



Universidad  
de La Laguna

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
NÁUTICA, MÁQUINAS Y  
RADIOELECTRÓNICA NAVAL.**

**TRABAJO FIN DE GRADO.**

**Carta de aceite aplicada a un buque.**

**David Díaz Rodríguez**

**78727196J**

**Julio 2014**

Don Federico Padrón Martín. Profesor ayudante perteneciente al departamento de Ciencias de la navegación, Ingeniería marítima, agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

Que D. David Díaz Rodríguez, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: Carta de aceite aplicada a un buque.

Revisando 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 fecha 23 de Junio de 2014.



Federico Padrón Martín

Director del trabajo fin de grado.

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

Don Servando Luis León. Profesor asociado perteneciente al departamento de ciencias de la navegación, ingeniería marítima, agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

Que D. David Díaz Rodríguez, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado:  
Carta de aceite aplicada a un buque.

Revisando 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 fecha 23 de Junio de 2014.



Servando R. Luis León

Director del trabajo fin de grado.

## Contenido

I-INTRODUCCIÓN.....	1
II-OBJETIVOS .....	2
III-REVISIÓN Y ANTECEDENTES .....	3
3.1 Evolución de los lubricantes .....	3
3.2- En que afecta la lubricación al buque. ....	7
3.2.1-Beneficios de la lubricación.....	9
3.2.2 -Aditivos de los lubricantes.....	9
3.2.2.1 Propiedades de los aditivos lubricantes.....	10
3.2.2.2.- Propiedades físicas sobre las que actúan los aditivos. ....	11
3.2.2.3- Propiedades químicas sobre las que actúan los aditivos. ....	11
3.3- Tipos de lubricantes. ....	13
3.4- Identificación de las distintas partes del buque a lubricar. ....	16
3.4.1- Maquinaria de cubierta. ....	18
3.4.1.1-Grúas .....	18
3.4.1.2- Rampas.....	19
3.4.1.3-Winche o cabestrante .....	20
3.4.2 Compresores fríos. ....	20
3.4.3 Botes salvavidas .....	28
3.4.4 Maquinaria taller .....	29
3.4.5 Sistema neumático.....	31
3.4.5.1. Compresores a pistón .....	31
3.4.5.2. Compresores a membrana .....	32
3.4.5.3. Compresores a paletas .....	32
3.4.5.4. Compresores a tornillo .....	33
3.4.5.5. Compresores Roots .....	33
3.4.5.6. Turbocompresores .....	34
3.4.5.7 Compresores radiales .....	34
3.4.6 Depuradoras .....	34
3.4.7 Gobierno.....	36
3.4.7.1 Servotimón .....	36
3.4.7.2 Hélice de proa.....	37

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

3.4.7.3 Timón .....	39
3.4.8 Caldera .....	40
3.4.9 Equipo propulsor.....	41
3.4.9.1 Motor principal.....	41
3.4.9.2 Turbosoplantes .....	42
3.4.9.3 Regulador .....	44
3.4.9.4 Virador .....	45
3.4.9.5 Reductor .....	46
3.4.9.6 Hélice de paso variable .....	47
3.4.9.7 Bocina .....	49
3.4.9.8 Generador de cola.....	50
3.4.10 Motor auxiliar.....	51
3.4.11 Motor de emergencia.....	52
IV -Metodología.....	53
4.1. Metodología .....	53
4.1.1. Documentación Bibliográfica.....	53
4.1.2. Metodología del trabajo de campo .....	53
4.2. Marco referencial .....	54
V-Resultados .....	55
5.1 ¿Qué es una carta de aceite?.....	55
5.1.1 Estandarización de Lubricantes.....	55
5.1.2 Identificación del Lubricante.....	56
5.2 ¿Qué es una ficha técnica de aceite? .....	57
5.2.1 Principales niveles de calidad.....	57
5.2.2 Principales características de los aceites. ....	59
5.2.3 Método usado para calcular las características de los aceites .....	61
5.3 ¿Qué es un plan de muestreo de aceite? .....	61
5.5 Descriptiva genérica del buque resultado.....	63
5.6 Ejemplo de la carta de aceite del buque OPDR Andalucía. ....	67
5.7 Descripción de la tabla .....	72
5.8 Ficha técnica.....	73
5.8.1 AURELIA TI 4030 .....	73
5.8.2 Turbo Aires 68 .....	78

5.8.3 Super Tauro .....	82
5.8.4 Grasa Lítica EP2 .....	86
5.8.5 Telex HVLP 46 .....	91
5.8.6 Super Turbo Diesel 15W40 .....	94
5.8.7 Merak VDL 100 .....	96
5.8.8 Repsol Multigrado Térmico .....	98
5.8.9 Telex E 100 .....	100
5.8.10 Anticongelante orgánico .....	102
5.8.11 Grasa cálcica .....	104
5.9 Aceite experimental.....	105
5.9.1 Contrato naviera-empresa .....	105
5.9.1 Seguimiento que lleva Castrol.....	106
VI-Conclusiones.....	117
VII-Bibliografía.....	118

## I-INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo de mi trabajo fin de grado pretendo hacer una introducción de como se ha elaborado el mismo haciendo mención a los diferentes capítulos y un breve resumen de cada uno de ellos.

El tema del trabajo fin de grado elegido versa sobre las carta de aceite que se encuentran a bordo de un buque, su explicación, función y características.

En el capítulo dos titulado “objetivos”, se habla de los objetivos propuestos para la realización del trabajo fin de grado. Es el objetivo de este estudio mostrar qué es una carta de aceite, que parte del buque van lubricadas, como determinamos la utilización de un lubricante para un determinado equipo.

En el tercer capítulo titulado “revisión y antecedentes”, se habla de la evolución de la lubricación a lo largo del tiempo partiendo de los más primitivos. La importancia de la lubricación en el buque y la identificación de las distintas partes a lubricar en un plan de mantenimiento.

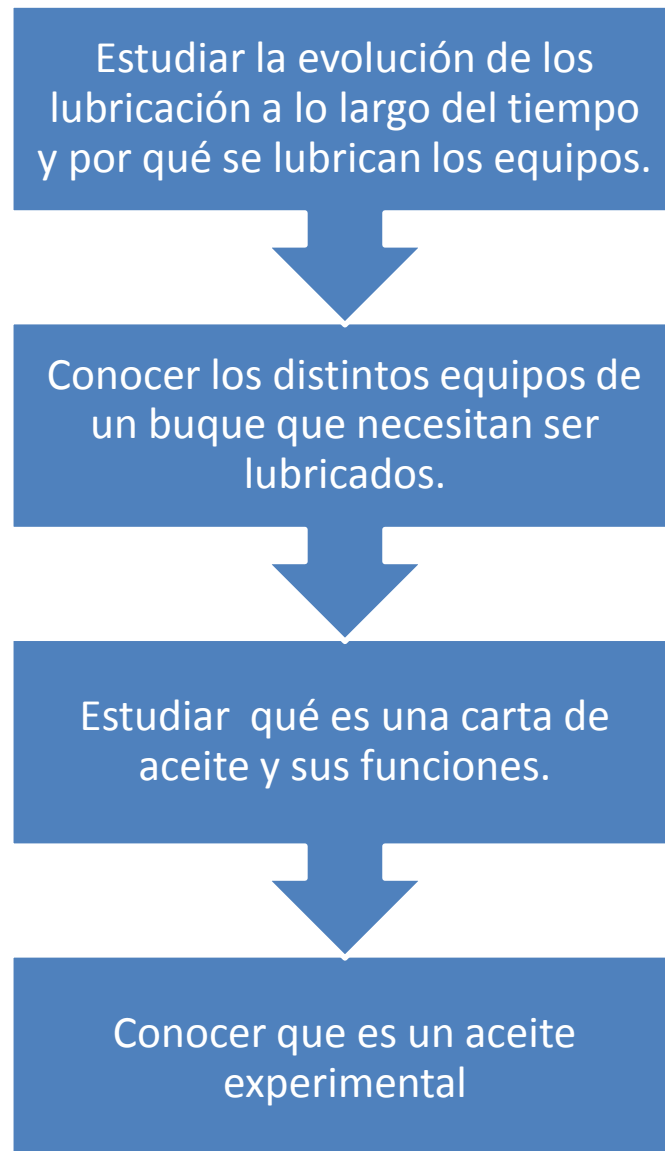
En el cuarto capítulo titulado “metodología” trata sobre la metodología llevado a cabo para la recolección de datos necesarios para la conclusión del proyecto.

En el quinto capítulo se recoge los “resultados” del estudio aportando algunos datos y aplicaciones prácticas destinadas al tema del estudio.

El capítulo número seis titulado “conclusiones” se comentan de las diferentes conclusiones que se han alcanzado en la elaboración del presente proyecto.

## II-OBJETIVOS

A continuación expongo los objetivos que me he planteado a realizar en este proyecto:





### III-REVISIÓN Y ANTECEDENTES

#### 3.1 Evolución de los lubricantes

Los primeros lubricantes que se conocen se remontan a 1880 a.d.c, en que se observa un grabado en el cual hay un hombre vertiendo un líquido en los patines para facilitar el arrastre cargado con grandes piedras.

En 1400 a.d.c se encontraron unas sustancias grasientas en los ejes de los carros de batalla. Curiosamente se analizó y se determinó que estaba compuesta de grasa animal y calcio, de forma similar a la que se fabrica hoy en día industrialmente las grasas.

Los aceites lubricantes empleados en los primeros motores de combustión interna, venían de la experiencia de las máquinas alternativas de vapor. Utilizando aceites de origen animal y vegetal, como sebo de buey, aceite de castor o aceites de oliva. Los primeros aditivos que se introdujeron para mejorar las propiedades se pusieron en aceites de origen animal.

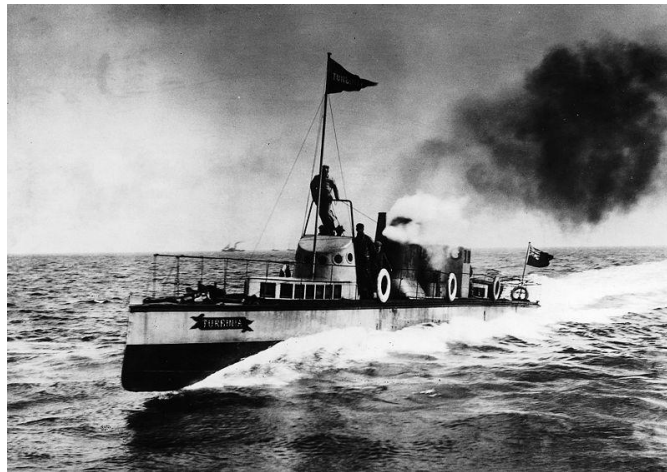
Más tarde, en 1850 se inicia la industria del petróleo y comienza con ella los aceites” compuestos”, mezclas de aceites de origen animal y aceites derivados del petróleo. En 1866 en Rochester, Nueva York, Hiram Bond Everest, diseñó un método para obtener queroseno por destilación al vacío de petróleo crudo. Inesperadamente, este proceso produjo un desecho aceitoso. Rápidamente se le encontró a este residuo una aplicación como lubricante. Posteriormente se en 1870 se provoca por primera vez la modificación de la viscosidad del aceite vegetal. [1]



**Ilustración [1] Hiram Bond Everest**

**Fuente** <http://www.geni.com/people/Hiram-Everest/866601>

El S.S Turbinia, en 1897 fue el primer barco en utilizar turbina de vapor. Este buque estaba lubricado tanto los cojinetes como las reductoras, por un aceite base del que hoy en día sería del tipo SAE30, utilizado en las primeras turbinas de vapor.



**Ilustración [2] Turbinia**

**Fuente** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbinia\\_At\\_Speed.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbinia_At_Speed.jpg)

El primer sistema de lubricación utilizado en motores diésel, fue creado tras varios fracasos por Rudolf Diesel. En 1897 construyó un motor diésel que tenía en los

pistones unas extensiones de arandelas, que al llegar al final de la carrera descendente se sumergían en un depósito anular de aceite, arrastrando en la carrera ascendente el lubricante necesario para la pared del cilindro.[1]

En 1903 entró en funcionamiento el primer buque con motor de combustión interna, el “Petit Pierre” y desde entonces las pequeñas embarcaciones eran las únicas con motor de combustión interna. Pero poco a poco se fue aumentando el tamaño de los buques motor, hasta llegar el año 1912. En este año se puso en funcionamiento el primer buque grande de carga y pasaje el “Seelandia”. Estaba equipado con dos motores de cuatro tiempos que desarrollaban 1250 CV. [1]



Ilustración [3] Buque Seelandia

Fuente [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Seelandia\\_diesel.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Seelandia_diesel.jpg)

En cuanto a la lubricación de los motores de combustión interna en los años previos al siglo XX, se conoce poco. Se pueden encontrar todo tipo de datos, sacados de las pruebas de dichos motores, sin embargo sobre la lubricación se especificaba poco. Tan sólo se conocen algunos datos gracias a las averías de estos motores, ocasionadas muy frecuentemente por el aceite.

Unos años más tarde se comenzó a especificar sobre los consumos de aceite de los motores y algunas otras especificaciones. Por ejemplo en 1927 podemos encontrar tablas donde se especifican las características que deben poseer los aceites para ser empleados en motores diésel y semi-diésel, poniendo viscosidad, contenido máximo en cenizas y punto de inflamación. También en 1930 el propio fabricante de algunos de los

motores más prestigiosos introdujo el consumo de aceite de los motores, que oscilaba entre 16,5g/CV y 3,5g/CV para los motores más grandes y garantizando estos valores.

En 1958 los lubricantes para motores marinos, eran productos residuales de la primera destilación, con algunas cantidades de antioxidantes. Y ya en 1960 empiezan a introducirse aceites con aditivos alcalinos, detergente y dispersantes de 3 a 10 TBN.

Desde esa época hasta 1970 se producen avances lento tanto en la evolución de los aceites como en la de los motores marinos.

Con la primera crisis del petróleo en 1973 se produce una fuerte demanda de aceites adecuados para ser empleados con motores que funcionaban con combustibles de mala calidad. Debemos tener en cuenta que el precio desde 1973 que valía 20\$ la tonelada métrica, subió a 200\$ en el año 1979.

La variada procedencia de los aceites base y la mayor tolerancia en la calidad de éstos, empieza a producir serios problemas en los motores. Desencadenado que la industria comience a fabricar aceites con alto contenido en aditivos para mejorar la detergencia y dispersividad. Alcanzando también la alcalinidad valores de 25 y 40 Mg de KOH.

Hoy en día se trabaja en mejorar el proceso de fabricación para abaratar costes, y se han hecho pequeños avances en los paquetes de aditivos que se añaden a aceite.

La tendencia que siguen los lubricantes es la de hacerse más universales. Se busca obtener los menores costes, los tiempos de parada de máquina más largos y con mayores intervalos entre ellos, reducir los consumos, y especialmente se trabaja en conseguir aceites biodegradables y menos agresivos.

Para ello se provee un menor uso de los aditivos y mayor uso de sustancias nuevas como polímeros, que pueden dar mayores prestaciones, y reducir el impacto medio ambiental, con por ejemplo la disminución de formación de ceniza. [1]

### 3.2- En que afecta la lubricación al buque.

#### **La fricción.**

Ante de hablar sobre el funcionamiento de los lubricantes es necesario hablar de la fricción.

Cuando una superficie se desliza sobre otra, siempre hay resistencia al movimiento. Esta fuerza de resistencia, o fricción, depende de la naturaleza de las dos superficies en contacto. Cuando la fricción es pequeña, el movimiento es suave y fácil. Cuando la fricción es grande, las superficies se calientan y sufren desgaste.

Esta fricción es el resultado de la rugosidad de las superficies. Bajo microscopio electrónico, aún las superficies aparentemente más lisas, muestran muchas rugosidades o asperezas. Dos superficies que aparentan estar en contacto total, realmente se están tocando una con la otra en los picos de sus asperezas. Toda carga es por lo tanto soportada solamente en unos pequeños puntos y la presión sobre estos es enorme.

Cuando las superficies se mueven, las asperezas pueden quedar trabadas una con la otra y se pueden soldar por lo tanto cuanto más presione una superficie con la otra, mayor será la fricción. [2]

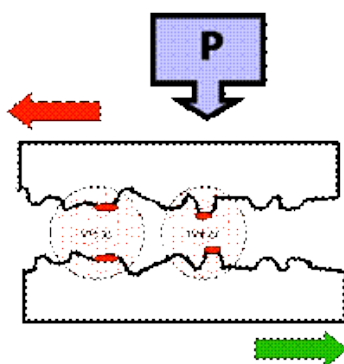


Ilustración [4] Fricción

Fuente <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

La principal función de un lubricante es proveer una película para separar las superficies y hacer el movimiento más fácil. En un modelo donde un líquido actúa como lubricante, el líquido se comporta formando una película en las dos superficies externas, superior e inferior, adheridas firmemente. A medida que una de las superficies se mueva sobre la otra, las capas externas del lubricante permanecen adheridas a las superficies mientras que las capas internas son forzadas a deslizarse una sobre otra. La resistencia está determinada por la fuerza necesaria para deslizar las capas de lubricante una sobre otra.

Debido a que la lubricación disminuye la fricción, ésta ahorra energía y reduce el desgaste. Esto se puede lograr de distintas maneras. Los distintos tipos de lubricación normalmente son denominados Regímenes de lubricación. Durante el ciclo de trabajo de la máquina puede haber cambios entre los diferentes regímenes de lubricación.

La lubricación hidrodinámica: Es la mejor condición de lubricación existen. Las dos superficies móviles están completamente separadas por una película de lubricante suficiente como para que no haya contacto entre las puntas de las rugosidades.

