



UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

TRABAJO FIN DE GRADO

# **OVERHAUL Y TRABAJOS DE MANTENIMIENTO MMPP CAT 3618**

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

PEDRO ALBERTO HERRERA BRITO

TUTOR/ES

Dr. D. JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

JUNIO 2020

D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna:

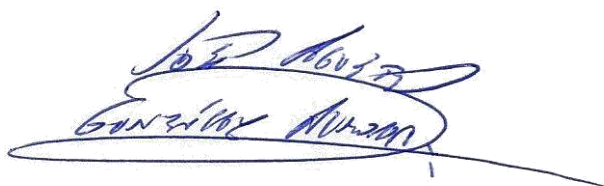
Expone que:

D. **Pedro Alberto Herrera Brito** con **DNI 78710850-C**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **OVERHAUL Y TRABAJOS DE MANTENIMIENTO MMPP CAT 3618**.

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 documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 18 de junio de 2020.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

---

A lo largo de mi etapa de alumno, he tenido la fortuna de encontrarme por el camino muchos compañeros/profesionales y grandes personas, los cuáles me han inculcado a su manera, las especificidades y particularidades de la que sería mi futura profesión y el desarrollo de la misma.

Son muchos e innumerables, y sería poco ético el dejarme alguno sin nombrar, debido a que de todos y cada uno de ellos he podido aprender algo, pues bien, en la vida he aprendido que cuando se quiere se saca algo positivo, siempre y cuando uno se lo proponga y sobre todo con una actitud proactiva y ganas de querer aprender y evolucionar.

Por supuesto, me he quedado para mi cosecha particular, aquellos consejos/recomendaciones que me han hecho de manera sincera, profesional y sobre todo desinteresada.

Mi abuela siempre me inculcó el hecho, de “que es de bien nacido el ser agradecido” y por ello siempre, aunque lo repita les estaré eternamente agradecido.

Por otro lado, y como no podría ser de otra manera, agradecer también a todos los profesores que han podido inculcarme, los conocimientos necesarios para desarrollar a posteriori mi carrera profesional, y sobre todo los que han entendido el hecho de poder compaginar la vida laboral con el estudio, cuestión ardua y compleja, que sin su apoyo y comprensión no hubiese sido posible. Mencionar también a mi tutor de TFG, Agustín González Almeida, el cual ha tenido conmigo una excepcional respuesta y enorme apoyo incondicional ante cualquier duda que le presentaba, por supuesto muchísimas gracias.

Y como no podría ser de otra manera, a mis padres y pareja los cuales han soportado en gran medida todas las vicisitudes que han ido sucediendo en todos estos años, y sobre todo por el enorme apoyo incondicional que me han proporcionado siempre, por lo cual estaré siempre en deuda y jamás tendré palabras para agradecerlo.

Como no agradecer a los amigos, a los de verdad, aquellos que siempre son incondicionales y que siempre quieren lo mejor para uno y se alegran altruistamente de los méritos conseguidos a través de la constancia, la lucha y el esfuerzo constante, no podía dejarlos atrás.

Para todas estas personas las cuáles forman parte de mi riqueza personal sinceramente:  
GRACIAS DE CORAZÓN.

# ÍNDICE

---

<b>TABLA DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>REVISIÓN Y ANTECEDENTES</b> .....	<b>12</b>
ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA CORPORACIÓN CATERPILLAR. ....	12
<i>Origen del nombre Caterpillar</i> .....	13
<i>Cronología</i> .....	14
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>18</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
INTRODUCCIÓN. ....	19
DESCRIPCIÓN DEL “VILLA DE AGAETE” .....	19
<i>Dimensiones principales y capacidades de carga</i> . ....	24
<i>Pesos muertos a plena carga</i> . ....	24
<i>Rendimiento</i> . ....	25
<i>Restricciones de Velocidad</i> .....	25
CATERPILLAR SERIE 3600. ....	25
<i>Características técnicas Caterpillar Serie 3600</i> . ....	29
<i>Pesos del motor Caterpillar 3618</i> . ....	31
<i>Nombramiento de componentes del motor Caterpillar 3618</i> . ....	31
<i>Distribución motores en sala de máquinas</i> . ....	32
TIPOS DE MANTENIMIENTOS Y SU IMPORTANCIA. ....	33
<i>Mantenimiento predictivo</i> .....	33
<i>Mantenimiento preventivo</i> . ....	34
<i>Mantenimiento correctivo</i> .....	34
DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS A REALIZAR EN EL OVERHAUL MAYOR. ....	35
<i>Bloque motor</i> .....	37
<i>Cigüeñal</i> . ....	41
<i>La Biela</i> . ....	42
<i>El pistón</i> .....	44
<i>Las camisas</i> . ....	45
<i>Los inyectores</i> .....	48
<i>Los turbos</i> .....	50
<i>Las culatas</i> .....	53

<i>Eje de camones o árbol de levas.</i> .....	56
<i>Cárter.</i> .....	57
<i>Sistema de refrigeración.</i> .....	58
<i>Sistema de lubricación.</i> .....	62
<i>Otras fotografías del Overhaul.</i> .....	64
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA / RECURSOS</b> .....	<b>71</b>

## Tabla de Ilustraciones

---

Ilustración 1. Generador diésel Caterpillar. Fuente: caterpillarpeten.blogspot .....	12
Ilustración 2 Caterpillar D2 en exposición en el museo de antiguos Tractores, Serpentine, Australia. Fuente: caterpillarpeten.blogspot .....	14
Ilustración 3 Caterpillar 797 durante las pruebas en las minas de Arizona (EEUU). Fuente: cat.com.....	16
Ilustración 4 Buque Avemar perteneciente a la Cía Buquebus. Fuente: www.trasmeships.es.....	20
Ilustración 5 Buque Alborán en el puerto de Ceuta de la vía. Trasmediterránea. Fuente: www.trasmeships.es .....	20
Ilustración 6. Vista del "Villa de Agaete" desde la amura de estribor. Fuente: trabajo de campo.....	21
Ilustración 7. Vista del "Villa de Agaete" desde la aleta de estribor. Fuente: trabajo de campo. ....	21
Ilustración 8. Rampa de acceso a la bodega de carga. Fuente: trabajo de campo.....	22
Ilustración 9 Gráfica sobre la simulación de un sistema automatizado de control de elementos de estabilización. Fuente: www.naiaddynamics.com .....	23
Ilustración 10 Motor Caterpillar 3612 de la serie 3600 Fuente: www.cat.com.....	26
Ilustración 11 Motor Caterpillar 3608 de la serie 3600 Fuente: www.cat.com.....	27
Ilustración 12. Relación de alarmas motor POME Caterpillar 3608 de la serie 3600 Fuente: trabajo de campo.....	28
Ilustración 13 Caterpillar 3608 de la serie 3600 Fuente: www.deno.oceanica.ufrj.br .....	29
Ilustración 14 Características técnicas detalladas Caterpillar 3618 de la serie 3600 Fuente: www.studocu.com .....	30
Ilustración 15 Componentes del motor 3618 Fuente: Manual Caterpillar .....	31
Ilustración 16 Componentes del motor 3618 Fuente: Manual Caterpillar. ....	31
Ilustración 17 Esquema distribución Sala de máquinas de Babor y Estribor. Fuente: Trabajo de campo. .....	32
Ilustración 18 Sala de máquinas de Babor. Fuente: Manual General operacional. ....	33
Ilustración 19 Bloque motor principal PIME sin todos sus demás elementos. Fuente: Trabajo de campo. .....	38
Ilustración 20 . Ilustración Bloque motor principal. Fuente: Manual despiece Cat 3618.....	38
Ilustración 21 Ilustración desmontaje de elementos contenidos en bloque motor principal. Fuente: Trabajo de campo.....	39
Ilustración 22 . Ilustración desmontaje de elementos contenidos en bloque motor principal. Fuente: Trabajo de campo.....	39
Ilustración 23 Ilustración orificios contenidos en bloque motor principal cubiertos para evitar entrada de agentes perjudiciales. Fuente: Trabajo de campo. ....	40
Ilustración 24 Ilustración orificio en bloque motor principal POME camión cilindro nº11. Fuente: Trabajo de campo.....	40
Ilustración 25 Ilustración extracción del cigüeñal. Fuente: Trabajo de campo. ....	41
Ilustración 26 Ilustración extracción del cigüeñal. Fuente: Trabajo de campo. ....	42
Ilustración 27 Ilustración biela de un MMPP. Fuente: Trabajo de campo.....	43
Ilustración 28 Ilustración extracción pistón unido a la biela de un MMPP. Fuente: Trabajo de campo. ....	43
Ilustración 29 Ilustración fisura en pistón nº15 del SIME. Fuente: Trabajo de campo.....	44
Ilustración 30 Ilustración extracción pistón nº15 del SIME. Fuente: Trabajo de campo. ....	45
Ilustración 31 Ilustración sustitución camisa PIME por cavitaciones cilindro nº3. Fuente: Trabajo de campo.....	46

Ilustración 32 . Ilustración cavitación camisa PIME cilindronº3. Fuente: Trabajo de campo. ....	47
Ilustración 33 Ilustración cavitación camisa PIME cilindronº3. Fuente: Trabajo de campo. ....	47
Ilustración 34 Ilustración inyector de MMPP. Fuente: Trabajo de campo. ....	48
Ilustración 35 Ilustración de inyector y cremallera de MMPP. Fuente: Manual de despiece CAT 3618. ....	49
Ilustración 36 Ilustración en la que se muestran las partes de inyector de MMPP. Fuente: Manual de despiece CAT 3618 .....	49
Ilustración 37 . Ilustración de un turbo ABB modelo TPL 80. Fuente: <a href="http://www.library.e.abb.com/public">www.library.e.abb.com/public</a> . .	50
Ilustración 38 . Ilustración de una turbina de un turbo ABB modelo TPL 65 MMPP POME. Fuente: Trabajo de campo.....	51
Ilustración 39 Ilustración de maniobra desmontaje turbo ABB modelo TPL 65 MMPP POME. Fuente: Trabajo de campo.....	52
Ilustración 40 Ilustración de maniobra desmontaje turbo ABB modelo TPL 65 MMPP SOME. Fuente: Trabajo de campo.....	52
Ilustración 41 Ilustración de culata CAT 3618. Fuente: Manual despiece CAT 3618.....	54
Ilustración 42 Ilustración de culata CAT 3618 presenta corrosión y grieta en la cabeza de la válvula. Fuente: Trabajo de campo. ....	55
Ilustración 43 Ilustración de culata CAT 3618 presenta corrosión y grieta en la cabeza de la válvula. Fuente: Trabajo de campo. ....	55
Ilustración 44 Ilustración de culatas independientes del CAT 3618. Fuente: Trabajo de campo. ....	56
Ilustración 45 Ilustración de eje de camones. Fuente: Manual de despiece CAT 3618.....	57
Ilustración 46 Ilustración del cárter. Fuente: Manual de despiece CAT 3618. ....	58
Ilustración 47 Ilustración de intercambiador de haz tubular. Fuente: <a href="http://www.bing.com">www.bing.com</a> .....	59
Ilustración 48 Ilustración de Intercambiador de placas. Fuente: <a href="http://www.alfalaval.com">www.alfalaval.com</a> .....	59
Ilustración 49 Ilustración de Intercambiador de placas. Fuente: Trabajo de campo.....	60
Ilustración 50 . Ilustración de válvula termostática del circuito de refrigeración. Fuente: Trabajo de campo.....	61
Ilustración 51 Ilustración de Intercambiador de placas. Fuente: Trabajo de campo.....	61
Ilustración 52 Ilustración de bomba de aceite de MMPP. Fuente: Trabajo de campo.....	63
Ilustración 53 Ilustración de filtro centrífugo. Fuente: Manual despiece CAT 3618.....	63
Ilustración 54 Ilustración de elementos distribuidores de lubricación. Fuente: Manual despiece CAT 3618.....	64
Ilustración 55 Ilustración de acoplamiento elástico “Vulkan”. Fuente: Trabajo de campo.....	64
Ilustración 56 Ilustración de alineación del eje con el acoplamiento “Vulkan”. Fuente: Trabajo de campo.....	65
Ilustración 57 Ilustración de forros de escape y salida de escape. Fuente: Trabajo de campo.....	65
Ilustración 58 Ilustración de reductora del PIME. Fuente: Trabajo de campo. ....	66
Ilustración 59 Ilustración de piñón de bomba de agua salada del PIME. Fuente: Trabajo de campo. ....	66
Ilustración 60 Ilustración de expansiones del MMPP. Fuente: Trabajo de campo. ....	67
Ilustración 61 Ilustración de pérdidas de escape por silencioso de MMPP. Fuente: Trabajo de campo. ....	67
Ilustración 62 . Ilustración de sello de bocina del POME. Fuente: Trabajo de campo.....	68
Ilustración 63 Ilustración de bomba de aceite de MMPP. Fuente: Trabajo de campo.....	68



## RESUMEN

---

Todos los fabricantes de motores del mundo, establecen unos planes de mantenimiento, para que de esa forma la vida de dicha máquina sea la mayor posible, y sobre todo lo haga con las máximas garantías de fiabilidad en el desempeño de su labor para la cual, esté concebida.

Pues con lo anteriormente mencionado, en este trabajo se mostrará, el overhaul de dos motores principales CAT 3618 de los 4 principales que propulsan el catamarán "VILLA DE AGAETE", debido a que el fabricante establece en su plan de mantenimiento y el de la compañía el hecho de que, a las 40.000 horas de funcionamiento, hay que acometer dichos trabajos.

La compañía ha contratado los servicios del taller específico de la marca, el cual será el que llevará a cabo dichos trabajos de mantenimiento, en coordinación con el departamento de máquinas y el inspector que tiene el buque asignado.

Se ha tratado de exponer, cuáles han sido los elementos sometidos a dicha reparación debido a que por horas y por desgaste, existen una serie de elementos del motor tanto fundamentales, así como auxiliares del mismo, que tienen que ser sometidos a dicha inspección/sustitución.

## ABSTRACT

---

All the engine manufacturers in the world establish maintenance plans, so that the life of this machine is as long as possible, and above all it does so with the maximum guarantees of reliability in the performance of their work for which, is conceived.

Well, with the aforementioned, this work will show the overhaul of two main engines CAT 3618 of the 4 main engines that propel the catamaran "VILLA DE AGAETE", because the manufacturer establishes in its maintenance plan and that of the company the fact that after 40,000 hours of operation, such work must be undertaken.

The company has contracted the services of the brand's specific workshop, which will be the one to carry out said maintenance work, in coordination with the machinery department and the inspector assigned to the ship.

It has been tried to expose, which have been the elements subjected to said repair because, due to hours and wear, there are a series of elements of the engine, both fundamental and auxiliary to it, that have to be subjected to said inspection / replacement.

## INTRODUCCIÓN

---

El trabajo que se mostrará a continuación, abarca el Overhaul de 2 motores principales del buque “VILLA DE AGAETE” de la compañía Trasmediterránea. Dichos motores son el SIME Y PIME, a posteriori determinaremos qué significan dichas siglas en lo constitutivo a los motores y a su colocación en la sala de máquinas.

Los motores son los “Caterpillar 3618”, y a medida que vayamos introduciéndonos en el grueso del trabajo, podremos ir conociendo, tanto varios de sus elementos, cómo aquellos que han sido objeto de la reparación en cuestión propiamente dicho.

Para ello es fundamental y de sumo interés, el saber reconocer y localizar los componentes del motor, entender el funcionamiento general de todos los sistemas que componen el mismo, y familiarizarse con la utilización de manuales y despieces aportados por el fabricante y la compañía.

