. disponen de un tanque de retorno. De dicho tanque, aspiran las tres bombas de aceite que sirven para lubricar los motores. Dichas bombas son:

- Electrobomba de engranajes para prelubricación de un caudal de 65 m³/h a una presión de 0,8 bar.
- Bomba de engranajes acoplada con caudal de 210 m³/h a una presión de 8 bar.
- Electrobomba de engranajes de reserva con caudal de 210 m³/h a 8 bar.

Previamente al arranque de los motores, se pone en marcha la bomba de prelubricación que recorre todo el circuito de lubricación y se hace girar el motor unas vueltas con el virador para que el aceite llegue bien a todos los órganos del motor. Acto seguido, se arranca el motor y comienza a aspirar la bomba acoplada que gira con el

motor al llegar a 2 bar la presión de dicha bomba, se para la bomba de prelubricación debido a la acción del presostato de prelubricación.

2.9.2Lubricación de los motores auxiliares

Los MM.AA. son de cárter húmedo por lo que el aceite de lubricación se almacena en el cárter de donde aspiran las bombas para la lubricación del motor. Disponen de una electrobomba de engranajes para la prelubricación y una bomba de engranajes acoplada al motor para la lubricación cuando el motor está en marcha. Previamente al arranque del motor, se pone en marcha la bomba de prelubricación; se arranca el motor y es entonces la bomba acoplada la que se encarga de la lubricación del motor haciendo parar automáticamente la bomba de prelubricación. El sistema de lubricación interno de los motores, es tratado en el apartado de MM.AA.



Ilustración 16 – Enfriador de aceite



Ilustración 17 – Bomba de prelubricación

Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 18 – Bombas de lubricación

Ilustración 19 – Filtro dúplex y automático

Fuente: Trabajo de campo.

2.10 Sistema de aire acondicionado



Ilustración 20 - Equipo de aire acondicionado. Fuente: Trabajo de campo.

Para el diseño del sistema de aire acondicionado para las zonas de acomodación del buque se han establecido tres circuitos diferenciados:

- Circuito de agua salada.
- Unidad enfriadora.
- Circuito agua dulce.

Las bombas de agua salada (circuito agua salada) aspiran de la toma de mar y derivan en un colector común que hace circular el agua salada a través del haz tubular del condensador (unidad enfriadora) enfriando de esta manera el gas refrigerante que lo atraviesa cambiándolo de estado para seguidamente volver a estado gaseoso en el evaporador absorbiendo de esta manera el calor procedente del agua dulce (circuito agua dulce). El agua dulce bombeado a través de la unidad enfriadora es distribuido a los diferentes climatizadores de las zonas de acomodación, donde enfría el aire impulsado hacia la habitación.

2.10.1 Circuito de agua salada

El agua salada procedente de la toma de mar es impulsada a través de tres bombas centrífugas, marca AZCUE, caudal 120 m³/h, hacia un colector común que posteriormente la distribuye a los diferentes condensadores de las respectivas unidades enfriadoras. La regulación viene dada por medio de una válvula de salida de agua salada del condensador controlada por un presostato que recibe señal de la presión de descarga del compresor correspondiente. A la salida del intercambiador el agua finaliza en una descarga al costado.

2.10.2 Unidad enfriadora

Podemos dividir la unidad enfriadora en dos circuitos interrelacionados entre sí:

- **Circuito de gas refrigerante R507**

El gas refrigerante es aspirado por el compresor pasando antes a través del filtro, para la retención de impurezas, lo impulsa hacia el separador de aceite donde por decantación parte del aceite del compresor arrastrado por el gas se deposita en la parte baja pasando seguidamente al enfriador de aceite termo-sifón, a su vez el gas refrigerante prosigue el recorrido hacia el condensador donde el R507 cambia de estado al ser enfriado por el agua salada, es acumulado en un recipiente con un visor de nivel para su control, del acumulador sale a los filtros deshidratadores y las válvulas de expansión, el líquido refrigerante pasa al evaporador donde enfría el circuito de agua dulce al cambiar nuevamente el estado a gaseoso, a la salida del evaporador nos

encontramos con sondas de temperatura para la regulación, y regreso a la aspiración del compresor.

- **Circuito de aceite del compresor**

El aceite no sólo lubrica el compresor, sino que además se utiliza para disipar el calor generado en su interior por la compresión, para suministrar un buen sellado entre el rotor principal y el auxiliar durante la compresión del refrigerante y, además, como medio hidráulico para mover el control de capacidad.

2.10.3 Circuito de agua dulce

El control de las unidades enfriadoras y cuadro de bombas se basa en un conjunto de autómatas de marca SIEMENS. El control de cada climatizador se realiza de forma individual por medio de otro controlador.

2.11 Sistema de tratamiento de aguas fecales



Ilustración 21 - Tratamiento Aguas Fecales y calentadores agua sanitaria. Fuente: Trabajo de campo.

El sistema de tratamiento de aguas fecales FACET VTP/0022/0022 comprende una planta de tratamiento de aguas negras y un tanque de aguas grises, separados por un mamparo, cuya función es generar un circuito de vacío en los colectores de las aguas fecales negras y en los de aguas grises, tratamiento de aguas negras según criterios y recomendaciones internacionales, acumular y desinfectar aguas grises y la descarga automática de ambas. El sistema opera a través de:

- Sistema sanitario de generación de vacío EVAC
- Planta de Tratamiento de Aguas Fecales Facet VTP

2.11.1 Sistema sanitario de generación de vacío EVAC

El principio es la utilización del vacío para transportar las aguas residuales desde las lanzas y otros sanitarios a un tanque colector central. Los responsables de la generación de vacío en las tuberías colectoras son los grupos eyector-bomba de vacío, que recirculan las aguas recogidas en la cámara de aireación, atravesando dicho eyector donde debido a su diseño especial se produce el vacío, que aspira a través del circuito las aguas procedentes de los distintos sanitarios del buque. El vacío se mantiene únicamente en las tuberías, manteniéndose el tanque colector a presión atmosférica. Las tazas de los baños son conectadas directamente a la tubería de vacío a través de una válvula de descarga situada en su parte posterior. Los urinarios y duchas se drenan por gravedad a unidades intermedias empleadas como cajas de vacío para aguas grises.

2.11.2 Planta de tratamiento de aguas fecales Facet VTP

En la Planta de Tratamiento de Aguas Fecales Facet VTP/0022/0022 las aguas negras son continuamente tratadas según un proceso de descomposición, decantación desinfección y descarga, que tiene lugar en las cámaras de aireación, decantación y desinfección, separadas por mamparos e interconectados mediante tuberías y descarga automática mediante bombas. Las aguas grises son acumuladas, desinfectadas y descargadas automáticamente mediante las mismas bombas.

2.12 Generadores de agua destilada



Ilustración 22 - Generador agua destilada AQUAMAR AQ-16/20A. Fuente: Trabajo de campo.

Para la obtención de agua desmineralizada en el buque disponemos de dos generadores de agua destilada AQUAMAR AQ-16/20A suministradas por Gefico Enterprise, con capacidad para 16 toneladas/día. El principio de funcionamiento en que se basan estos generadores AD es la destilación simple, operación de separar, mediante vaporización y posterior condensación, los diferentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de las sustancias, siendo este una propiedad intensiva (no varía en función de

la masa o el volumen), que varía en función de la presión, por lo que generaremos vacío en la campana para disminuir la temperatura de ebullición. En esta operación el foco caliente tendrá su origen en el agua procedente del sistema de refrigeración central, a la salida de los motores y antes de la actuación de la termostática.

No se deben utilizar los generadores en zonas donde haya suciedad e impurezas como puertos, estuarios, desembocaduras... debido al alto contenido de sólidos como arena, fangos, conchas... los cuales podrían dañar algunos componentes por la erosión producida, como es el caso de cierres mecánicos, impulsores, tobera y eyector, ocasionando un desgaste excesivamente rápido.

2.13 Separador de sentinas



Ilustración 23 - Separador de aguas aceitosas. Fuente: Trabajo de campo.

Para el cumplimiento de la resolución de la OMI referida a las "Directrices y especificaciones revisadas relativas al equipo de prevención de la contaminación para las sentinas de los espacios de máquinas de los buques" del Comité de Protección del Medio Ambiente Marino, este buque dispone de una unidad separadora de aguas aceitosas con capacidad de succión de 5 m³/h. En caso de necesidad de achicar sentinas con algún contenido de aceite, el sistema de distribución de achique permite la posibilidad de tratamiento por medio del separador de cualquier pocete de la instalación, siempre controlando el nivel de agua aspirado para no romper el vacío existente en la unidad, y la posterior descarga al mar cumpliendo la normativa exigida en ppm y a una distancia de la costa superior a las 12 millas (dato a tener en cuenta debido al trayecto entre islas efectuado por el buque).

3. MOTORES PRINCIPALES

Para el sistema de propulsión se han instalado dos motores Diésel de cuatro tiempos, de émbolo buzo, sobrealimentados, con enfriador de aire, inyección directa y de doce cilindros en V de la casa WARTSILA y de referencia 12V46.

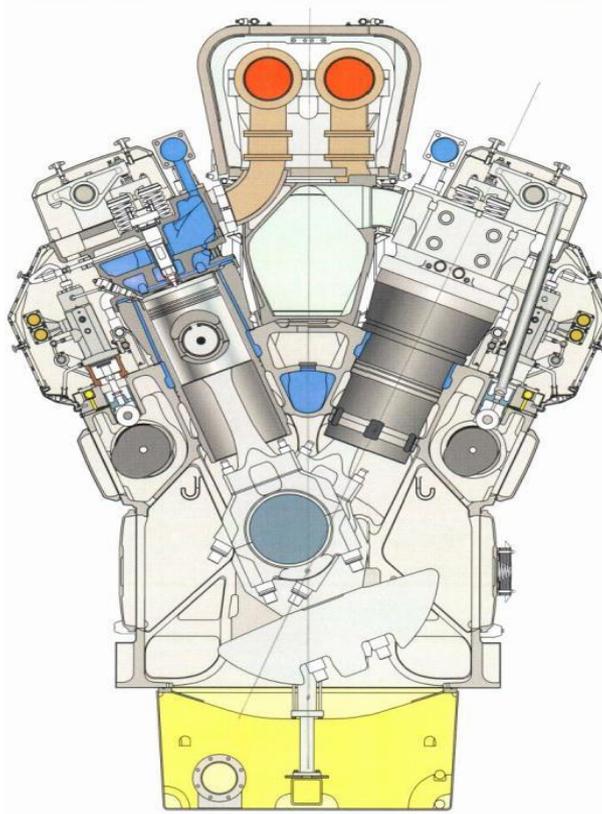


Ilustración 24 - Sección del motor principal. Fuente: Manual del equipo Fuente: Manual del equipo

3.1 Datos del motor

3.1.1 Datos generales de los motores Wärtsilä 12V46

- Diámetro de cilindro 460 mm.
- Carrera 580 mm
- Cilindrada por cilindro 96,4 l
- Potencia por cilindro 975 kW
- N° válvulas admisión por culata 2
- N° válvulas escape por culata 2
- Orden de encendido:
- Motor de babor: A1 B4 A4 B2 A2 B6 A6 B3 A3 B5 A5 B1 (antihorario)
- Motor de estribor: A1 B1 A5 B5 A3 B3 A6 B6 A2 B2 A4 B4 (horario)

3.1.2 Datos técnicos

Denominación	Medida	Valor
Velocidad del motor	r.p.m.	500
Potencia por cilindro	kW	975
Potencia total	kW	11700
Presión efectiva media	MPa	2,49
Sistema de aire de combustible		
Caudal al 100% de carga	Kg/s	25
Tº Max entrada turbocompresor	ºC	45
Tº después del enfriador de aire	ºC	50
Sistema gases de escape		
Caudal al 100% de carga	Kg/s	25,7
Tº después del T/C al 100% de carga	ºC	374
Compresión máxima	kPa	3
Sistema de combustible		
Presión antes de las bombas de inyección	kPa	650-800
Caudal de combustible entrada al motor	m³/h	11,3
Viscosidad del FO en bbas de inyección	cSt	16-24
Viscosidad mínima de DO	cSt	2
Tº máx combustible entrada al motor	ºC	140
Consumo de fuel al 100% de carga	g/kWh	178
Sistema de lubricación		
Presión de aceite entrada cojinetes	kPa	450
Presión máx descarga de la bomba	kPa	800
Temperatura de entrada cojinetes	ºC	56
Capacidad de la bomba	m³/h	308
Volumen del tanque de aceite	m³	17,7
Consumo de aceite al 100% de carga	g/kWh	0,7
Sistema de refrigeración de alta temperatura		
Presión de agua entrada motor	kPa	530
Tº entrada al motor	ºC	74
Tº salida del motor	ºC	90
Tº después del enfriador de aire	ºC	95
Capacidad de la bomba de agua	m³/h	210
Sistema de refrigeración de baja temperatura		
Presión de agua entrada motor	kPa	530
Tº entrada al motor	ºC	38
Capacidad de la bomba de agua	m³/h	210
Sistema aire de arranque		
Presión máxima aire de arranque	kPa	3000
Mínima presión de aire en la botella	kPa	1800
Consumo aire arranque manual	Nm³	12
Consumo de aire sin giro lento	Nm³	15

Ilustración 25 - Datos del motor. Fuente: Manual del equipo

3.1.3 Rango de trabajo

Por debajo de la velocidad nominal del motor, la carga debe limitarse en orden de mantener los parámetros de operación del motor dentro de unos límites aceptables. Los motores con hélices de paso variable, tienen generalmente un acoplamiento elástico, el cual restringe el rango de velocidad disponible. El momento de torsión al embragar y el arrastre de las bombas acopladas son otros factores que pueden limitar el rango de velocidad.