La lubricación límite: Es menos eficiente que la hidrodinámica pero más que una superficie sin lubricar. Se produce cuando la película es tan delgada que el contacto entre las superficies tiene lugar sobre una área similar a cuando no existe lubricación. La carga total es soportada por capas muy pequeñas de lubricante adyacentes a las superficies. [2]

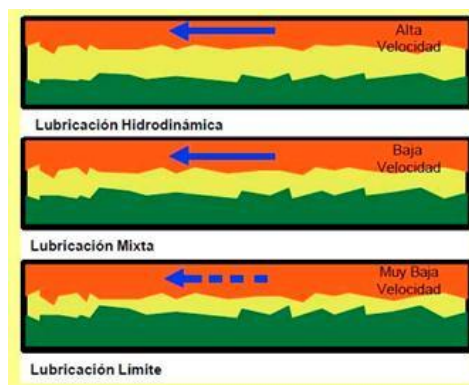


Ilustración [5] Tipos de lubricación.

Fuente <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

### 3.2.1-Beneficios de la lubricación

#### **Enfría las piezas**

La maquinaria del buque genera mucho calor, en parte por la combustión y en parte debido a la fricción. Este calor también puede resultar destructivo, pero el aceite lubricante tiene por lo general al menos algunas propiedades de transferencia de calor. Absorbe el calor concentrado en ciertas partes y lo lleva lejos antes de que los componentes puedan sobrecalentarse.

#### **Mantiene el sistema limpio**

Conforme funciona la mecánica del buque se están expuestos a una variedad de contaminantes. El polvo opera a través de la maquinaria y queda atrapado en ciertas áreas, o se quedan subproductos del proceso de combustión. Estos contaminantes pueden acumularse y causar daños si no se tratan, pero los lubricantes están diseñados para eliminar estos depósitos conforme el aceite es bombeado a través del aceite. Esta es una de las razones por la cual el aceite lubricante necesita ser reemplazado, porque vuelve cargado con contaminantes.

#### **Previene la herrumbre**

Un aceite formulado adecuadamente deposita una película química sobre las piezas metálicas. De esta manera las aísla del agua como si fuera un escudo protector de los metales. Esto es como si plastificáramos las piezas de metal para evitar que tengan contacto con el agua. Así se queda protegido de la herrumbre producida por la humedad. [3]

### 3.2.2 -Aditivos de los lubricantes.

Los aditivos lubricantes son compuestos químicos destinados a mejorar las propiedades naturales de un lubricante, y conferirle otras que no poseen y son necesarias para cumplir su cometido.

Las exigencias de lubricación en los últimos años obligan a reforzar las propiedades intrínsecas de los lubricantes, mediante la incorporación de aditivos

químicos en pequeñas cantidades. Aunque estas cantidades modifican profundamente las propiedades del aceite, haciendo que se generalice mucho su empleo. [4]

### 3.2.2.1 Propiedades de los aditivos lubricantes.

Los aditivos lubricantes se incorporan a los aceites en muy diversas proporciones, desde partes por millón hasta el 20% en peso de algunos aceites de motor. Cada aditivo tiene una o varias funciones (aditivo multifuncional) que deben cumplir.

Fundamentalmente se busca que cumplan las siguientes funciones:

- Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad.
- Proteger a la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.
- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante.

Los aditivos tienen que ser solubles en los lubricantes. Sin embargo las propiedades que confiere un aditivo a un lubricante en particular puede que no sean mismas las confiere a otro lubricante distinto. A esta propiedad la llamamos susceptibilidad del aceite al aditivo.

Para crear un lubricante multiaditivado se tiene en cuenta las posibles reacciones entre distintos aditivos. Es de decir hay que comprobar la compatibilidad de los aditivos con los otros ya que la adición de dos o más aditivos incompatibles puede ocasionar la anulación de los efectos que se perseguían o la creación de sustancias indeseables.

Por otra parte puede suceder el efecto contrario, y mezclar aditivos que tengan sinergia entre ellos y refuercen aquellas las propiedades que buscan.

Estas son las razones por las cuales, al rellenar un cárter o cualquier otra parte de un motor con lubricante aditivado, no deben mezclarse lubricantes diferentes.

Los aditivos al igual que los lubricantes pierden propiedades a medida que se usan. Y aún más, hoy en día donde estos fluido se someten a presiones y cargas cada vez más altas. Conforme los aditivos se degradan lo hace también el lubricante, perdiendo lentamente las propiedades iniciales. Es por ello que deben respetarse los cambios de aceite de los motores. [4]



### 3.2.2.2.- Propiedades físicas sobre las que actúan los aditivos.

#### - **Mejoradores del índice de viscosidad.**

Esta clase de aditivos no modifican las propiedades intrínsecas del lubricante, como la estabilidad térmica y química, siendo además compatibles con otros aditivos.

La acción de estos aditivos es la de espesar el lubricante, especialmente a temperaturas altas. Es decir se traduce en un aumento de índice de viscosidad. Para generar este aumento los aditivos están compuestos de polímeros.

#### - **Depresores del punto de congelación.**

El propósito de estos aditivos es el de modificar el proceso de congelación de la parafina, de manera que pueda fluir a temperaturas bajas. Las sustancias químicas utilizadas en los aditivos son polímeros. [5]

### 3.2.2.3- Propiedades químicas sobre las que actúan los aditivos.

#### - ***Antioxidantes.***

Las condiciones en las que trabaja el aceite tales como la temperatura, el oxígeno, impurezas y catalizadores, hacen que se produzca la polimerización del lubricante. Este fenómeno es dañino para las máquinas, ya que la polimerización del lubricante hace que aumente la viscosidad, se enturbie y forme lodos.

Para retrasar este fenómeno se utilizan antioxidantes o inhibidores de la oxidación. Estas sustancias retardan o impiden la fijación del oxígeno libre a los compuestos auto oxidante, y por lo tanto retrasa la polimerización. Las sustancias utilizadas suelen ser fenoles, aminas y fosfatos.

#### - ***Anticorrosivos.***

Estos aditivos protegen a los metales no ferrosos, susceptibles a la corrosión, presentes en una máquina, producidos por los ataques ácidos presentes en los lubricantes. Por lo general estos metales se encuentran en cojinetes.

Los más utilizados son los fosfitos orgánicos y algunas clases de terpenos.

**- Antiherrumbre.**

Estos aditivos se tratan de compuestos polares que desplazan la humedad que pueda estar presente sobre las superficies metálicas, y forman una película protectora, gracias al fenómeno de absorción que liga las moléculas fuertemente al metal, separándolas del lubricante.

**- Detergentes.**

Los aditivos detergentes son aquellos que evitan o reducen la formación de productos carbonosos en las ranuras (aros del pistón, camisas, vástagos) de los motores de combustión interna, cuando operan a altas temperaturas.

Los lubricantes si solos no pueden desprender los depósitos de carbonosos. El aditivo evita que se produzcan manteniéndolos en suspensión o desprendiéndolos de los metales.

Los detergentes son sustancias como los antiácidos, alcalinos o superbásicos.

**- Dispersantes.**

El término dispersante se reserva para aquellos aditivos capaces de dispersar los lodos húmedos originados en el funcionamiento frío del motor. Estos lodos están constituidos por una mezcla de productos quemados, carbón, óxidos de plomo y agua.

Los dispersante actúan cubriendo cada partícula de una película por medio de fuerzas polares, que repelen eléctricamente a las otras partículas, evitando que se aglomeren. Estos aditivos son complementarios a la acción de los detergentes.

**- Aditivos múltiples.**

Sus moléculas encierran múltiples propiedades.

**- Aditivos de extrema presión.**

Son aditivos capaces de evitar el contacto entre metales una vez desaparecida la lubricación aerodinámica. Estos aditivos deben tener elementos como azufre, cloro o

sales, capaces de reaccionar con la superficie del metal bajo condiciones de lubricación límite.

### **- *Aditivos de aceitosidad.***

Son compuestos que, siendo solubles con el aceite, presentan una fuerte polaridad. Este fenómeno ocurre en el caso de los ácidos animales y vegetales. Estos permiten una lubricación en condiciones límite, donde sus moléculas se adhieren a las superficies metálicas protegiéndola cuando existen fuertes cargas y presiones entre superficies metálicas que se deslizan entre sí.

### **- *Antiespumantes.***

Cuando el aceite se encuentra en condiciones de agitación violenta en presencia de aire, agua y temperaturas generalmente bajas, se producen burbujas en su interior. Estas tienen a subir a la superficie y evitan la buena lubricación. Los antiespumantes tratan de romper las burbujas formadas, modificando fundamentalmente la tensión superficial del lubricante.

### **- *Emulsionantes.***

Estos se emplean en los aceites que se destinan a la lubricación de maquinaria expuesta al agua. Forman una emulsión con el agua, para evitar que el aceite sea desplazado o lavado con los órganos a lubricar. Los aditivos actúan bajando la tensión interfacial del sistema y protegiendo las gotas de agua por una película interfacial. [5]

### **3.3- Tipos de lubricantes.**

Existen muchas maneras de agrupar los lubricantes, una de ellas es la de agruparlos según el estado en el que se encuentran:

**Líquidos.** Distintos líquidos pueden ser utilizados como lubricantes, pero los más ampliamente utilizados son los basados en aceites minerales derivados del petróleo. Su fabricación y composición será vista con más detalle en la próxima sección de este tutorial. Otros aceites utilizados como lubricantes son los aceites naturales (aceites animales o vegetales) y los aceites sintéticos. Los aceites naturales pueden ser excelentes lubricantes, pero tienden a degradarse más rápido en uso que los aceites

minerales. En el pasado fueron poco utilizados para aplicaciones de ingeniería por sí solos, aunque algunas veces se usaron mezclados con los aceites minerales. Recientemente, ha habido un interés creciente sobre las posibles aplicaciones de los aceites vegetales como lubricantes. Estos aceites son biodegradables y menos nocivos al medio ambiente que los aceites minerales. Los aceites sintéticos son fabricados mediante procesos químicos y tienden a ser costosos. Son especialmente usados cuando alguna propiedad en particular es esencial, tal como la resistencia a temperaturas extremas, como es el caso de los lubricantes para motores aeronáuticos. A temperaturas normales de operación, los aceites fluyen libremente, de tal forma que pueden ser fácilmente alimentados hacia o desde las partes móviles de la máquina para proveer una lubricación efectiva, extraer el calor, y las partículas contaminantes. Por otro lado, debido a que son líquidos, pueden existir fugas en el circuito lubricante y provocar graves averías al no lubricar suficientemente las partes móviles del equipo.

**Grasas.** Una grasa es un lubricante semifluido generalmente elaborado a partir de aceites minerales y agentes espesantes (tradicionalmente jabón o arcilla), que permite retener el lubricante en los sitios donde se aplica. Las grasas protegen efectivamente las superficies de la contaminación externa, sin embargo, debido a que no fluyen como los aceites, son menos refrigerantes que éstos y más difíciles de aplicar a una máquina cuando está en operación.

**Sólidos.** Los materiales utilizados como lubricantes sólidos son grafito, bisulfuro de molibdeno y politetrafluoroetileno (PTFE o Teflón). Estos compuestos son utilizados en menor escala que los aceites y grasas, pero son perfectos para aplicaciones especiales en condiciones donde los aceites y las grasas no pueden ser empleados. Pueden ser usados en condiciones extremas de temperatura y ambientes químicos muy agresivos. Por ejemplo, las patas telescópicas del Módulo Lunar del Apolo fueron lubricadas con bisulfuro de molibdeno.

**Gases.** El aire y otros gases pueden ser empleados como lubricantes en aplicaciones especiales. Los cojinetes lubricados con aire pueden operar a altas velocidades, pero deben tener bajas cargas. Un ejemplo de lubricación por aire son las fresas de los dentistas. [6]

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

La forma más común de agrupar a los lubricantes es según su naturaleza química:

### **Aceites parafínicos.**

En su composición predominan los hidrocarburos alifáticos, de fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ , encontrándose en menor proporción otros hidrocarburos de tipo aromático o nafténico. Los aceites base de Pensilvania, que se consideran como los aceites parafínicos por excelencia, presentan una distribución de átomos de carbono que oscila dentro de los siguientes límites.

% Carbonos parafínicos	60-70
% Carbonos nafténicos	20-30
% Carbonos aromáticos	5-10

### **Aceites nafténicos**

Contienen una alta proporción de hidrocarburos nafténicos, de fórmula general  $C_nH_{2n}$ . Suelen denominarse aceites nafténicos aquellos cuya distribución de átomos de Carbono se encuentra dentro de los límites siguientes:

% Carbonos parafínicos	40-50
% Carbonos nafténicos	35-50
% Carbonos aromáticos	5-10

### **Aceites aromáticos**

Contienen una elevada proporción de hidrocarburos aromáticos, de fórmula general  $C_nH_{2n-x}$ . En general, no suelen obtenerse aceites refinados de este tipo, ya que sus características físicas y químicas son muy deficientes bajo el punto de vista de su empleo como lubricantes. Los aceites designados comercialmente como aromáticos suelen ser en la práctica subproductos de la línea de fabricación de los dos tipos de crudo anteriormente citados. La distribución de hidrocarburos de este grupo de aceites puede estimarse dentro de los siguientes valores. [7]


% Carbonos parafínicos	30-40
% Carbonos nafténicos	10-20
% Carbonos aromáticos	Mayor de 40

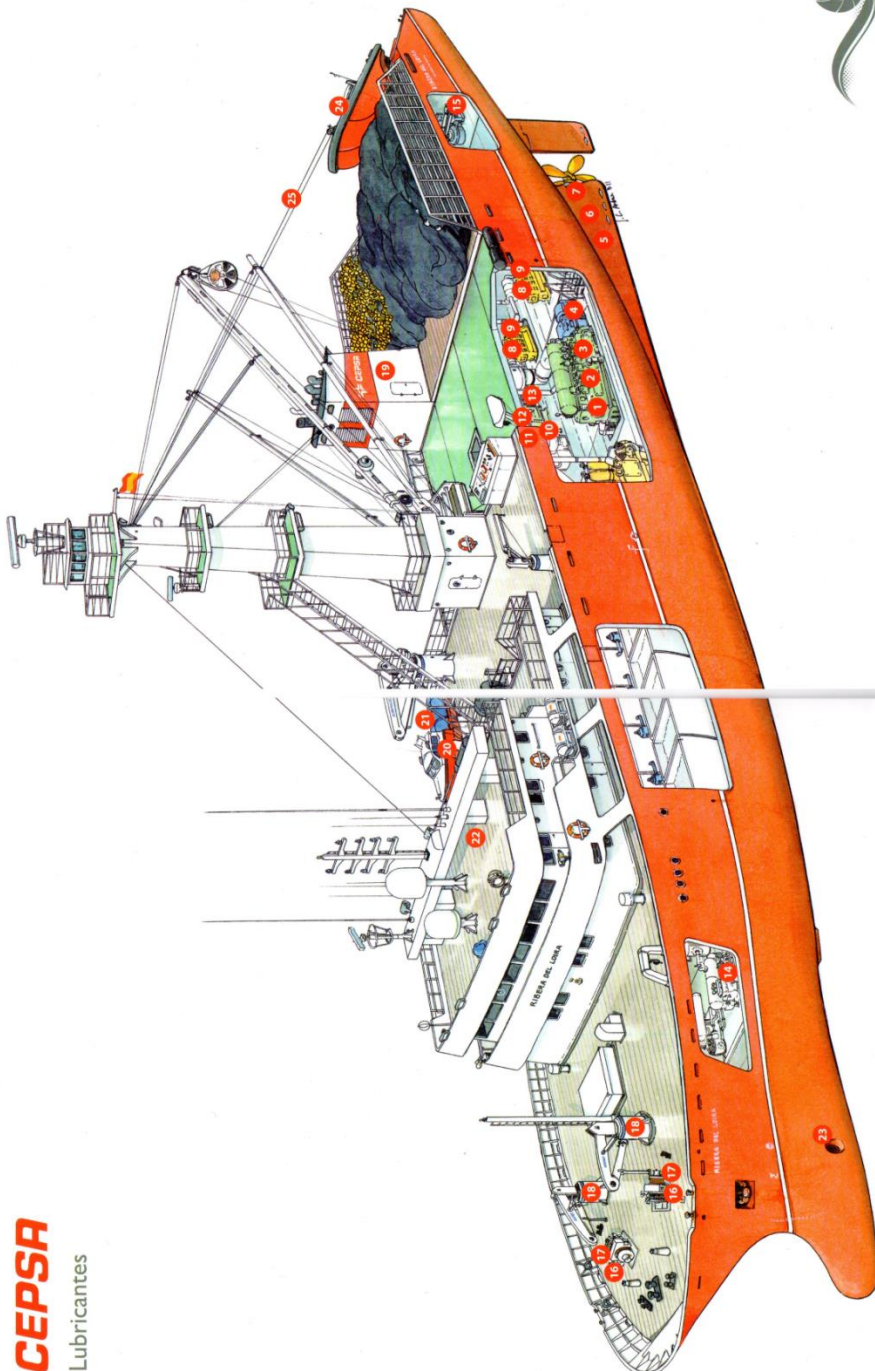
[7]


### **3.4- Identificación de las distintas partes del buque a lubricar**

A bordo de un buque podemos encontrar una gran diversidad de equipos los cuales deben de estar correctamente lubricados para su buen funcionamiento, en este punto enumeraremos dichas equipos explicando sus principales características y su utilidad.

A continuación podemos ver la disposición típica de los sistemas que van lubricados en un buque.