Por otro lado, comentar que, este tipo de motores han sido pieza clave, para la propulsión y desarrollo en buques “Fast Ferrys”, así como en buques de armadas navales de diferentes países, así como para otros diversos usos que se le han dado en la actualidad, y no menos importante, la solidez y afianzamiento de la alta velocidad en las conexiones marítimas.

La información referente a este trabajo, ha sido proporcionada por compañeros del departamento de máquinas del buque, y por otro lado dichos conocimientos, se han tratado de contrastar, en la medida del posible con los correspondientes manuales del fabricante de los motores.

Además, a continuación de la introducción, se explicarán los antecedentes, así como una breve introducción en la historia de la marca “Caterpillar” hasta la actualidad de dicha compañía, y posteriormente se describirán los propulsores de la serie CAT “3600”.

## REVISIÓN Y ANTECEDENTES

---

### *Antecedentes históricos de la corporación Caterpillar.*

La marca Caterpillar Inc. es una Corporación cuya sede central se encuentra en la ciudad estadounidense de Peoria (en el estado de Illinois). A la cabeza de la misma se encuentra el señor Douglas R. Oberhelman, el cual es su director ejecutivo.

Caterpillar se ha consolidado a nivel mundial como el fabricante más grande en lo relativo a la maquinaria para la construcción y equipos de minería, motores diésel y turbinas industriales de gas.

En el año 2003 Caterpillar adquirió una de las empresas más grandes como es Bitelli, la cual dedica sus esfuerzos generales como principal actividad económica, a la compactación y aplicación de asfaltos, y por medio de esa adquisición, Caterpillar ahora fabrica equipos y maquinaria Caterpillar para su distribución por Europa y África. En la actualidad la marca Caterpillar trabaja en el SIS, el cual es un sistema electrónico cuya base se encuentra en Internet y genera servicios tales como, service letter, especificaciones, etc.



*Ilustración 1. Generador diésel Caterpillar. Fuente: caterpillarpeten.blogspot*

### Origen del nombre Caterpillar.

Uno de los grandes inconvenientes sin obviar otros, de los tractores de vapor en torno a finales de la década de 1890 a 1900, era su excesivo peso en relación a la potencia expresada en caballos de fuerza, es decir la proporción era de en torno a unos 450 kg/cv de potencia (hp).

Como consecuencia de esa desmesurada proporción sobre todo en la variable de peso, generaba el hecho de que dichos tractores se hundiesen en la tierra blanda de las tierras de labranza del Delta del Valle de San Joaquín que rodean Stockton, California.

Para ello el señor Benjamín Holt intentó dar solución temprana a dicho problema y la primera medida adoptada fue el hecho de aumentar el tamaño y la anchura de las ruedas hasta unas cotas de 2.3 m de alto y 1.8 m de ancho, lo cual generó como resultado un tractor de 14 m de longitud final.

Esta primera medida adoptada inicialmente, no quedó exenta de generar las primeras complicaciones a su principal medida la cual fue que como consecuencia de ello los tractores ahora se tronasen mucho más caros de mantener debido a la complejidad de los mismos. Otra de las medidas a posteriori adoptadas a tal efecto, fue la creación de una especie de camino delante del tractor realizado con tablones de madera, pero tal medida generaba un retraso en las tareas de arado en las tierras y la utilización de mayor mano de obra lo cual incrementaba el precio de la tarea a concluir.

Como última maniobra para salvar tan ardua tarea, Holt, decidió de ponerle unos tablones de madera a las ruedas y así, el 24 de noviembre de 1904 día de acción de gracias, probó satisfactoriamente la nueva máquina arando la tierra de delta empapada de la Isla Roberts, en presencia del fotógrafo Carlos Clements, el cual relataba que había observado como el tractor avanzaba lentamente como si fuese una oruga, y debido a esa afirmación, Holt adoptó dicho nombre para su nueva máquina "la oruga". Posteriormente dos años más tarde Holt inició la venta de sus primeras unidades de "la oruga" por unos 5,500 dólares. Cada cadena tenía una altura de 760 mm, un ancho de 1.1 m y 2.7 m de largo. Las tablas eran de secuoya de 76X100 mm. Con todo ello finalmente, el día 7 de diciembre de 1907, Holt recibió la primera patente de su tractor "Oruga".



*Ilustración 2 Caterpillar D2 en exposición en el museo de antiguos Tractores, Serpentine, Australia. Fuente: caterpillarpeten.blogspot*

#### Cronología.

**1890.** Benjamin Holt y Daniel Best intentan de manera por separado la creación de tractores de vapor para poder utilizar en las granjas y arar las tierras.

**1904.** Se crea el primer tractor de cadenas de vapor de Holt.

**1906.** Se crea el primer tractor de cadenas de gas de Holt.

**1915.** En la primera Guerra Mundial los tractores de cadenas Caterpillar son utilizados por las tropas aliadas.

**1925.** En dicho años se produce la alianza empresarial de Holt Manufacturing Company y C. L. Best Tractor Co. Para conformar la empresa Caterpillar Tractor Co.

**1931.** Se produce el primer Tractor Sixty diésel en Peoria (Illinois) dotado de un nuevo sistema de propulsión para tractores de cadenas.

**1940.** A partir de este año la marca Caterpillar incluye ahora una variedad de maquinaria de índole agraria e industrial como motoniveladoras, hojas de nivelación, niveladores de elevación, levantadores de terrazas y grupos electrógenos.

**1942.** Caterpillar genera una aportación de su propia maquinaria para ayuda militar de Estados Unidos en la guerra.

**1950.** En Inglaterra se posiciona la Caterpillar Tractor Company Limited primera compañía para la creación de la administración de la falta de cambio de moneda extranjera, tarifas, y servir mejor a clientes en todo el mundo.

**1953.** En 1931, Caterpillar crea un grupo de venta de motores diésel de manera independiente para otros fabricantes. En el año 1953 se genera una división independiente de ventas y mercadotecnia para servir mejor a una amplia variedad de clientes de motores, los cuales generan el sustento de aproximadamente una tercera parte de las ventas e ingresos totales de la compañía.

**1963.** Se formaliza la creación de la primera alianza de empresas conjunta entre Caterpillar y Mitsubishi Heavy Industries Limited para de ese modo poder incluir la propiedad parcial de Estados Unidos. Caterpillar Mitsubishi Ltd. Los primeros frutos de dicha alianza comienzan en torno al año 1965.

**1981-83.** Se produce una reducción drástica del número total de la compañía, debido a que en esos dos años se produce una enorme recesión económica mundial, que generan unos costos diarios de 1 millón de dólares con lo que la compañía decide tomar esa medida 1983. Caterpillar Leasing Company da un paso al frente, ofreciendo varias opciones de financiación a sus clientes a nivel mundial, y como consecuencia de ello se sustituye el nombre por el de Caterpillar Financial Services Corporation.

**1985-actualidad.** La compañía ha tenido la filosofía de duplicar los servicios generados a los clientes durante toda su etapa desde su creación y cuenta ya con más de 300 productos en su haber para satisfacer las necesidades de todos sus clientes más exigentes.

**1987.** Con la friolera cantidad de 1.800 millones de dólares, Caterpillar inicia un plan de modernización de sus instalaciones para garantizar una mayor calidad en el resultado de sus productos.

**1990.** La empresa ahora genera un proceso innovador en lo que a su estructura se refiere y para ello se reorganiza en subdivisiones comerciales para ofrecer mayor rendimiento de activos y satisfacción a los clientes.

**1997.** En este año la compañía sigue con su proceso de expansión, y una de las medidas adoptadas es la adquisición de la empresa Perkins Engines, cuya sede central queda localizada en el Reino Unido. En el año 1996 se produce otra adquisición estas adquisiciones, Caterpillar se convierte en el líder mundial de fabricación de motores diésel.

**1998.** en la ciudad de Arizona (EE.UU.) se muestra insitu el camión de obras más grande a nivel mundial el 797 cuyas pruebas se realizan en las minas de dicha ciudad.



*Ilustración 3 Caterpillar 797 durante las pruebas en las minas de Arizona (EEUU). Fuente: cat.com*

**1999.** Caterpillar da luz a CONEXPO en la feria mundial de construcción, el cual es una máquina mucho más pequeña, versátil y ágil, y se adapta perfectamente a las necesidades específicas de sus clientes en todo.

**2000.** Caterpillar cumple su 75 aniversario.

**2001.** Caterpillar se constata como la primera empresa en la incorporación global 6 Sigma y con ello obtener unos suculentos beneficios desde el primer año.



**2003.** Todas las exigencias en cuanto a emisiones de gases contaminantes, los requisitos y certificaciones de la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos son implementados por Caterpillar en su nueva línea de motores más cuidadosos y limpios con el medio ambiente, pero además se produce el desarrollo de una innovadora tecnología de control de emisiones de Caterpillar, conocida como Tecnología Avanzada de Reducción de Emisiones de Combustión (Advanced Combustion Emissions Reduction Technology - ACERT), para cumplir los requisitos de la EPA sin sacrificar rendimiento, fiabilidad o economía de consumo.

**2011.** Se produce la tan ansiada fusión de Caterpillar con Bucyrus international inc. la cual ya se suponía con meses de antelación la cual era voz populis.

## METODOLOGÍA

---

En relación a la metodología, podemos decir que para la redacción de éste trabajo, se han utilizado materiales como manuales técnicos hallados en el propio buque de los objetos de estudio/análisis, así como otros manuales de consulta técnica localizados por otras vías, y la conjunción de todos ellos además, de todas las experiencias in-situ y conocimientos adquiridos y transferidos por los todo el personal del departamento de máquinas correspondiente, pues han hecho posible la consecución de éste trabajo.

Por un lado, se ha querido mostrar las particularidades técnicas de los motores en cuestión, así como el estudio y conocimiento más en profundidad de los mismos en la instalación en la cual están ubicados, y sobre todo el énfasis una vez más en uno de los elementos más importantes a mi juicio, y como ha quedado demostrado en múltiples estudio económico/empresarial, como es la aplicación del mantenimiento en los buques en todas sus variantes como son el mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo de los cuáles hablaremos a posteriori y de su importancia).

Se ha tratado también de conocer el funcionamiento de los diferentes sistemas que componen dichos motores y la problemática subyacente a los mismos y en función de lo establecido por el fabricante ver cómo se realiza y sobre qué elementos se realiza el Overhaul, el cual diferirá en función del número de horas que vayan cumpliendo los motores principales, los cuales se encuentran instalados, como hemos comentado anteriormente en el HSC "VILLA DE AGAETE".

## RESULTADOS

---

### *Introducción.*

Los motores Caterpillar 3618 son unas unidades, las cuáles han demostrado su enorme fiabilidad y potencia con unos consumos muy ajustados, y por otro lado ajustándose a las máximas exigencias de la EPA (AGENCIA de PROTECCIÓN AMBIENTAL) americana y demás certificaciones en cuanto a emisiones le han sido requeridas.

En la actualidad son muchos los buques propulsados por unidades de este tipo, tanto en el ámbito comercial, así como el ámbito de la marina de guerra tanto de EEUU, como de la marina australiana.

En nuestro caso, primeramente, se definirán dichas unidades en el buque en el que están instalados dando una descripción del mismo y posteriormente, ya se acometerá la descripción de los diferentes tipos de mantenimientos y sobre todo del grueso del tema del trabajo, como es el Overhaul de dos de los motores principales del buque.

### *Descripción del “VILLA DE AGAETE”.*

El buque tiene la clasificación del Det Norske Veritas I.D. Nº. 23097 y está categorizado como una embarcación de alta velocidad de acuerdo con la Organización Marítima Internacional. Tiene la denominación de High Speed Wave Piercing Catamarán en cual, ha sido construido para optimizar al máximo la dualidad entre pasajeros y carga rodada.

El “Villa de Agaete” fue construido por los Astilleros INCAT en Hobart Australia, era el caso número 052 de dicho astillero, e inicialmente entregado en mayo de 1999 a la naviera uruguayo-argentina Buquebus y fue nombrado “Avemar”.



*Ilustración 4 Buque Avemar perteneciente a la Cía Buquebus. Fuente: [www.trasmeships.es](http://www.trasmeships.es)*

El 21/12/2000 dicho buque perteneciente a la compañía Buquebus, fue adquirido por Trasmediterránea por un importe de 5.824 millones de pesetas y así el 23/04/2001 queda renombrado como “Alborán” y entraba oficialmente en la línea de Algeciras.



*Ilustración 5 Buque Alborán en el puerto de Ceuta de la cía. Trasmediterránea. Fuente: [www.trasmeships.es](http://www.trasmeships.es)*

Una de las características tangibles a simple vista, es su diseño el cual ofrece un mínimo de altura de francobordo, así como de reserva de la flotabilidad, además debido al avance de las prolongaciones de sus proas terminando en “pico” las denominadas “Wave pearcing” ofrecen al buque una mayor capacidad de penetración en las olas generando un menor rozamiento, con la consecuente pérdida de velocidad sobre todo cuando las condiciones meteorológicas son bastante desfavorables.



*Ilustración 6. Vista del "Villa de Agaete" desde la amura de estribor. Fuente: trabajo de campo.*

Entre ambos cascos en la zona de proa destaca el alzamiento de la misma, la cual le añadirá al buque una reserva de flotabilidad añadida en caso de que debido a la mala mar sea necesario para sacar la misma más rápidamente, y de manera más eficiente.



*Ilustración 7. Vista del "Villa de Agaete" desde la aleta de estribor. Fuente: trabajo de campo.*



El buque está en general construido de aluminio sobre un sistema de refuerzos longitudinales, además ambos cascos, están unidos por la parte central con una especie de corrugado con refuerzos longitudinales del tipo 5383-h116 y secciones del tipo 6082-T, todas ellas aprobadas por la autoridad inspectora y por otro lado las



*Ilustración 8. Rampa de acceso a la bodega de carga. Fuente: trabajo de campo.*

Planchas estructurales y cuadernas están fabricadas con la misma aleación de aluminio para de ese modo transferir al conjunto del buque, mayor resistencia con un

menor uso de material, y por consiguiente menos peso y como consecuencia directa un aumento de la velocidad. Las cuadernas están generalmente espaciadas a 1200 mm por todo el buque.

Las grandes reservas de flotabilidad de cada casco, se encuentran en unos espacios cerrados, (voids) los cuales se sitúan de manera equidistante unos de otros en cada casco. En ellos se encuentran sistemas como por ejemplo el tanque de agua dulce, el tanque de aguas sépticas, bombas de C.I., bombas de Sprinklers (rociadores), válvulas de corte de combustible de tanques principales y auxiliares, etc. En el caso del Villa de Agaete consta de 5 espacios cerrados en cada uno de los cascos del catamarán.

En cuanto al confort de la navegación, el buque consta de una serie de estabilizadores como son los Trim-Tabs y los T-Foil, los cuáles son controlados desde el puente, y en él se encuentra un sistema automatizado de control (Maritime Dynamics) con una serie de parámetros, como son el PITCH (Cabeceo), ROLL (Escora), HEAVE (Momento en el cual el barco se queda en el aire porque sale de la cresta de la ola y se queda en el seno de la misma) y la GANANCIA (Velocidad de reacción del conjunto) del sistema en cuestión. En función de las condiciones

climatológicas se modificarán los parámetros, así como la ganancia del sistema, para minimizar los impactos negativos de la mar sobre el buque y sobre todo sobre el confort de la navegación para los pasajeros.