Un sistema automático de control de carga es necesario para proteger el motor de las sobrecargas. El control de carga reduce el paso de la hélice automáticamente.

3.2 Elementos del motor

3.2.1 Bloque del motor

El bloque del motor está fabricado en fundición nodular de una sola pieza para todos los cilindros, tiene un diseño que le da mucha rigidez y gran resistencia para absorber los esfuerzos internos. Las tuberías de agua de refrigeración de las camisas están integradas en el bloque. Las tapas del cárter van atornilladas al bloque por medio de cuatro tornillos, las tapas del lado de babor están provistas de válvula de seguridad. El cárter también está provisto de una tubería de venteo. La bandeja del cárter es de acero soldada y está montada en la parte baja del motor y sellada con juntas tóricas. El motor es de cárter seco y distribuye la tubería para el aceite de lubricación. El cárter drena por los dos extremos a un tanque de aceite.

3.2.2 Cigüeñal

El cigüeñal está forjado en una sola pieza y su diseño le confiere gran fiabilidad y una baja carga a los cojinetes y alcanza una alta rigidez axial y torsional; está provisto de contrapesos, sujetos mediante pernos con apriete hidráulico y de conductos para el paso del aceite de lubricación de las muñequillas de bancada a las muñequillas de biela. El alto grado de equilibrio hace que se forme una película de aceite más gruesa y uniforme en todos los cojinetes. En el extremo del volante, va provisto de una chumacera de empuje y un engranaje que mueve el eje de levas.

3.2.3 Cojinetes de bancada

Las tapas de los cojinetes de bancada que soportan el cigüeñal suspendido están sujetas al bloque del motor mediante cuatro tornillos de apriete hidráulico, dos desde la parte inferior y dos horizontales. Unos gatos hidráulicos apoyados en la bandeja del cárter, facilitan la labor desmontaje y montaje de los cojinetes de bancada. Los casquillos de los cojinetes son del tipo tri-metálico.

Todos los cojinetes están dotados de sensores de temperatura.

3.2.4 Camisa

Las camisas del motor están fabricadas en fundición centrífuga y diseñadas con un collar rígido, de gran espesor y alto para minimizar las deformaciones. Con un diámetro interior libre de deformaciones en combinación con materiales resistentes al desgaste y una buena lubricación, proporcionan unas óptimas condiciones de trabajo para el pistón y los aros y reduce el desgaste. El material de la camisa es de una fundición especial aleada, desarrollada para tener una alta resistencia al desgaste. Con un preciso posicionado longitudinal de los taladros para el agua de refrigeración, se consigue controlar la temperatura del agua de forma precisa. El espacio de agua de refrigeración entre el bloque y las camisas, está sellado mediante doble junta tórica.

3.2.5 Conjunto Biela-pistón

Las bielas se han diseñado en tres piezas, lo cual hace posible poder desmontar un pistón sin desmontar el cojinete de cabeza de biela y tras largas investigaciones se ha desarrollado una biela en la que las fuerzas que actúan durante la combustión se reparten en toda la superficie del cojinete del cigüeñal. Disponen de un orificio longitudinal desde la cabeza al pie para lubricación. Las bielas son de aleación de acero forjado y están mecanizadas con secciones redondeadas. Todos los tornillos de biela se aprietan con herramienta hidráulica.

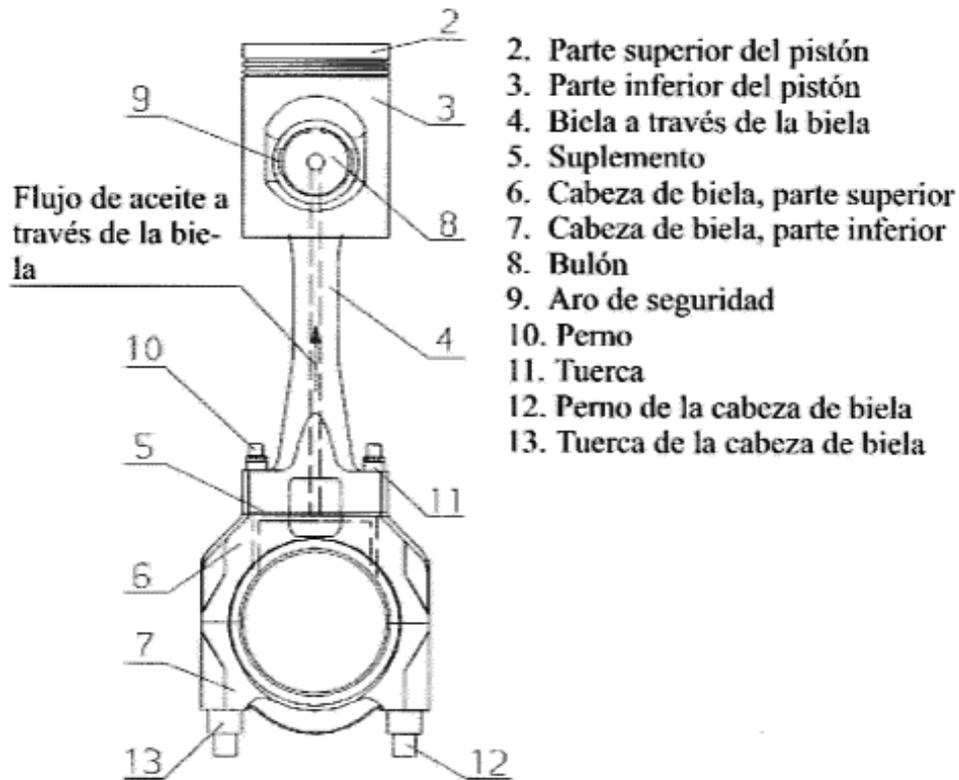


Ilustración 26 - Conjunto biela-pistón. Fuente: Manual del equipo.

3.2.6 Eje de levas y accionamiento de las válvulas

El eje de levas está construido por secciones cilíndricas que incorporan las levas para cada cilindro y un cojinete liso a cada extremo. Las distintas secciones del eje de levas están unidas mediante conexiones bridadas y van desfasadas con el ángulo correspondiente; esto hace posible desmontar cada sección del eje individualmente. Cada sección del eje está forjada con sus tres levas (inyección, escape y admisión) y los cojinetes lisos en una sola pieza; la superficie de deslizamiento de las levas está endurecidas por tratamiento y los cojinetes lisos endurecidos por inducción; los casquillos de los cojinetes lisos están integrados en el bloque del motor y son completamente cerrados y se desmontan por medio de una herramienta hidráulica.

3.2.7 Culata

El agua de refrigeración de la culata entra por los orificios que tiene en la parte inferior por todo el perímetro y sale por la parte superior a un colector general. La culata está provista de dos válvulas de admisión, dos válvulas de escape, un inyector, una válvula de arranque (solo bancada A), una válvula de seguridad y una purga.

3.2.8 Válvulas de admisión y escape

El mecanismo de las válvulas integra en la culata las guías de válvula, y el asiento de las válvulas de admisión. También posee un sistema rotatorio llamado Rotocap (23), para las válvulas de escape y la admisión, que asegura mayor suavidad y uniformidad en el desgaste de las válvulas. El doble sistema de muelles para cada válvula (26) hace que el mecanismo de la válvula sea más estable. Las válvulas de admisión están recubiertas de estellite y tienen los vástagos cromados. Los aros de asiento de las válvulas son recambiables, y están fabricadas en una aleación de hierro fundido. Las válvulas de escape se sellan contra los aros del asiento de la válvula que se refrigeran directamente. Las válvulas están fabricadas en Nimonic para el caso los motores que utilizan HFO, como es el caso de los motores que nos ocupa.

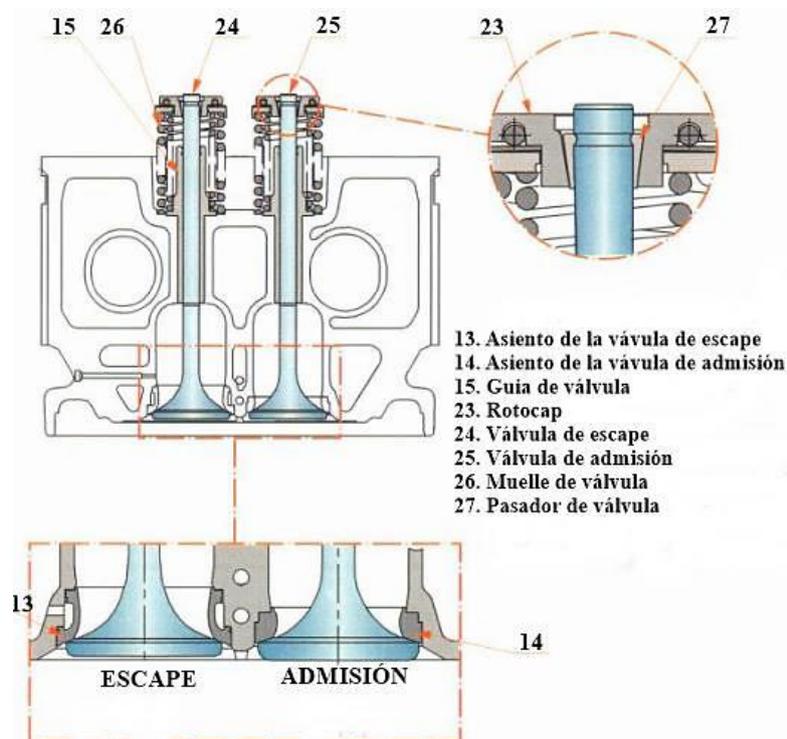


Ilustración 27 - Sección culata con válvulas de admisión y escape. Fuente: Manual del equipo.

3.2.9 Bombas acopladas

El motor dispone para el agua de refrigeración de AT y BT y para el aceite de lubricación de bombas acopladas que son accionadas por el cigüeñal a través de un mecanismo de engranajes que tiene en el extremo libre.



Ilustración 28 - Bombas acopladas de aceite, agua BT y agua AT. Fuente: Trabajo de campo.

3.2.10 Sistema de lubricación

El motor es de cárter seco, por lo que el aceite después de lubricar el motor cae al cárter y se conduce por medio de dos salidas; una a cada extremo del cárter a un tanque de aceite para posterior tratamiento. La bomba de aceite es de tornillo, está acoplada al motor e incorpora una válvula reguladora de presión. La bomba aspira el aceite de un tanque y lo envía al enfriador de aceite y posteriormente a la tubería de distribución del motor que se encuentra en la parte inferior del cárter, desde esta tubería a través de conductos pasa a los cojinetes de apoyo, al cigüeñal, a los cojinetes de biela y a los pistones a través de la biela y desde los pistones a través de unos conductos a las camisas; cayendo al cárter y de ahí al tanque.

3.2.11 Sistema de combustible

El combustible procedente de los módulos de preparación entra al colector de alimentación de las bombas por la conexión 101 y de las bombas pasa al colector de retorno que lo envía al módulo de preparación a través de una válvula (03) que regula la presión del combustible y sale por la conexión 102; las bombas envían el combustible a alta presión a los inyectores que lo introducen pulverizado en la cámara de combustión.

La cremallera gobernada por el dispositivo de velocidad regula la cantidad de combustible que las bombas envían a los inyectores.