GUÍA DE LUBRICANTES MARINOS

1 MOTOR PRINCIPAL	LUBRICANTE: PETROLIO / PETROLIO	23 GRUPO EMERGENCIA Y CONTRAMARCHIS	LUBRICANTE: ULTIMAR SHIP / MAR SHIP
2 TURBOCOMPRESOR MOTOR PRINCIPAL	TURBINAS (O) / COMPRESORES (MS) (SH)	24 HELICES DE EMERGENCIA	LUBRICANTE: ULTIMAR SHIP / MAR SHIP
3 REGULADOR MOTOR PRINCIPAL	TURBINAS (O) / COMPRESORES (MS) (SH)	25 MOTOR EMERGENCIA ALULIAR - PUNTA	LUBRICANTE: ULTIMAR SHIP / MAR SHIP
4 REDUCTORA MOTOR PRINCIPAL	PUNTA MAR / PETROLIO	26 CARLES Y PROTECCIÓN MACHO/MACHA CUBIERTA	LUBRICANTE: ULTIMAR SHIP / MAR SHIP
5 CHUMBERA/LUBRIFICANTE DE EJES	PETROLIO / CIRCULANTE	27 CASILLETI TERMINO	LUBRICANTE: ULTIMAR SHIP / MAR SHIP
6 HELICE PASO VARIABLE	ASTILLAR (O)		
7 BOMBA	STERNAL / STERNAL (O) / PETROLIO		
8 MOTORES AUXILIARES	ULTIMAR SHIP / MAR SHIP / PETROLIO		
9 ALTERNADORES MAR. I.A.	TURBINAS DE ALUMINIO / ALUMINIO / ALUMINIO (O) / PETROLIO		
10 COMPRESORES DE AIRE	COMPRESORES (O) / COMPRESORES (MS) (SH)		
11 PURIFICADORAS	PUNTA MAR / PETROLIO / PURIFICADORAS (MS) (SH)		
12 BOMBAS SERVIDORES MARIS	TURBINAS DE ALUMINIO / ALUMINIO / ALUMINIO (O) / PETROLIO		
13 MOTORES ELECTRICOS	ALUMINIO / ALUMINIO (O) / PETROLIO		
14 COMPRESORES DE FRENO	BOMBA / ALUMINIO (O) / ALUMINIO (MS) (SH)		
15 SERVIDOR MOTOR - MACHA DEL TIMON	ULTIMAR SHIP / MAR SHIP		
16 MOLINETES - MACHO/MACHA	PUNTA MAR / ALUMINIO (O) / ALUMINIO (MS) (SH)		
17 CENTRAL HIDRAULICA	ASTILLAR (O) / ALUMINIO (MS) (SH)		
18 BOMBA HIDRAULICA	ASTILLAR (O) / ALUMINIO (MS) (SH)		
19 MACHO/MACHA HIDRAULICA PASO	ASTILLAR (O)		
20 EQUIPOS DESESAUMADIST CONTRAMARCHIS	ULTIMAR SHIP / MAR SHIP		
21 MOTORES DIESEL - MOTES	ULTIMAR SHIP / MAR SHIP		
22 HELICES DE MARCHA	ULTIMAR SHIP / MAR SHIP		

Ilustración [6] Distribución lubricación buque CEPSA.

Fuente: Jornada de lubricantes.

### 3.4.1- Maquinaria de cubierta.

#### 3.4.1.1-Grúas

Grúas: Son los elementos para el izado de carga o provisiones a bordo. Todas las grúas para elevar pesos deben exhibir una marca bien visible de la carga máxima de trabajo.

Este valor conocido como SWL por sus iniciales en inglés (Safety Working Load) es el peso máximo para el que el fabricante, las sociedades de clasificación y por ende las compañías de seguros avalan un uso adecuado

Las especificaciones técnicas y de índoles legal están asentadas en un libro denominado "Cargo Gear" y en él se vuelcan todas las novedades de inspecciones periódicas, reemplazo de elementos, modificaciones estructurales, etc. [8]

La lubricación de este equipo deberá tener buenas prestaciones frente al agua ya que están al descubierto, buena protección antihermbre para prevenir la corrosión,



Ilustración [7] Grúas sobre buque

Fuente: [http://www.freepik.es/foto-gratis/las-gruas-del-buque\\_360905.htm](http://www.freepik.es/foto-gratis/las-gruas-del-buque_360905.htm)



### 3.4.1.2- Rampas

En líneas generales, este tipo de instalaciones consiste en una pasarela metálica con las dimensiones requeridas para cada caso, articulada en tierra, y accionada por un mecanismo, que le permite alcanzar la posición adecuada de contacto con el buque, bien sea apoyándose directamente en él, o bien recibiendo el portalón del mismo, tal como ha quedado dicho.

Este mecanismo admite numerosos sistemas de accionamiento tales como el electromecánico, electrohidráulico, o combinaciones de ambos.

A este tipo básico, pueden adaptársele un sinnúmero de aditamentos que lo aproximan en mayor o menor escala a la perfección, tales como enclavamientos automáticos a distintos niveles, seguimiento automático de la carrera de marea, dispositivos de limitación de choques, etc. [9]

Cuando estos equipos son del tipo electrohidráulico deberán estar lubricados con aceites hidráulicos preparados para operar al aire libre y poder soportar grandes cargas.



Ilustración [8] Rampa de buque.

Fuente: [http://www.itpsl.es/rampas\\_ro-ro.htm](http://www.itpsl.es/rampas_ro-ro.htm)

### 3.4.1.3-Winche o cabestrante

Un cabestrante (también conocido winche) es un dispositivo mecánico, rodillo o cilindro giratorio, impulsado manualmente, por una máquina de vapor, un motor eléctrico o hidráulico, con un cable, una cuerda o una maroma, que sirve para arrastrar, levantar y/o desplazar objetos o grandes cargas. [10]

Este tipo de equipos deberán estar lubricados con lubricantes que tengan grandes niveles de resistencia a la oxidación por el lugar donde se encuentran y gran capacidad de carga.



Ilustración [9] Cabestrante.

Fuente: [http://www.fluidmecnica.com/productos\\_maquinillas\\_pesca-molinetes\\_anclas.html&idiom=en#/productos/maquinillas\\_pesca/molinetes\\_anclas](http://www.fluidmecnica.com/productos_maquinillas_pesca-molinetes_anclas.html&idiom=en#/productos/maquinillas_pesca/molinetes_anclas)

### 3.4.2 Compresores fríos.

Los compresores frigoríficos son equipos destinados a la recompresión cíclica del gas producido por la evaporación de un fluido líquido denominado frigorígeno. Esta evaporación tiene por objetivo la producción del frío.

Los fluidos frigorígenos son líquidos o gases con muy bajo punto de ebullición. Su paso del estado líquido al estado gaseoso produce frío al extraer del lugar a refrigerar el calor necesario para dicho cambio de estado

Componentes de un sistema frigorífico:

### **Evaporador**

En el evaporador tiene lugar la evaporación del líquido refrigerante produciendo el enfriamiento. El frigorígeno en forma de gas sale del evaporador cargado de calor latente y es aspirado por el compresor.

El evaporador es el verdadero productor de frío de la instalación, ya que absorbe el calor del medio ambiente que lo rodea.

### **Compresor**

Aspira el refrigerante en forma de gas que proviene del evaporador y transportarlo al condensador aumentando su presión y su temperatura.

### **Condensador**

Tiene lugar la condensación del frigorígeno en forma de gas de alta presión a líquido mediante refrigeración por agua o aire.

### **Receptor**

Se recoge el líquido frigorígeno y se devuelve al sistema a través de la válvula de expansión. En el tanque receptor tiene lugar la separación del aceite introducido al sistema por arrastre.

### **Válvula de regulación**

En este elemento se produce la reducción de la presión del líquido frigorígeno procedente del receptor hasta la presión del evaporador, mediante una expansión brusca que convierte el líquido en gas, cayendo la temperatura.

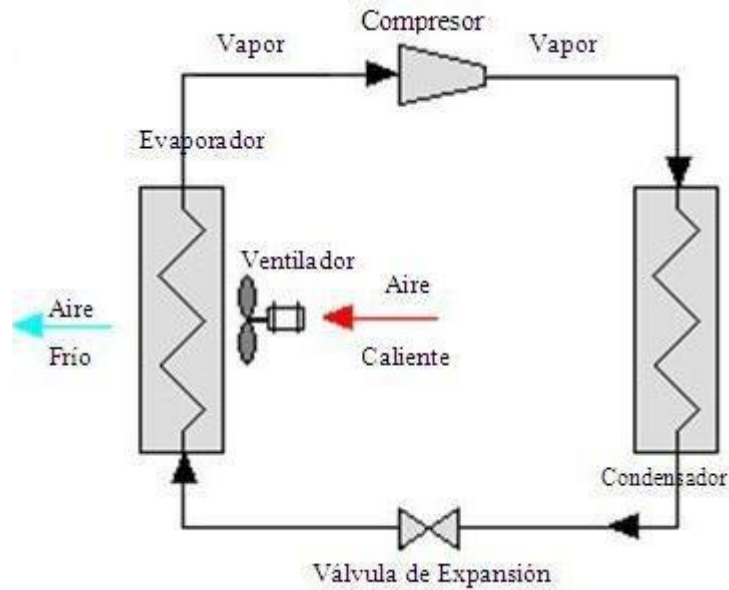


Ilustración [10] Sistema refrigeración

Fuente <http://widman.biz/boletines/57.html>

Principales funciones de la lubricación en frigoríficos:

- Reducción de las resistencias pasivas debidas a la fricción.
- Eliminar o minimizar los fenómenos de desgaste.
- Evitar el gripado de las piezas en movimiento
- Mejorar la estanqueidad.
- Refrigeración
- Evacuación del calor debido a la compresión. Esta es la función principal de la inyección de aceite en un compresor a tornillo.
- Protección de las superficies metálicas contra la corrosión.
- Evacuación de las impurezas por filtración.
- Aislamiento de los motores eléctricos sumergidos en los compresores herméticos.

Los principales factores que influyen en la selección del tipo de lubricante, son los tipos de refrigerantes utilizados y las temperaturas de servicio.

En cuanto al refrigerante una de las cualidades más importantes es la solubilidad del aceite refrigerante. El grado de solubilidad depende de la temperatura y de la presión.

La solubilidad: aumenta con la presión y disminuye con la temperatura.

La viscosidad del aceite disminuye al disolverse con refrigerante. Por ello al utilizar refrigerantes de elevada miscibilidad hay que recurrir a tipos de lubricantes de mayor viscosidad. [11]

### **Tipos de compresores utilizados en la industria del frío.**

En instalaciones de frío suelen utilizarse compresores de tipo alternativos, aunque también pueden usarse compresores rotativos a tornillo o rotativos a paleta.

### **Compresor de pistón o alternativos**

El compresor de pistón es uno de los más antiguos diseños de compresor, pero sigue siendo el más versátil y muy eficaz. Este tipo de compresor mueve un pistón hacia delante en un cilindro mediante una varilla de conexión y un cigüeñal. Si sólo se usa un lado del pistón para la compresión, se describe como una acción única. Si se utilizan ambos lados del pistón, las partes superior e inferior, es de doble acción.

La versatilidad de los compresores de pistón no tiene límites. Permite comprimir tanto aire como gases, con muy pocas modificaciones. El compresor de pistón es el único diseño capaz de comprimir aire y gas a altas presiones, como las aplicaciones de aire respirable.

La configuración de un compresor de pistón puede ser de un único cilindro para baja presión/bajo volumen, hasta una configuración de varias etapas capaz de comprimir a muy altas presiones. En estos compresores, el aire se comprime por etapas, aumentando la presión antes de entrar en la siguiente etapa para comprimir aire incluso a alta presión.

Capacidades de compresión:

Entre 0,75 a 420 kW (1 a 563 CV) produciendo presiones de trabajo de 1,5 a 414 bar (21 a 6004 psi).

En su lubricación deben distinguirse dos exigencias diferentes: la lubricación de los cilindros y la lubricación de los cojinetes. En los primeros debe establecerse un mínimo de consumo de aceite y al mismo tiempo proporcionar la estanqueidad del pistón, válvulas y empaquetadoras para impedir fugas de aire.

En cuanto a los cojinetes, la alimentación de aceite es utilizada abundantemente durante muchas veces y por largos periodos de tiempo. [12]



Ilustración [11] Compresor de pistón

Fuente: [http://www.compair.es/About\\_Us/Compressed\\_Air\\_Explained--03The\\_three\\_types\\_of\\_compressors.aspx](http://www.compair.es/About_Us/Compressed_Air_Explained--03The_three_types_of_compressors.aspx)

### **Tornillo rotativo**

El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento con pistones en un formato de tornillo; este es el tipo de compresor predominante en uso en la actualidad. Las piezas principales del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que se mueven unos hacia otros mientras se reduce el volumen entre

ellos y el alojamiento. La relación de presión de un tornillo depende de la longitud y perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga.

El tornillo no está equipado con ninguna válvula y no existen fuerzas mecánicas para crear ningún desequilibrio. Por tanto, puede trabajar a altas velocidades de eje y combinar un gran caudal con unas dimensiones exteriores reducidas

Capacidades de compresión:

Entre 4 y a 250 kW (5 a 535 CV), produciendo presiones de trabajo de 5 a 13 bar (72 a 188 psi).

Llevan incorporados engranajes de regulación, y son los elementos principales a la hora de su lubricación así como los cojinetes de los ejes. Llevan incorporados cojinetes de empuje que asimismo requieren ser lubricados. El aceite es suministrado mediante una bomba a presión por un sistema de circulación cuyo depósito es la caja de engranajes de distribución. Tanto los cojinetes como los engranajes están muy proporcionados para reducir al mínimo las cargas unitarias y su posibilidad de desgaste, ya que las holguras entre impulsores y carcasas son muy rigurosas. [12]

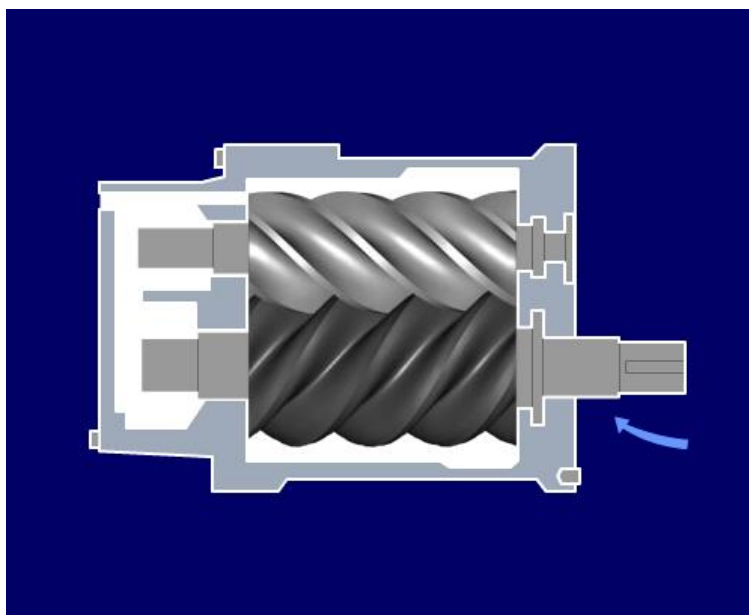


Ilustración [12] Compresor rotativo por tornillo

Fuente [http://www.compair.es/About\\_Us/Compressed\\_Air\\_Explained--03The\\_three\\_types\\_of\\_compressors.aspx](http://www.compair.es/About_Us/Compressed_Air_Explained--03The_three_types_of_compressors.aspx)

## El compresor de paletas

Basado en una tecnología tradicional y experimentada, se mueve a una velocidad muy baja (1450 rpm), lo que le otorga una fiabilidad sin precedentes. El rotor, la única pieza en movimiento constante, dispone de una serie de ranuras con paletas deslizantes que se desplazan sobre una capa de aceite.

El rotor gira en el interior de un estator cilíndrico. Durante la rotación, la fuerza centrífuga extrae las paletas de las ranuras para formar células individuales de compresión. La rotación reduce el volumen de la célula y aumenta la presión del aire.

El calor que genera la compresión se controla mediante la inyección de aceite a presión.

El aire a alta presión se descarga a través del puerto de salida con los restos de aceite eliminados por el separador de aceite final.

Capacidades de compresión:

Entre 1,1 y 75 kW (de 1,5 a 100 CV), produciendo presiones de trabajo de 7 a 8 y 10 bar (101 a 145 psi).

Requiere lubricación tanto en los cojinetes, como en el interior de la carcasa ya que la superficie deslizante hay que protegerla contra el óxido y la corrosión y principalmente reducir la fricción y el desgaste, así como sellar las pequeñas holguras que pueda existir entre las paletas y paredes del cilindro. [12]

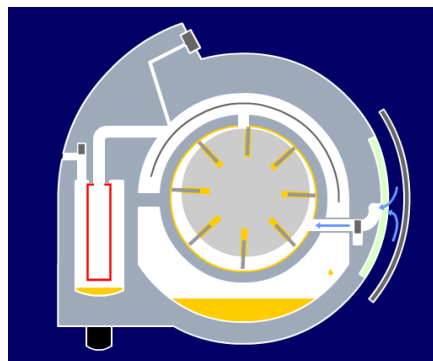


Ilustración [13] Compresor rotativo de paletas

Fuente: [http://www.compair.es/About\\_Us/Compressed\\_Air\\_Explained--03The\\_three\\_types\\_of\\_compressors.aspx](http://www.compair.es/About_Us/Compressed_Air_Explained--03The_three_types_of_compressors.aspx)



Como hemos comentado anteriormente los factores que influyen en la selección del tipo de lubricante son los tipos de refrigerantes, por ello para poder elegir el lubricante correcto es necesario conocer el tipo de refrigerante.