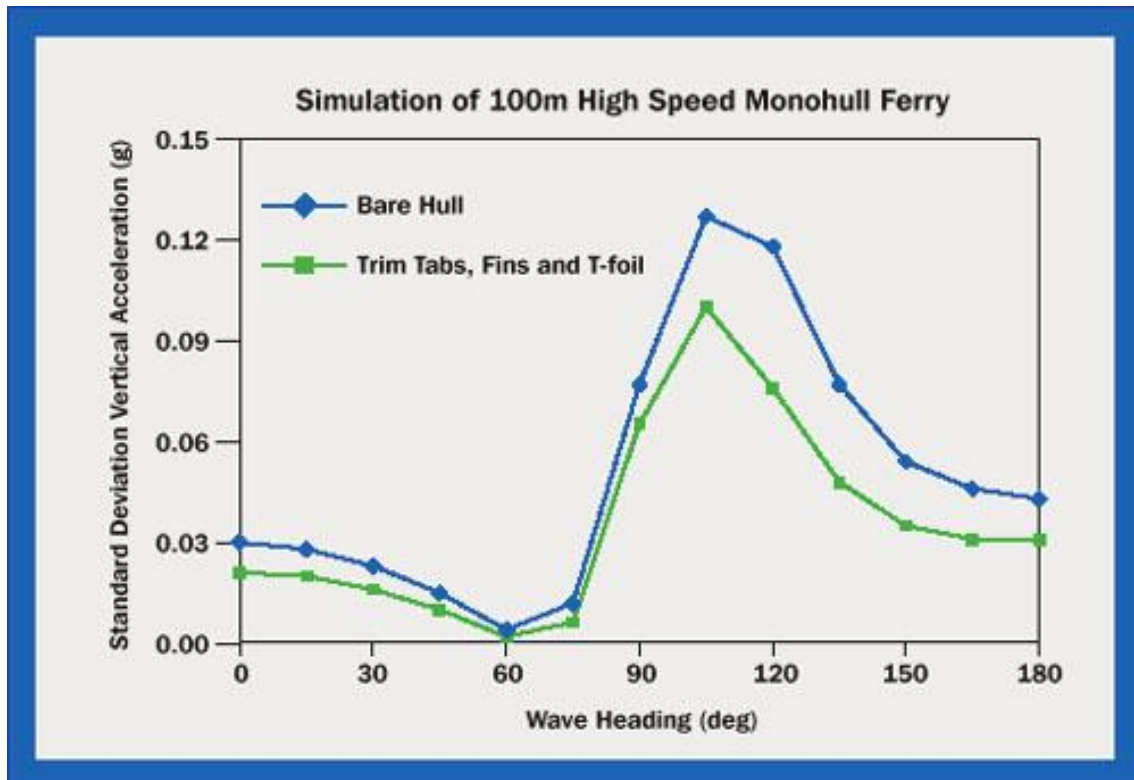


Ilustración 9 Gráfica sobre la simulación de un sistema automatizado de control de elementos de estabilización. Fuente: [www.naiadynamics.com](http://www.naiadynamics.com)

En el apartado de la propulsión, el buque lleva instalados 4 motores Diésel Caterpillar modelo 3618 los cuáles están distribuidos dos a dos en cada uno de los cascos del catamarán. Cada motor una potencia de 7200KW, a 1050 r.p.m. Éstos a su vez están acoplados a una reductora modelo 4 Reinjets de simple etapa, reducción 1.781:1 Tipo: VLJ 6831, y ésta a su vez a los Waterjets Lips del modelo LJ150D.

Además, en la sala de máquinas de cada casco también se encuentran alojados dos auxiliares Caterpillar modelo 3406-B con seis cilindros en línea, que desarrollan una potencia de 260 KW a 1500 r.p.m. y sobrealimentados.

Dimensiones principales y capacidades de carga.

<b>Eslora máxima</b>	95.47m
<b>Eslora entre perpendiculares</b>	86.252m
<b>Manga máxima (excluyendo cintones)</b>	26.00m
<b>Eslora máxima del casco</b>	93.452m
<b>Manga del casco</b>	4.500m
<b>Distancia línea central casco y línea central buque</b>	10.834m
<b>Calado máximo a proa</b>	3.566m
<b>Calado máximo a popa</b>	4.388m
<b>Toneladas de Registro Neto</b>	2828 tons
<b>Toneladas de Registro Bruto</b>	6346 tons
<b>Máxima capacidad de Combustible</b>	174,878 litros
<b>Capacidad del tanque de Largo Recorrido (aprox.)</b>	2 x 196,000 litros
<b>Capacidad de Combustible de los Generadores de Emergencia</b>	2 x 856 litros
<b>Capacidad de Agua Dulce</b>	5,000 litros
<b>Capacidad del tanque Séptico</b>	5,000 litros
<b>Capacidad de los tanques de almacén de Aceite (aprox.)</b>	2 x 465 litros
<b>Capacidad de Agua de Refrigeración (por Maquina)</b>	1,000 litros
<b>Capacidad de Agua de Refrigeración (por Generador)</b>	50 litros
<b>Capacidad de Almacén de Aguas Aceitosas</b>	2 x 168 litros
<b>Capacidad de Aceite de los hidráulicos* de Popa, incluyendo estabilizadores, waterjets, cabrestantes, pescantes.</b>	2 x 400 litros
<b>Capacidad del tanque hidráulico de reserva de Popa</b>	2 x 100 litros
<b>*de Proa, cabrestantes, molinete del ancla y T-Foil</b>	1 x 240 litros

Pesos muertos a plena carga.

	<b>Salida Completo de Coches</b>	<b>Salida Completo de Camiones</b>
<b>Pasajeros y Equipaje</b>	74.9 tons	82.0 tons
<b>Tienda y Catering</b>	9.7 tons	5.0 tons
<b>Vehículos</b>	316.3 tons	608 tons
<b>Aceite, etc..</b>	0.8 tons	0.8 tons
<b>Tripulación y efectos</b>	2.07 tons	2.07 tons
<b>Combustible (Babor y Estribor) @ 0.84 SG</b>	146.9 tons	147.0 tons
<b>Combustible Generadores</b>	1.44 tons	1.44 tons
<b>Agua Dulce</b>	5.0 tons	5.0 tons
<b>Total Peso Muerto</b>	555 tons	765 tons
<b>Peso en Rosca</b>	935 tons	935 tons
<b>TOTAL DESPLAZAMIENTO</b>	1490.0 tons	1700.0 tons



Rendimiento.

<b>Velocidad</b>	Máxima carga y desplazamiento	44 nudos
<b>Consumo combustible</b>	Referencia manual del operador	6 tons / hora

Restricciones de Velocidad

La Sociedad de Clasificación Det Norske Veritas tiene las siguientes restricciones de velocidad para la operación de este buque:

<b>Velocidad Máxima Permitida Nudos</b>	<b>Altura Significativa de Ola Metros</b>
50	0.0 - 1.8
45	1.8 - 2.3
40	2.3 - 2.9
35	2.9 - 3.8
32	3.8 - 4.3
30	4.3 - 5.0
Buscar Refugio a Baja Velocidad	5.0 y por encima

Estas restricciones deberían ser leídas en conjunción con otras limitaciones dadas al buque por la Administración de Marina. También deberán tener en cuenta los límites de los diagramas polares y de aceleraciones según el Manual de Formación de Buque.

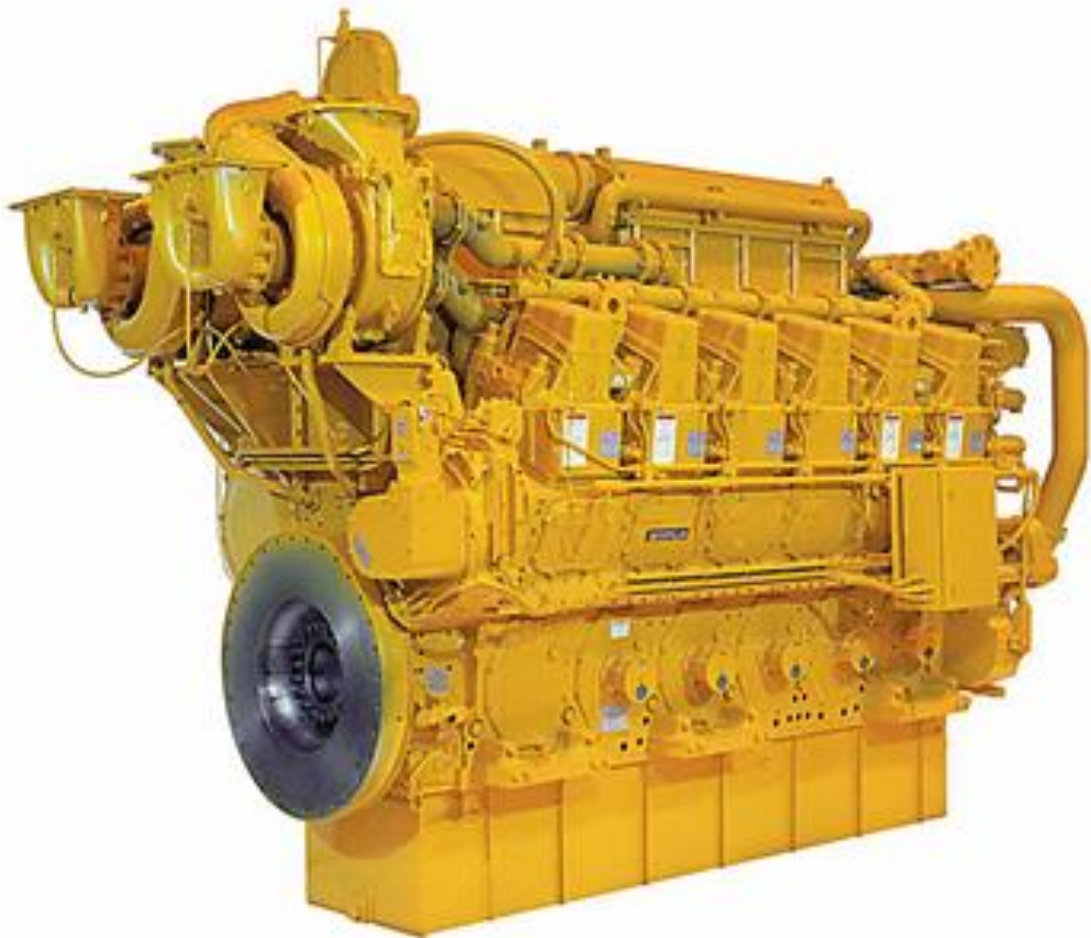
*Caterpillar Serie 3600.*

El motor objeto de análisis, proviene de una serie exitosa la 3600, la cual ha cosechado muy buenas críticas en el mundo industrial, sobre todo por el consumo, rendimiento y fiabilidad de los mismos.

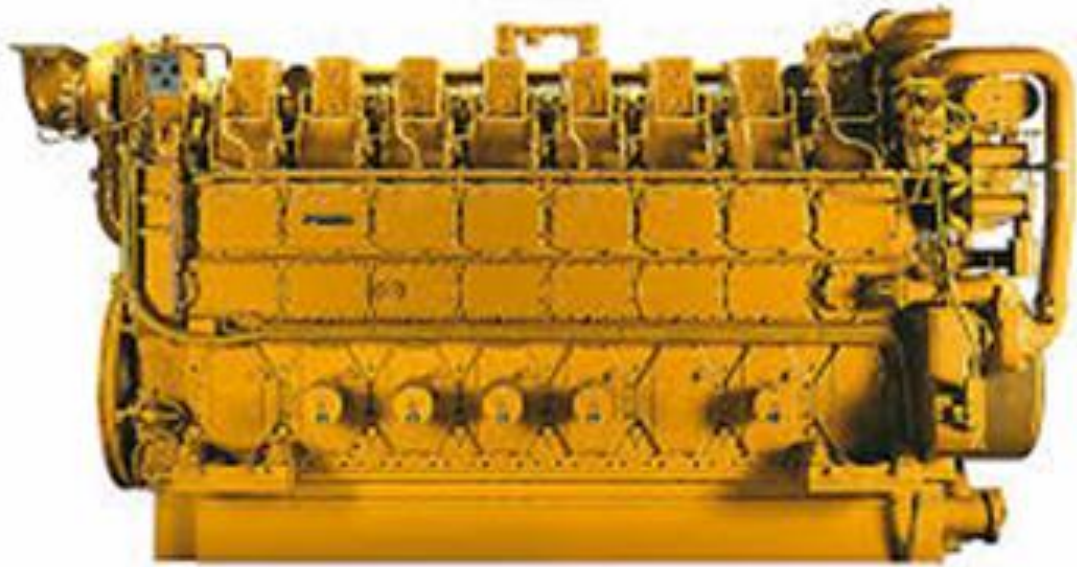
Así podemos comenzar dicho análisis, con que en el año 1985 Caterpillar, innova el mercado con una serie de motores la 3600, la cual consta de unos motores diésel industriales de velocidad media y de ciclos de 4 tiempos. Las numeraciones de los motores que la conforman son: (3606, 3608, 3612, 3616 y 3618), y todos ellos, tienen la particularidad de que son válidos

según las necesidades como propulsores para buques de alta velocidad, así como otros usos diversos por ejemplo grupos generadores de electricidad.

Sus diferencias se basan esencialmente en una serie de cuestiones como pueden ser el número de cilindros, la potencia generada, dimensiones, y la disposición. Todos ellos han sido creados para un funcionamiento dual o con diésel o con fuel oil, además añadir que todos tienen el mismo diámetro y la misma carrera.



*Ilustración 10 Motor Caterpillar 3612 de la serie 3600 Fuente: [www.cat.com](http://www.cat.com)*



*Ilustración 11 Motor Caterpillar 3608 de la serie 3600 Fuente: [www.cat.com](http://www.cat.com)*

Pasando a comentar cuestiones meramente mecánicas, podemos decir que toda la serie de los motores constan de unos turbos de gran rendimiento, es decir todos son sobrealimentados y además todos ellos constan de un sistema de enfriamiento del aire de admisión que entran en los cilindros con lo cual se mejora así la combustión en la cámara.

En el apartado electrónico, podemos ver que toda la serie consta de una serie de controles y sensores electrónicos, los cuales verifican en todo momento que los parámetros de los mismos se encuentran dentro de los márgenes aceptados y además constan de una serie de seguridades, las cuales permiten parar el motor rápidamente, para que el mismo no sufra daños internos y generen unas consecuencias mucho peores.