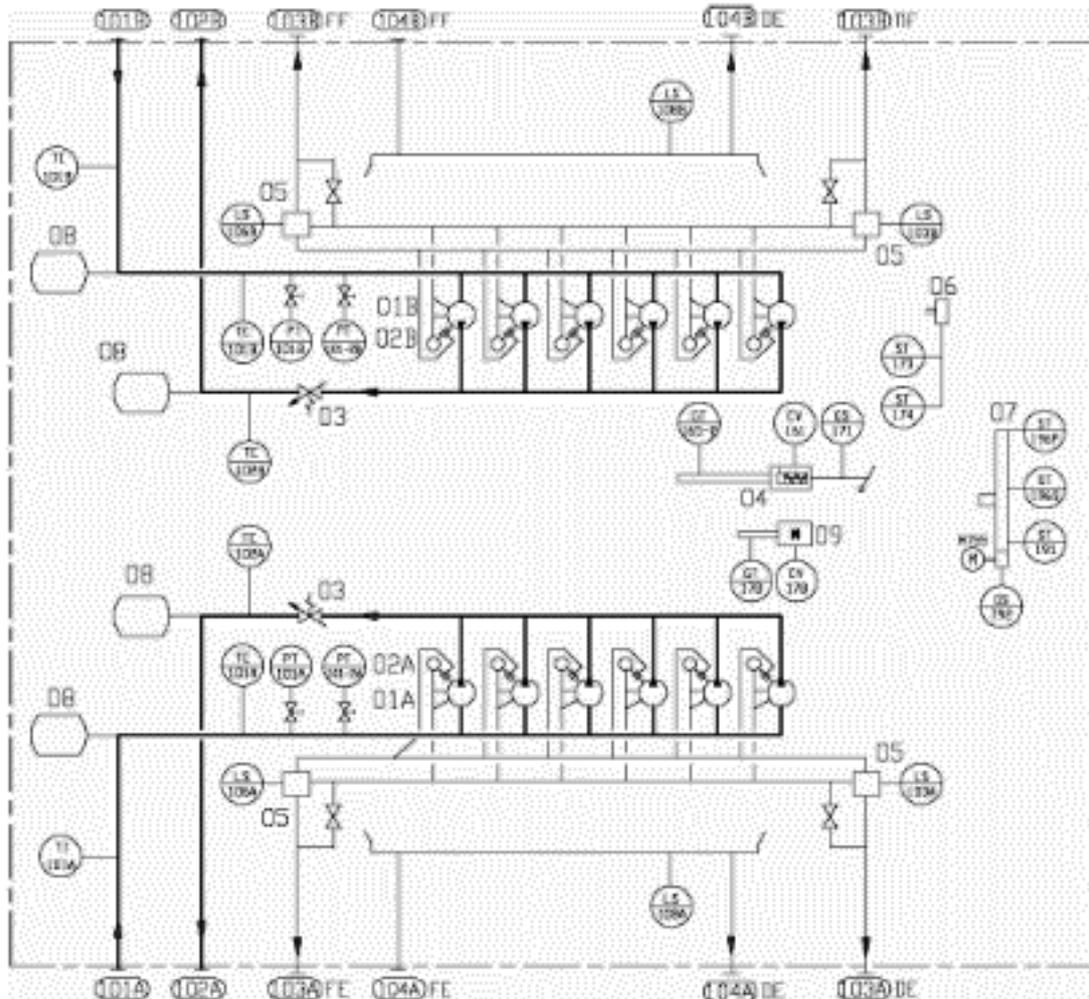


Ilustración 29 - Distribución del sistema de combustible interno. Fuente: Manual del equipo.

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1- Bomba de inyección | 6- Árbol de levas |
| 2- Válvula de inyección | 7- Volante |
| 3- Válvula reguladora de presión | 8- Amortiguador |
| 4- Regulador cremallera | 9- Temporizador cremallera |
| 5- Colector fugas de fuel | |
| 101- Entrada de combustible | 102 Retorno combustible |
| 102- Salida fugas combustible limpio | 104 Salida fugas combustible sucio |

3.2.12 Bombas de inyección e inyectores

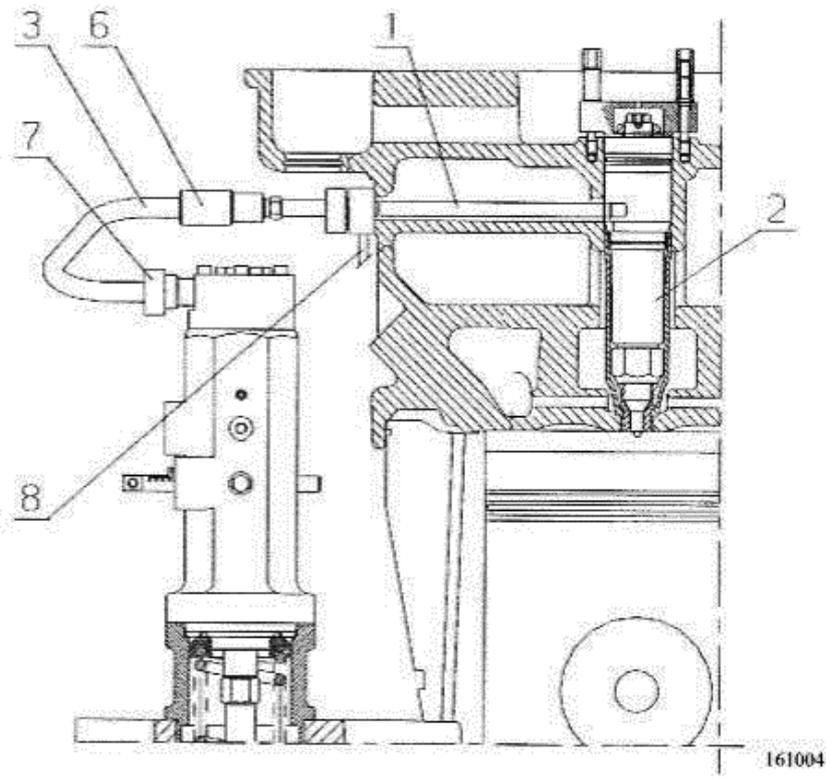


Ilustración 30 - Bomba de inyección e inyector. Fuente: Manual del equipo.

Las bombas de inyección son monocilíndricas, el caudal se varía mediante la cremallera que hace girar el pistón y en su carrera impulsa una cantidad de combustible en función del giro del pistón. En la impulsión, la bomba dispone de una válvula de salida principal que es una válvula de retención para evitar que los picos de alta presión provenientes de la línea de inyección lleguen a la cámara de la bomba y una válvula de presión constante para estabilizar los picos de presión en el tubo del inyector y evitar que la tobera del inyector derrame combustible.

La bomba impulsa el combustible a través del tubo (3) y el conducto (1) que se unen con los conectores (6) y (7) hacia el inyector (2) que por alta presión hace abrir la tobera que pulveriza el combustible en la cámara de combustión.

3.2.13 Sistema de refrigeración

El motor está refrigerado por un circuito cerrado de agua dulce que se divide en dos; circuito de alta temperatura (AT) y circuito de baja temperatura (BT)

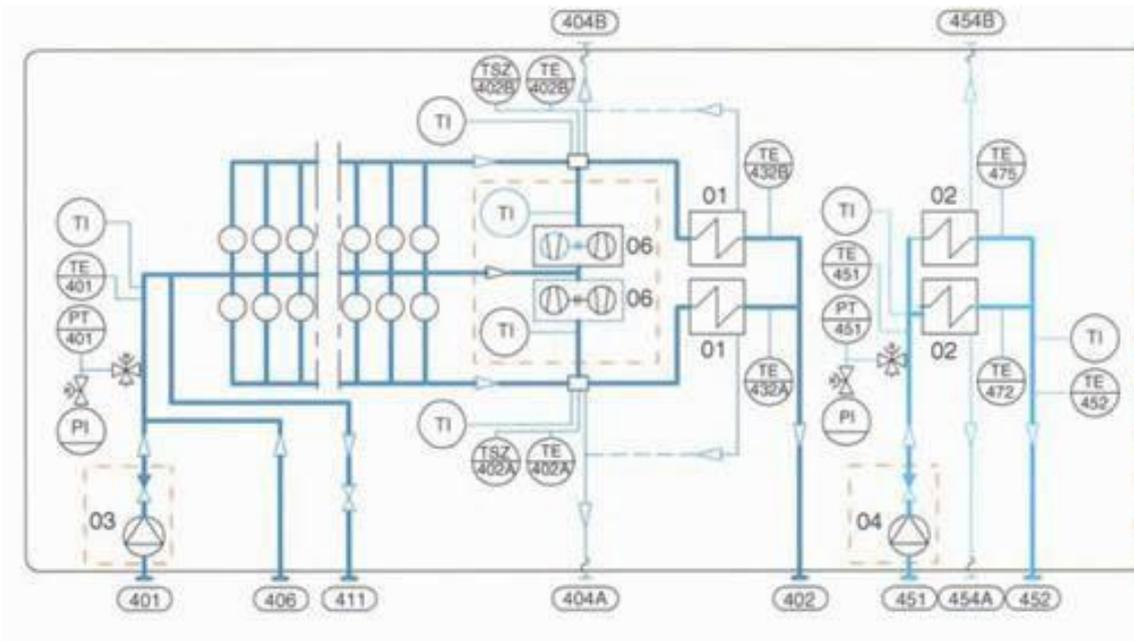


Ilustración 31 - Circuito interno de agua de refrigeración. Fuente: Manual del equipo

01- Enfriador aire AT T/C	401- Entrada agua AT
02- Enfriador aire BT T/C	402- Salida agua AT
03- Bomba agua acoplada AT	451- Entrada agua BT
4- Bomba agua acoplada BT	452- Entrada agua AT
6- Turbocompresor (T/C)	404- Venteo
411- Drenaje	454- Venteo

3.2.14 Circuito de alta temperatura

El circuito de AT enfría las camisas, las culatas el aire de carga y el turbocompresor. Desde la bomba el agua es impulsada hacia el colector de entrada que está fundido en el bloque refrigerando las camisas y a través de los orificios de las mismas, pasa a las culatas, en las culatas el agua refrigera las paredes, alrededor de las válvulas y los asientos de las válvulas de escape y la camisa del inyector de combustible. Desde la culata el agua fluye por la parte alta hacia el colector de salida y enfría la primera etapa del enfriador de aire del turbocompresor. Paralelamente al colector de entrada de agua pasa la tubería que refrigera la carcasa de la turbina de gases.

3.2.15 Circuito de baja temperatura

El circuito de baja temperatura enfría la segunda etapa del aire de carga y el aceite de lubricación. El agua de BT impulsada por la bomba, pasa primero a la segunda etapa del enfriador de aire de carga y a continuación se dirige al enfriador de aceite a través de la válvula de control de temperatura. Los venteos de los dos circuitos están conectados a la parte alta del tanque de venteo y desde la parte baja del tanque se conectan los tubos de expansión a las aspiraciones de la bomba de circulación. El agua de refrigeración deberá ser tratada para evitar los depósitos y la corrosión.

3.2.16 Bombas de agua

Las bombas de agua son centrifugas y están accionadas por el mecanismo de engranajes en el extremo libre del motor. Los ejes son de acero resistentes a los ácidos y los demás componentes principales son de fundición de hierro.

3.2.17 Sistema de aire de arranque

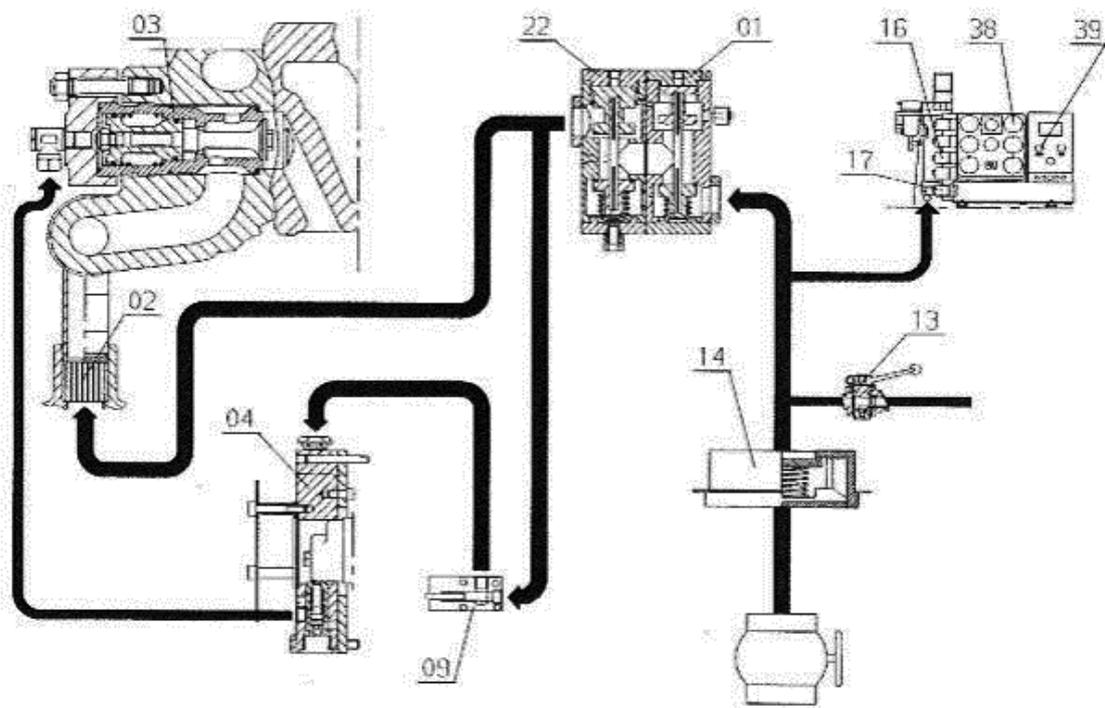


Ilustración 32 - Sistema de aire de arranque. Fuente: Manual del equipo

El motor se arranca con aire comprimido a presión máxima de 30 bar y la presión mínima requerida es de 15 bar. La válvula de arranque principal (01) es de un diseño especial e incorpora una válvula de estrangulamiento para la secuencia de giro lento, previo al arranque. Un manómetro (38) montado en el panel de instrumentos nos indica la presión de aire antes de la válvula principal de arranque. La tubería de aire viene equipada con una válvula anti-retorno (14) y una de descarga (13) instaladas antes de la válvula principal de arranque (01).