### Compresores de amoníaco

El amoníaco es el frigorígeno más utilizado, puede utilizarse en la producción de temperatura de hasta  $-45^{\circ}\text{C}$  y requiere el empleo de presiones moderadas (entre 8,5 y 12,5 Kgs/cm<sup>2</sup>) también es el más económico.

Cuando está puro no reacciona significativamente con los aceites minerales y sólo se disuelve en pequeña proporción. Sin embargo, cuando el gas no es puro puede dar lugar a la formación de lodos.

Cuando se usa amoníaco, al igual que con otros frigorígenos como el CO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub>, no solubles en el aceite, el punto de congelación del aceite es fundamental y debe ser inferior a la temperatura en el evaporador para evitar la congelación del mismo en su superficie. [12]

### Compresores de FREÓN

La práctica totalidad de los freones utilizados actualmente son miscibles en el aceite. En estos casos, el refrigerante disuelto baja sensiblemente el punto de congelación del aceite en servicio, por lo que esta característica no es relativamente importante cuando se usa este tipo de frigorígenos. En estos casos la característica más importante es el punto de floculación.

Punto de floculación con freón 12.

Se llama punto de floculación a la temperatura a la cual las parafinas y otras sustancias disueltas en el aceite se precipitan formando flóculos (agregados de sustancias sólidas) al entrar en contacto con un fluido refrigerante (normalmente R-12), en una mezcla con un 10% de aceite y un 90% de refrigerante, al ser enfriado el aceite.

Viscosidad

La viscosidad del aceite, como en cualquier otro equipo en el que estén elementos sujetos a posible fricción, es una característica fundamental.

Una vez garantizamos el adecuado punto de congelación o de flocuación, se debe seleccionar el aceite más viscoso posible. La viscosidad debe ser más alta cuanto menor es la velocidad del compresor y mayor es su carga y régimen de temperaturas.

Los grandes compresores de más de 250mm de diámetro requieren viscosidades mínimas ISO 68.

#### Estabilidad a la oxidación

Además del punto de congelación o floculación y de la viscosidad es muy importante para el buen rendimiento de un compresor frigorífico que el lubricante tenga una buena estabilidad a la oxidación.

Pequeñas cantidades de oxígeno presentes en los sistemas de refrigeración son suficientes para producir oxidación, especialmente en las zonas de altas temperaturas, válvulas de descarga compresor y tuberías de descarga. Los productos de oxidación pueden ser llevados al interior del condensador y formar depósitos gomosos que dificultan el transporte del calor. [12]

### 3.4.3 Botes salvavidas

Un bote salvavidas es un bote rígido o inflable diseñado para salvar las vidas de las personas en caso de problemas en el mar. El término se aplica tanto a los botes que se mantienen en puerto o cerca de éste, usados para auxiliar a un barco que tenga problemas, así como a los botes portados por barcos mayores, que permiten al pasaje y la tripulación escapar en caso de emergencia.

Los botes salvavidas inflables pueden estar equipados con bombonas de dióxido de carbono o bombas mecánicas para facilitar su llenado. De esta forma, un mecanismo infla rápidamente el bote, al tiempo que lo libera del buque madre. También los hay para casos de emergencia en plataformas petrolíferas y similares. [13]

Este equipo necesitará lubricantes que funcionen en ambientes húmedos con una gran resistencia al agua y gran resistencia mecánica.



Ilustración [14] Bote salvavidas

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

### 3.4.4 Maquinaria taller

#### **Torno**

Se denomina torno a un conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas. Desde el inicio de la Revolución industrial, el torno se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado. [14]

Este equipo deberá ser lubricado con grasas de gran adherencia para que se mantenga la grasa en las partes móviles del torno.



Ilustración [15] Torno convencional.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/hwacheon/tornos-convencionales-alta-precision-61452-535630.html>

## **Taladro**

El taladro es una máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo. [15]

Este equipo deberá ser lubricado con grasas de gran adherencia para que se mantenga la grasa en las partes móviles del taladro.



Ilustración [16] Taladro de columna

Fuente: Trabajo de campo

### 3.4.5 Sistema neumático

#### **Compresores**

Son máquinas que aspiran aire ambiente a la presión y temperatura atmosférica y lo comprime hasta conferirle una presión superior. Son las máquinas generadoras de aire comprimido. Existen varios tipos de compresores, dependiendo la elección de las necesidades y características de utilización.

En los buques se emplea alta presión para arranque de motores principales y soplado de tomas de mar; la media presión se emplea en los buques, para el arranque de motores auxiliares y de emergencia, para maquinaria de cámaras frigoríficas; la baja presión se emplea para, funcionamiento de máquinas neumáticas, aire de barrido de los motores diesel, funcionamiento del tifón, limpieza de tuberías, limpieza de calderas y condensadores; El compresor puede ser accionado por una turbina, un motor eléctrico o una máquina alternativa (vapor o diesel)

La lubricación en los compresores deberá tener una buena resistencia a la oxidación, propiedades antidesgaste y anticorrosivas.

#### **3.4.5.1. Compresores a pistón**

Son los de uso más difundido, en donde la compresión se efectúa por el movimiento alternativo de un pistón accionado por un mecanismo biela-manivela. En la carrera descendente se abre la válvula de admisión automática y el cilindro se llena de aire para luego en la carrera ascendente comprimirlo, saliendo así por la válvula de descarga. Una simple etapa de compresión como la descrita no permitirá obtener presiones elevadas, para ello será necesario recurrir a dos más etapas de compresión, en donde el aire comprimido a baja presión de una primera etapa (3 a 4 bar) llamada de baja, es vuelto a comprimir en otro cilindro en una segunda etapa llamada de alta, hasta la presión final de utilización. Puesto que la compresión produce una cierta cantidad de calor, será necesario refrigerar el aire entre las etapas para obtener una temperatura final de compresión más baja.

#### 3.4.5.2. Compresores a membrana

Son de construcción sencilla y consisten en una membrana accionada por una biela montada sobre un eje motor excéntrico; de este modo se obtendrá un movimiento de vaivén de la membrana con la consiguiente variación de volumen de la cámara de compresión en donde se encuentran alojadas las válvulas de admisión y descarga, accionadas automáticamente por la acción del aire.

Permiten la producción de aire comprimido absolutamente exento de aceite, puesto que el mismo no entra en contacto con el mecanismo de accionamiento, y en consecuencia el aire presenta gran pureza.

Utilizados en medicina y ciertos procesos químicos donde se requiera aire sin vestigios de aceite y de gran pureza. No utilizados en general para uso industrial.

#### 3.4.5.3. Compresores a paletas

También llamados multialetas o de émbolos rotativos. Constan de una carcasa cilíndrica en cuyo interior va un rotor montado un excéntricamente de modo de rozar casi por un lado la pared de la carcasa formando así del lado opuesto una cámara de trabajo en forma de media luna. Esta cámara queda dividida en secciones por un conjunto de paletas deslizantes alojadas en ranuras radiales del rotor.

Al girar este último, el volumen de las secciones varía desde un máximo a un mínimo, produciéndose la aspiración, compresión y expulsión del aire sin necesidad de válvula alguna. Este tipo de compresor es muy adecuado para casos en que no es problema la presencia de aceite en el aire comprimido, fabricándose unidades de hasta 6.000 m<sup>3</sup>/h de capacidad y hasta presión de 8 bar en una sola etapa y de 30 bar en dos etapas

De requerirse aire exento de aceite, las paletas deben ser hechas de materiales auto lubricantes, tipo teflón o grafito. Alcanzan una vida útil de 35.000 a 40.000 horas de funcionamiento dado el escaso desgaste de los órganos móviles (paletas) por la abundante presencia de aceite. Este tipo de compresores suministran un flujo casi sin

pulsaciones y en forma continua utilizando un depósito de dimensiones reducida que actúa de separador de aceite.

### **3.4.5.4. Compresores a tornillo**

También llamados compresores helicoidales. La compresión de estas máquinas es efectuada por dos rotores helicoidales, uno macho y otro hembra que son prácticamente dos tornillos engranados entre sí y contenidos en una carcasa dentro de la cual giran.

El macho es un tornillo de 4 entradas y la hembra de 6. El macho cumple prácticamente la misma función que el pistón en el compresor en el compresor alternativo y la hembra la del cilindro. En su rotación los lóbulos del macho se introducen en los huecos de la hembra desplazando el aire axialmente, disminuyendo su volumen y por consiguiente aumentando su presión. Los lóbulos se “llenan” de aire por un lado y descargan por el otro en sentido axial.

Los dos rotores no están en contacto entre sí, de modo tal que tanto el desgaste como la lubricación resultan mínimos. Esto se logra a través de un juego de engranajes que mantiene el sincronismo de giro de los rotores y evita que estos presionen unos contra otros, asegurándose la estanqueidad necesaria por la estrecha tolerancia de los juegos que existen entre ellos y la de estos con la carcasa.

### **3.4.5.5. Compresores Roots**

Solo transportan el volumen de aire aspirado del lado de aspiración al de compresión, sin comprimirlo en este recorrido. No hay reducción de volumen y por lo tanto tampoco aumento de presión. El volumen que llega a la boca de descarga, todavía con la presión de aspiración, se mezcla con el aire ya comprimido de la tubería de descarga y se introduce en la cámara llegando este a la presión máxima siendo luego expulsado.

Un juego de engranajes acciona los rotores en forma sincrónica y evita que se rocen entre sí. Resultan apropiados cuando se requiera aire comprimido a bajas presiones completamente libre de rastros de lubricante.

#### 3.4.5.6. Turbocompresores

Funcionan bajo el principio de la dinámica de fluidos, en donde el aumento de presión no se obtiene a través del desplazamiento y reducción de volumen sino por efectos dinámicos del aire.

#### 3.4.5.7 Compresores radiales

Se basan en el principio de la compresión de aire por fuerza centrífuga y constan de un rotor centrífugo que gira dentro de una cámara espiral, tomando aire en sentido axial y arrojándolo a gran velocidad en sentido radial. La fuerza centrífuga que actúa sobre el aire lo comprime contra la cámara de compresión. Pueden ser de una o varias etapas de compresión. [16]

#### 3.4.6 Depuradoras

A bordo de un buque se pueden encontrar varios tipos de depuradoras (de Fuel-Oil, aceite y gasoil) todas con un esquema similar, aquí se presenta el modelo de una depuradora de Fuel-Oil:

La máquina posee una cámara separada donde se disponen el módulo de combustible y las depuradoras:

2 para el Fuel, 1 para el aceite del motor principal y otra, de muy reducido tamaño comparado con las otras, para el gasoil.

La depuradora de Fuel-Oil se encarga de la separación del lodo y el agua mediante centrifugado. Normalmente la separadora está especialmente prevista para densidades mínima de 800 kg/m<sup>3</sup> y máxima de 1010 kg/m<sup>3</sup>, a 150C.





Ilustración [17] Depuradoras de Fuel Oil y Diesel oil

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

Descripción del funcionamiento de la depuradora de Fuel-óil:

- El combustible sin separar se alimenta al rotor a través de la tubería de entrada (V) (punto 1)
- Se bombea por el distribuidor (D) hacia la parte periférica del rotor
- Cuando el Fuel alcanza las ranuras del distribuidor, sobresale por los canales formados por el paquete de discos (G) en donde se distribuye de manera uniforme.
- El combustible se limpia continuamente a medida que se dirige hacia el centro del rotor.
- Cuando éste es depurado sale del paquete de discos y fluye hacia arriba, pasa por encima del anillo de nivel del disco superior (C) y penetra en la cámara centrípeta.
- Desde ahí, es bombeado por el disco centrípeto (U)
- Sale del rotor a través de la salida de combustible depurado (4).
- El agua separada, lodos, y partículas sólidas se empujan hacia la periferia del rotor y se almacenan en el espacio de lodos, donde éstos son descargados al tanque de lodos periódicamente. [17]

La separadora centrífuga de Fuel es la más utilizada en los buques ya que los motores principales de los buques utilizan Fuel como combustible y es en estos motores donde se consume la mayor parte de combustible.

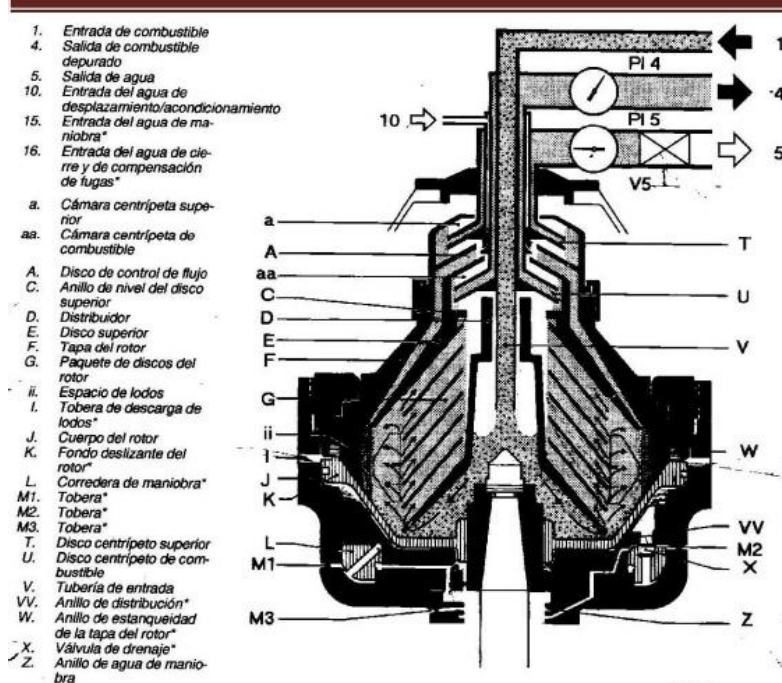


Ilustración [18] Separadora centrífuga de Fueloil

Fuente: <http://ingenieromarino.wordpress.com/2012/11/01/8-depuradoras-a-bordo-de-un-buque/>

### 3.4.7 Gobierno

#### 3.4.7.1 Servotimón

El servotimón es el grupo encargado de dirigir la pala del timón, el sistema se encarga de captar las señales emitidas desde el puente de mando a través del telemotor, amplificar la señal y mandar una señal eléctrica de alta intensidad a los motores hidráulicos del servomotor para que muevan la pala del timón [18]

Para el servo se necesitará un lubricante con propiedades de resistencia a la oxidación y propiedades antidesgaste



Ilustración [19] Servotimón de un buque.

Fuente: <http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/2013/06/embarancada-del-carguero-anna-entrando.html>

### 3.4.7.2 Hélice de proa

Las hélices de proa son propulsores que mejoran enormemente la maniobrabilidad del buque y son de gran utilidad en las operaciones de entrada y salida de puerto. Esta mejora de maniobrabilidad, además, hace que aumente la seguridad del buque en situaciones en que la meteorología compromete la navegación.

Desde un punto de vista estructural, la resistencia del casco del buque puede verse afectada por la incorporación de un túnel y un eje en la proa del buque. Además la discontinuidad de la superficie mojada puede interferir en el comportamiento hidrodinámico del buque pese a ello; estos equipos suelen encontrarse en gran número en buques de navegación corta y en buques de apoyo de posicionamiento dinámico en que requieren una maniobrabilidad excelente. Su uso en pequeño número está normalizado en la mayoría de buques mercantes por las ventajas que ofrecen en cuanto a maniobrabilidad ya que en muchos casos permiten realizar las maniobras sin apoyo de remolcadores reduciendo así los costes de explotación del buque.

Normalmente los buques cuentan con dos hélices transversales de maniobra, una a popa y otra a proa, ambas movidas por un motor eléctrico.

La hélice transversal de proa suele ser de mayor tamaño y potencia que la hélice transversal de popa, eso es así para facilitar la maniobra ya que en la operativa de maniobra la hélice de popa se ayuda con la hélice de paso variable mientras que la hélice de proa no.[19]

Para las hélices de proa se necesitará un lubricante con buena protección anti herrumbre y que prevenga la corrosión del acero.



Ilustración [20] Hélice de proa

Fuente: <http://www.atmosferis.com/helices-de-proa/http://www.atmosferis.com/helices-de-proa/>

### 3.4.7.3 Timón

El timón es el dispositivo utilizado para maniobrar un medio de transporte que se mueva a través de un fluido. Un timón funciona orientando el fluido produciendo un efecto de giro o de empuje.

En barcos grandes, pueden utilizarse cables, poleas o sistemas hidráulicos para conectar el timón a la rueda de dirección. [20]

La lubricación del timón deberá tener gran adherencia para evitar el escurrimiento de la grasa y excelente comportamiento frente al agua.

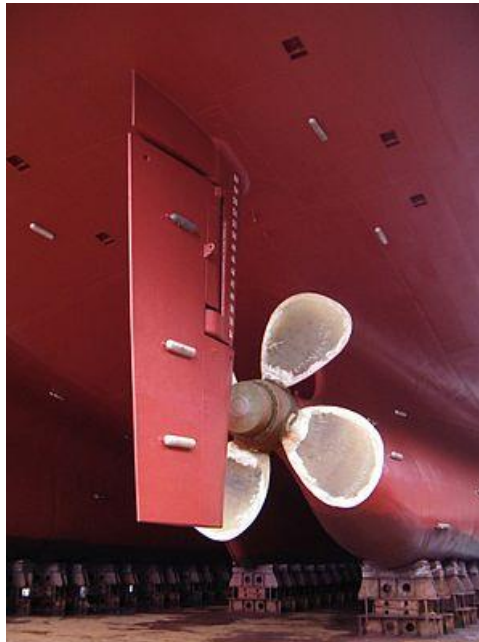


Ilustración [21] Timón

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tim%C3%B3n>

### 3.4.8 Caldera

La caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase.