A continuación, se muestra una ilustración en la cual aparece una serie de alarmas del sistema de control y seguridades del motor Caterpillar 3618

### Relación de Alarmas en ISIS

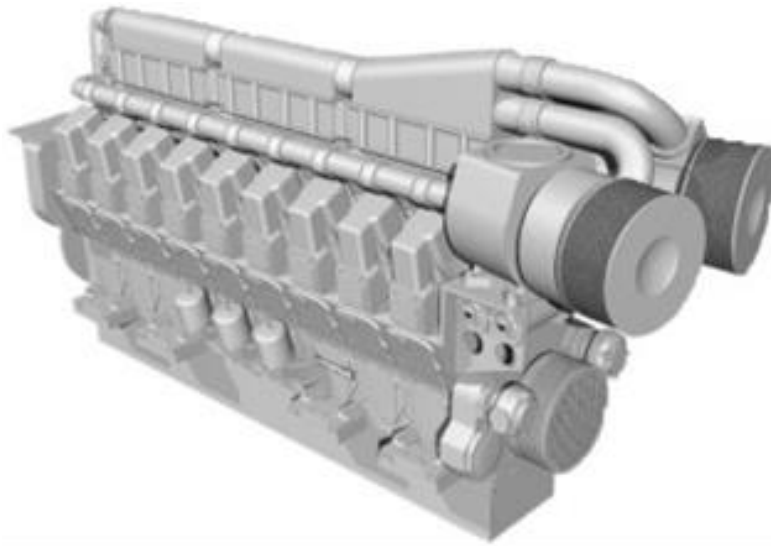
Gr.	Nro		
1	101	POME CYL 1 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 1	Suele dar alarma en las aceleraciones bruscas compensándose luego, puede ser por problemas de un inyector - de sensor - falta calibrac.
1	102	POME CYL 2 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 2	Ensuciamiento de filtro de combustible - controlar la presión de combustible -
1	103	POME CYL 3 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 3	Si la temperat. Sube y baja rápidamente el problema es en el sensor
1	104	POME CYL 4 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 4	Si la temperatura fue bajando de a poco con el tiempo , observar los LOG , posiblemente sea el inyector
1	105	POME CYL 5 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 5	Si la alarma proviene después de una calibración , puede que se haya calibrado mal
1	106	POME CYL 6 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 6	Si la temp. de gases baja tanto como la temp. del aire de barrido o un poco superior , es por que no está inyectando (ver inyector) o puede
1	107	POME CYL 7 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 7	Que se haya soltado el varillaje que actúa la bomba de combustible o se puede haber salido el varillaje del empujador de esa bomba
1	108	POME CYL 8 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 8	Idem
1	109	POME CYL 9 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 9	Idem
1	110	POME CYL 10 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 10	Idem
1	111	POME CYL 11 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 11	Idem
1	112	POME CYL 12 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 12	Idem
1	113	POME CYL 13 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 13	Idem
1	114	POME CYL 14 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 14	Idem
1	115	POME CYL 15 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 15	Idem
1	116	POME CYL 16 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 16	Idem
1	117	POME CYL 17 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 17	Idem
1	118	POME CYL 18 EXH TEMP Alta temp. gases escape cilindro 18	Idem
1	119	POME EXH AVERAGE Alta temp. promedio gases escape	Cuando el promedio de las temperaturas de gases de escape supera un determinado valor , Reducir un poco de máquina.
1	120	POME EXH DEVIATION Alta desviación temp. gases escape	Es un valor por el cual la temp. de los gases de cada cilindro se puede desviar en mas o en menos del promedio ; cambia segun el valor del promedio
1	121	POME R TC EXH IN TMP Alta temp. gases escape a la entrada del Turbo Derecho.	Si supera los 650 grados podríamos tener problema en los turbos compresores , ellos soportan 700°C de máxima . Esta Alarma produce Reduccion de marcha (550 RPM)
1	122	POME L TC EXH IN TMP Alta temp. gases escape a la entrada del Turbo Izquierdo.	Verificar si se tiene suficiente presión de aire de barrido , puede haber alguna pérdida en colector aire . Sule también subir esta temperatura al subir máquina. ; Puede haber expansión rota
1	123	POME R TC EX OUT TMP Alta temp. gases escape a la salida del Turbo Derecho	Es solo alarma , se recomienda reducir máquina ,
1	124	POME L TC EX OUT TMP	Idem anterior

*Ilustración 12. Relación de alarmas motor POME Caterpillar 3608 de la serie 3600 Fuente: trabajo de campo*

Otro de las grandes beneficios que tiene esta serie de motores que, a su vez, los diferencias para bien de la competencia es por ejemplo las dimensiones contenidas, el consumo o la relación peso/potencia.

Todos los motores de la serie 3600, aplican lo establecido por las reglas: ISO3046/1, ISO8665, DIN6271 y BS5514. El consumo de fuel queda regulado por la ISO3046/1 y una tolerancia de + 5%.

Características técnicas Caterpillar Serie 3600.



*Ilustración 13 Caterpillar 3608 de la serie 3600 Fuente: [www.deno.oceanica.ufrj.br](http://www.deno.oceanica.ufrj.br)*

Características técnicas de Caterpillar 3618:

V-18, 4-Stroke-Cycle Diesel	
Bore — mm (in) .....	280 (11.0)
Stroke —mm (in) .....	300 (11.8)
Displacement per cylinder—L (cu in) .....	18.5 (1127)
Rotation (from flywheel end) .....	cw or ccw
Compression Ratio .....	12.5:1
Aspiration .....	Turbocharged-Charge Air Cooled
Rated Speed .....	1050 rpm
Average Piston Speed: m/s (ft/s) .....	10.5 (34.4)
Peak Firing Pressure— bar (psi) .....	185 (2680)
BMEP— bar (psi) .....	24.7 (35)



Presión diferencial de filtros de combustible	0,75 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura de entrada de refrigeración de camisas	85°C
Temperatura máx. de entrada de agua de refrigeración a las camisas	90 °C
Presión de descarga de bomba de refrigeración de las camisas	3 kg/cm <sup>2</sup>
Caudal de la bomba de refrigeración de camisas	3.066 L/min
Temperatura de entrada de agua de refrigeración de enfriador de aire y aceite	32°C
Presión de descarga de bomba de refrigeración de aire y aceite	3,29 kg/cm <sup>2</sup>
Caudal de la bomba refrigeración del enfriador de aire y aceite	1816 L/min
Condiciones ambientales máxima tolerables	45 °C en Aire 32 °C en Agua salada
Consumo específico de combustible al freno	205 g/KWh con un margen de +5/-5 % de tolerancia
Ajuste del juego de válvulas de admisión(reglaje)	0,60 mm
Ajuste del juego de válvulas (Escape)	1,0 mm
Avance de la inyección	119,2 mm

Velocidad de trabajo	1050 rpm
Velocidad de giro a ralentí	350 rpm
Número de cilindros y disposición	18 cilindros en V (a 50 grados)
Diámetro	280 mm
Carrera	300mm
Cilindrada	333 L
Presión máxima de carga	185 kg/cm <sup>2</sup>
Relación de compresión de cilindros	12,5:1
Sobrealimentación	Biturbo con refrigeración del aire de admisión
Orden de encendido	1, 2, 9, 10, 17, 18, 5, 6, 11, 12, 15, 16, 3, 4, 7, 8, 12, 1, 4
Sentido de giro (visual desde volante de inercia)	Izquierdo
Sistema de inyección	Inyectore-Bomba
Sistema de arranque	Motores de accionamiento neumático
Máxima restricción permitida de la depresión del conducto de admisión de aire	3,7 kPa
Presión de aire de barrido a máxima potencia	2,75 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de combustible en el colector	4,5 a máxima de 7 kg/cm <sup>2</sup>
Caudal de alimentación de combustible	145 L/min
Caudal de retorno de combustible	76 L/min

Ilustración 14 Características técnicas detalladas Caterpillar 3618 de la serie 3600 Fuente: [www.studocu.com](http://www.studocu.com)

Pesos del motor Caterpillar 3618.

3618 Motor Marino de Propulsión	kilogramos	Libras
Motores con todo el equipo montado en el motor como se describe en la tabla	35000	77160
Equipos montados sueltos/mamparos Acoplamiento torsional, Intercambiador de calor de tipo placas, instrumentos de arranque y parada, paneles de alarma diferentes sistemas auxiliares	2370	5224
Fluidos: Aceite Lubricante, agua de camisas, intercambiador de calor, agua dulce y salada.	2500	5516

Nombramiento de componentes del motor Caterpillar 3618.

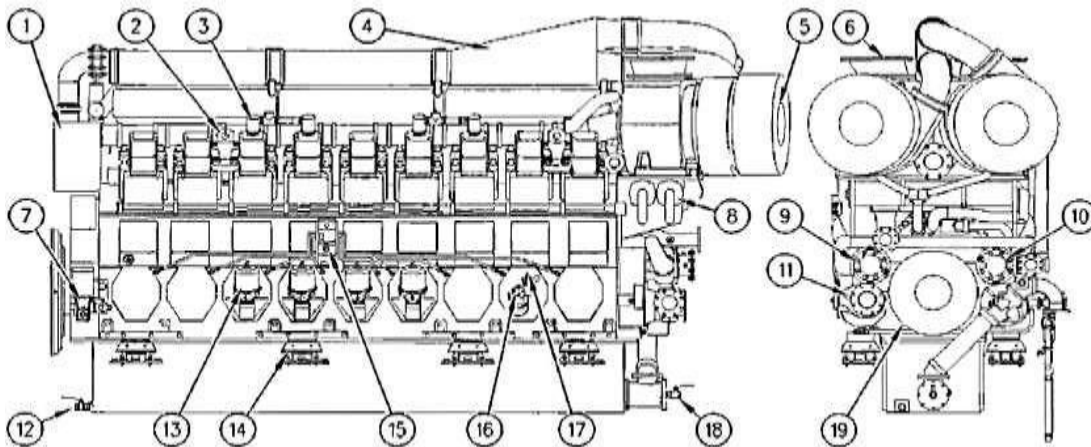


Ilustración 15 Componentes del motor 3618 Fuente: Manual Caterpillar

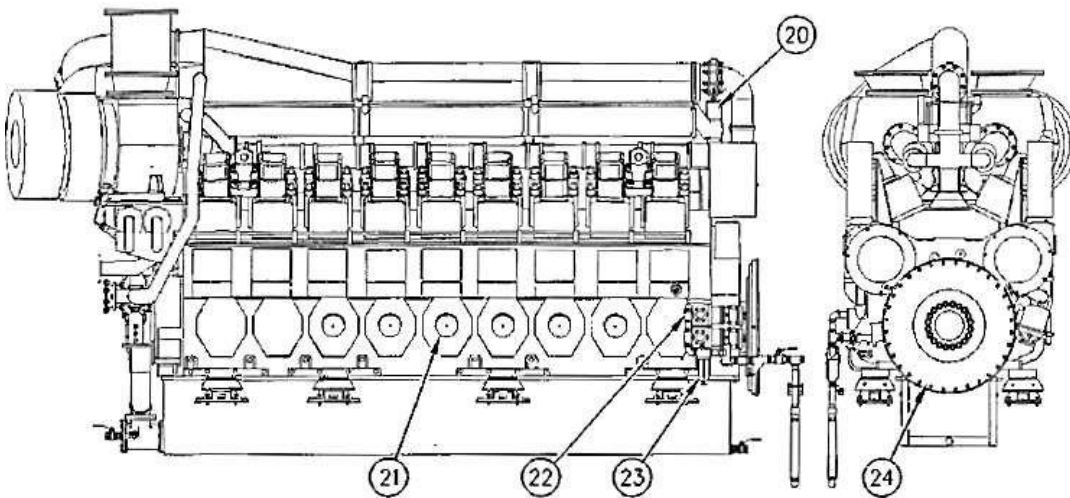


Ilustración 16 Componentes del motor 3618 Fuente: Manual Caterpillar.

- 1- Caja de conexionado.
- 2- Cáncamo de izado.
- 3- Respirador del cárter.
- 4- Refrigerador aire de carga.
- 5- Admisión de aire.
- 6- Escape.
- 7- Virador.
- 8- Filtro de aceite.
- 9- Bomba de agua de refrigeración.
- 10- Bomba de refrigeración de aire y de aceite.
- 11- Bomba de agua auxiliar.
- 12- Purga de aceite.
- 13- Filtro centrífugo de aceite.
- 14- Taco elástico de sujeción.
- 15- Detector de niebla de aceite.
- 16- Filtro de aceite.
- 17- Varilla de medición de aceite.
- 18- Salida bomba de pre lubricación.
- 19- Amortiguador de vibraciones.
- 20- Válvula bypass del compresor.
- 21- Válvula de seguridad del cárter.
- 22- Motor de arranque.
- 23- Lubricación del motor de arranque.
- 24- Volante de inercia.

Distribución motores en sala de máquinas.

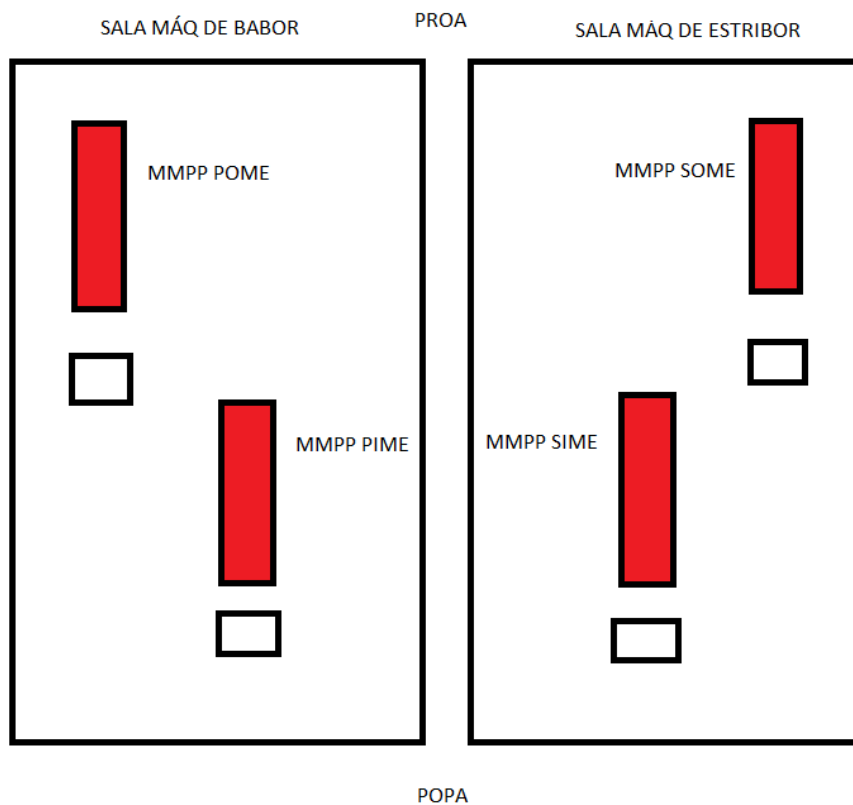


Ilustración 17 Esquema distribución Sala de máquinas de Babor y Estribor. Fuente: Trabajo de campo.



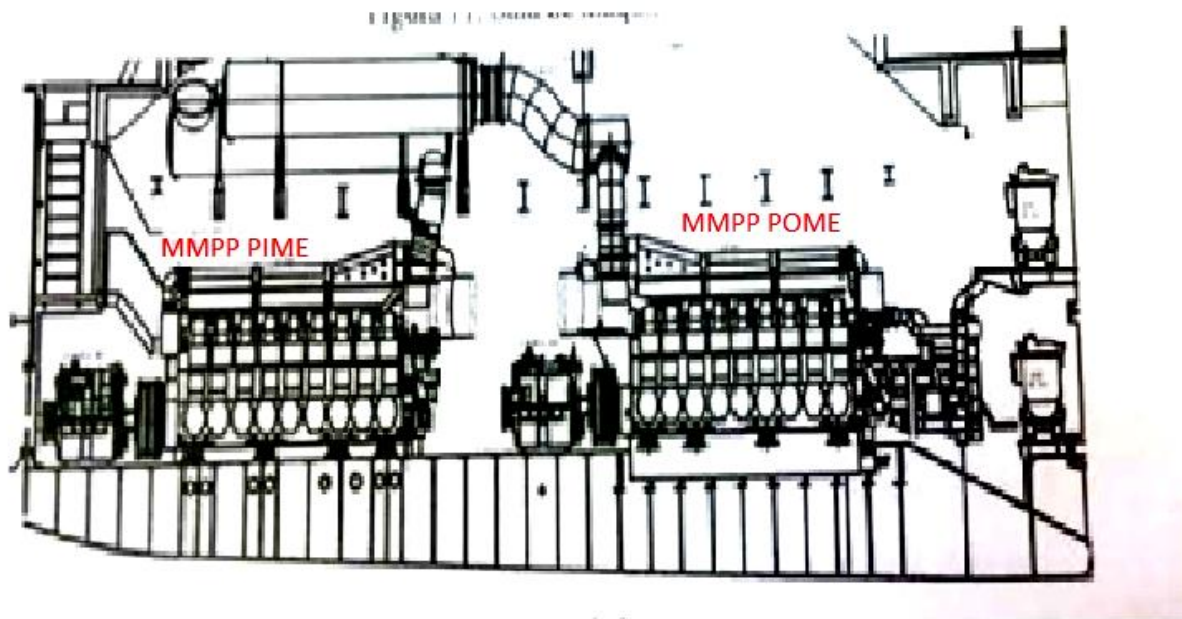


Ilustración 18 Sala de máquinas de Babor. Fuente: Manual General operacional.