La válvula principal de arranque se acciona neumáticamente por medio de las válvulas solenoide. Se activa al presionar el pulsador de arranque (39) en el panel local de instrumentos a activando los solenoides de control remoto. Al abrir la válvula principal de arranque el aire entra en la válvula de giro lento y pasa a través de los apagachispas (2) hacia las válvulas de arranque que están en las culatas (solo bancada A). Por una derivación en la tubería también pasa aire a través de la válvula del virador (09) hacia el distribuidor de arranque; acoplado al eje de levas; y desde el distribuidor a las válvulas de arranque controlando la secuencia y el momento de apertura de las mismas. El giro lento se activa automáticamente.

3.2.18 Sistema de exhaustación

3.2.18.1 Sistema de exhaustación interno



Ilustración 33 - Colector de gases de escape. Fuente: Trabajo de campo.

El sistema de gases de escape SPEX es una combinación del sistema de pulsos y el sistema de presión constante. Los gases de escape provenientes de cada cilindro son conducidos a un colector de escapes común conectado a dos turbocompresores. Las secciones de los tubos disponen de dilatadores en ambos extremos para evitar la deformación térmica.

Todo el sistema de escapes incluye una caja de aislamiento de paneles de acero con relleno aislante montado de modo flexible a la estructura del motor. La caja de aislamiento está montada sobre elementos flexibles para amortiguar las vibraciones y proteger así el aislamiento.

3.2.18.2 Sistema de exhaustación externo

La tubería de gases de escape del sistema externo se montará de forma que los tramos sean lo más cortos y rectos posibles. En los codos y los dilatadores de expansión se fabricarán de forma que produzcan la menor pérdida de carga posible. El diámetro del tubo de escape deberá ser de mayor diámetro que la salida del turbo-compresor.

3.2.19 Sobrealimentación y refrigeración del aire

El motor está equipado con un turbo-compresor de turbina axial y un enfriador de aire situado en el extremo de accionamiento del motor. El turbo-compresor está accionado por los gases de escape que provienen de los cilindros a través de las válvulas de escape. El compresor gira con la turbina y mete el aire a una presión mayor que la atmosférica. El aire se calienta en el compresor y pasa por el enfriador y pasa al colector de aire y a los cilindros a través de las válvulas de admisión.

El turbo-compresor está equipado con un sistema de limpieza tanto para la turbina como para el compresor.

4. SISTEMA DE REDUCCIÓN Y EJES PROPULSORES

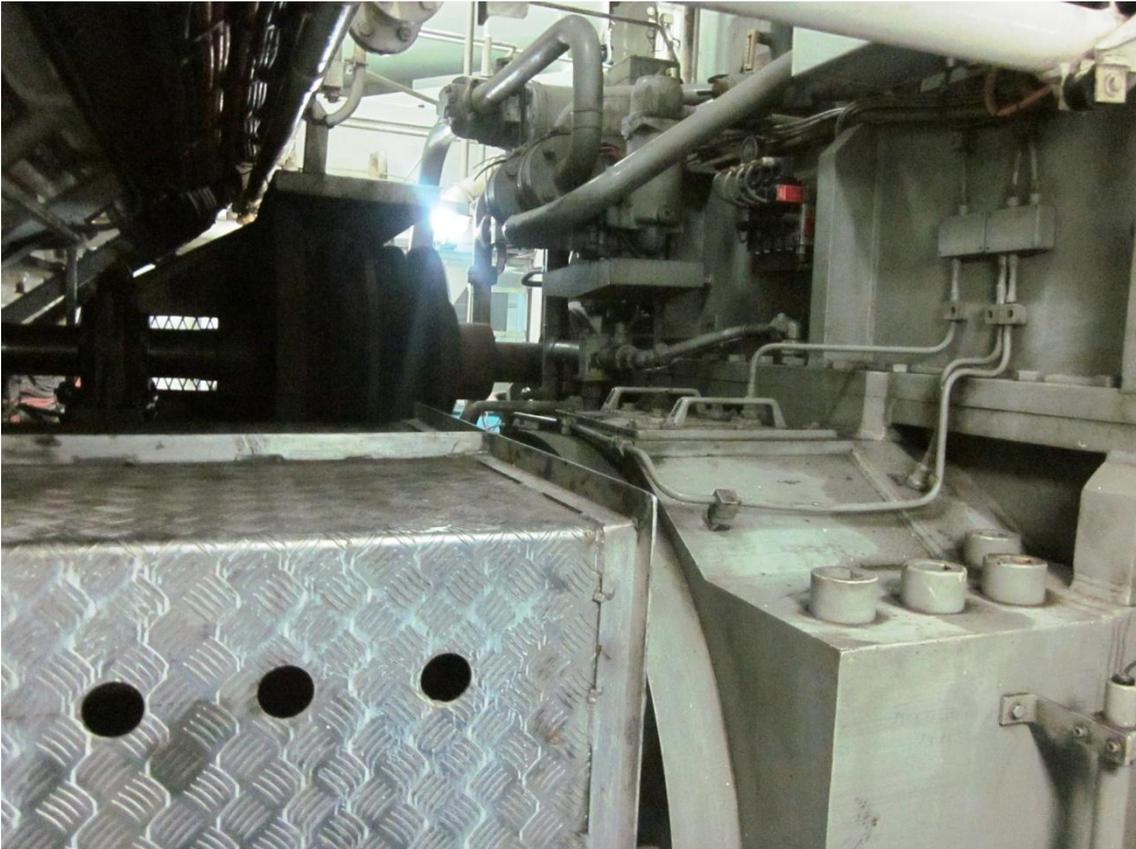


Ilustración 34 - Reductora MP babor. Fuente: Trabajo de campo.

4.1 Reductora Reintjes SVA 1200

Los reductores son de escalón horizontal y reducción simple. Los ejes de entrada y salida van apoyados sobre cojinetes antifricción, y el de la toma de fuerza, sobre rodamientos. Para absorber el empuje de la hélice, en dicho lado va instalada una chumacera de empuje axial con segmentos de presión basculantes y autoajustables. Para asegurar el funcionamiento sin averías en el equipo propulsor ha de efectuarse una alineación exacta con respecto al motor.

El motor y la reductora se unen a través de un acoplamiento elástico para evitar que se transmitan las revoluciones torsionales entre ambos.

El sistema hidráulico se compone de los siguientes elementos:

- Bomba de aceite del reductor
- Bomba de aceite de reserva eléctrica
- Filtro de aceite
- Intercambiador de calor
- Válvula limitadora de presión
- Sistema de engrase

4.2 Hélices propulsoras KAMEWA

Para la propulsión, el buque dispone de un sistema de hélice de paso variable KAMEWA.

4.2.1 Descripción de hélice KAMEWA

La característica de una hélice de paso controlable Kamewa es que las palas de la hélice pueden ser giradas sobre su propio eje. El eje de la pala es perpendicular al eje de la hélice. Las palas de la hélice pueden ser controladas desde el puente y/o cámara de máquinas. Las palas giran simultáneamente por medio de un mecanismo mecanohidráulico en el núcleo de la hélice.

La variedad de giro angular permite que la pala sea ajustada progresivamente a cualquier paso entre avante toda y atrás toda, lo que hace innecesario invertir el giro del eje de la hélice cuando va hacia atrás.

El paso controlable de las palas de la hélice también quiere decir que la hélice puede ser ajustada para utilizar hasta el 100% de la potencia propulsora, bajo condiciones en que una hélice de paso fijo podría sobrecargar el motor principal. La sobrecarga siempre necesitará una reducción de la velocidad y potencia del motor.

- **Maniobra**

Ya que la hélice de paso controlable es maniobrada girando las palas de la hélice al tiempo que se mantiene el sentido de rotación de la hélice, no es necesario parar el motor para invertir. Esto proporciona una operación más rápida, mejor respuesta de maniobra y mejora la economía operativa.

Cambiar el ángulo de las palas de la hélice, da como resultado una relación de rendimiento ligeramente inferior respecto de una hélice de paso fijo cuando va marcha atrás. Sin embargo, esto se ve más que compensado por la ventaja de mantener la velocidad del motor y hacer un uso total de la potencia propulsora con una hélice de paso controlable. En una emergencia, por ejemplo, la distancia de parada y tiempo de parada son mucho más cortos que con una hélice de paso fijo.

Esta instalación de hélice de paso controlable Kamewa, se compone de:

- Sistema electrónico de maniobra con paso de hélice combinado y control de velocidad del motor con control de carga integrada de motor principal.
- Central hidráulica con bombas y válvulas.
- Distribuidor rotativo de flujo de aceite hidráulico para el cilindro del núcleo.
- Ejes, acoplamientos y disposición de tubo concéntrico.
- Hélice con unidad de ajuste de paso servo controlado incorporada.
- Disposición de realimentación proporcionando posición de ajuste de paso en núcleo de la hélice.

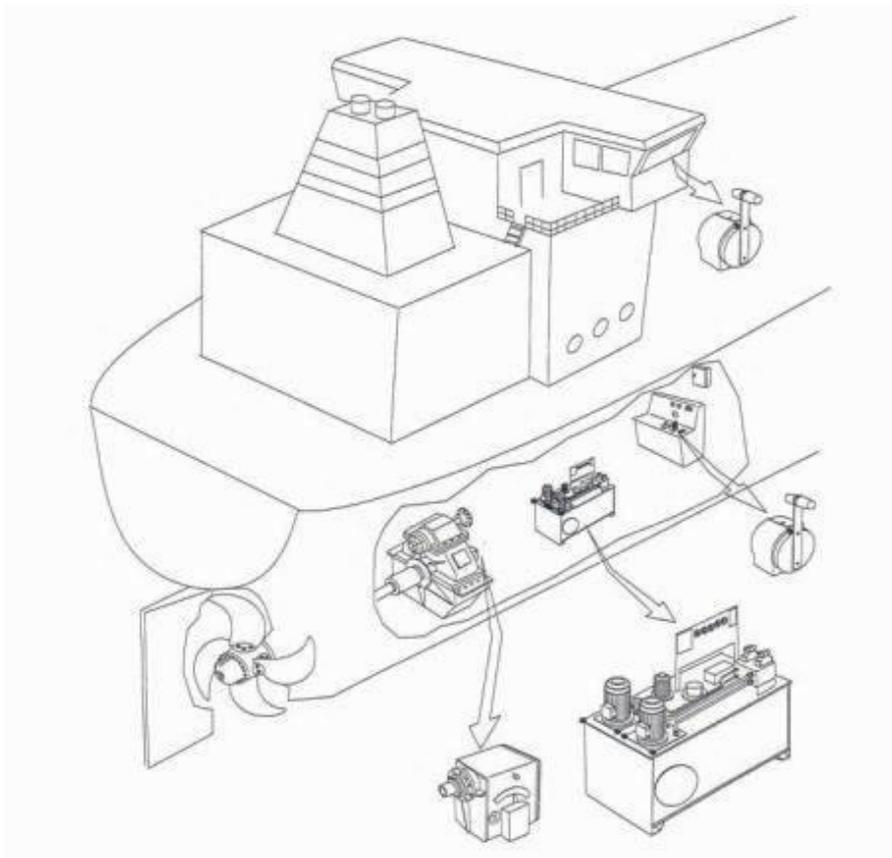


Ilustración 35 - Componentes del sistema kamewa. Fuente: Manual del equipo

5. MOTORES AUXILIARES

Para la producción de energía eléctrica el barco dispone de dos motores Diésel de cuatro tiempos, émbolo buzo, inyección directa, sobrealimentados y con enfriador de aire de carga, de seis cilindros en línea de la casa WARTSILA y de referencia 6L20, los cuales mueven sendos alternadores de 1350 KVA.