Según la ITC-MIE-AP01, caldera es todo aparato de presión donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

La caldera es un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas un set de intercambiadores de calor, en la cual se produce un cambio de fase. Además, es recipiente de presión, por lo cual es construida en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor, la caldera es muy utilizada en los buques, a fin de generarlo para aplicaciones como calentar FUEL-OIL, obtener vapor para el funcionamiento de las turbinas etc. [21]

El aceite usado en calderas necesitará tener estabilidad térmica, un amplio rango de temperatura de operación, buen coeficiente de transmisión de calor y que no sea corrosivo.



Ilustración [22] Caldera

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

### 3.4.9 Equipo propulsor

A continuación se enumeran los equipos utilizados en un buque que son los encargados de propulsar la nave.

#### 3.4.9.1 Motor principal.

Dependiendo del tamaño del buque y tipo de motores diesel de accionamiento de diferentes tipos se utilizan:

Para medianos y grandes buques de carga, tales como petroleros, graneleros y portacontenedores. El rango de velocidad de estos motores es de entre 60 y 250 revoluciones por minuto.

Velocidad media, motores diésel de cuatro tiempos con un rango de velocidad de hasta 1200 revoluciones por minuto son principalmente de pequeñas y medianas dimensiones, empleados los buques de carga, buques de pasaje y en buques de guerra. Dependiendo del tamaño de la serie o como motor en V que tiene hasta 20 cilindros. La perforación de hasta 640 mm velocidad de pistón, a 11 m/s, y una potencia de 100 a 2150 kW. Estos motores requieren un engranaje reductor o generador de accionamiento para la propulsión diesel-eléctrico de los cruceros como propulsores azimutales, a menudo en combinación con hélices de paso variable o de propulsión de chorro de agua. Otro uso importante de los motores diesel turboalimentados este tipo es la producción de electricidad a bordo.

Los armadores están tendiendo a extender los cambios de aceite de los motores de sus embarcaciones. Por otra parte, algunos fabricantes de motores están poniendo énfasis en los períodos de cambio de aceite más prolongados, como una manera de promocionar la menor manutención que requieren sus motores.

La principal razón que lleva a esta tendencia es la reducción de costos de operación y de tiempos muertos, además de algunos problemas asociados al manejo de los aceites usados.

Sin embargo estos ahorros son sólo una parte del análisis, se debe tener especial cuidado en que la prolongación del período de cambio del aceite no conducirá a un desgaste excesivo del motor.

Los Motores Marinos usan en general combustibles de mala calidad con un alto contenido de azufre (2 a 5 % masa) y alto contenido de asfáltenos (5 a 10 % masa), variando la calidad de los mismo extensamente alrededor del mundo. Siendo el costo del combustible un porcentaje significativo del costo total de la operación de una embarcación los diseñadores de motores están optimizando sus motores para eficientar el consumo de combustible y por otro lado los armadores requieren comprar combustibles baratos que estén disponibles en el mercado. Estos dos factores afectan considerablemente el desempeño de los lubricantes por lo que la industria marina demanda lubricantes de altísima calidad que cubran con las especificaciones de los OEM's y funcionen adecuadamente con combustibles de mala calidad. [22]

Para la lubricación de motores marinos de 4 tiempos se debe tener un lubricante que tenga buena capacidad detergente y dispersante para asegurar la limpieza del motor, resistencia a los efectos negativos de la contaminación por Fuel, gran capacidad demulsionante para proteger al motor y eliminar el agua que se pueda acumular.



Ilustración [23] Motor principal de la planta de propulsión de un buque.

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

### 3.4.9.2 Turbosoplantes

Un turbocompresor o también llamado turbo es un sistema de sobrealimentación que usa una turbina centrífuga para accionar mediante un eje coaxial con ella, un



compresor centrífugo para comprimir gases. Este tipo de sistemas se suele utilizar en motores de combustión interna alternativos, especialmente en los motores diésel.

En los motores sobrealimentados mediante este sistema, el turbocompresor consiste en una turbina accionada por los gases de escape del motor de explosión, en cuyo eje se fija un compresor centrífugo que toma el aire a presión atmosférica después de pasar por el filtro de aire y luego lo comprime para introducirlo en los cilindros a mayor presión.

Los gases de escape inciden radialmente en la turbina, saliendo axialmente, después de ceder gran parte de su energía interna (mecánica + térmica) a la misma.

El aire entra al compresor axialmente, saliendo radialmente, con el efecto secundario negativo de un aumento de la temperatura más o menos considerable.

Este aumento de la presión consigue introducir en el cilindro una mayor cantidad de oxígeno (masa) que la masa normal que el cilindro aspiraría a presión atmosférica, obteniéndose más par motor en cada carrera útil (carrera de expansión) y por lo tanto más potencia que un motor atmosférico de cilindrada equivalente, y con un incremento de consumo proporcional al aumento de masa de aire. [23]

La lubricación del turbocompresor debe tener una buena facilidad para separarse del aire

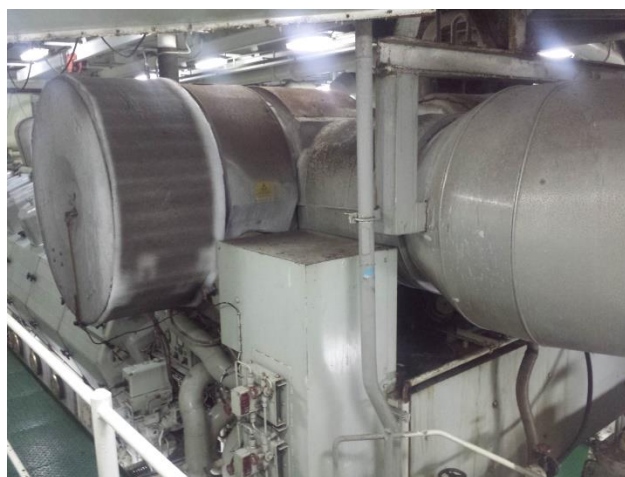


Ilustración [24] Turbocompresor de un motor diésel marino

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

### 3.4.9.3 Regulador

El regulador es un dispositivo o actuador electro-hidráulico, su función es la de controlar la cantidad de combustible que llega a los inyectores, abriendo o cerrando la cremallera, de manera que se mantengan las revoluciones del motor constantes. Para ello utiliza un sistema acción directa en que el flujo de combustible se regula con la intensidad de una señal eléctrica mandada por un sensor separado por unos pocos milímetros de una leva, según la posición de esta leva el sensor emite una señal eléctrica u otra. Este sistema tiene un ajuste muy preciso, para ello se debe de mirar en el control que coincida el índice de cremallera detectado con el detectado por el regulador, acercando más o menos el sensor a la leva.

La lubricación en este equipo deberá tener una buena resistencia al envejecimiento y a la formación de lodos.

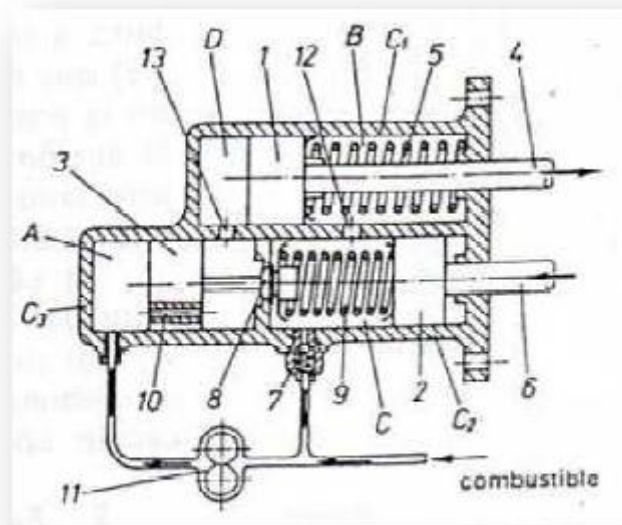


Ilustración [25] Regulador Hidráulico

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/59209564/REGULADOR-HIDRAULICO>

#### Descripción del regulador

En la parte superior del regulador va montado el cilindro de accionamiento (C1), en cuyo interior se desplaza un embolo (1) unido, por medio del vástago (4), a la

corredera que regula el caudal en los elementos de la bomba. Este embolo se mantiene en posición de reposo (mínimo consumo) por la acción del resorte (5). En la zona inferior del regulador va situado el cilindro de mando (C2), en donde se desplaza el embolo (2), unido por el vástago (6) al pedal del acelerador. En el lateral de este cilindro va acoplada una válvula de descarga (7) que regula la presión en el interior de los cilindros. En la cabeza del cilindro existe una válvula de paso (8), que se mantiene cerrada por medio del resorte (9) cuando el motor no funciona o sobrepasa el límite de mínima velocidad. El cilindro de regulación (C3) está formado por un embolo (3) unido a la válvula (8), el cual lleva un orificio de paso (10) que controla la presión en ambas cámaras del cilindro. [24]

### 3.4.9.4 Virador

Los fabricantes de motores, en la fase final del montaje de nuevos motores y los operarios marinos, tanto para el alineamiento como para el mantenimiento de los motores, necesitan mover lentamente el cigüeñal del motor para posicionarlos en la posición exacta que se precisa.

El virador sirve especialmente para mover lentamente el cigüeñal del motor en sentido a derecha o izquierda, así como para bloquearlo en cualquier posición deseada que se precise para llevar a cabo las operaciones y los ajustes necesarios en fábrica o a bordo.

Su autonomía de bloqueo del dispositivo permite llevar a cabo el trabajo de una forma completamente segura.

El dispositivo de giro consta de dos componentes principales, "el mecanismo de giro y el tornillo sin fin. Se pueden utilizar mecanismos manuales, neumáticos o eléctricos para su movimiento. [25]

La lubricación en este equipo deberá tener gran adherencia para evitar que se escurra la grasa y una buena estabilidad mecánica.



Ilustración [26] Virador de un motor

Fuente: [http://www.galigrup.com/viradores\\_motores.html](http://www.galigrup.com/viradores_motores.html)

#### 3.4.9.5 Reductor

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

La reductora se usa principalmente en motores de alta y media velocidad, en el que se debe reducir la velocidad del motor para adecuarla a la de la hélice. Los engranajes se utilizan con acoplamientos conmutables y tomas de fuerza para el generador del buque. En motores no reversibles existe engranaje de inversión destinados a invertir la rotación de la hélice. También existen combinaciones de engranajes y hélices. A menudo, los motores de la nave a través de acoplamientos (por ejemplo, el diseño de Vulkan "Rato") o juntas flexible a la caja de cambios. Entonces se pueden evitar la transmisión de las vibraciones resultantes. La unidad esta "desconectada". [26]



Ilustración [27] Vista de una reductora marina

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad)

### 3.4.9.6 Hélice de paso variable

Una hélice de paso variable es un tipo de hélice cuyas palas pueden girar alrededor de su eje largo para cambiar su ángulo de ataque. Si dicho ángulo se puede situar en valores negativos, la hélice también puede crear una inversión de empuje para el frenado o la marcha atrás sin necesidad de cambiar la dirección de rotación del eje.

Las hélices de paso variable para la propulsión marina se diseñan para dar la mayor eficiencia de propulsión en un amplio intervalo de velocidades y condiciones de carga. Cuando un buque está a plena carga, la potencia propulsora necesaria a una velocidad dada es mucho mayor que cuando está vacío. Mediante el ajuste de la inclinación de las palas, se puede obtener la eficiencia óptima y ahorrarse combustible.

Una hélice de paso fijo es más eficiente que una hélice de paso variable para una velocidad concreta de rotación y condición de carga. A esa velocidad particular, de rotación y de carga, puede transmitir energía más eficientemente que una de paso

variable. A cualquier otra velocidad de rotación, o cualquier otra carga del buque, el paso fijo no será el más eficiente ya que el ángulo no será el óptimo. Una hélice de paso variable de tamaño adecuado puede ser eficiente para una amplia gama de velocidades de rotación, ya que se puede ajustar para absorber toda la potencia que el motor es capaz de producir en casi cualquier velocidad de rotación.

Las hélices de paso variable también mejoran la maniobrabilidad de una embarcación. Permite el cambio rápido de dirección de propulsión. La dirección de empuje se puede cambiar sin disminuir la velocidad de la hélice y en función del tamaño de la hélice se puede cambiar en aproximadamente de 15 a 40 segundos. La mayor maniobrabilidad puede eliminar la necesidad de remolcadores durante el atraque. [27]

La lubricación en las hélices de paso variable deberán tener gran resistencia a la oxidación, que tenga una buena separación del agua, un alto índice de viscosidad y propiedades antidesgaste.



Ilustración [28] Hélice de paso variable

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice\\_de\\_paso\\_variable](http://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_de_paso_variable)

### 3.4.9.7 Bocina

Es el revestimiento metálico con que se guarnece interiormente un orificio; suele ser un casquillo de bronce con metal antifricción.

Dependiendo del sitio donde se encuentre, así recibe su nombre: bocina de la hélice, bocina del escobén del ancla, bocina de imbornales, etc.

La bocina de la hélice va colocada en el lugar por donde el eje propulsor atraviesa el casco, al que va roscado con tuerca exterior.

La parte de proa de la bocina lleva un prensaestopas con su empaquetadura para evitar que entre el agua.

Si la bocina está equipada con cojinetes lubricados con aceite se dispone un tanque de nivel que se situará a una altura determinada sobre la línea de flotación de acuerdo con las instrucciones del suministrador. Desde el taque se instala un tubo hasta el extremo de proa de la bocina. Desde la parte superior de la bocina en el extremo de proa se instala un atmosférico con cuello de cisne más alto que el tanque de presión.

En el borde inferior se dispone un tubo de drenaje que sirve para tomar muestras de aceite y vaciar la bocina. Como las muestras deben tomarse del extremo de popa de la bocina, se instala un tubo interior desde el extremo de popa del cojinete de popa de la bocina hasta la válvula de drenaje del extremo de proa de la bocina [28]



Ilustración [29] Bocina

Fuente: <https://nauticajonkepa.wordpress.com/2007/11/08/tecnologia-naval-2/>

#### 3.4.9.8 Generador de cola

Es un generador de energía eléctrica. La potencia proveniente del eje del motor principal impulsa el generador de cola a través de unos engranajes y un embrague. El embrague se activa por un sistema de aire comprimido y no funcionará si no se dispone de él. El embrague no actuará si la velocidad del eje de entrada es superior a ciertas revoluciones, por ejemplo 3000 rpm. [29]

El generador de cola puede suministrar energía eléctrica a la red del buque.





Ilustración [30] generador de cola de un buque

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

### 3.4.10 Motor auxiliar

Los motores marinos auxiliares se utilizan principalmente como grupos electrógenos, pero están diseñadas para trabajar con bombas eléctricas, hidráulicas, winches y otros equipos que operan en una embarcación. [30]

El lubricante usado en estos equipos deberán presentar una buena reserva alcalina (TBN), deberá ser multigrado y con gran capacidad detergente para reducir los depósitos en válvulas y pistones.



Ilustración [31] Motor auxiliar buque

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba

#### **3.4.11 Motor de emergencia**

Puede suceder que haya una caída de planta causada por algún fallo en el sistema, en ese caso el buque no puede quedar sin electricidad. Para evitar esto hay el generador de emergencia que en caso de caída de planta se enciende automáticamente y se encarga de suministrar tensión a los servicios esenciales del buque. El grupo electrógeno está formado por un motor acoplado a un alternador. [31]

### **IV -Metodología**

En este capítulo se pretende explicar la metodología usada para la realización del proyecto fin de grado y el marco referencial en el cual está englobado dicho trabajo.

#### **4.1. Metodología**

La metodología a seguir en el presente proyecto nos va a servir de soporte para entender que es una carta de aceite típica de un buque, haciendo mayor hincapié sobre la carta de aceite del buque de estudio “OPDR Andalucía”.

##### **4.1.1. Documentación Bibliográfica**

La documentación bibliográfica ha sido una recopilación realizada por el autor de este proyecto en base a datos bibliográficos, artículos, catálogos, referencias y datos que afecten a este proyecto.

##### **4.1.2. Metodología del trabajo de campo**

Para la elaboración de este trabajo, se ha incluido la ilustración de una carta de aceite. Realizando una descripción de esta y observando las diferencias de lubricantes en distintos equipos y observando las ventajas de tener esta herramienta. En el trabajo de campo se ha realizado una búsqueda de los distintos aceites usados a bordo, apoyándonos en realizar un estudio de los diversos aceites lubricantes.

## 4.2. Marco referencial

El marco referencial del presente proyecto está ubicado en un estudio para la elaboración de una carta de aceite como aplicación práctica de este proyecto. Con apoyo de la experiencia laboral de los directores del proyecto. El marco referencial no solo abarca la explicación y características de una carta de aceite sino además se abarca una explicación de las fichas técnicas de cada lubricante y una explicación de lo que es un aceite experimental. Como complemento a este proyecto, el autor añade al mismo una serie de anexos en relación a la temática del mismo. Por lo tanto el marco referencial lo ubicamos en una carta de aceite real suministrada por la naviera OPDR. Para el caso del aceite experimental se han tomado los datos para el trabajo de campo del buque “Volcán de Tamadaba”, con aceite Castrol, para ver su aplicación técnica y práctica.

### V-Resultados

#### 5.1 ¿Qué es una carta de aceite?

La carta de aceite es un documento de una gran importancia para una eficiente gestión de la lubricación en el buque. En ella aparecen los lubricantes que se utilizan en un determinado buque, a que equipos del buque van destinados y más concretamente el lugar exacto a donde va a lubricar en cada equipo.