### *Tipos de mantenimientos y su importancia.*

Son tres los diferentes tipos de mantenimiento que se deben realizar en los motores y todo queda contemplado y recogido tanto en los procedimientos de mantenimientos recomendados por el fabricante, así como en el plan de mantenimiento que tiene la compañía.

Los tres tipos de mantenimiento son: el predictivo, el preventivo y el correctivo. Pues bien, cada uno de ellos será útil en función de las variables que podemos elegir en ese momento, es decir dependiendo de la mano de obra, cuantía económica, duración del trabajo, etc. Es fundamental e importante que los tres coexistan en cualquier buen plan de mantenimiento.

### *Mantenimiento predictivo.*

Se podría definir, como una serie de técnicas de monitorización, visualización, y comprobación, que cumplen el cometido de reducir costes tratando de mantener los equipos/motores/planta sustituyendo o reparando aquellos elementos que puedan generar una avería de mayor complejidad si no se encuentran en buen estado.

Para ello el personal, realizará unas comprobaciones/chequeos rutinarios, y además todo ello seguido de los elementos susceptibles de comprobación establecido en el programa del plan

de mantenimiento. Además, todo ello será apoyado por la monitorización continua, análisis de aceites, temperaturas, desgastes, etc.

#### Mantenimiento preventivo.

Dicho mantenimiento, se podría decir es la fase siguiente o de continuación/ apoyo del mantenimiento preventivo.

Su objetivo no es otro que por una lado mantener en óptimas condiciones la planta/motores etc., objeto de mantenimiento, así como la continuación en tratar de minimizar los costes que podría conllevar una reparación de mayor calado.

Por ello el mantenimiento preventivo, consta de una serie de trabajos rutinarios programados que se llevan a cabo por el personal del departamento de máquinas, y constan de tareas tales como, reaprietes, limpieza, lubricación, engrase, de elementos que lo requieran y todo ello quedará contemplado en el plan de mantenimiento.

Todo ello, se realizará como objetivo final, el que la instalación goce de una mayor fiabilidad, durabilidad, seguridad y sobre todo el hecho de que esté fuera de uso el menos tiempo posible.

Siempre con todos mantenimientos se trata, de minimizar el riesgo de rotura y por otro lado, queda más que demostrado que dichos mantenimientos rentabilizan la instalación/planta y por otro lado minimizan los riesgos de tener que acometer reparaciones muchísimo más costosas y sobre todo el hecho de que dicha instalación deba ser parada, para poder realizar los trabajos de la reparación.

#### Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo se realiza cuando se ha producido el fallo en el motor, planta o instalación.

Resulta de gran importancia cuando la sustitución o reparación no afecte en gran medida a la explotación por parte de la empresa. Dicho mantenimiento no exime de realizar

conjuntamente los otros dos anteriores cuya conjunción será la que en evidencias de tipo económico hará que llevar a la práctica los tres tipos genere por un lado una reducción económica mayor, alargar la vida útil de la instalación y por otro lado el que la misma esté el menos tiempo posible fuera de producción.

El gran problema subyacente a este tipo de mantenimiento, se centra básicamente en el factor previsibilidad, el cual existen fallos y averías los cuales no se pueden prever, y que con todos los tipos de mantenimiento se han intentado alargar sin que se produzcan. Por otro lado, una vez que se produzca el fallo o avería, requerirá de una mayor mano de obra y como consecuencia también, de una mayor inversión económica de modo paralelo a la misma.

#### *Descripción de trabajos a realizar en el Overhaul mayor.*

A continuación, se mostrará un cuadro, en el cual se realizará una descripción del trabajo a realizar en cada motor de manera individualizada, mencionar que dicha tabla será confeccionada en conjunto por el departamento de inspección y de máquinas del barco y además con el taller representante de la marca en este caso es Finanzauto.

Dicha empresa tiene unos altos estándares de calidad en la ejecución, así como en la planificación detallada de los mismos, además de contar con muchos años de experiencia en la representación de la marca y de sus motores tanto de ámbito naval, como terrestre.

DESCRIPCION TRABAJOS	TRABAJOS A REALIZAR DURANTE LA REPARACIÓN			
	POME	PIME	SIME	SOME
Cojinetes de biela		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Cojinetes de bancada y axiales		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Mantas de escape		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Culatas		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Juntas de culatas		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Inyectores		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Expansiones		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Refrigerante		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Cojinetes levas		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	

Cojinetes distr. delantera		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Cojinetes de bomba de aceite		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Cojinetes de TC				
Termostatos de JW, AC, OC		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Retenes Trasero cigüeñal		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Retenes delantero cigüeñal		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Camisas		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Biela, Pistón Y Bulón		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Casquillos de camisas		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Núcleos de postenfriadores		INSP. / LIMP. / REEMP.	INSP. / LIMP. / REEMP.	
Árbol de levas		INSP. / LIMPIEZA	INSP. / LIMPIEZA	
Válvula prioridad		INSP. / REACOND.	INSP. / REACOND.	
Distribución trasera		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Cojinetes de balancines		INSP. / REEMPLAZAR	INSP. / REEMPLAZAR	
Alarmas y paradas del motor		INSP. / AJUSTAR	INSP. / AJUSTAR	
Bloques		REACONDICIONAR	REACONDICIONAR	
Turbos		ABB	ABB	
Damper		REACONDICIONAR	REACONDICIONAR	
Motores de arranque		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
"T" de By-pass		INSP. / REACOND.	INSP. / REACOND.	
Bomba de aceite		INSP. / REACOND.	INSP. / REACOND.	
Bomba transferencia (FUEL)		INSP. / REACOND.	INSP. / REACOND.	
Bomba de agua salada (SW)		REACONDICIONAR	REACONDICIONAR	
Bomba de agua camisas (JW)		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Bomba de agua camisas (AC)		REEMPLAZAR	REEMPLAZAR	
Filtros centrífugos		INSP. / REACOND.	INSP. / REACOND.	
Rejilla aspiración aceite		INSP. / LIMPIEZA	INSP. / LIMPIEZA	
Regleta de termopares				

## Bloque motor.

Los Bloques de motor son denominados muchas veces como bancada de cilindros, y son depende del tipo de motor (si es de automoción, motocicleta o motores con enormes cilindradas para poder desarrollar grandes potencias para motorizar por ejemplo enormes buques) grandes bloques, en el caso que nos afecta construido en una aleación de fundición con el 2% de carbono y el 1% de silicio el cual contiene el cilindro/s y todos sus componentes internos, los diferentes conductos de admisión y escape, los pasos de refrigerante, así como de aceite, alojamiento para la bomba de agua, bomba de aceite, distribución, es la bancada sobre la que se aloja el cigüeñal, etc.. En nuestros tiempos, los bloques de motor, así como el conjunto del motor en sí han sufrido una gran evolución debido a que cada vez deben contener más elementos para adaptarse a las nuevas exigencias medioambientales, así como para hacerlos mucho más eficientes. La mayoría de los componentes de los motores o sistemas están tan altamente integrados que la “carcasa” para las piezas internas cada vez es más reducida. El avance de la tecnología hace que cada vez los motores hayan visto reducidas sus dimensiones y aumentadas sus potencias y sus eficiencias energéticas.

El bloque de motor se encuentra cerrado por el cárter en su parte inferior y en la parte superior por la culata. Éste bloque consta de 9 orificios por cada banda del bloque para los pistones llamados cilindros y tienen un total de 18.

Otro de los propósitos del bloque del motor es transferir el calor producido por la fricción al aire y al refrigerante del motor. El cárter de aceite está unido a la parte inferior del bloque del motor. Esta parte sella el aceite lubricante del motor.

En cuanto al apartado de comprobaciones lo primero que hacemos, es verificar visualmente la pieza, pero desafortunadamente, no siempre este procedimiento es suficiente. En algunas ocasiones, también se necesitará la llamada prueba capilar. Esta es principalmente para detectar grietas que no vemos porque están justo debajo de la superficie. Para realizar la prueba capilar, aplicamos el líquido indicador en la superficie bien limpia. Luego espolvoreamos con tiza flotante, que nos mostrará las grietas junto con el líquido.

En otras ocasiones, incluso se usa una prueba de presión para detectar un bloque agrietado.

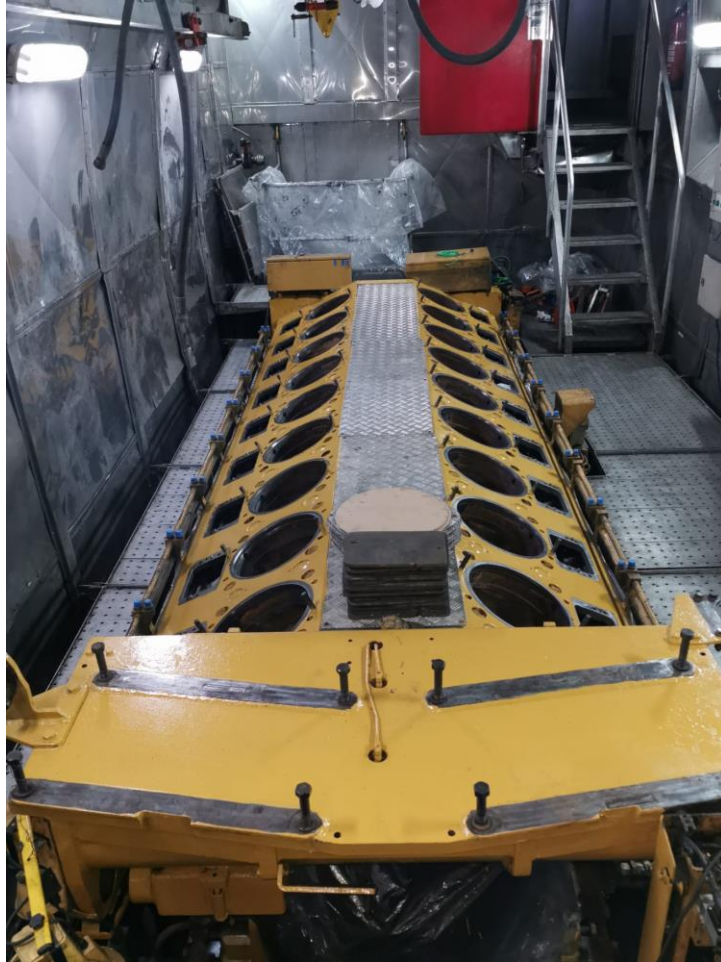


Ilustración 19 Bloque motor principal PIME sin todos sus demás elementos. Fuente: Trabajo de campo.

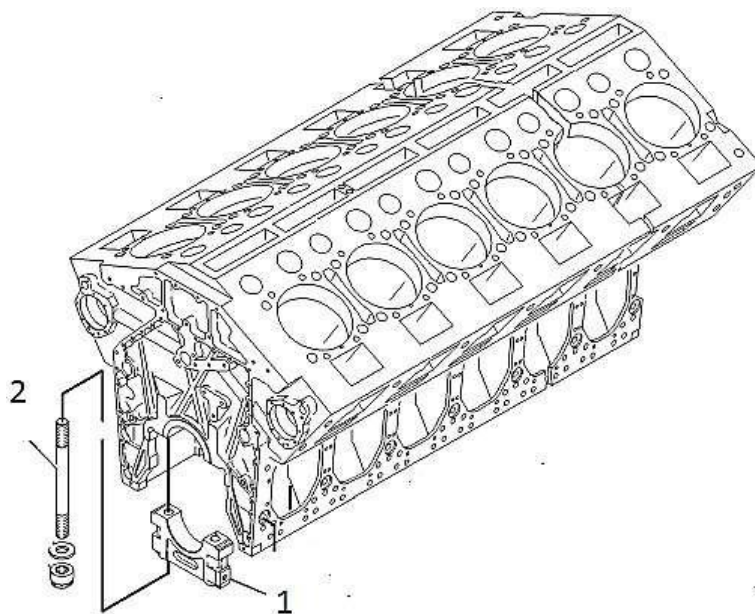


Ilustración 20 . Ilustración Bloque motor principal. Fuente: Manual despiece Cat 3618



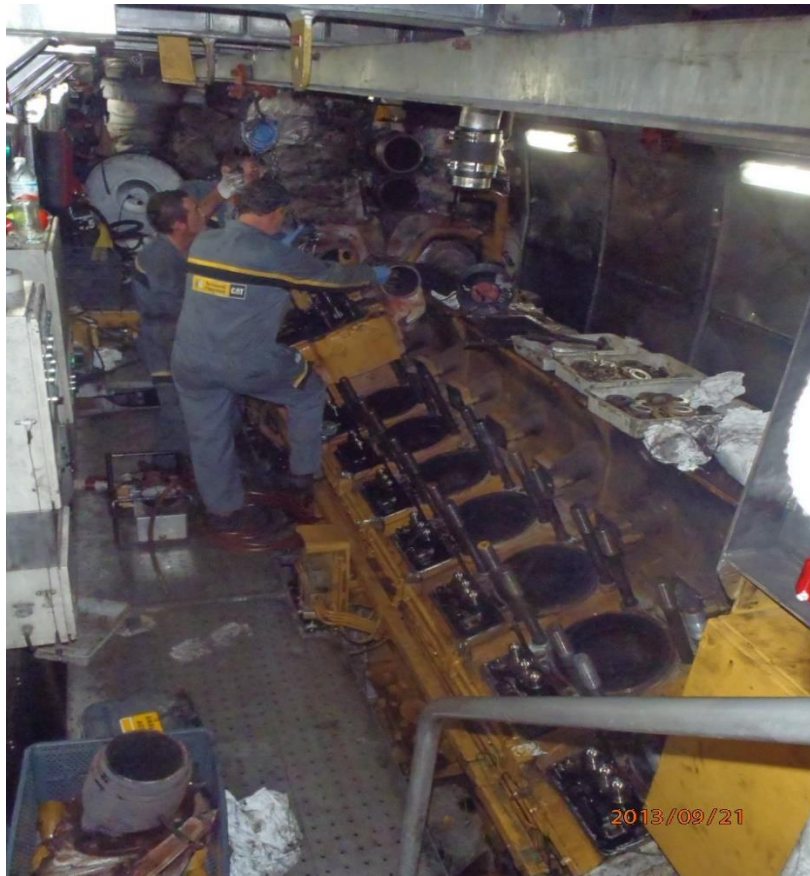


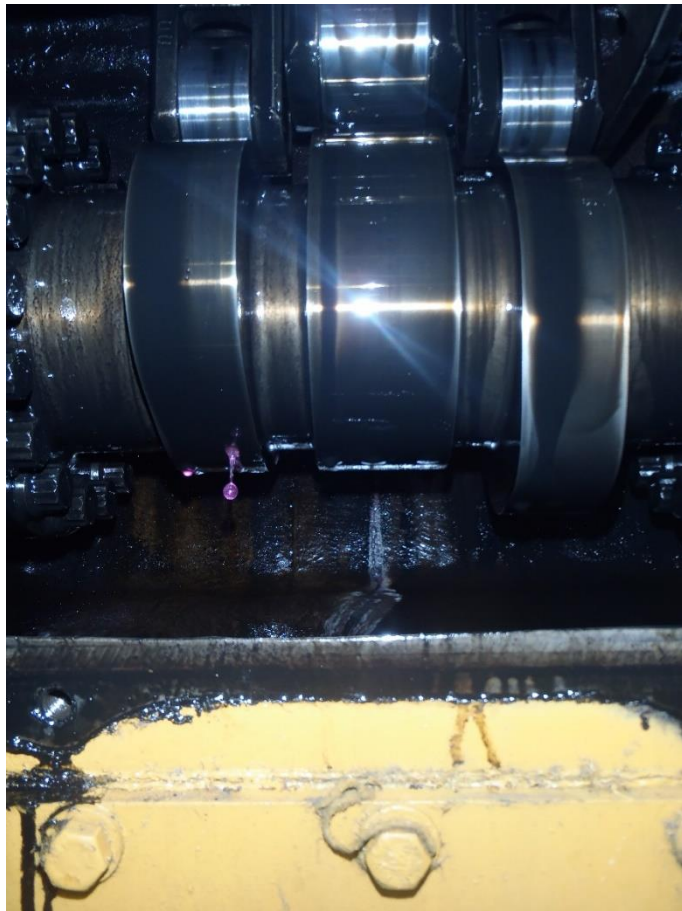
Ilustración 21 Ilustración desmontaje de elementos contenidos en bloque motor principal. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 22 . Ilustración desmontaje de elementos contenidos en bloque motor principal. Fuente: Trabajo de campo.