5.1 Datos del motor

5.1.1 Datos generales de los motores Wärtsilä 6L20

Diámetro de cilindro	200 mm.
Carrera	280 mm
Cilindrada por cilindro	8,8 l
Potencia por cilindro	200 kW
Nº válvulas admisión por culata	2
Nº válvulas escape por culata	2
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4

5.1.2 Datos Técnicos

Denominación	Medida	Valor
Velocidad del motor	r.p.m.	1000
Potencia por cilindro	kW	200
Potencia total	kW	1200
Presión efectiva media	MPa	2,73
Sistema de aire de combustible		
Caudal al 100% de carga	Kg/s	2,31
Tª Max entrada turbocompresor	°C	45
Tª después del enfriador de aire	°C	50...70
Sistema gases de escape		
Caudal al 100% de carga	Kg/s	2,38
Tª después del T/C al 100% de carga	°C	355
Compresión máxima	kPa	5
Sistema de combustible		
Presión antes de las bombas de inyección	kPa	700
Caudal de combustible entrada al motor	m³/h	1,49
Viscosidad del FO en bbas de inyección	cSt	16-24
Viscosidad mínima de DO	cSt	1,8
Tª máx combustible entrada al motor	°C	140
Consumo de fuel al 100% de carga	g/kWh	192
Sistema de lubricación		
Presión de aceite entrada cojinetes	kPa	450
Presión máx descarga de la bomba	kPa	800
Temperatura de entrada cojinetes	°C	56
Capacidad de la bomba	m³/h	48
Volumen del tanque de aceite	m³	1,6
Consumo de aceite al 100% de carga	g/kWh	0,5
Sistema de refrigeración de alta temperatura		
Presión de agua entrada motor	kPa	350
Tª entrada al motor	°C	83
Tª salida del motor	°C	91
Capacidad de la bomba de agua	m³/h	30
Sistema de refrigeración de baja temperatura		
Presión de agua entrada motor	kPa	350
Tª entrada al motor	°C	38
Capacidad de la bomba de agua	m³/h	36
Sistema aire de arranque		
Presión máxima aire de arranque	kPa	3000
Mínima presión de aire en la botella	kPa	1800
Consumo aire arranque manual	Nm³	0,4

Ilustración 36 - Datos del motor auxiliar. Fuente: Manual del equipo

5.2 Diseño del motor

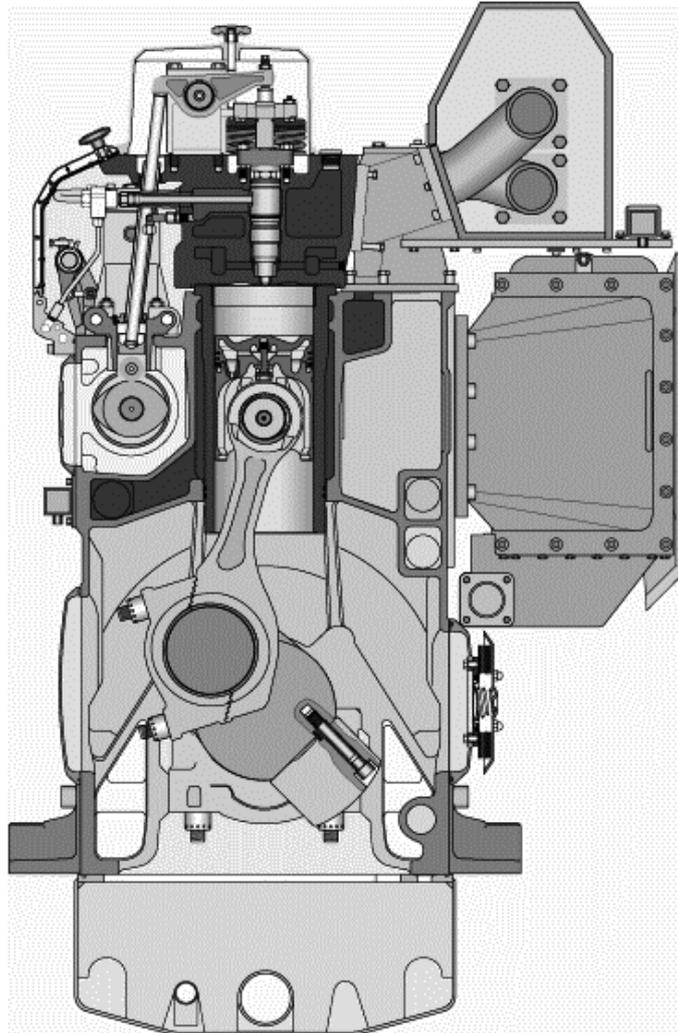


Ilustración 37 - Sección del motor. Fuente: Manual del equipo.

5.2.1 Bloque del motor

El bloque del motor está fabricado en fundición de una sola pieza para todos los cilindros. Las tuberías de agua de refrigeración de las camisas y las tuberías de lubricación están integradas en el bloque.

La bandeja del cárter es de acero soldada y está montada en la parte baja del motor y sellada con juntas tóricas. El motor es de cárter húmedo y es de dicho cárter donde se distribuye la tubería para el aceite de lubricación.

5.2.2 Cigüeñal

El cigüeñal está forjado en una sola pieza; está provisto de contrapesos, sujetos mediante pernos con apriete hidráulico y de conductos para el paso del aceite de lubricación de las muñequillas de bancada a las muñequillas de biela. El alto grado de equilibrio hace que se forme una película de aceite más gruesa y uniforme en todos los cojinetes.

5.2.3 Cojinetes de bancada

Las tapas de los cojinetes de bancada que soportan el cigüeñal suspendido, están sujetas al bloque del motor mediante cuatro tornillos de apriete hidráulico, dos desde la parte inferior y dos horizontales. Los casquillos de los cojinetes son del tipo bimetálico.

5.2.4 Camisas

Las camisas del motor están fabricadas en fundición gris aleada especial centrifugada lo que le proporciona una buena resistencia al desgaste y una elevada rigidez. Son de tipo húmedas y se sellan contra el bloque con un aro metálico en la parte superior y junta tórica por la parte inferior. Para prevenir el desgaste, las camisas van equipadas con un aro anti-desgaste.

5.2.5 Conjunto biela-pistón

Las bielas están formadas por dos piezas; son de aleación de acero forjado y están mecanizadas. Todos los tornillos de biela se aprietan con herramienta hidráulica. Los pistones están formados por dos piezas, una faldilla de fundición nodular y una corona de acero forjado que van atornilladas entre sí. El aceite de lubricación pasa a través de los orificios practicados en el cigüeñal a los cojinetes de cabeza de biela y a través del orificio de la biela al bulón, faldilla y refrigera la corona. El aceite de lubricación llega a la faldilla con suficiente presión para garantizar una excelente lubricación de la camisa. Las ranuras de alojamiento de los aros se han endurecido para soportar el desgaste. El juego de aros del pistón está formado por dos aros de compresión y un aro rascador de aceite cargado con un muelle. Todos los aros tienen un revestimiento de cromo para hacerlos resistentes al desgaste.

5.2.6 Culatas

El material de la culata del motor es de fundición de alta calidad y tiene un diseño de caja rígida cuadrada y en las cuatro esquinas lleva los espárragos de apriete hidráulico que garantizan el cierre de la culata contra el bloque del motor y hacen que el mantenimiento de la culata sea más sencillo. La circulación del agua de refrigeración va desde la periferia hacia dentro refrigerando los asientos de las válvulas de escape y sale por la parte superior a un colector común. Las culatas están equipadas con dos válvulas de admisión, dos válvulas de escape, un inyector, una válvula de seguridad y una válvula de purga.

5.2.7 Válvulas de admisión y escape

El mecanismo de las válvulas integra en la culata las guías de válvula, y el asiento de las válvulas de admisión. También posee un sistema rotatorio llamado Rotocap, para las válvulas de escape y la admisión, que asegura mayor suavidad y uniformidad en el desgaste de las válvulas. El doble sistema de muelles para cada válvula hace que el mecanismo de la válvula sea más estable. Las válvulas de admisión están recubiertas de estellite y tienen los vástagos cromados. Los aros de asiento de las válvulas son recambiables, y están fabricadas en una aleación de hierro fundido. Las válvulas de escape se sellan contra los aros del asiento de la válvula que se refrigeran directamente. Las válvulas están fabricadas en Nimonic para el caso los motores que utilizan HFO, como es el caso de los motores que nos ocupa.

5.2.8 Eje de levas y accionamiento de válvulas

El eje de levas está construido por secciones cilíndricas que incorporan las levas para cada cilindro y un cojinete liso a cada extremo, las distintas secciones del eje de levas están unidas mediante conexiones bridadas y van desfasadas con el ángulo correspondiente; esto hace posible desmontar cada sección del eje individualmente. Cada sección del eje está forjada con sus tres levas (inyección, escape y admisión) y los cojinetes lisos en una sola pieza; la superficie de deslizamiento de las levas está endurecidas por tratamiento y los cojinetes lisos endurecidos por inducción; los casquillos de los cojinetes lisos están integrados en el bloque del motor y son completamente cerrados y se desmontan por medio de una herramienta hidráulica. El

eje de levas es accionado por el cigüeñal a través de un engranaje que tiene en el extremo del volante y gira a la mitad de vueltas que el cigüeñal; el extremo del eje se apoya sobre un cojinete axial. En el otro extremo, el eje de levas incorpora un amortiguador de vibraciones.

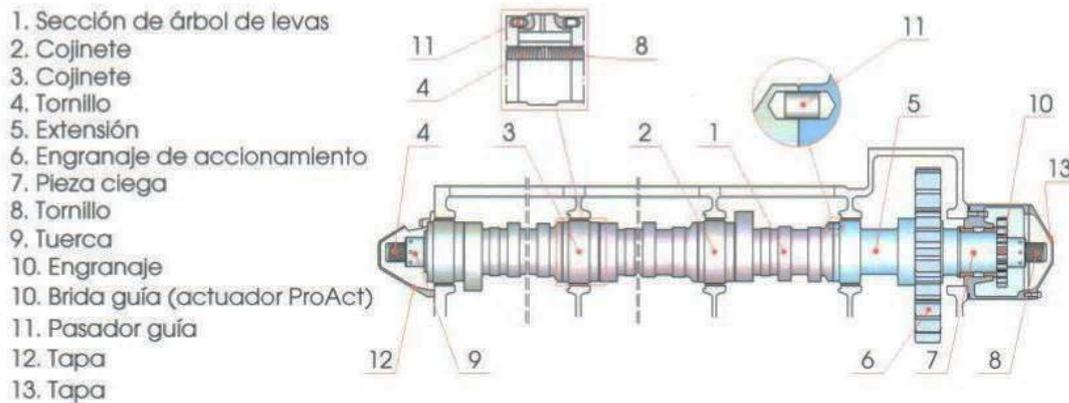


Ilustración 38 - Detalle de eje de levas. Fuente: Manual del equipo.

El accionamiento de las válvulas está formado por una guía de rodillo del tipo de pistón, empujador con los extremos cóncavos, un balancín de fundición nodular que pivota sobre un eje y una horquilla que se desliza guiada por un vástago. La guía de rodillo se mueve siguiendo el perfil de la leva y transfiere el movimiento a través del empujador al balancín. El balancín acciona las válvulas por medio de la horquilla. La lubricación de todo el conjunto se realiza a través de tuberías desde el sistema de lubricación del motor.