Los posibles resultados de una equivocación en la elección del lubricante pueden ser mínimas, como aumentar la viscosidad, o mezclar grasas que no están especificadas para un uso y se usan para otro y no da problemas aunque esto no es recomendable. Sin embargo, algunas de las equivocaciones pueden ser utilizar un tipo de grasa para un equipo en el que esta grasa usada sea totalmente perjudicial para el equipo. Por todo esto la colocación de la carta de aceite en la sala de control de máquinas de un buque, o en la propia sala de máquinas de un buque se hace indispensable para la buena utilización de los lubricantes.

La carta de aceite debe aplicarse sin ninguna variación, ya que, si ocurriera un problema en algún equipo por culpa del lubricante y este no llevara el lubricante otorgado por el fabricante, la responsabilidad de cualquier fallo que tenga que ver con la lubricación, recaería sobre el trabajador que decidió no seguir la carta de aceite, por el contrario si la empresa suministradora recomienda la utilización de un aceite para un equipo en la carta de aceite y posteriormente se observa que el equipo ha fallado por culpa del aceite suministrado, la naviera podría pedir responsabilidades a la empresa proveedora del aceite

##### 5.1.1 Estandarización de Lubricantes

Un aspecto importante en la carta de aceite de un buque es englobar todos los tipos de aceite que existen por equipo, es decir, saber cuántos aceites distintos lleva por

ejemplo el motor principal y así evitamos posibles confusiones. Suele ocurrir en buques que no siguen una carta de aceite correctamente que conforme van cambiando los oficiales de máquinas y jefes de máquinas vayan pidiendo aceites que a ellos les parezcan los más favorables para cada equipo. Al paso de los años, habrán pasado bastantes oficiales y jefes de máquinas por lo que se tendría una amplia gama de lubricantes de diferentes familias y proveedores lo que aumentaría el número de lubricantes, aumentando el stock en el pañol, lo que conlleva un aumento del gasto. En ocasiones por no llevar a cabo las recomendaciones de la carta de aceite se usan grasas o lubricantes especiales en aplicaciones convencionales; es decir se puede estar lubricando un rodamiento que no necesita muchas propiedades especiales con un aceite que sí las posee, aumentando el costo.

Una carta de aceites es la manera idónea para hacer la correcta selección y consolidación de los lubricantes de acuerdo a las diferentes aplicaciones que se tengan. Es importante, dentro de lo que se pueda y sin que se vean afectado los equipos, reducir al mínimo las familias de aceites y grasas para evitar tener un gran abanico de lubricantes almacenados, lo cual genera costo, aumenta el riesgo de error, ocupa más espacio en el pañol de la sala de máquinas e incrementa el tiempo de almacenamiento, ya que si tenemos un lubricante que sólo se use para un equipo, el tiempo en el almacén sería demasiado elevado.

### **5.1.2 Identificación del Lubricante**

Un objetivo importante de la carta de aceite es que sirva como un documento para consultar e informar, por ello es de vital importancia que se le dé validez a la carta de aceite y se valla actualizando a medida que existan cambios en ella. La carta de aceite debe existir en dos formas: formato electrónico (en la red o la intranet de la naviera) y en formato papel en las zonas más estratégicas del barco (sala de control, pañol, motores...).

La carta de aceite es la información más importante relacionada con la lubricación y es importante mantenerla actualizada. Se pueden completar los datos de la carta de aceite con los datos de los equipos que se incluyen en el programa de análisis.

### 5.2 ¿Qué es una ficha técnica de aceite?

Consiste en un documento facilitado por el proveedor del aceite en el que aparece la información necesaria para conocer las características y aplicaciones del lubricante. La ficha técnica que vamos a utilizar para nuestro estudio ha sido facilitada por la empresa REPSOL ya que dicha empresa se dedica a la fabricación de aceites lubricantes. En esta ficha aparece una descripción del lubricante en la que se indica para qué tipo de equipo está diseñado y las características principales que posee. También encontramos en ella la siguiente información:

#### 5.2.1 Principales niveles de calidad.

En la ficha técnica de aceite aparece un listado de empresas u organismos que acreditan que el aceite satisface las necesidades y cumplen con los niveles de calidad adecuados para su uso. Los principales organismos que acreditan los lubricantes que aparecen en la ficha técnica de aceite facilitadas por REPSOL son los siguientes:

- UNE 26-361-88
- ASTM D 3306 y D 4985
- SAE J 1034, J 814 y J 1941
- MERCEDES-BENZ 325.3
- FORD WSS-M97B44-D
- GENERAL MOTORS GM 6277M
- VOLKSWAGEN VW 774-F
- MAN 324 tipo SNF
- DEUTZ 0199-99-1115/5
- CARTERPILLAR A4.05.09.01
- DAF 74002
- RENALUT TRUCKS 41-01-001/-S TYPE D
- JENBACHER
- WARTSILA

- MAN
- YANMAR
- DAIHATSU
- HIMSEN
- ROLLS ROYCE
- DIN 51825 K 2G-20
- DIN 51825 K 3G-20
- DIN 51825 KP 2/3K-20
- DIN 51506-VDL y VCL ISO 46, 68 y 100.
- ISO 6743 Parte 3 DAA, DAG
- OIL-TECH, ref. Al-34877.
- ISO 6743/12-Q
- DIN 51502-Q
- API CI-4 / CH-4 / SL.
- ACEA E7/E5.
- MTU Type 2
- Caterpillar ECF-1-a y ECF-2
- DIN 51517 Parte 3 CLP
- AIST 224
- ISO-L-CKD
- AGMA 9005-E02-EP
- ISO 12925-1 CKD
- MAG IAS (ex Cincinnati)
- David Brown S1.53.101
- DIN-51524 Parte 2 HLP
- ISO 6743/4 HM
- ISO 11158
- AFNOR NF E 48-603 HL, HM
- FILTRABILIDAD AFNOR (NF E 48-690 y 48-691)
- PARKER DENISON HF-O, HF-1 y HF-2
- MAG IAS P-68 (ISO 32); P-69(ISO-68); P-70(ISO-46)
- Eaton Vickers I-286-S y M-2950-S



- DIN-51524 Parte 3 HVLP.
- ISO 6743/4 HV
- ISO 11158
- MAG IAS P-68 (ISO 32); P-69(ISO-68); P-70(ISO-46)
- AFNOR NF E 48-603 HV.
- FILTRABILIDAD AFNOR (NF E 48-690 y 48-691)
- Eaton Vickers I-286-S y M-2950-S.
- DIN-51515 Parte 1 L-TD.
- DIN-8659 Parte 2.
- DIN-51517 Parte 2 CL.
- ISO 3498 (1986) CKB.
- DIN-51506 VBL y VCL.
- ISO 6743 Parte 3 DAA
- El tipo EP es MIL L-17331 H
- ABB, SIEMENS, WESTINGHOUSE, AEG, ALSTHOM, SULZER, KKK, GE.

Como vemos existe una gama muy amplia de empresas que normalizan el uso de aceites, esto es debido a que hoy en día todavía no existe una normalización a nivel mundial de este tipo, lo que dificulta bastante el estudio de los aceites lubricantes.

### 5.2.2 Principales características de los aceites.

En la ficha técnica de aceite facilitada por REPSOL aparece una tabla con las principales características que el aceite posee. En estas tablas no siempre aparecen los mismos elementos de medida, ya que estos son mostrados o no dependiendo de si es necesario o no conocer cada característica según el uso que se le dé. Por ejemplo conocer el TBN nos será útil en aceites que vayan a ser utilizados en lugares que tengan tendencia a volverse ácidos ya que nos indica la reserva alcalina del aceite y por el contrario no nos será útil conocerla por ejemplo para lubricantes que se utilicen para engrasar cables. Las principales características que aparecen en las fichas técnicas facilitadas por REPSOL son las siguientes:

- Punto de congelación
- Grado SAE
- TBN
- Viscosidad cinemática
- Densidad
- Punto de inflamación
- Punto de ebullición.
- Consistencia
- Tipo de jabón
- Aceite base grado de viscosidad ISO
- Penetración a 25°C trabajada a 60 golpes
- Penetración 25°C trabajada a 100000 golpes
- Punto de gota
- Corrosión al cobre, 24h 100°C
- Resistencias a las disoluciones acuosas
- Máquina de 4 bolas: Desgaste (1 h/40 kg, 75 °C, 1200 rpm)
- Propiedades EP máquina 4 bolas carga soldadura
- Ensayo máquina Timken carga OK
- Desemulsión
- Resistencia a la oxidación - Carbono Conradson - Pérdidas evaporación
- N° Neutralización (T.A.N.)
- Rust, Métodos A y B
- TAN
- Estabilidad térmica
- Volatilidad Noack, 1 hora a 250°C
- Corros. al cobre 3h a 100°C
- RPVOT
- Aeroemulsión a 50 °C

Más adelante explicaremos la utilidad y el significado de estas características según vayan apareciendo en las fichas técnicas.

### 5.2.3 Método usado para calcular las características de los aceites

En el punto anterior comentamos que en la ficha técnica aparecen unas empresas u organismos independientes que certifican las propiedades que el fabricante dice que el lubricante tiene. Para certificar esto, las empresas realizan unos métodos de pruebas que sirven para determinar una o más características de un determinado lubricante, el resultado de la prueba puede ser cualitativo, es decir un sí o un no, como por ejemplo la resistencia a la herrumbre en los lubricantes se especifica con un pasa o no pasa. O cuantitativo, que es un valor que medimos como puede ser la viscosidad.

La mayoría de los métodos de prueba que utilizan para calcular las características de los lubricantes en la ficha técnica de REPSOL, son realizados según ASTM International, que es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América, aunque también suelen estar normalizados por DIN o cualquier organismo de normalización. Otros métodos son simplemente visuales, como el color del lubricante que no está normalizado por ningún organismo, ya que simplemente lo conocemos visualizando el lubricante

### 5.3 ¿Qué es un plan de muestreo de aceite?

Un plan de muestreo de aceite consiste en purgar una cantidad pequeña de aceite del equipo para comprobar que las propiedades del lubricante no se han visto modificadas por el uso al que ha sido sometido. Son dos los motivos por los cuales se realizan planes de muestreo:

El primero sería porque tenemos un fallo en el equipo que podría estar ocasionado por el mal estado del lubricante y nos interesa comprobar si esto es así. Es decir un análisis predictivo

El segundo sería porque el equipo nos especifica que cada ciertas horas de funcionamiento se debe realizar un análisis para comprobar si las propiedades del lubricante siguen siendo las adecuadas para su uso, es decir, análisis preventivo.

Un aspecto a tener muy en cuenta a la hora de tomar las muestras es el lugar donde se ha de tomar, ya que se puede dar el caso de tomar las muestras de un equipo y el aceite extraído procede del tanque de aceite que todavía no ha pasado por el sistema, por lo que las muestras de aceite estarían dentro de los parámetros correctos y sin embargo puede que el aceite que verdaderamente está recirculando por el sistema no se encuentra en condiciones óptimas para su utilización.

Para realizar un plan de muestreo lo primero que debemos es hacer una lista con los equipos que vamos a incluir para el análisis de su aceite. Lo segundo es decidir la frecuencia de muestreo de cada lubricante que depende del tipo de equipo al que va destinado y el número de horas en el que está en funcionamiento.

Lo más fácil a priori sería tomar muestras de todos los equipos que van lubricados con la mayor frecuencia posible, pero a nivel económico esto no sería viable para la naviera ya que los costos serían prohibitivos. Por lo que debemos mantener un equilibrio de frecuencia de muestreo sin que ello afecte al correcto funcionamiento del buque.

La seguridad a la hora de tomar muestras es un aspecto a tener en cuenta ya que antes de tomar una muestra deberemos comprobar si se trata de un sistema de alta presión ya que si así fuese debemos tener una mayor precaución a la hora de tomar la muestra.

A mayor frecuencia de muestreo podremos observar mejor la evolución que lleva el aceite por lo que tendremos mayor probabilidad de encontrar fallos antes de que estos puedan llegarse a producir.

Una vez hemos realizado el muestreo de aceite debemos mirar que es lo que queremos encontrar en dichas pruebas. Estas pruebas pueden estar orientadas a dos propósitos principalmente. Si por ejemplo pedimos pruebas de viscosidad y número ácido pueden ser útiles si se trata únicamente de comprobar el estado del lubricante. Si pedimos pruebas de metales y densidad ferrosa nos serían útiles para comprobar el estado del equipo. Cuando pedimos que nos verifiquen el estado del aceite buscamos una combinación de la salud del equipo, la salud del lubricante y su limpieza.

En el muestreo es de gran importancia seguir las instrucciones siguientes:

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

1. El recipiente a utilizar debe estar limpio y seco antes de su uso, es recomendable usar los recipientes que están determinados para esta labor.
2. Las muestras tomadas deben estar identificadas con el equipo al que se purgó, esto puede ser a través de etiquetas o simplemente con un rotulador
3. Una vez tomada la muestra esta debe enviarse al laboratorio con la mayor brevedad posible para evitar posibles pérdidas o equivocaciones si estas son almacenadas en el pañol del buque
4. La muestra siempre debe extraerse con el equipo en marcha en condiciones normales de funcionamiento, ya que en caso contrario no serían las características reales en las que se encuentra el aceite.
5. La muestra se suele coger en la zona de impulsión de la bomba
6. En los motores principales, auxiliares y la mayoría de equipos del buque ya existe una zona de purga por la cual se extraen los aceites que van a ser analizados.



Ilustración [32] Toma muestra aceite motor principal.

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

### 5.5 Descriptiva genérica del buque resultado.

El buque en el cual me he basado para la realización del trabajo de campo es el OPDR Andalucía el cual tiene su sede en Santa Cruz De Tenerife y el cual cubre la ruta entre Canarias y la península ibérica con contenedores a bordo. Realiza la ruta entra Sevilla-Las Palmas-Sevilla una semana y a la siguiente Sevilla-Santa Cruz de Tenerife-Arrecife-Sevilla.

En este mapa sacado de la empresa OPDR se obtiene una mejor visión de las rutas que sigue dicho buque.



Ilustración [33] Ruta OPDR Andalucía.

Fuente: <http://www.opdr.com/es/lineas.html>

El OPDR Andalucía construidos en los astilleros de Mawei Shipyard fue puesto en servicio en el año 2007.

OPDR dispone en los puertos donde atraca de un taller para reparaciones, por lo que si hubiera grandes averías en los equipos éstos se llevarían a dichos talleres en caso de no ser reparados por el personal de a bordo.

Es de máquina desasistida, es decir, el personal de máquinas solo hace guardias durante el día y por la noche disponen de una pantalla en sus camarotes donde se les comunica si ha saltado alguna alarma en la máquina.

Este buque está diseñado para navegar por ríos, por lo que tiene un calado más pequeño de lo común (6 metros)

## Carta de aceite aplicado a un buque

Los lubricantes a bordo llevan un mantenimiento preventivo. Los lubricantes se cambian según las horas de funcionamiento aunque éstos no de signos de pérdida de sus propiedades. El mantenimiento de los aceites se lleva a cabo digitalmente, por lo que los cambios de aceites lubricantes quedarán automáticamente registrados en el ordenador del buque.

El buque OPDR Andalucía transporta tanto carga rodada como contenedores.

A continuación se muestran las principales características del buque.

Vessel name	OPDR Andalucía
Built	2007
Flag	Spain
Home Port	Santa Cruz de Tenerife
IMO number	9331206
Call Sign	ECKZ
Gross Tonnage	11.300GT
Netto Tonnage	2.800NT
Total Deadweight	7.300t
Length over all	145,00m
Length between perpendiculars	135,00m
Depth moulded	22,00m
Draught	6,00m
TEU capacity (nominal)	500
TEU capacity (homogeneous 14t)	290
Reefer plugs	125 sockets for containers and trailers in hold and on deck
Axle loads up to 18t	on main deck 44, on upper deck 43, on tank top 17
Main Engine	12 VM 32C
Bow thruster	800kW
Speed	16,5knt
Dangerous cargo in cargo holds	1.4S,2,3,4,5.1,6.1,8 (in all cargo holds in containers)
Dangerous cargo on deck	all classes
Cargo Equipment	100t stern door/ramp 18,00m x 15,00m; fixed ramp with cover 43,00m x 3,50m; 50t lifting platform 18,00m x 3,50m
Classification	GL + 100 A5 E "Ro/Ro-Vessel", "Equipped for carriage of container", SOALS Reg.19 + MC E Aut
Shipyard and number	Fujian Mawei Shipbuilding, Fuzhou China / 433-2

Ilustración [34] Características OPDR Andalucía

Fuente: <http://www.opdr.com/es/flota-equipo/buques/opdr-andalucia.html>

El buque posee los siguientes equipos a bordo

Sala de máquinas	Sala de bombas	Sala de popa	Cubierta
Motor principal	Generador de agua dulce (evaporador)	Compresores aire acondicionado	Botes salvavidas (uno en babor y otro en estribor)
Reductora	Intercambiador de alta y baja temperatura.	Compresores gambuza	Bote de rescate (babor)
Bocina y eje de cola	Separador de sentinas	Hélice de proa	Grúas en babor y estribor
Hélice de paso variable	Cambio de paso variable manual de la hélice	Bomba auxiliar contra incendios y achique de sentinas.	Maquinillas de proa
Caldera	Hélice de maniobra de popa	Tanque hidróforo y de compensación de agua de servicios.	Generador de emergencia
Generador de cola	Maquinillas de popa	Planta séptica.	
Tres generadores auxiliares			
Tres depuradoras (aceite, Gasoil y Fueloil)			
Dos compresores principales y uno auxiliar.			