*Ilustración 23 Ilustración orificios contenidos en bloque motor principal cubiertos para evitar entrada de agentes perjudiciales. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 24 Ilustración orificio en bloque motor principal POME camión cilindro nº11. Fuente: Trabajo de campo.*



## Cigüeñal.

El cigüeñal es un elemento del motor que transforma el movimiento alternativo (biela - manivela) del pistón en movimiento circular. Todas las fuerzas desarrolladas por los cilindros se transforman en energía mecánica gracias a los elementos móviles del bloque, para posteriormente ser enviada al cigüeñal. Gracias a la distribución de todos los componentes, es capaz de generar el movimiento circular fundamental para el desplazamiento de la unidad.

El cigüeñal es un eje que posee varios “codos” o curvas y una serie de contrapesos, los cuáles son los encargados de varias las masas del cuerpo, con lo que su resultante es un número muchísimo menor de vibraciones, generando un movimiento rotatorio o circular uniforme.



*Ilustración 25 Ilustración extracción del cigüeñal. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 26 Ilustración extracción del cigüeñal. Fuente: Trabajo de campo.*

Es importante mencionar que excepto existan indicios comprobados de que hay problemas en el cigüeñal en ningún tipo de Overhaul se saca el mismo, lo único se mueve/eleva con unos útiles existentes específicos de Caterpillar para colocar los cojinetes de bancada.

#### La Biela.

Podríamos denominar biela a un elemento mecánico que, transmite el movimiento a otras partes del motor como resultante de esfuerzos de tracción o compresión. Las bielas son un elemento fundamental en los motores y en los compresores alternativos. Su diseño presenta una forma específica para conectarse entre el pistón y el cigüeñal. Su sección transversal puede adquirir la forma de H, I o +. Los materiales utilizados para su fabricación son aleaciones de acero, titanio o aluminio. Consta de tres partes cabeza de biela, pie de biela y cuerpo de biela.



*Ilustración 27 Ilustración biela de un MMPP. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 28 Ilustración extracción pistón unido a la biela de un MMPP. Fuente: Trabajo de campo.*



## El pistón.

La función principal de éste elemento del motor es la de absorber la energía calorífica provocada por la explosión/combustión del combustible y convertirla en energía cinética lineal desplazándose hacia abajo. La velocidad y la potencia con la que se produce el desplazamiento dependen de la magnitud de la combustión. Según la segunda ley de la termodinámica, la energía convertida siempre será inferior a la energía térmica de la explosión.

Por otro lado, debemos comentar que en lo relativo a su forma no es cilíndrica, ya que la distribución de la masa y las temperaturas de funcionamiento son desiguales, y esto conduce a una expansión desigual. Su diseño suele ser tronco-cónico y en función de cada motor se diseñan de modo diferente utilizando para ello simuladores por computadora, en los cuáles se pueden ver todos los diferentes parámetros de funcionamiento del mismo para poder optimizar al máximo su rendimiento. En el caso del motor Cat 3618 son 18 pistones en cada motor y constan cada uno de ellos de una serie de aros o segmentos los cuales se encargan del sellado de los gases en la combustión y además se encargan del control de la lubricación en la camisa.



*Ilustración 29 Ilustración fisura en pistón nº15 del SIME. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 30 Ilustración extracción pistón nº15 del SIME. Fuente: Trabajo de campo.*

#### Las camisas.

Las camisas de los pistones son elementos cilíndricos desmontables, que están contenidos en el bloque, y son aquellos por los que el pistón realiza su movimiento de ascenso y descenso.

Están hechas de fundición de hierro y se denominan húmedas, debido a que están en contacto directamente con el líquido refrigerante del mismo.

Tienen una particularidad y, es que, al no ser parte del bloque motor, pueden ser de un material incluso más resistente que el mismo bloque, al desgaste generado por los cilindros en este caso por los segmentos del pistón.

Las superficies internas de las camisas se obtienen por un mecanizado de precisión, rectificado y pulido. Además, éstas reciben un tratamiento diferencial, para evitar un desgaste excesivo en los segmentos, así como el en propio cilindro, pero deben ser lo suficientemente porosa, para de esta forma poder retener el lubricante.

Las camisas húmedas, sobresalen escasamente del bloque por su parte superior, de tal manera, que quedan totalmente fijadas una vez que se produce el apriete de la culata.



*Ilustración 31 Ilustración sustitución camisa PIME por cavitaciones cilindronº3. Fuente: Trabajo de campo.*





*Ilustración 32 . Ilustración cavitación camisa PIME cilindronº3. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 33 Ilustración cavitación camisa PIME cilindronº3. Fuente: Trabajo de campo.*

### Los inyectores.

Los inyectores, son los encargados de introducir el combustible en la cámara de combustión en el caso que nos atañe. Los que incorporan estos motores se denominan inyector bomba, y tienen un avance de 16 grados y están timbrados a 140 bares de presión.

La forma de operación del Inyector unitario requiere de las cuatro etapas siguientes: preinyección, inyección, fin de inyección y llenado. Los inyectores unitarios usan un émbolo y un barril para bombear combustible a alta presión a la cámara de combustión.

En cuanto a la cantidad de combustible introducida, la realiza a través del accionamiento de la parte superior del inyector mediante el balancín, y a su vez éste es accionado por el eje de camones o árbol de levas y por un taqué de rodillo y su correspondiente varilla empujadora.



*Ilustración 34 Ilustración inyector de MMPP. Fuente: Trabajo de campo.*



La cantidad de combustible inyectado se controla mediante un elemento llamado cremallera. El movimiento de ésta, hace girar el émbolo interior del inyector, modificando su carrera y como consecuencia, la cantidad de combustible de inyección en cada circunstancia de rpm.

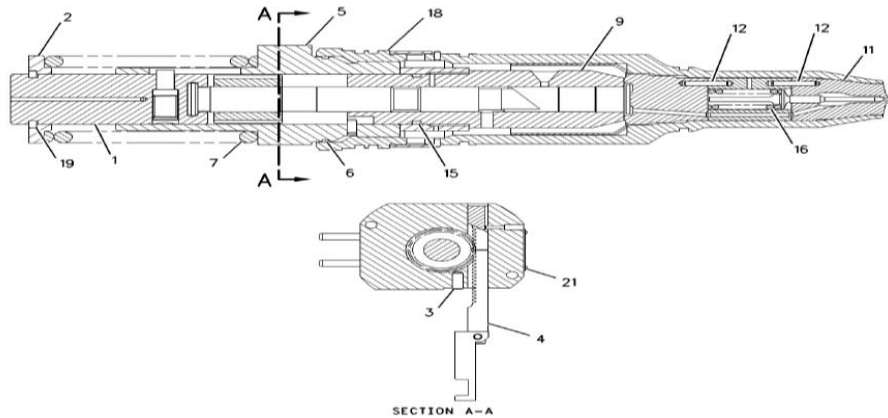


Ilustración 35 Ilustración de inyector y cremallera de MMPP. Fuente: Manual de despiece CAT 3618.

FUEL SYSTEM						
146 - 6579 LINES GP - FUEL (CHG -03, -04)						
FOR USE WITH THE 3618 ENGINE						
SMCS-1252, 1274						101598183
NOTE	REF NO	GRAPHIC REF	PART NUMBER	QTY	PART NAME	SEE PAGE
					1 2 3 4 5 6 (PRODUCT LEVEL)	
C	1	1	1M-1462	1	CLIP	
	2	1	3R-6789	1	CAP-FLARED	
	3	1	6V-0411	2	REDUCER-FLARED	
	4	1	7C-0592	2	VALVE-CHECK	
	5	1	7W-1009	1	TUBE AS	
	6	1	7W-1010	1	TUBE AS	
	7	1	8C-3999	1	ADAPTER-PIPE (5/16-12 THD)	
	8	1	8C-4065	1	UNION	
	9	1	8T-0163	1	TEE-SWIVEL	
	10	1	8T-0637	1	TEE-SWIVEL	
	12	1	105-1869	1	FITTING	
	13	1	150-1687	1	TUBE AS	
C	14	1	031-5744	4	ELBOW	
C	15	1	068-4152	1	UNION-FLARED	
C	16	1	0S-1588	2	BOLT (3/8-16X1.25 IN)	
	17	1	0S-1621	2	BOLT (1/2-13X1 IN)	
	18	1	2B-0858	1	PLUG-PIPE	
	19	1	2P-1314	1	CONNECTOR-FLARED	
	20	1	2P-8148	2	NUT-FLARED (1 5/8 - 12 THD)	
C	21	1	3V-3308	4	WASHER-HARD (10.2X20.5X2.5MM THK)	
C	22	1	5P-2242	2	TEE-SWIVEL	
C	23	1	5P-4983	1	TEE-SWIVEL	
	24	1	5P-7815	2	SEAL-O-RING	
	25	1	5P-8245	2	WASHER-HARD (13.5X25.5X3MM THK)	
C	26	1	6M-5652	2	ELBOW	
	27	1	6V-5049	2	SEAL-O-RING	
	28	1	8S-0023	2	CLIP (SLOT)	
	29	1	8S-0024	2	CLIP (TAB)	
	30	1	9S-4191	1	PLUG-STRAIGHT THREAD	
C	31	1	9S-8752	2	NUT-FULL (3/8-16 THD)	
C-CHANGE FROM PREVIOUS TYPE						

Ilustración 36 Ilustración en la que se muestran las partes de inyector de MMPP. Fuente: Manual de despiece CAT 3618

Los turbos.

Los turbos de los motores CAT 3618 son de la firma ABB modelo TPL 65 y un peso de 890 kg cada uno de los dos que monta cada uno de los motores principales.

En 1924 se construyó el primer turbo para un motor diésel industrial. Desde entonces, los turboalimentadores de ABB han contribuido a elevar el nivel de potencia y rendimiento de los motores.

Los turboalimentadores TPL fueron creados a finales de los años 90 y están contruidos con una serie de mejoras tecnológicas, que producen un mayor rendimiento en los motores, así como la adaptación a las nuevas exigencias mundiales en cuanto a las emisiones ambientales.



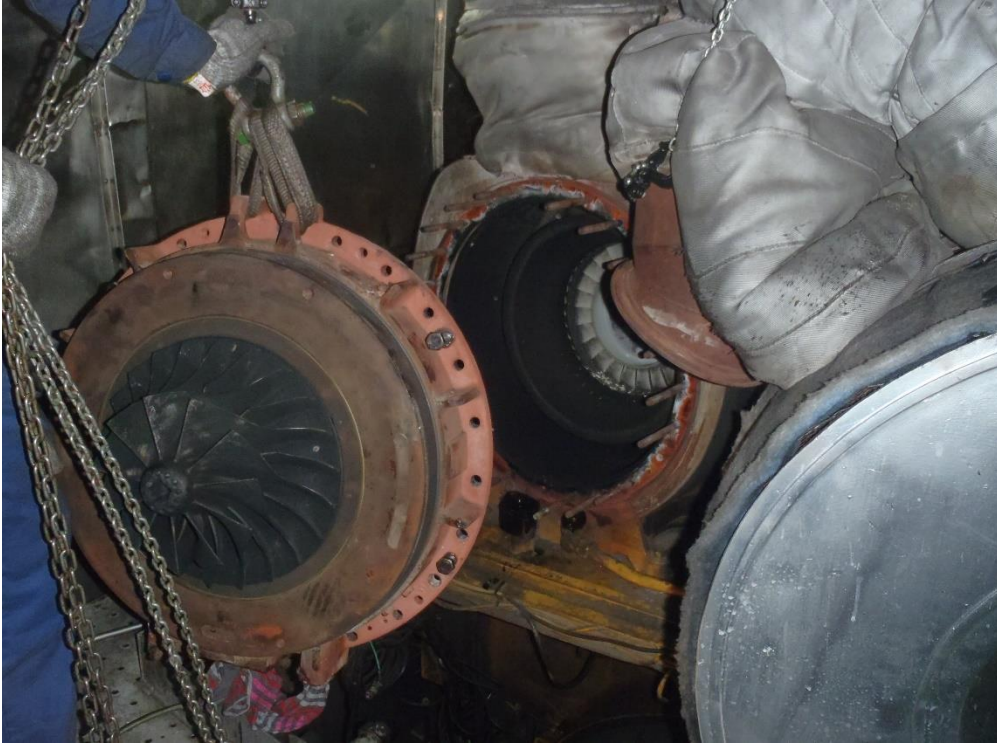
*Ilustración 37 . Ilustración de un turbo ABB modelo TPL 80. Fuente: [www.library.e.abb.com/public](http://www.library.e.abb.com/public).*

El turbo es un sistema de sobrealimentación que mediante el uso de una turbina centrífuga que mediante un eje coaxial mueve de forma solidaria a las dos turbinas compuestas por una serie de álabes que proporcionan un giro a la misma de hasta 20.000 rpm dependiendo del motor.

Los gases que mueven dichas turbinas son los de escape, y a su vez la otra turbina solidaria por el eje coaxial, aspira aire del exterior, pero al comprimirla, éste adquiere una mayor temperatura que la ambiental, y por lo tanto para optimizar el rendimiento del motor se hace pasar estos gases de admisión por un intercooler, cuya función no es más que la de bajar mucho la temperatura adquirida por estos gases para poder ser introducidos por la admisión en la cámara de combustión.