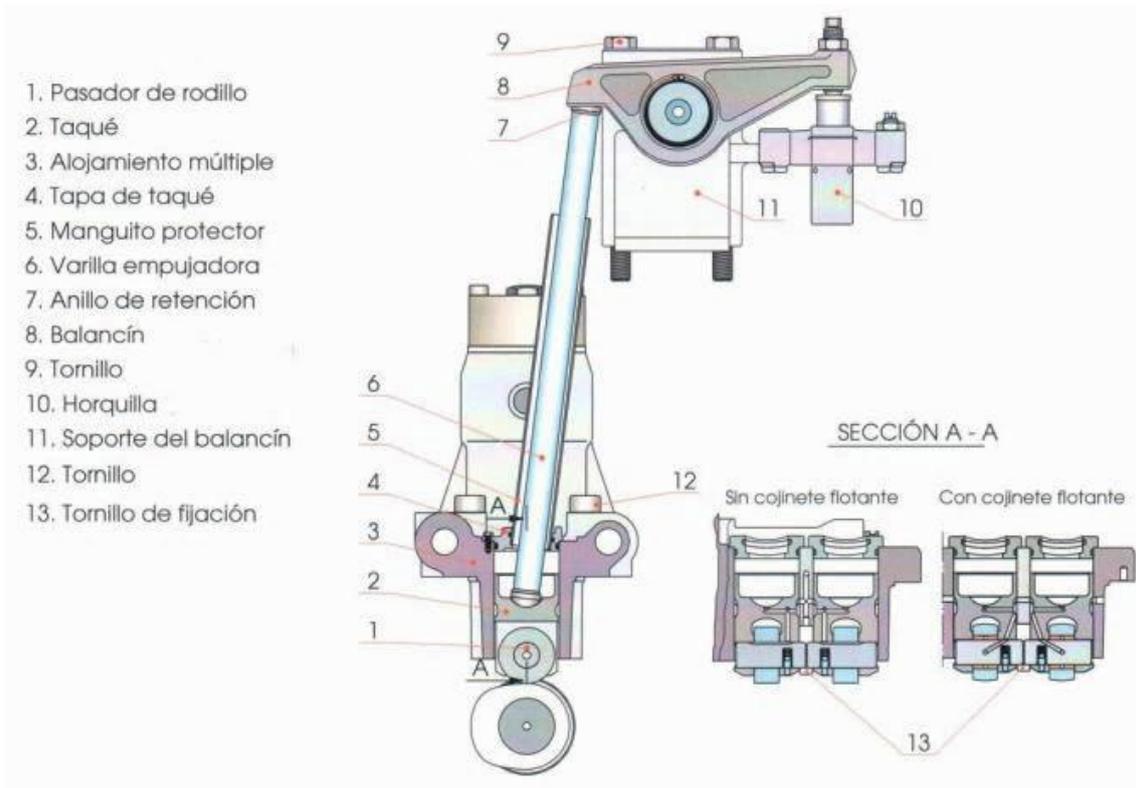


Ilustración 39 - Detalle accionamiento de las válvulas de admisión y escape. Fuente: Manual del equipo

5.2.9 Bombas acopladas

En el extremo libre, el motor acciona por medio de engranajes, las bombas de agua de AT, de BT y de lubricación.



Ilustración 40 - Bombas acopladas de aceite, agua de BT y agua de AT. Fuente: Trabajo de campo.

5.2.10 Sistema de lubricación

Previo al arranque del motor, se pondrá en marcha la bomba de prelubricación que aspira el aceite desde el cárter con el fin de mantener todo el circuito con aceite. Una vez puesto en marcha el motor, la bomba acoplada aspirará a su vez del cárter enviando el aceite al circuito de motor y la bomba de prelubricación parará automáticamente cuando la presión de aceite alcance el valor establecido.

5.2.11 Sistema de agua de refrigeración

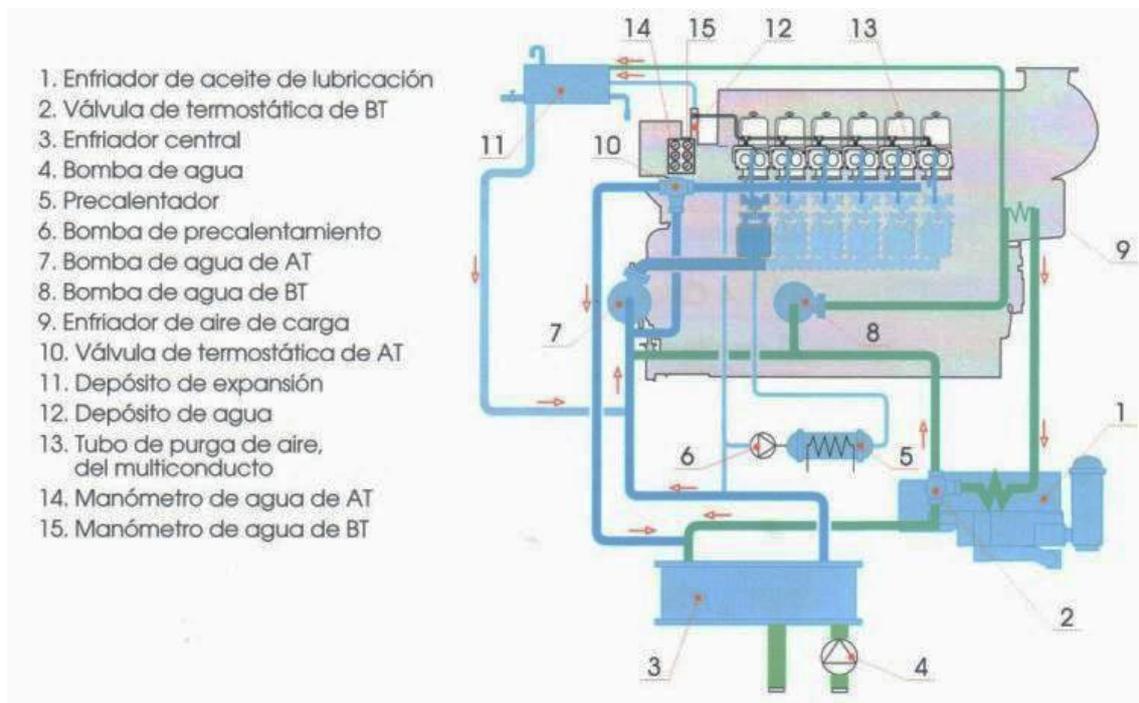


Ilustración 41 -Sistema de agua de refrigeración. Fuente: Manual del equipo

El sistema está dividido en dos partes; el circuito de AT y el circuito de BT. El circuito de AT enfría el bloque del motor, las camisas y las culatas y el circuito de baja temperatura enfría el aire de sobrealimentación y el aceite. Dos válvulas termostáticas regulan las temperaturas de ambos circuitos. Las bombas de los dos circuitos son bombas centrífugas que van acopladas al motor.

5.2.12 Sistema de arranque neumático

El motor arranca accionando una electroválvula, bien sea desde el sistema de control remoto o localmente; que deja pasar aire a través de la válvula de enclavamiento a la válvula neumática que hace pasar el aire al motor neumático que acopla un

engranaje al volante del motor que tiene una corona dentada con lo que inicia el giro. Cada bomba de inyección dispone de un pistón neumático para parada de emergencia cerrando las cremalleras cuando se activa una de las electroválvulas de parada. Por este motivo, el aire debe estar siempre abierto cuando el motor está en funcionamiento.

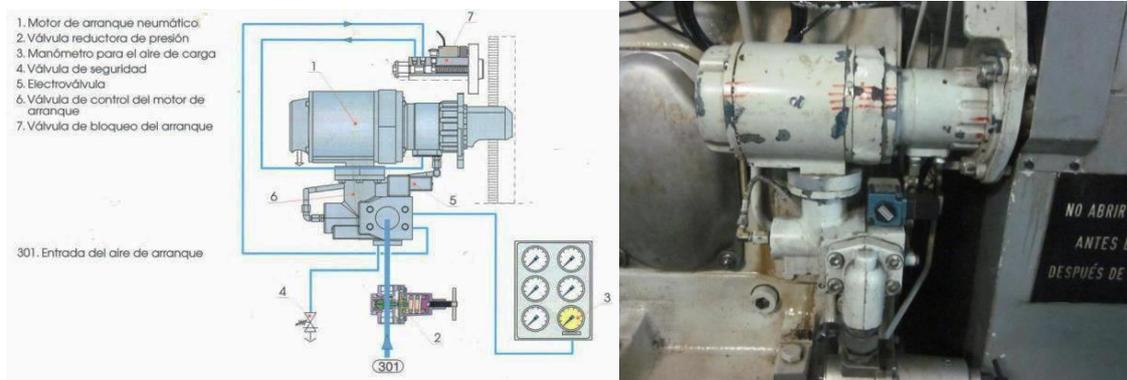


Ilustración 42 - Sistema arranque neumático y motor de arranque

5.2.13 Sistema de combustible

El combustible procedente de los módulos de preparación entra al colector de alimentación de las bombas por la conexión 101 y de las bombas pasa al colector de retorno que lo envía al módulo de preparación a través de la conexión 102; las bombas envían el combustible a alta presión a los inyectores que lo introducen pulverizado en la cámara de combustión. La cremallera gobernada por el dispositivo de velocidad regula la cantidad de combustible que las bombas envían a los inyectores.

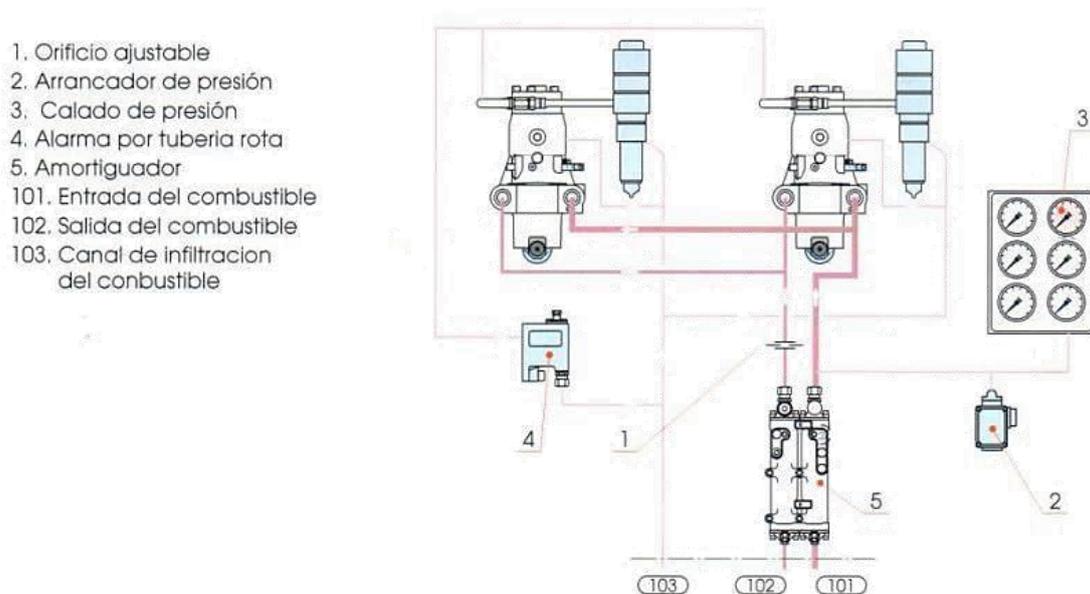


Ilustración 43 - Sistema de combustible. Fuente: Manual del equipo

6. SISTEMA DE CONTROL NORIS

Está formado por los siguientes elementos:

- Módulos de Control N3000-DSP
- Módulos de E/S Norilight
- Buses de Campo CANopen, Profibus y Lightbus
- Unidad de Control
- Esclavos
- Estaciones de trabajo gráficas
- Mini-módulos de pantalla(N2000-DP31-MRK)
- Software de gestión

Los módulos de control NORIMOS 3000-DSP, están situados cerca de los equipos que controlan, y a ellos se conectan los sensores. Están basados en la tecnología de microprocesadores e incorporan en el mismo módulo la fuente de alimentación, la CPU y la interfaz CAN con el controlador de comunicaciones. Actúan de forma autónoma, procesando los datos y actuando sobre los elementos que controlan en función del programa que almacenan y no necesitan de un ordenador central para realizar sus funciones. Dichos módulos, disponen de una pantalla LCD de 4 líneas con 40 dígitos, en la que se pueden visualizar los datos procesados y el punto de consigna de las alarmas; este punto de consigna, se puede variar mediante el teclado que incorporan. A cada módulo 3000-DSP, se pueden conectar hasta 120 señales, tanto analógicas como digitales, disponen de un led rojo por cada señal y parpadea cuando un punto de consigna es excedido.

RESULTADOS

7. TRABAJOS REALIZADOS A BORDO

7.1 Cambio de un inyector

Al observarse que la temperatura de un cilindro es bastante más elevada que el resto, se piensa que el inyector puede estar realizando mal su trabajo con lo que se procede a su sustitución por uno en reserva previamente testado.

Una vez el motor este parado un mínimo de 15 min, se procede de la siguiente manera:

- Se desmonta la tapa de la culata y la de la caja caliente.



Ilustración 44 - Desmontaje de la tapa del motor. Fuente: Trabajo de campo.

- Se desmonta la tubería de inyección desenroscando las tuercas (6) y (7) y la conexión de fugas de combustible (8).