### 5.6 Ejemplo de la carta de aceite del buque OPDR Andalucía.

A continuación se pondrá un caso práctico de una carta de aceite de un buque, que en este caso será el OPDR Andalucía, la empresa que suministra el aceite a la empresa OPDR es REPSOL por lo cual será esta la que le proporcione la carta de aceite a OPDR.



B/ "OPDR ANDALUCIA"

Carta de lubricación

1

2

EQUIPO	Parte a lubricar	Recomendación REPSOL
<b>MOTOR PRINCIPAL</b>		
Motor Principal MAK 12M32C 6000 Kw a 750 rpm	Cárter y cilindros	Aurelia TI 4030
Turbosoplantes NAPIER 297	Cojinetes	Turbo Aries 68
Regulador WOODWARD	Relleno	Turbo Aries 68
Virador	Engranajes cerrados Puntos de engrase	Super Tauro 320 Grasa Lítica EP 2
Reductor Motor Principal RENK RSH 950	Cojinetes y Engranajes	Super Tauro 150
Hélice paso variable (CPP System)	Hidráulico y OD-Box	Telex HVLP 46
Bocina y Hélice Paso Variable, LIPS (Stern Thruster)	Cierres y cojinetes	Aurelia TI 4030
Generador Cola AEM Tipo SE450 L4	Puntos de engrase	Grasa Lítica EP 2
<b>MOTORES AUXILIARES</b>		
3 x Motor Auxiliar MAN D 2842 LE 301 520 kW a 1800 rpm	Cárter y cilindros	Super Turbo Diesel 15W40
Motor de emergencia NORDHAVN Tipo GAS 7-06E	Cárter y cilindros	Super Turbo Diesel 15W40
Motores Aux. y Emerg.	Puntos de Engrase	Grasa Lítica EP 2
Fluido anticongelante MM/AA	Refrig. al 40%	repsol Anticongelante Orgánico

3

4

5

6

7

8

9

8

10

11

12

# Carta de aceite aplicado a un buque



B/ "OPDR ANDALUCIA"

Carta de lubricación

EQUIPO	Parte a lubricar	Recomendación REPSOL
<b>SISTEMA NEUMÁTICO</b>		
2 x Compresores de alta J.P. SAUER & SOHN WP 33L	Cárter	Merak VDL 100
Compresor de baja J.P. SAUER & SOHN WP 15L	Cárter	Merak VDL 100
Compresor E/M J.P. SAUER & SOHN WP 15L	Cárter	Merak VDL 100
Todos los Compresores	Puntos de engrase	Grasa Lítica EP 2
<b>SISTEMA DEPURADORAS</b>		
Depuradora F.O. WESTFALIA OSD 18-0136-067	Cárter	Merak VDL 100
Depuradora MDO WESTFALIA OSD 18-0136-067	Cárter	Merak VDL 100
Depuradora L.O. WESTFALIA OSD 18-0136-067	Cárter	Merak VDL 100
<b>GOBIERNO</b>		
Servotimón MARINER-NMF	Sistema hidráulico	Telex HVLP 46
Hélice de Proa Wärtsilä (Bow Thruster)	Cárter	Super Tauro 150
Timón MAWEI SHIPB.	Mecha Timón	Grasa Lítica EP 2
Partes de Stma. Gobierno	Puntos de Engrase	Grasa Lítica EP 2
<b>CALDERA ACEITE TÉRMICO</b>		
Caldera GESAB Tipo EGH 917V40	Aceite Térmico	REPSOL Multigrado Térmico

2  
Repsol-YPF Lubricantes y Especialidades, S.A. Edificio Tucumán, Glorieta del Mar Caribe 1, 28042 Madrid.  
Departamento de Asistencia Técnica

Ilustración [36]

Fuente: Trabajo de campo, cedido por OPDR.



EQUIPO	Parte a lubricar	Recomendación REPSOL
<b>MAQUINARIA DE CUBIERTA Y SERVICIOS GENERALES</b>		
Grúa Sala Máquinas ATLAS COPCO	Engrase	Super Tauro 150
Ro-Ro hidráulico (rampas y ascensores) MACGREGOR	Hidráulico	Telex HVLP 32
2 x Winche arrastre y ancla ROLLS-ROYCE Tipo: LBFM22.OS2	Sistema, engranes y TK	Telex E 100
	Engranajes cerrados	Super Tauro 320
	Puntos de engrase	Grasa Lítica EP 2
Winche arrastre ROLLS ROYCE Tipo: LW.M22.010	Sistema, engranes y TK	Telex E 100
	Engranajes cerrados	Super Tauro 320
	Puntos de engrase	Grasa Lítica EP 2
Winche escala JANGYAN CITY	Aceite	Super Tauro 150
	Engrase y Cables	Grasa Cálctica
Puerta corrediza estancia TECWAY INT MARINE LTD Albatros	Hidráulico	Telex HVLP 32
Grúa Provision FASSMER C-SE 40/6.0	Sinfin	Telex HVLP 68
	Caja engranajes	Super Tauro 150
	Freno Winche	Telex E 15
	Cable Acero	Grasa Cálctica
	Puntos engrase	Grsaa Cálctica
<b>COMPRESORES FRIO</b>		
2 x Compresores Planta Provisiones GRENCO	Cárter	Planetelf ACD 32
2 x Compresores Unidad Condensadora GRENCO	Cárter	Planetelf ACD 32

# Carta de aceite aplicado a un buque



B/ "OPDR ANDALUCIA"

Carta de lubricación

EQUIPO	Parte a lubricar	Recomendación REPSOL
<b>BOTES SALVAVIDAS</b>		
Bote Salvavidas FASSMER Tipo GMR 5.9	Puntos engrase	Grasa Lítica EP 2
	Aceite Control Remoto	Telex E 15
	Motor Principal	Super Turbo Diesel 15W40
	Engranajes	Super Turbo Diesel 15W40
	Eje	Grasa Lítica EP 2
	Cojinete Mecha Timón	Grasa Lítica EP 2
Bote Rescate FASSMER Tipo RR 4.2	Reductora	Telex HVLP 32
	Cárter	REPSOL Náutico 2T
Gravity Pivot Davit, FASSMER Tipo FPD 55	Caja engranajes	Telex HVLP 68
	Freno Winche	Telex E 15
	Cable Acero	Grasa Cálctica
Bote Rescate Davits, FASSMER Tipo D-CR	Puntos engrase	Grasa Cálctica
	Sistema Hidráulico	Telex HVLP 68
	Caja engranajes	Telex HVLP 68
	Freno Winche	Telex E 15
	Cable Acero	Grasa Cálctica
Puntos engrase	Tornillo Sinfin	Grasa Cálctica
		Telex E 15
<b>Maquinaria Taller</b>		
Torno TECWAY	Aceite	Telex HVLP 68
	Grasa	Grasa Lítica EP 2
Taladro TECWAY	Aceite	Telex HVLP 68
	Grasa	Grasa Lítica EP 2
<b>VARIOS (Incluye Ventiladores, Motores Eléctricos y Bombas)</b>		
Lubricación general		Telex HVLP 68
Engranajes cerrados		Super Tauro 320
Cojinetes		Grasa Lítica EP 2
Cables y Cubierta		Grasa Cálctica

4

Repsol-YPF Lubricantes y Especialidades, S.A. Edificio Tucumán, Glorieta del Mar Caribe 1, 28042 Madrid.  
Departamento de Asistencia Técnica

Ilustración [38]

Fuente: Trabajo de campo, cedido por OPDR.

### 5.7 Descripción de la tabla.

En la carta de lubricación del buque OPDR Andalucía podemos observar los siguientes datos:

- (1) La empresa que suministra el lubricante, en este caso Repsol.
- (2) El nombre del buque al que está referida la carta de aceite, en este caso sería el OPDR Andalucía.
- (3) El equipo al cual está dirigido el lubricante.
- (4) El lugar exacto del equipo que va lubricado
- (5) La recomendación que nos ofrece Repsol de su gama de lubricantes que cumple con las especificaciones para cada equipo lubricado.

Los equipos del buque que van a ser lubricados son los siguientes:

Motor principal, motores auxiliares, sistema neumático, sistema de depuradoras, gobierno, caldera de aceite térmico, maquinaria de cubierta y servicios generales, compresores fríos, botes salvavidas, maquinaria de taller y varios (ventiladores, motores eléctricos y bombas).

A su vez cada grupo está subdividido en otros más localizados. Por ejemplo en el caso del motor principal existen 8 zonas que van a ser lubricadas (Motor principal, las turbosoplantes, el regulador, el virador, el reductor del motor principal, la hélice de paso variable, la bocina y el generador de cola.

Y dentro de cada sistema, Repsol nos indica a que punto exacto del equipo tiene que aplicarse la lubricación. Por ejemplo dentro del motor principal encontramos el virador y se nos indica que el lubricante ofrecido por Repsol se debe aplicar en los engranajes cerrados y en los puntos de engrases del virador.

### 5.8 Ficha técnica.

A continuación se explicará más detalladamente los aceites usados en el buque OPDR Andalucía explicando a que equipos lubrican y sus características.

#### 5.8.1 AURELIA TI 4030 (6)

Este aceite se usa en el OPDR Andalucía para los siguientes equipos:

1-Motor principal MAK 12M32C de la casa Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG. Es un motor diesel de cuatro tiempos, con inyección de fuel-oil y sobre-alimentado con dos turbo compresores aprovechando los gases de escape. Doce cilindros en V. y potencia efectiva de 6000 Kw. Además este motor trabaja a revoluciones constantes de 750 rpm.

Este aceite lubrica dentro del motor principal a:

- El cárter, fabricado en acero, está atornillado al bloque del motor. contiene un total de 5 metros cúbicos de aceite. Tiene un orificio en la parte superior para el montaje del eje de cigüeñales, este orificio está cerrado por una estructura de acero, esta estructura está unida al cárter mediante tornillos, de esta forma el cárter forma un conjunto compacto.
- Los cilindros
- El sello de bocina que hace estanco el casco en el paso del eje de la hélice a través de él, el sello se lubrica con aceite.
- Hélice de paso variable. El control del paso de la hélice se realiza con un sistema hidráulico que inciden en una corredera para dirigir el paso de las palas. En este sistema la lubricación actúa directamente sobre los cojinetes. [31]

En la ficha técnica del lubricante nos comentan que es una gama de lubricantes para motores de 4T de tronco desarrollado para uso tanto en motores marinos como estacionarios de media velocidad que utilizan combustibles residuales, esto concuerda con el uso que se le da en el OPDR Andalucía en el motor principal ya que es de 4 tiempos de tronco y utiliza combustible residual.

AURELIA TI combina una formulación de aditivos junto con bases altamente refinadas que proporcionan al aceite final un margen sustancial de prestaciones, dado los altos niveles de stress a los que es sometido el lubricante en los motores de última generación e incluso en los futuros desarrollos de motores diesel. Están indicados para:

- Motores de tronco Diesel de media velocidad empleados tanto para la propulsión en aplicaciones marinas como en motores de generación eléctrica en plantas de cogeneración, que queman combustibles pesados de baja calidad y con contenidos varios en azufre. Como el motor principal del OPDR Andalucía
- La ficha técnica recomienda este aceite para la lubricación de reductoras, cojinetes y bocinas, el OPDR Andalucía usa este aceite para lubricar los cojinetes de la bocina.
- Particularmente presenta buenas prestaciones en aquellos motores de muy bajo consumo específico de lubricante que emplean combustibles residuales de baja calidad.

**Las principales cualidades que posee este aceite son:**

- Excede nivel de calidad API CF
- Asegura la total limpieza de las partes calientes y frías del motor, debido a las excelentes capacidades detergentes y dispersantes del aceite.
- Excelente resistencia a los efectos negativos de la contaminación por fuel.
- Excelente resistencia térmica y alta resistencia ante la oxidación a alta temperatura.
- Debido a su buen control sobre la viscosidad, se reducen los rellenos y consumo de aceite.
- Buena resistencia frente a contaminaciones por agua, con capacidad de desemulsibilidad que le permite proteger al motor y eliminar rápidamente el agua después de una fuga.
- Buena protección antidesgaste y muy buena protección de la película lubricante bajo altas presiones.

Visto estas prestaciones podemos concluir que la utilización de este lubricante para el motor principal del OPDR Andalucía es el idóneo ya que al lubricar dicho motor se



## Carta de aceite aplicado a un buque

busca la limpieza de las partes calientes y frías del motor, resistencia a los efectos negativos de la contaminación por fuel, alta resistencia ante la oxidación a alta temperatura y buena resistencia frente a contaminaciones por agua

Niveles de calidad

AURELIA TI posee las homologaciones de: WÄRTSILÄ, MAN diesel, Caterpillar MaK, Yanmar, Daihatsu, HIMSEN y Rolls Royce. [33]

**Características técnicas**

	UNIDAD	METODO	AURELIA TI 3030	AURELIA TI 4030	
1	Grado S.A.E.		30	40	
2	Densidad a 15° C	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 4052	0,908	0,910
3	Viscosidad cinemática a 40° C	cSt	ASTM D 445	110	140
4	Viscosidad cinemática a 100° C	cSt	ASTM D 445	12,0	14,0
5	Punto de Inflamación (VC)	°C	ASTM D 92	230 mín.	230 mín.
6	Punto de congelación	°C	ASTM D 97	- 12	- 12
7	TBN	mg KOH/g	ASTM D 2896	30	30

Ilustración [39]

Fuente: Facilitada por Repsol.

En esta tabla aparecen las características técnicas que presenta el aceite.

En la tabla aparecen las características de los aceites Aurelia TI 3030 Y Aurelia TI 4030, siendo este último el propósito de nuestro estudio. Las características principales de este aceite son:

### (1) Grado SAE:

El grado SAE, nos indica como es de fluido el aceite a cierta temperatura, es decir, su VISCOSIDAD [32]

Grado SAE Viscosidad Cinemática cSt a 100°C

0W	3,8
5W	3,8
10W	4,1
15W	5,6
20W	5,6
25W	9,3
20	5,6 - 9,3
30	9,3 - 12,5
40	12,5 - 16,3
50	16,3 - 21,9
60	21,9 - 26,1

En nuestro caso nos indica que la viscosidad cinemática de nuestro aceite a 100°C está entre 12,5 y 16,3 Cst.

Aunque en mi opinión este dato es redundar en otro dato que también sale en la tabla como es el de viscosidad cinemática a 100°C, ya que este último especifica todavía más aún la viscosidad de nuestro aceite.

### **(2) Densidad a 15°C**

Se refiere a la cantidad de masa en un determinado volumen a 15°C. En nuestro caso la densidad del aceite a 15°C sería 0.910gr/cm<sup>3</sup>

### **(3) (4) Viscosidad cinemática**

La viscosidad cinemática es la relación que existe entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido. Siendo la viscosidad cinemática la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. [32]

En nuestro caso la viscosidad cinemática sería

A 40°C 140Cst

A 100°C 14Cst

### **(5) Punto de inflamación**

El punto de inflamación se refiere a la mínima temperatura a la cual se necesita calentar un aceite, para que al poner cerca una llama, el aceite se inflame momentáneamente.

Este valor es muy importante para este aceite ya que se aplica en el motor y alcanza temperaturas elevadas.

Cuando un motor produce una combustión incompleta, parte del combustible no utilizado se disuelve en el aceite haciendo disminuir su viscosidad y fundamentalmente su punto de inflamación, o lo que es lo mismo, cuando un aceite tiene un punto de inflamación bajo, hay que presumir que tiene combustible disuelto por una mala combustión del motor. Es evidente, que cuando la presencia de combustible en el aceite es anormal y el punto de inflamación es bajo, el aceite debe ser sustituido inmediatamente. [32]

En este caso el punto de inflamación del aceite es de 230°C mínimo.

### **(6) Punto de congelación**

Se refiere a la temperatura a la cual el aceite deja de fluir y se hace sólido.

En este caso sería -12°C. Este dato deberemos tenerlo en cuenta si navegamos en zonas de temperaturas bajo cero, ya que el aceite podría llegar a congelarse. [32]

### **(7) TBN**

En los aceites de motor como en este caso es muy importante su reserva alcalina, porque esta actúa protegiendo las partes vitales, de los ácidos que se pueden producir durante la combustión.

El azufre que puede contener el combustible se une al oxígeno del aire y forma anhídrido sulfuroso, que mediante otras reacciones en las que estará presente el agua procedente de la humedad que introducirá el aire en la cámara de combustión, llegará a producir ácido sulfúrico.

Este ácido sulfúrico tiene que ser neutralizado mediante un álcali, para evitar sus efectos corrosivos.

Por ello, entre los aditivos del aceite se encuentran compuestos químicos que realizan esta función. Su actividad se mide por el comportamiento activo que ofrecen, el cual se compara al que tendría 1 mg. de hidróxido de potasio (KOH) en cada gramo de aceite.

Por eso, cuando se indica para un aceite de motor que su TBN es 11, quiere decir que su comportamiento frente a los ácidos es el mismo que si mantuviese un contenido de 11 mg. de KOH en cada gramo de aceite.

Este dato es importante en el aceite usado en el motor del OPDR Andalucía ya que al usar Fuel con el paso del tiempo se irán formando compuestos ácidos que deberán ser neutralizados y a mayor TBN mayor será la capacidad de neutralización.

En nuestro caso el TBN sería 30mg/KOH/g [32]

#### 5.8.2 Turbo Aires 68 (7)

Este aceite se usa en el OPDR Andalucía para los siguientes elementos:

- Los turbocompresores utilizan los gases de escape para elevar la presión de aire del motor. Están compuestos por una turbina y un compresor centrifugo unidos por un eje aguantado por chumaceras. En este sistema el aceite serviría para lubricar los cojinetes.
- El regulador hidráulico tiene como objetivo controlar la cantidad de fuel que llega a los inyectores, abriendo o cerrando la cremallera, para así mantener las revoluciones del motor siempre igual. Este sistema se ajusta de manera muy precisa.