*Ilustración 38 . Ilustración de una turbina de un turbo ABB modelo TPL 65 MMPP POME. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 39 Ilustración de maniobra desmontaje turbo ABB modelo TPL 65 MMPP POME. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 40 Ilustración de maniobra desmontaje turbo ABB modelo TPL 65 MMPP SOME. Fuente: Trabajo de campo.*



## Las culatas.

La culata, también la podríamos denominar como tapa de cilindros, cabeza del motor o tapa del bloque de cilindros y se define como la parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de la combustión. Además, para evitar las fugas de los gases entre el bloque y cada culata se coloca una junta llamada junta de culata las cuáles pueden ser de varios tipos de materiales como acero multicapa, de cobre sólido, o elastoméricas.

Las culatas también pueden ser de diferentes materiales como por ejemplo hierro fundido o aluminio en aleación ligera.

La culata contiene varios elementos que permiten la entrada y salida de los gases tanto de admisión como de escape como son las válvulas, además de los retenes y guías de las mismas. Por otro lado, en la parte superior de la misma en los motores CAT 3618 contienen los elementos de accionamiento de las válvulas como son los balancines y las varillas empujadoras, así como los taqués hidráulicos.

El desmontaje de las culatas o en este caso que se denominan culatas independientes o culatines (se llama así debido a que cada cilindro por su parte superior es cubierto por su propia culata o culatín, y no existe una culata única que cubra a todos y cada uno de los cilindros), se realiza de manera hidráulica lo cual genera un estiramiento de los pernos, y cada ciertos usos el fabricante recomienda sustituir debido a que el estiramiento produce finalmente el hecho de que los pernos se deformen y no tengan las mismas propiedades que poseen al ser nuevos.

Este tipo de culatines o culatas independientes tiene la gran ventaja, que en el caso de que exista un problema en un cilindro en concreto se sacaría una sola culata con los beneficios que conlleva de manipulación y las maniobras de extracción son mucho más sencillas que si fuese una sola culata para todos los cilindros.

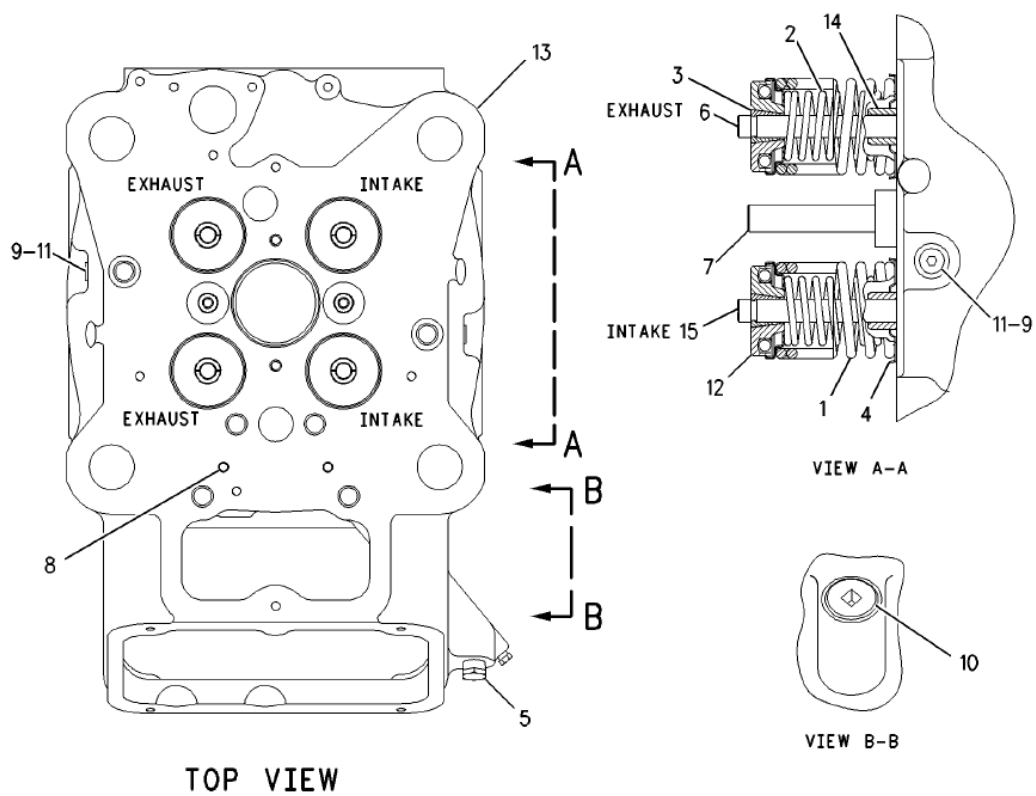


Ilustración 41 Ilustración de culata CAT 3618. Fuente: Manual despiece CAT 3618.

- 1- Muelle de válvula exterior.
- 2- Muelle de válvula interior.
- 3- Semiconos o chavetas.
- 4- Asiento de la válvula.
- 5- Purga.
- 6- Cola de la válvula.
- 7- Guía de puente.
- 8- Guía.
- 9- Junta tórica.
- 10- Válvula alivio de presión.
- 11- Purga.
- 12- Cazoleta fijación de muelle.
- 13- Cabeza de cilindro.
- 14- Guía de la válvula.
- 15- Válvula de admisión.



*Ilustración 42 Ilustración de culata CAT 3618 presenta corrosión y grieta en la cabeza de la válvula. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 43 Ilustración de culata CAT 3618 presenta corrosión y grieta en la cabeza de la válvula. Fuente: Trabajo de campo.*





*Ilustración 44 Ilustración de culatas independientes del CAT 3618. Fuente: Trabajo de campo.*

#### Eje de camones o árbol de levas.

El árbol de las levas, se podría definir como un eje que contiene una serie de elementos, como son los camones o levas que son unas protuberancias , que son las conocidas como crestas del camón y son realmente los actuadores del taqué y unos muñones de apoyo sobre los que gira, cuyo número varía en función del esfuerzo a transmitir.

Antiguamente sobre dicho eje se situaba Sobre el mismo árbol va situada, sobre todo en muna excéntrica la cual proporcionaba la acción para mover la bomba de combustible o el distribuidor de encendido en los motores OTTO.

El eje de camones, realiza sus movimientos sobre cojinetes de fricción o bien sobre taladros de apoyo practicados directamente sobre el material de la culata. Su lubricación, le viene dada por el circuito de lubricación y mediante unos orificios o conductos, por los cuales circula el aceite.

En cuanto a su fabricación, podemos comentar que son de hierro fundido o de acero forjado, y debido a ser un elemento sumamente importante debe tener gran resistencia a la torsión y al desgaste, para ello se le aplica un tratamiento de templado.

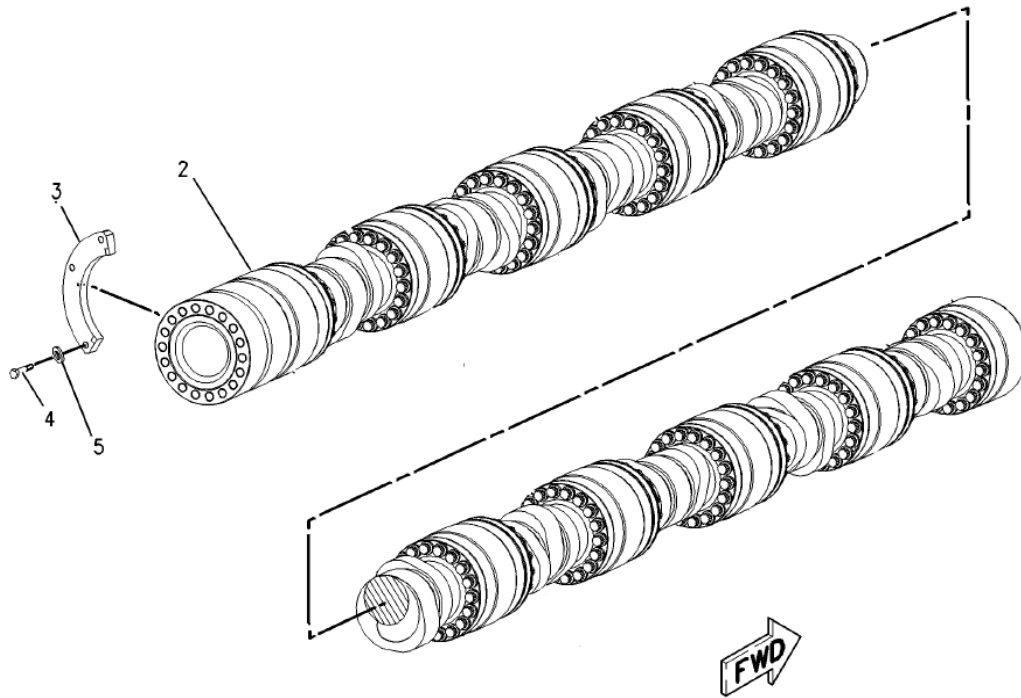


Ilustración 45 Ilustración de eje de camones. Fuente: Manual de despiece CAT 3618.

- 2- Rodamiento de camisa.
- 3- Barra de conexión.
- 4- Perno de sujeción.
- 5- Guía y junta.

#### Cárter.

El cárter, se puede definir como el elemento del motor que cierra por la parte inferior al mismo. Además, contiene el aceite, que necesita el sistema de refrigeración, para la lubricación de los elementos del motor.

Con las nuevas tecnologías se ha introducido en su fabricación el magnesio lo cual reduce de manera importante el peso de los mismos. El cárter además suele contener a la bomba de

lubricación, con lo que permite la impulsión del aceite hacia el filtro, y posteriormente dirigirlo hacia todos los demás elementos para lubricarlos y que no sufran desgastes prematuros, por rozamientos excesivos o alta temperatura.

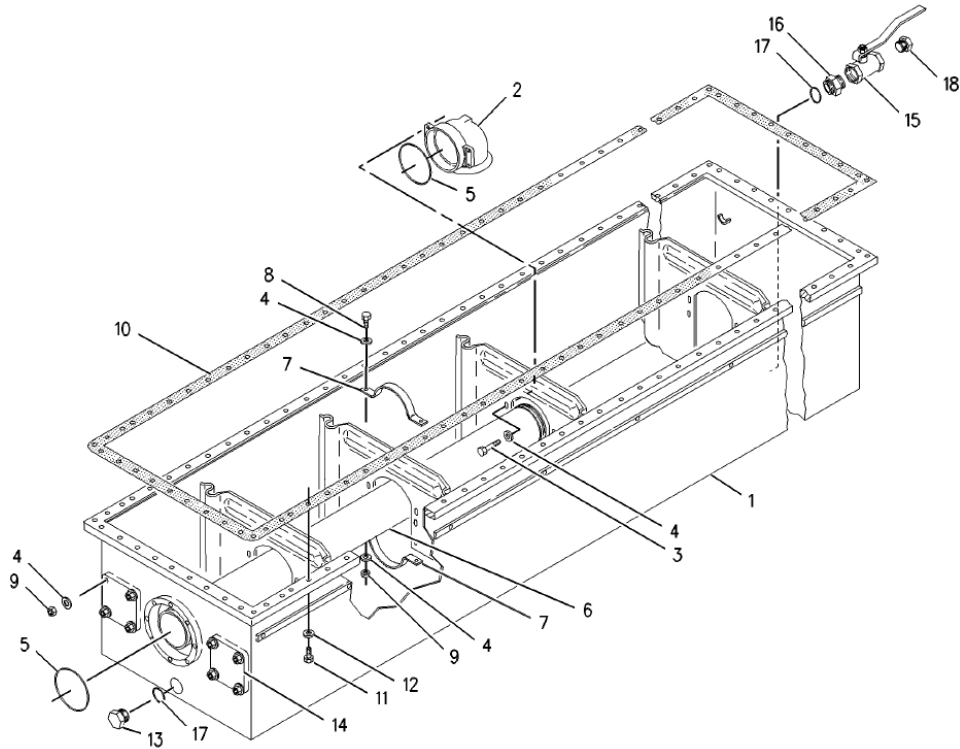


Ilustración 46 Ilustración del cárter. Fuente: Manual de despiece CAT 3618.

- 1- Cárter.
- 2- Entrada de aceite al cárter.
- 10- Junta entre el cárter y el bloque motor.
- 1- Válvula de sangrado del cárter o vaciado.

### Sistema de refrigeración.

Los motores CAT 3618 son refrigerados por agua dulce, y ésta a su vez es refrigerada por agua salada a través de intercambiadores de calor de la marca Alfa Laval.

Además del agua dulce, también existen intercambiadores de calor para refrigerar el aceite con agua salada, por medio de los intercambiadores de placas o haz tubular.

En este caso nos centraremos en los Alfa Laval, que son los que poseen los motores estos. Se utilizan estos intercambiadores de placas, debido a que su capacidad de refrigeración mediante placas es mucho más eficiente que si fuese de haz tubular, y de este modo podemos aprovechar el reducido espacio existente en las salas de máquinas de manera más ergonómica. Además, poseen un mayor tiempo de funcionamiento, menos estrés, desgaste y corrosión, y sobre todo una excelente fiabilidad de diseño compacto.



Ilustración 47 Ilustración de intercambiador de haz tubular. Fuente: [www.bing.com](http://www.bing.com)



Ilustración 48 Ilustración de Intercambiador de placas. Fuente: [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)



El sistema a través de bombas que son las encargadas de suministrar el agua dulce de refrigeración realiza un circuito que realiza el siguiente recorrido:

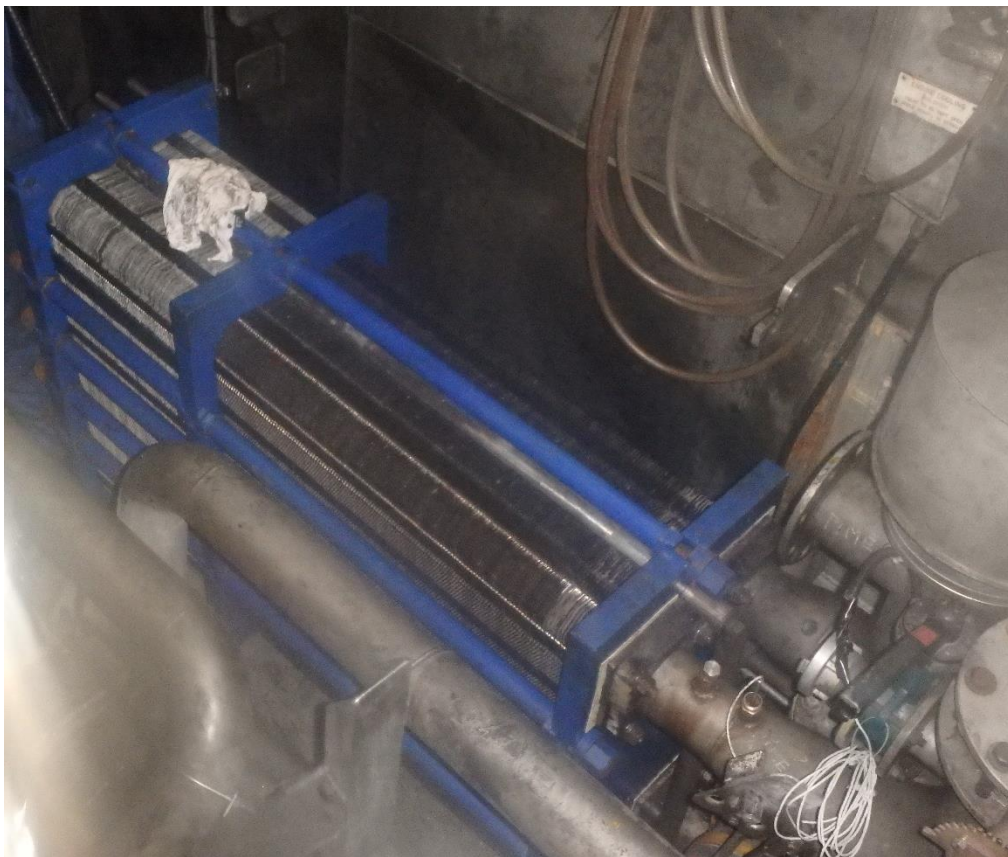
- 1- Del tanque de expansión que se encuentra en el anteroom de máquinas primeramente va hacia el post enfriador de aire de las turbos.
- 2- A continuación, el agua dulce se dirige hacia el enfriador de aceite del motor.
- 3- Posteriormente tras pasar por la bomba se bifurca hacia los post enfriadores.
- 4- Debido a este recorrido ha adquirido temperatura que ha robado a los otros fluidos y llega a las válvulas termostáticas que si el agua no ha llegado a los 85°C vuelve nuevamente al motor, pero si ha superado dicho valor, la válvula se abre con lo cual genera que pase el agua dulce hacia el intercambiador de placas, y en el cual se producirá en enfriamiento del agua dulce debido a que el agua salada que circula por el mismo al estar bastante más fría que la dulce produce en intercambio de calor, con lo que la resultante es bajar la temperatura adquirida por su recorrido por los diferentes elementos.
- 5- Por otro lado, el agua dulce debe también refrigerar las camisas de los pistones, así como las culatas, y para ellos existe otra bomba, que se encarga de impulsar el agua hacia dichos elementos, pero aquí la termostática abrirá si el valor sobrepasa los 72 °C de temperatura máximo.