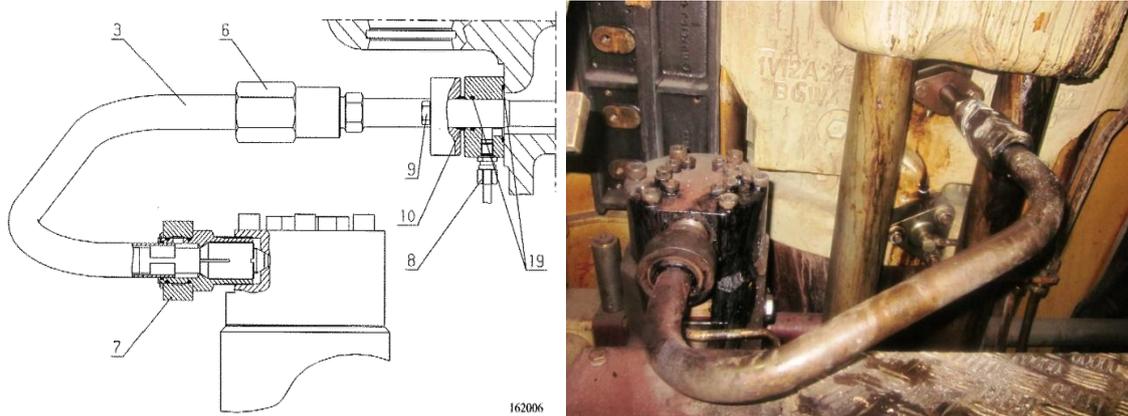


Ilustración 45 - Tubo de inyección

- Se afloja la brida de sellado de la pieza de conexión aflojando las tuercas (9) y desatornillando la pieza de conexión.



- Se desmontan las tuercas de amarre (26) del inyector.

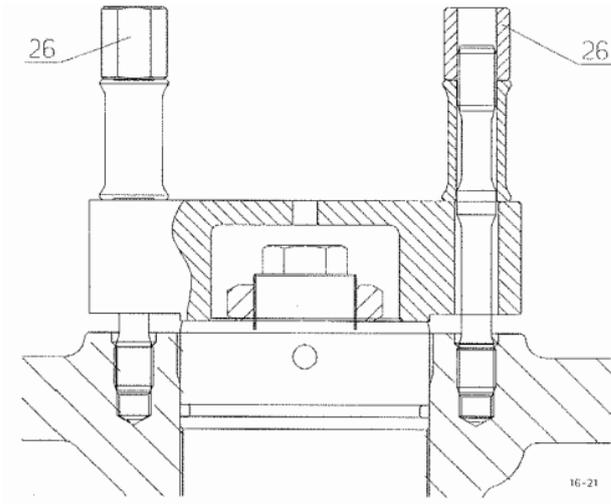


Ilustración 46 - Desmontando tuercas de sujeción

- Se extrae el inyector con la ayuda de un útil.



Ilustración 47 - Extrayendo inyector con el útil

- Se limpia el orificio donde va colocado el inyector, teniendo cuidado de que no queden restos.



Ilustración 48 - Hueco del inyector

- Se colocan las juntas tóricas en el inyector. Se lubrica el inyector.



Ilustración 49 - Inyector

Los pasos para realizar el montaje de nuevo del inyector en su posición son los siguientes:

- Se coloca el inyector en su posición.
- Se aprietan las tuercas de fijación (26). 100 Nm
- Se colocan juntas tóricas (19) nuevas en el reborde de estanqueidad de la pieza de conexión.
- Se colocan los rebordes y el anillo cortante (10) en la pieza de conexión y se enrosca con la mano la pieza de conexión en el soporte de la aguja.

- Se aprieta la pieza de conexión.
- Se aprietan los tornillos de fijación del reborde de estanqueidad (9).
- Se comprueba que es correcta la distancia entre la tuerca interior y el extremo del tubo.
- Se lubrican las roscas de las tuercas (6) y (7) así como las superficies cónicas de estanqueidad del tubo de inyección (3).
- Se coloca el tubo de inyección en su posición. Se aprietan las tuercas.
- Se montan las tapas de la caja caliente y el alojamiento del balancín.

7.2 Condensador de aire acondicionado

De forma mensual se cambia el grupo de aire acondicionado encargado de la refrigeración de la habitación del buque.

Para que el grupo, que va a quedar en reserva para el próximo cambio, quede en las mejores condiciones posibles se realiza una limpieza del condensador de este ya que durante un mes ha estado pasando agua de mar por él, lo que siempre genera la acumulación de partículas.

Primero paramos las bombas y compresores, cerramos las válvulas de aceite, refrigerante (R507), agua dulce, agua de mar, etc. A continuación, procedemos a abrir el condensador que vamos a limpiar. Para ellos tendremos que retirar los conductos de entrada y salida de agua de mar y las tapas de ambos extremos.

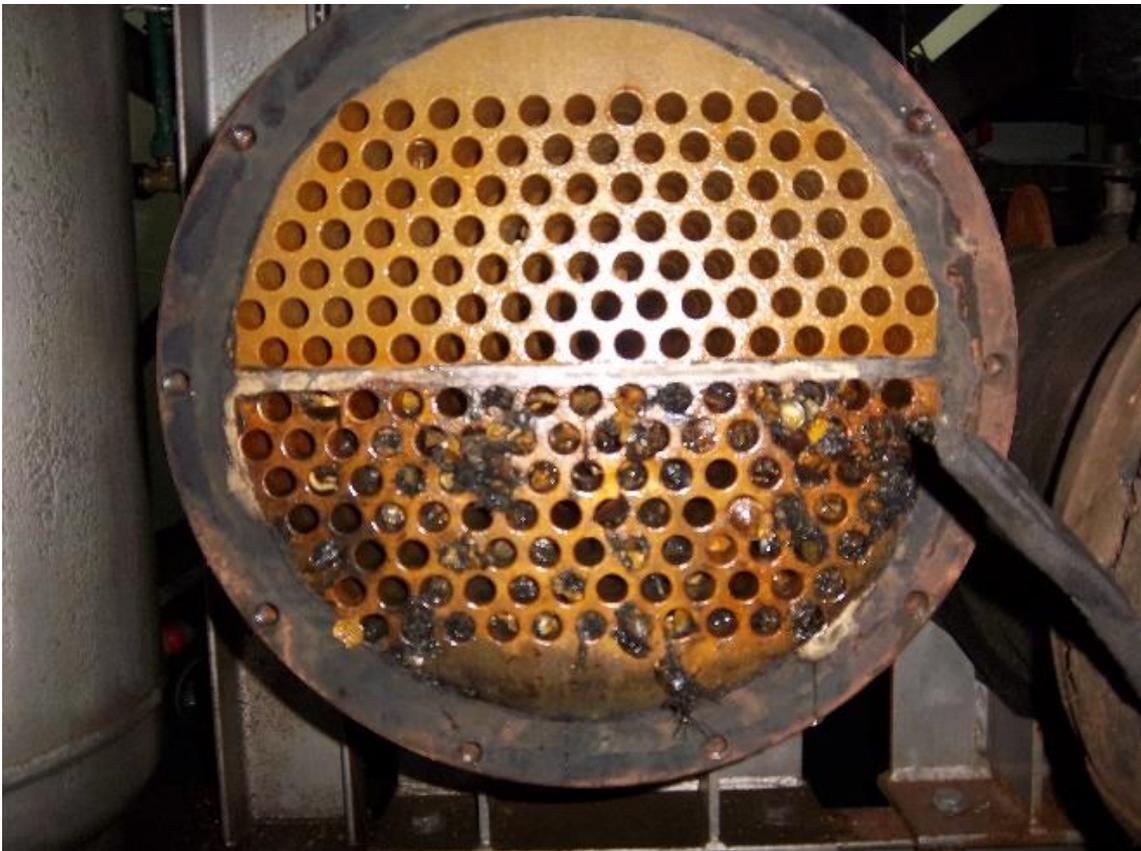


Ilustración 50 - Grupo de aire acondicionado con condensador sin tapa



Una vez retiradas las tapas delantera y trasera procedemos a la limpieza. Para ello se baqueta el condensador con ayuda de una varilla ligeramente más larga que el propio condensador y algo menos gruesa que los orificios de este.



Ilustración 51 - Limpiando orificios condensador con una vara

Finalmente, y para dejar el equipo de aire acondicionado totalmente operativo, ponemos en posición las tapas, teniendo especial cuidado en el estado de las juntas siendo sustituidas si es necesario, y las tuberías de agua salada.



Ilustración 52 - Poniendo la tapa del condensador

7.3 Condensador aire acondicionado control de máquinas

Al igual que en el caso del aire acondicionado de habitación, de forma mensual, también debemos limpiar el condensador del aire acondicionado del control.



Ilustración 53 - Grupo aire acondicionado del control de máquina

En esta ocasión solo disponemos de un equipo con lo que durante la limpieza de este el control de la máquina quedara sin refrigeración.

- En primer lugar paramos la bomba de agua salada, el compresor y el ventilador que lleva el aire al control. A su vez cerramos las válvulas de entrada y salida de agua salada al condensador.
- Después se retiraran las tapas y se procederá a la limpieza del haz tubular con una varilla por el interior de los tubos.
- Una vez limpios los orificios se volverán a colocar las tapas teniendo en cuenta el estado de las juntas.

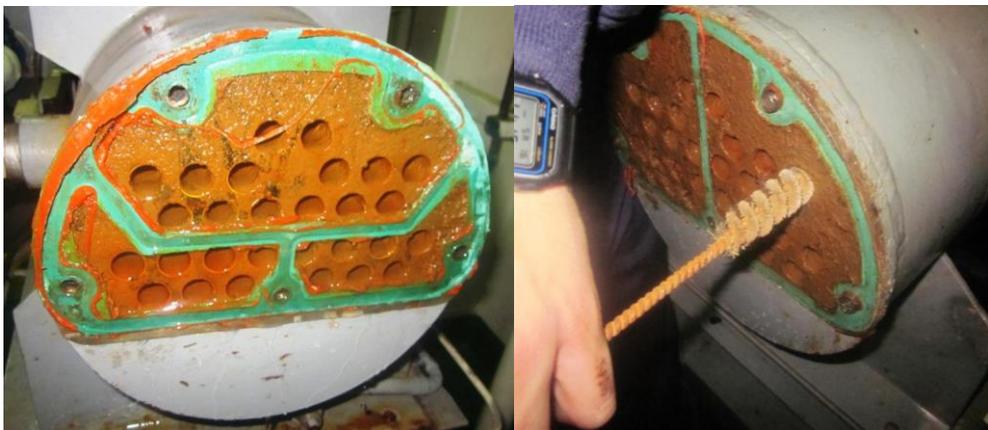


Ilustración 54 - Limpiando orificios con varilla

7.4 Cambio de aceite MMAA

Cada 600 horas de trabajo del motor auxiliar se realiza un cambio de aceite de este. Además, se aprovecha para cambiar el aceite al regulador y limpiar el filtro automático. La limpieza del filtro centrífugo se realiza de forma semanal.

Se trata de una operación relativamente sencilla pero vital para la buena conservación del equipo.

Una vez ha parado el equipo, y han pasado los 15 minutos recomendados por el fabricante, podemos retirar las tapas de cárter.



Ilustración 55 - Motor auxiliar sin tapas del cárter

A continuación se procede al vaciado de este a través de una bomba manual mandando el aceite desechado al tanque de aceite sucio.

Para que el cárter quede completamente limpio nos ayudamos de una fregona y Diésel para retirar los últimos resquicios de aceite.



Ilustración 56 - Interior del cárter

Una vez el cárter este limpio se colocan las tapas, dejando una sin poner para realizar el llenado de aceite nuevo que serán alrededor de 500 lts.

7.5 Depuradora de F.O. (overhaul)

Cada 2000 horas se realiza el overhaul de las depuradoras.

- Lo primero que se hace es parar la depuradora y desconectar la corriente.
- Se cierran las entradas y salidas. A continuación, se pone en marcha la otra depuradora, ya que hay dos para estos casos y siempre tiene que haber una en funcionamiento.
- Una vez que la depuradora esta parada totalmente y desconectada se empieza con el desmontaje, siguiendo los pasos del manual y utilizando los útiles correspondientes a cada pieza.
- Después de desmontar las piezas, se le retira las juntas y las piezas se ponen en un fluido químico, menos las de cobre que van en diésel para no ser dañadas, para facilitar la limpieza de las piezas.
- Cuando las piezas estén limpias se les pondrán las juntas nuevas y se procederá al montaje con los útiles correspondientes.
- Al terminar el montaje se conecta la corriente, se abren las entradas y salidas de los fluidos y se pone en marcha indicando en el arranque que se ha desmontado la depuradora.
- Se comprueba que durante el arranque y en marcha no hay grandes vibraciones ni fugas de ningún tipo.





Ilustración 57 - Desmontaje y limpieza de las piezas de la depuradora

7.6 Culata.

Desmontaje

- Vaciar el agua de refrigeración del motor.
- Hacer girar el motor con el engranaje de giro de modo tal que el pistón del cilindro de referencia esté en p.m.s., las válvulas cerradas y los balancines descargados.

- Quitar la tapa de la cubierta del balancín y las tapas de la "caja caliente".

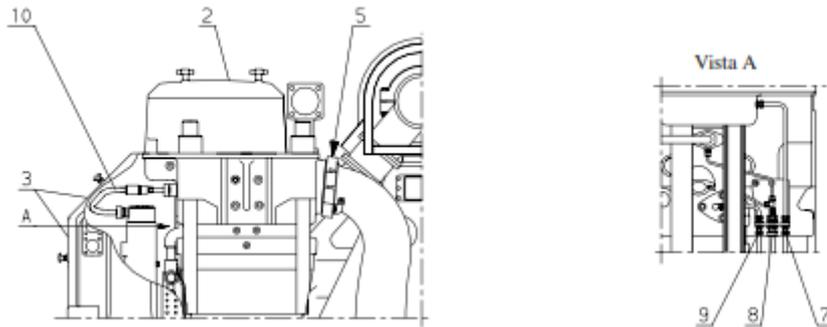


Ilustración 58 - Elementos que hay que desmontar

- Desmontar las abrazaderas (5), el tubo de aceite (7), el tubo principal de la inyección (10), las conexiones rápidas A, B y C, las tuercas de fijación del balancín (12) y las cubiertas de protección de los tornillos de la culata.
- Soltar las tuercas de fijación del balancín (12), desmontar los balancines y empujadores.

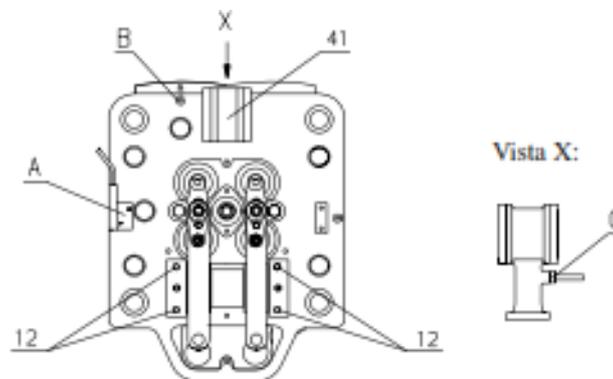


Ilustración 59 - Empujadores y balancines

- Desmontar las cubiertas de protección de los tornillos de la culata y colocar herramienta hidráulica con la ayuda de un diferencial

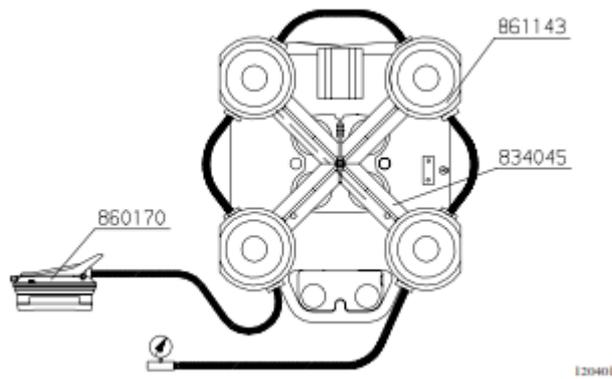


Ilustración 60 - Herramienta hidráulica

- Enroscar los cilindros hasta que expulse los posibles residuos de aceite que puedan haber.
- Girar los cilindros en sentido inverso aproximadamente 3/4 de vuelta.
- Aumentar la presión hidráulica al valor determinado.
- Aflojar las tuercas aproximadamente 3/4 vuelta usando el pasador
- Eliminar la presión, desconectar las mangueras y desenroscar los cilindros.
- Retirar el equipo de herramientas hidráulicas
- Quitar las tuercas de la culata.
- Aplicar las herramientas de elevación, diferencial, y levantar la culata.
- Tapar la entrada del cilindro y colocar las cubiertas para proteger las roscas de los tornillos.

Montaje

- Limpiar las superficies de sellado y colocar una nueva junta de culata de cilindro y nuevos aros tóricos para la camisa de circulación de agua. Lubricar las superficies de contacto del aro tórico con vaselina o aceite. Comprobar los aros de sello de aire de admisión, aire de arranque y tubo de protección del empujador.
- Con ayuda de los diferenciales y el útil de izado de la culata se coloca con su sitio con cuidado con las conexiones del aire de arranque.
- Asentado en su sitio se fijan las abrazaderas de escape y de aire.

- Se monta la herramienta hidráulica y se va aumentando la presión, en sus dos etapas, para ir tensando los pernos y poder ir enroscar las tuercas. Una vez finalizado se retira la herramienta hidráulica.

Ya se puede conectar los sensores, tubos de inyección, tubos de fugas de combustible, de aire de arranque y las tapas.

7.7 Bomba de combustible MMPP.

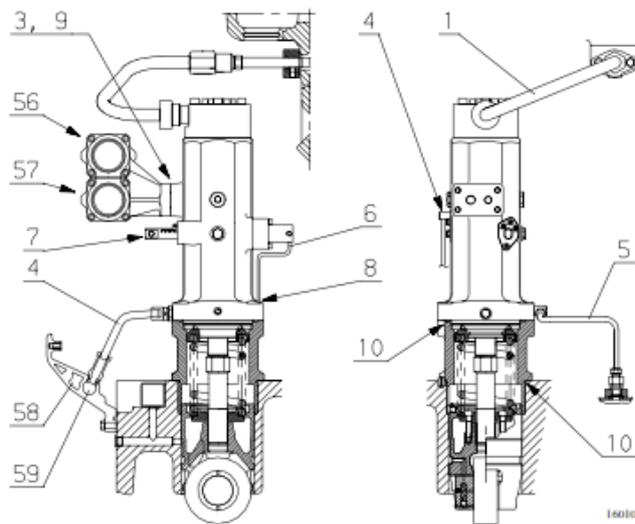


Ilustración 61 - Elementos de la bomba de combustible

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1 Inyección principal | 56 Combustible |
| 4 Escape combustible | 57 Combustible fuera |
| 5 Aceite lubricante | 58 Escape del tubo de inyección |
| 6 Aire | 59 Flujo de retorno normal |

Desmontaje.

- Antes de empezar hay que cerrar el suministro de combustible al motor, parar la bomba de lubricación y si es necesario girar el motor para que el inyector no esté pisado.
- Desmontar la tubería del inyector principal (1) y las conexiones de fugas de combustible.
- Soltar las conexiones de fugas del combustible (4) de la cámara de la bomba; aflojar la tubería de lubricación (5), la conexión del aire (6) al cilindro de

parada de emergencia y soltar la conexión de la cremallera destornillando los tornillos (7).

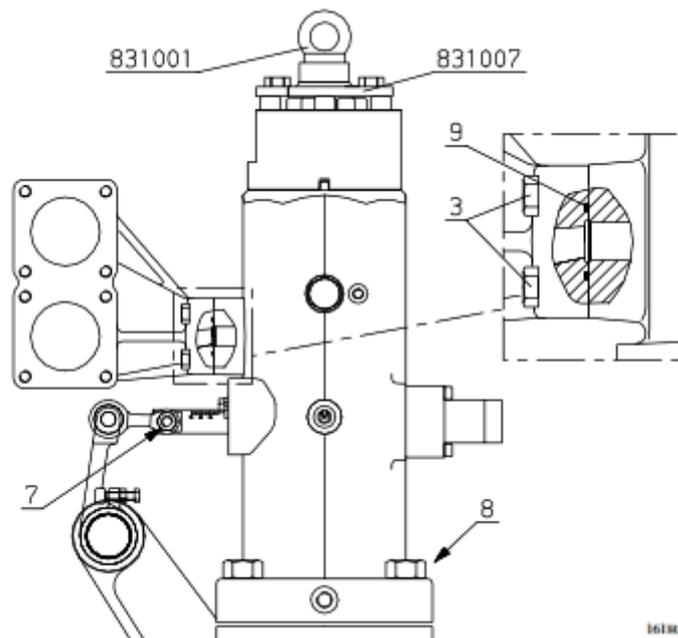


Ilustración 62 - Bomba de combustible

- Soltar las tuercas (8) y soltar la bomba por medio de la herramienta de izado, diferencial.

Montaje

- Para montarla hay que limpiar la bomba y comprobar que la cremallera se mueve con normalidad.
- Comprobar las juntas tóricas, poniendo unas nuevas lubricándolas con vaselina.
- Colocar la bomba en su posición con las herramientas específicas para ese trabajo, teniendo cuidado con las juntas tóricas. Una vez en su posición apretar las tuercas (8) a su par establecido (200Nm).
- Colocar los tornillos de la conexión de combustible y ajustar las tuberías de inyección, fuga de combustible, aire de control y lubricación. Apretar la tubería de combustible hasta el par establecido (150) y ajustar la cremallera.
- Para finalizar se abre el suministro de combustible y la lubricación para comprobar que no hay fugas.

7.8 Trabajos de mantenimiento

- Limpieza de los filtros centrífugos de los MMAA y cambiar la depuración de aceite del motor. Se realiza semanalmente.
- Limpieza de los filtros centrífugos de los MMPP. Cada mes.
- Mantenimiento de la caldera. Limpieza y ajuste al sistema de encendido y cambiar filtro de DO. Todo ello navegando y desconectada la bomba.
- Limpieza de los filtros de los módulos de combustible, los manuales y los automáticos.
- Limpieza del filtro de trasiego de FO y el de la depuradora.
- Limpiar el antiniebla de los MMPP y comprobar que funcionan correctamente. Cada 15 días.
- Comprobar que los sensores de fugas limpias y fugas sucias de los motores MMPP y MMAA funcionan correctamente.
- Comprobación de las válvulas de disparo rápido. Mensual.
- Comprobar la alarma de alto nivel de los pocetes. Semanalmente.
- Analizar el agua de los MMPP, MMAA, caldera, economizadores, cisterna y agua destilada, esto se hace semanalmente.

7.9 RUTINAS DEL ALUMNO DE MÁQUINAS

Durante el embarque, siempre bajo la supervisión del 2º oficial de máquinas, realizaba las rutinas correspondientes a este cargo. Estas rutinas se correspondían a:

- Trasegar FO del tanque de almacén al tanque de sedimentación y si es necesario DO del tanque de sedimentación al diario. Una vez llega a un nivel establecido se para.
- Comprobar que los Fire dumper están operativos, comprobando que abren y cierran. Se hace la prueba con los ventiladores apagados.
- Se arranca el MMAA que está en reposo, ya que en maniobra deben de estar los dos arrancados.
- Se conecta la bomba de lubricación de la reductora y los HPV.

- Se abre el aire de arranque de los MMPP y se cierra el precalentador de agua.
- Se realiza el soplado de los MMPP de forma manual. Una vez soplado se pone el motor en remoto y se le cierran las purgas.
- Una vez hecho esto los motores están listos para arrancar y a continuación acoplarlos.

Una vez estamos navegando se realizan las siguientes tareas:

- Se ponen en marcha los evaporadores para generar agua destilada.
- Se realiza un check list de las horas, temperatura, presiones y niveles de diferentes equipos, como MMPP, caldera, aire acondicionado, etc.
- Se hace retrolavado del enfriador de los MMAA, siempre que no estén en marcha, cambiando el sentido de la entra y salida del agua al enfriador.
- Media hora antes de llegar a puerto se encienden MMAA, que normalmente en navegación están apagados. Y se desconectan los evaporadores para evitar que entre la suciedad que hay en los puertos.

Una vez atracados en el puerto y desde el puente nos dan el listo se procede a:

- Apagar los motores principales y desconectar las HPV.
- Abrir los precalentadores de agua de los MMPP, cerrar el aire de arranque y abrir las purgas.
- Poner retrolavado de los enfriadores de los MMPP, cambiando el sentido de la entrada y salida de este. Se suele arrancar una segunda Bomba de agua salada para que haya más presión y realice una mejor limpieza.

CONCLUSIONES

Tras realizar los cinco meses de prácticas embarcado en el Volcán de Tijarafe y la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Es importante conocer las características generales del buque y las características de los elementos más importantes de la sala de máquinas.
- Resulta imprescindible adquirir un mayor conocimiento de sus especificaciones técnicas y su funcionamiento, puesto que ayudará a la hora de trabajar.
- Es importante la realización de un buen mantenimiento a los diferentes equipos para el correcto funcionamiento.
- Para realizar un buen trabajo de mantenimiento es fundamental realizarse con orden y limpieza.
- Antes de empezar cualquier trabajo a bordo hay que asegurarse de que se dispone de las herramientas adecuadas, los repuestos y que elementos deben detenerse para asegurar un buen trabajo y que sea seguro para el operario.

BIBLIOGRAFÍA

- <https://www.navieraarmas.com/es/inicio>
- Manual del motor WARTSILA 12V46
- Manual Aalborg Industries (Caldera)
- Manual Alfa Laval (Enfriadores y depuradoras)
- Manual AZCUE
- Manual AQUAMAR AQ-16/20A