*Ilustración 49 Ilustración de Intercambiador de placas. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 50 . Ilustración de válvula termostática del circuito de refrigeración. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 51 Ilustración de Intercambiador de placas. Fuente: Trabajo de campo.*



## Sistema de lubricación.

El sistema de lubricación, no es ni más ni menos que el generar una película de aceite lubricante, a cada una de las piezas del motor que están en contacto y movimiento entre sí, para de ese modo evitar desgastes prematuros y como consecuencia disminuir la vida útil del motor.

El lubricante siempre queda recogido y almacenado en el cárter, que es el elemento que cierra al motor por su parte inferior como hemos visto en un apartado anterior.

Debemos comentar que, dicho desgaste se puede presentar debido a un alto o bajo nivel de aceite, viscosidad, y una variable que es sumamente importante como es la alta o baja presión del circuito. En el supuesto de un alto nivel de aceite, alta viscosidad y alta presión, todo ello conlleva el exceso de fricción fluida en el aceite, y como consecuencia genera un incremento de la temperatura de operación, haciendo que las superficies metálicas se dilaten y rocen, rompiendo en un momento dado la película límite y dando lugar finalmente al desgaste excesivo.

En el caso del CAT 3618 los componentes del sistema de lubricación son los filtros diferenciales y centrífugos, bomba de pre lubricación que se encarga de lubricar los cojinetes previamente antes de arrancar el motor, la bomba acoplada de aceite, el enfriador de placas para el aceite y la válvula termostática de aceite.

Una vez que se ha lubricado previamente con la bomba prelube, una vez el motor inicia el funcionamiento, y previamente después del aceite pasar por una malla de filtrado, la bomba hace pasar el aceite hacia la válvula termostática la cual, en función de la temperatura del mismo, hará que el aceite se dirija hacia el enfriador de placas para ser enfriado, con el agua dulce del motor. A continuación, el aceite se dirige a los filtros para posteriormente, la válvula de prioridad redirigirlos a los diferentes elementos/conductos del motor.

Si la presión supera el bar de presión entonces actúan los filtros centrífugos los cuales retienen los sedimentos y lodos en su periferia debido a la fuerza centrífuga, la cual les da el nombre a los mismos.

Por otro lado, el cárter posee una varilla para medir el nivel de aceite del mismo y además los gases generados por el aceite a través de las tapas de válvulas son reconducidos un sistema de venteo hacia el exterior.



Ilustración 52 Ilustración de bomba de aceite de MMPP. Fuente: Trabajo de campo

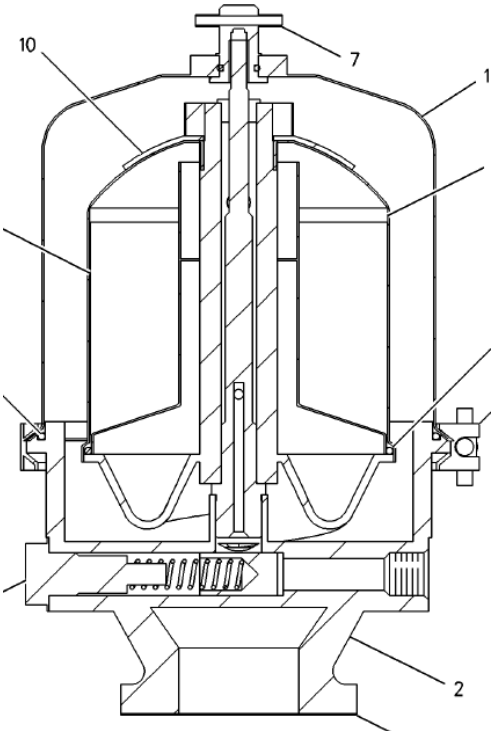


Ilustración 53 Ilustración de filtro centrífugo. Fuente: Manual despiece CAT 3618.

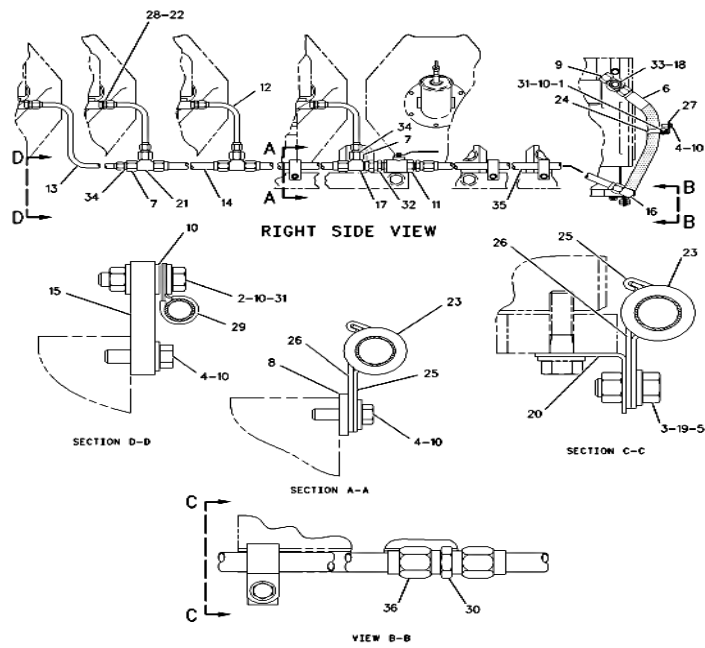


Ilustración 54 Ilustración de elementos distribuidores de lubricación. Fuente: Manual despiece CAT 3618.

Otras fotografías del Overhaul.



Ilustración 55 Ilustración de acoplamiento elástico "Vulkan". Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 56 Ilustración de alineación del eje con el acoplamiento "Vulkan". Fuente: Trabajo de campo.

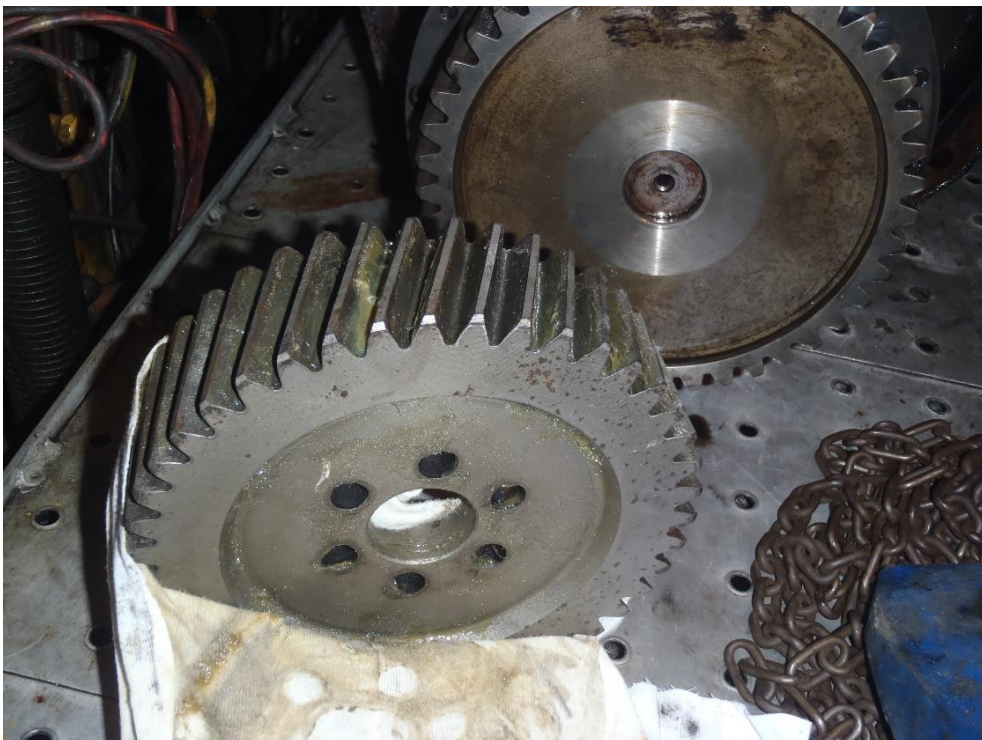


Ilustración 57 Ilustración de forros de escape y salida de escape. Fuente: Trabajo de campo.





*Ilustración 58 Ilustración de reductora del PIME. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 59 Ilustración de piñón de bomba de agua salada del PIME. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 60 Ilustración de expansiones del MMPP. Fuente: Trabajo de campo.*

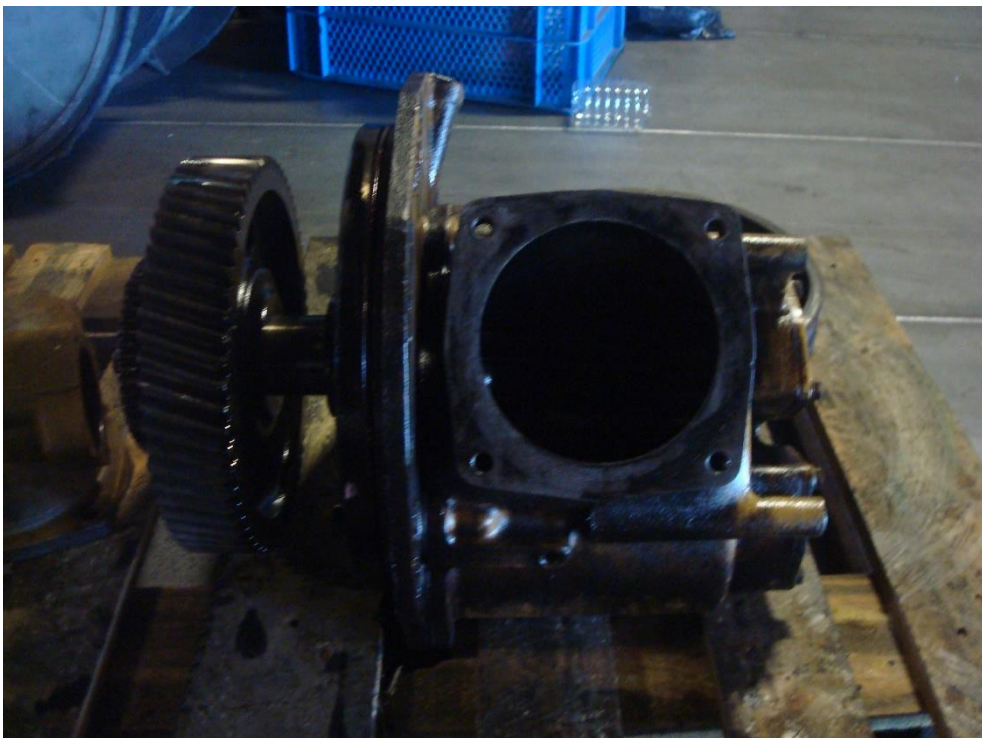


*Ilustración 61 Ilustración de pérdidas de escape por silencioso de MMPP. Fuente: Trabajo de campo.*





*Ilustración 62 . Ilustración de sello de bocina del POME. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 63 Ilustración de bomba de aceite de MMPP. Fuente: Trabajo de campo.*

## CONCLUSIONES

---

En cuanto al apartado de conclusiones, puedo decir que, en primer lugar, el tiempo de prácticas realizado tanto en el buque Benchijigua Express como en el buque Villa de Agaete ha supuesto un enriquecimiento profesional, debido a que por un lado son barcos distintos, con sistemas muy diferentes, como por ejemplo tanto los motores principales como auxiliares, en una caso son MTU experimentales, aunque ya van por la segunda generación de los mismos y los otros son CAT 3618, una serie de motores más que probada su fiabilidad durante años.

Ambas marcas han demostrado ser sumamente fiables, con el consecuente seguimiento de los planes de mantenimiento establecidos por las marcas para los mismos. Los CAT 3618, que son los que nos atañen en cuestión han demostrado ser motores robustos y con un bajo índice de averías y en el tiempo que llevo en este barco nunca hasta el momento, no se han producido averías que hayan ocasionado que un propulsor se hubiera tenido que detener.

Además, la marca cuenta con un taller que representa a la misma con personal sumamente profesional y conocedor de los motores al detalle.

La compañía confía en ellos, para realizar los mantenimientos programados, y ha quedado demostrado a lo largo de todos estos años, en los que el barco ha estado navegando en líneas canarias.

He tenido la suerte profesional, de poder estar en el Overhaul, así como en la varada y reparación del buque durante tres meses, lo cual ha supuesto un enorme salto en cuanto a conocimiento del barco, así como de la máquina y sistemas del barco durante su puesta en dique seco.

## CONCLUSIONS

---

Regarding the conclusions section, I can say that, firstly, the training time carried out both on the Benchijigua Express ship and on the Villa de Agaete ship has meant a professional enrichment, since on the one hand they are different ships, with very different systems, such as both the main and auxiliary engines, in one case are experimental MTUs, although they are already in their second generation and the others are CAT 3618, a series of more engines that have proven their reliability for years.

Both brands have proven to be highly reliable, with the consequent monitoring of the maintenance plans established by the brands for them. The CAT 3618, which are the ones in question, have proven to be robust engines with a low failure rate and in the time I have been on this boat never before, there have been no breakdowns that have caused a propeller to I would have had to stop.

In addition, the brand has a workshop that represents it with highly professional and knowledgeable engines in detail.

The company trusts them, to carry out scheduled maintenance, and it has been demonstrated throughout all these years, in which the boat has been sailing on Canary lines.

I have had the professional luck to be able to be in the Overhaul, as well as in the stranding and repair of the ship for three months, which has meant a huge leap in knowledge of the ship, as well as the machine and systems of the ship during its dry docking..

## BIBLIOGRAFÍA / RECURSOS

---

- 1- Manual INCAT 053. <https://www.incat.com.au>
- 2- Manual CAT 3618.
- 3- Manual Eolo Cia. Trasmediterránea.
- 4- Manual CAT Project Guide.
- 5- <https://new.abb.com/turbocharging>.
- 6- <https://www.alfalaval.es>.
- 7- <https://www.trasmeships.es>.
- 8- Manual operacional del buque.
- 9- Reportaje fotográfico trabajo de campo en el astillero.