#### Descripción

En la ficha técnica de aceite del lubricante recomiendan su uso para satisfacer las elevadas exigencias de diversos fabricantes de turbinas, ya que cumple con excelentes valores, diferentes ensayos de oxidación acelerada tan diversos como el IP-280, ASTM-D-2272 y el IP-328, además de superar 4000 h. en el convencional ASTM-D-943. Por otro lado, estos aceites han superado las

pruebas de exposición radioactiva por lo que están certificados para su utilización en centrales nucleares. Están especialmente recomendados para turbinas de vapor de centrales nucleares y térmicas que requieren aceites inhibidos contra la oxidación, la herrumbre y una muy larga duración en servicio. También se pueden aplicar en todos los usos de los Aries obteniéndose mayor durabilidad.

### Cualidades

- Extraordinaria resistencia al envejecimiento y a la formación de lodos.
- Gran poder antiherrumbre.
- Gran facilidad para separarse del agua.
- Excelentes cualidades antiespuma.
- Muy buena separación del aire.
- Utilizado por la mayoría de las turbinas instaladas en España.

### Niveles de calidad

- DIN-51515 Parte 1 L-TD.
- DIN-8659 Parte 2.
- DIN-51517 Parte 2 CL.
- ISO 3498 (1986) CKB.
- DIN-51506 VBL y VCL.
- ISO 6743 Parte 3 DAA
- El tipo EP es MIL L-17331 H

Cumple además especificaciones: ABB, SIEMENS, WESTINGHOUSE, AEG, ALSTHOM, SULZER, KKK, GE, etc. [33]

**Características técnicas**

		UNIDAD	METODO	VALOR			
13	<b>Grado ISO VG</b>			<b>32</b>	<b>46</b>	<b>68</b>	<b>EP</b>
	Viscosidad a 40 °C	cSt	ASTM D 445	32	46	68	80
	Viscosidad a 100 °C	cSt	ASTM D 445	5,4	6,8	8,5	9,6
14	<b>Índice de Viscosidad</b>		ASTM D 2270	100	98	98	95
	Densidad a 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 4052	0,87	0,880	0,880	0,886
	Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-15	-12	-12	-12
	Punto de inflamación	°C	ASTM D 92	215	220	230	230
15	<b>Desemulsión a 54 °C</b>	min	ASTM D 1401	<15	<15	<30	<30
	Resistencia a la herrumbre, A		ASTM D 665	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
16	<b>Aeroemulsión a 50 °C</b>	min	ASTM D 3427	2,5	2,5	4	--
17	<b>RPVOT</b>	min	ASTM D 2272	750	600	600	--
18	<b>TAN</b>	mg KOH/g	ASTM D 664	0,14	0,14	0,14	0,15
	Oxidación (TAN = 2)	hr	ASTM D 943	>4000	>3000	>3000	>1000

Ilustración [40]

Fuente: Facilitada por Repsol

En esta tabla aparecen las características técnicas que presenta el aceite. Las características principales de este aceite son:

**Grado ISO VG (13)**

Esta clasificación define 20 grados de viscosidad en el rango de 2 a 3200 milímetros cuadrados por segundo (1 mm<sup>2</sup>/s es decir 1cSt) a 40°C. Esto viene a ser lo mismo que la viscosidad cinemática a 40°C

Grado viscosidad ISO VG	VISCOSIDAD CINEMÁTICA cSt 40°C	Límite inferior cSt 40°C	Límite superior cSt 40°C
32	32	28.8	35.2
46	46	41.4	50.6
68	68	61.2	74.8
100	100	90	110
150	150	135	165
220	220	198	242
320	320	288	352

En nuestro caso el Grado de viscosidad ISO VG sería de 68 cSt al igual que la viscosidad a 40°C

### **Índice de viscosidad. (14)**

En el apartado anterior comentamos que a más temperatura menor viscosidad, menos temperatura mayor viscosidad.

Esta variación de la viscosidad puede ser muy elevada o muy reducida y es por ello, que se ha desarrollado un sistema para determinar el valor de esa modificación de la viscosidad de un lubricante en función de la temperatura.

En nuestro aceite este índice es de 98

### **Desemulsión (15)**

Los aceites tienen tendencia a emulsionarse con el agua y este elemento además de disminuir el poder de lubricación produce oxidaciones en los circuitos.

Este fenómeno ocurre muy especialmente con aquellos lubricantes que están expuestos al agua, como pueden ser los hidráulicos. En este caso, el agua de lluvia o del propio lugar de trabajo puede mojar los vástagos, que al desplazarse pueden hacer entrar agua en el sistema. Es por ello importante que el aceite tenga capacidad para separar con facilidad el agua que pueda contener (desemulsión). Una vez que el agua se ha separado del aceite se extrae mediante purga por la parte inferior del depósito.

El ensayo para conocer la capacidad que tiene un aceite para desemulsionar el agua, consiste en mantener en una probeta aforada 40 ml. de aceite con igual cantidad de agua destilada.

Se lleva la muestra a 54°C y se agita durante 5 minutos. Se anotan las diferentes separaciones que se producen en ml. a intervalos de 5 minutos hasta un total de tres mediciones y de esta forma se conoce la capacidad que tiene el aceite para separarse del agua.

La capacidad de desemulsión que tiene nuestro aceite es de menos de 30 minutos, lo que quiere decir que a 54°C, 40 ml de nuestro aceite mezclado con 40 ml de agua, tarda menos de 30 minutos en separarse. [32]

### **Aeroemulsión (16)**

Facultad que presenta un aceite para eliminar el aire ocluido en su interior. La aeroemulsión es muy importante en aceites de turbinas y, cada vez más, en aceites hidráulicos de alta severidad. Es una propiedad intrínseca del aceite base y no puede corregirse con aditivos. Para nuestro aceite la aeroemulsión es de 4 minutos a 80°C, es decir el aceite tarda 4 minutos en eliminar el aire ocluido en su interior a 80°C. [32]

### **RPVOT (17)**

Mide la resistencia del aceite contra la oxidación cuando es sujeto a oxidación acelerada en una cámara sellada llena de oxígeno puro bajo presión y a altas temperaturas. Es influenciado por la cantidad y tipo de oxidantes, la presencia de inhibidores naturales en el aceite base, y la elasticidad del aceite base contra la oxidación. A medida que un lubricante absorbe oxígeno, la presión en la cámara sellada baja. Los resultados de este análisis son reportados como el tiempo (minutos) hasta que la presión baja a un nivel predeterminado. En nuestro caso sería 600 minutos hasta que la presión bajara a un nivel predeterminado. [32]

### **TAN (18)**

Determina la totalidad de constituyentes ácidos presentes en un aceite.

El TAN (Total Acid Number) determina el álcali necesario para neutralizar la totalidad de los ácidos que contiene el propio aceite. En nuestro aceite el TAN es de 0.14 mg KOH/g.

[32]

#### 5.8.3 Super Tauro

Este tipo de aceite se usa en el OPDR Andalucía para lubricar las siguientes partes:



- El **virador** que sirve para accionar el volante de inercia por medio de una corona dentada. Dentro del virador el aceite Super Tauro 320 lubrica los engranajes cerrados.
- El cárter de La **hélice de proa** Wartsila es lubricado con aceite Super Tauro 150
- Las **grúas de la sala de máquina** ATLAS COPCO las cuales son lubricadas con aceite Super Tauro 150
- Los engranajes cerrados de los **winches de arrastre y ancla** de la marca ROLLS-ROYCE tipo LBFM22.OS2 lubricados con Super Tauro 320
- La caja de engranajes de la **grúa de provisión** FASSMER C-SE 40/6.0 lubricado con Super Tauro 150

Como hemos podido observar aunque en estos sistemas se usa el mismo tipo de aceite en ellos se puede ver una diferencia clara y es que los aceites tienen distintos grados ISO, esto quiere decir que aunque estos aceites tienen las mismas propiedades, tienen distintos valores de viscosidad cinemática. La elección de la viscosidad que queremos en el aceite dependerá de la velocidad a la que van a girar los equipos lubricados, ya que para equipos más lentos usaremos una viscosidad más elevada y para equipos más rápidos menos viscosidad.

La ficha técnica de aceite especifica su uso para aplicaciones en engranajes con elevados requerimientos de carga. Su formulación incorpora bases de la más alta calidad y aditivos que permiten mejorar sus propiedades antiherrumbre, capacidad antiespumante y resistencia a la oxidación.

Están especialmente indicados para todo tipo de reductores o multiplicadores industriales lubricados por barboteo o circulación.

Son muy adecuados para todos aquellos casos en los que se requieran máximos niveles de resistencia a la oxidación y/o capacidad de carga.

En nuestro buque de estudio este aceite se encarga de lubricar los engranajes de: el virador, los winches y las grúas de provisión ya que en estos casos se necesita elevados requerimientos de carga.

#### Cualidades

- Reducen el desgaste en condiciones de lubricación límite y extrema presión.
- Excelente estabilidad térmica
- Muy buena protección antiherrumbre, previene de la corrosión del acero.
- Gran capacidad de desemulsión (rápida separación del agua)
- Buenas características antiespumantes.
- Resistencia a la rotura de la película lubricante.

#### Niveles de calidad

- DIN 51517 Parte 3 CLP
- AIST 224
- ISO-L-CKD
- AGMA 9005-E02-EP
- ISO 12925-1 CKD
- MAG IAS (ex Cincinnati)
- David Brown S1.53.101 [33]

## Carta de aceite aplicado a un buque

	UNIDAD	METODO	VALOR							
<b>19</b> Grado ISO			<b>68</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>220</b>	<b>320</b>	<b>460</b>	<b>680</b>	<b>1000</b>
Viscosidad a 100° C	cSt	ASTM D 445	8,5	11	14,5	19	23	30	40	50
Viscosidad a 40° C	cSt	ASTM D 445	68	100	150	220	320	460	680	1000
Índice de Viscosidad		ASTM D 2270	98	97	97	95	93	92	95	95
Punto de inflamación	°C	ASTM D 92	230	245	260	260	260	260	260	260
Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-12	-12	-9	-9	-9	-9	-9	-6
Desemulsión										
- Agua libre	cm <sup>3</sup>	ASTM D 2711	80 min.	80 min.	80 min.	80 min.	80 min.	80 min.	80 min.	80 min.
- Emulsión	cm <sup>3</sup>		1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 máx.
<b>20</b> Corros. al cobre 3h a 100°C		ASTM D 130	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b
Resistencia a la herrumbre, A y B.		ASTM D 665	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
TAN (mg KOH/g)		ASTM D 1401	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Desemulsión	min	ASTM D 1401	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<60	<60
FZG, Escalón 12		DIN 51354	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa

Ilustración [41]

Fuente: Facilitada por Repsol

**El grado ISO (19)** En nuestro aceite será de 150 o de 320. Esto quiere decir que para las hélices de proa y las grúas de la sala de máquina que se lubrican con Super Tauro 150, la viscosidad cinemática del aceite a 40°C será de 150 Cst y para el virador y los winches de arrastre que van lubricadas con Super Tauro 320, la viscosidad cinemática del aceite será de 320 Cts.

En esta tabla podemos observar que el aceite Super Tauro mantiene las propiedades que lo caracteriza a pesar de tener distintos grados de viscosidad, por ello los valores de: desemulsión, corrosión al cobre, resistencia a la herrumbre, TAN y FZG siguen manteniendo los valores. Sin embargo cambian los valores de punto de congelación y punto de inflamación.

### **Corrosión al cobre 3h a 100°C (20)**

Es importante conocer los resultados de este ensayo para lubricantes que puedan estar en contacto con cojinetes y en general con aleaciones cúpricas, con el fin de conocer su comportamiento en servicio. En este ensayo, se somete una lámina de cobre electrolítico perfectamente pulida a la acción del lubricante, a una temperatura predeterminada. Comparando el aspecto que adquiere el cobre tratado, con los de una plantilla que sirve de patrón, se conoce el grado de corrosión producida. En el ensayo de

nuestra muestra se ha dejado nuestro aceite de estudio en una lámina de cobre durante 3 horas a una temperatura de 100°C el resultado obtenido ha sido de 1b, este valor es sacado de una plantilla que sirve de patrón. [32]

#### 5.8.4 Grasa Lítica EP2 (9)

Este lubricante es uno de los más usados en el OPDR Andalucía ya que sirve para lubricar a los siguientes equipos:

- Puntos de engrase de **El virador** que sirve para accionar el volante de inercia por medio de una corona dentada
- Puntos de engrase **generador de cola** AEM. Tipo SE450 L4. El alternador de cola se encuentra acoplado al motor principal por una caja multiplicadora que transforma las 750 rpm del motor a las 1814 rpm que necesita el alternador. La conexión entre alternador y caja multiplicadora es un acoplamiento elástico del tipo Vulkan.
- Puntos de engrase **motor auxiliar y de emergencia**. Los motores auxiliares son de cárter húmedo, es decir el aceite se deposita en un tanque inferior tras lubricar el motor. Una bomba en el motor auxiliar aspira el aceite del cárter siendo así un circuito cerrado. Los motores tienen que estar siempre con lubricación para estar listos para arrancar, ya sea automático o manual. El motor del generador de emergencia es de 4 tiempos 6 cilindros se arranca por baterías. Tiene también un arranque manual que consiste en crear presión con una manivela.
- Punto de engrase a todos los **compresores** que en este buque son dos compresores en servicio y un compresor de emergencia.
- A la **mecha del timón** MAWEI SHIPB. El timón, de tipo colgante, con una articulación para facilitar la maniobrabilidad del buque y ésta debe estar correctamente lubricada
- Puntos de engrase a partes del **sistema de gobierno**
- Puntos de engrase a los **winches del ancla** ROLLS-ROYCE. Tipo LBFM22.OS2
- Puntos de engrase a los **winches de arrastre** ROLLS-ROYCE. Tipo LW.M22.010

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

- Puntos de engrase a los **botes salvavidas** Fassmer. Tipo Gmr 5.9 En el que va engrasado el eje y el cojinete de la mecha del timón. El buque tiene dos botes salvavidas, situados a proa, a ambos costados del buque.
- Punto de engrase al **taladro** Tecway [31]

### Descripción

Es un tipo de grasa formulada con aceite mineral altamente refinado, espesada con jabón de litio (hidroxiestearato). Lleva incorporados aditivos antioxidantes, anticorrosivos, de extrema presión.

La ficha técnica recomienda el uso de este lubricante para:

- Engrase general de maquinaria de agricultura, obras públicas y automoción.
- Engrase de rodamientos de cribas, bulones, rótulas, rodamientos, etc.
- Rodamientos de bombas y agitadores.
- Las cualidades que presenta el lubricante son las siguientes:
- Gran adherencia, lo que evita el escurrimiento de la grasa.
- Buenas características de extrema presión, por lo que posee buena capacidad para soportar cargas y vibraciones.
- Excelente estabilidad mecánica.
- Buena protección a la oxidación, corrosión y herrumbre.
- Excelente comportamiento frente al agua.

### Niveles de calidad

DIN 51825 KP 2/3K-20 [33]

	UNIDAD	METODO	VALOR
21	Color	Visual	Marrón claro
22	Consistencia	NLGI	2/3
23	Tipo de jabón		Lítio
	Aceite base, grado de viscosidad ISO	cSt	100
24	Penetración, 25 °C		
	- Trabajada a 60 golpes	1/10 mm	ASTM D 217 260
	- Trabajada 100.000 golpes	1/10 mm	ASTM D 217 270
25	Punto de gota	°C	METTLER FP-83HT 200
	Corrosión al cobre, 24h 100 °C		ASTM D 4048 1a
26	Máquina de 4 bolas:	∅,mm	
	Desgaste (1 h/40 kg, 75 °C, 1200 rpm)		IP 239 0,4
27	Propiedades EP máquina 4 bolas carga soldadura	Kg	IP 239 280
28	Ensayo máquina Timken carga OK	lb	ASTM D 2509 60

Ilustración [42]

Fuente: Facilitada por Repsol

### Color (21)

El color no es un valor importante a tener en cuenta para nuestro estudio, simplemente nos da una referencia visual de cómo debe ser nuestro lubricante. En nuestro estudio la grasa Lítica EP 2 es de color marrón claro

### Consistencia (22)

Para conocer la consistencia de una grasa o lo que es lo mismo, su dureza, se realiza un ensayo, que consiste en la penetración de la misma mediante un cono de acero con un ángulo en su vértice de 30° sometido a una carga de 150 gramos.

El ensayo, que se efectúa a 25°C, mide las décimas de milímetro de penetración del cono. Pero en la ficha técnica facilitada por la empresa REPSOL la consistencia viene dada por NLGI (National Lubricating Grease Institute), por lo que hay que llevar los datos obtenidos a la tabla de conversión siguiente

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

Penetración mm/10	A.S.T.M	Tipo de grasa	Nº N.L.G.I-
445-475		Semifluida	000
400-430		Semifluida	00
355-385		Muy blanda	0
310-340		Blanda	1
365-395		Blanda media	2
220-250		Media	3
175-205		Dura	4
130-160		Muy dura	5
85-115		Muy dura	6

En nuestra ficha técnica nos muestra que nuestra grasa tiene un N.L.G.I de 2-3, por lo que nuestra grasa sería blanda media a media. [32]

### **Penetración (24)**

Ya hemos comentado que la penetración es la consistencia de una grasa o lo que es lo mismo, su dureza y se calcula con el método del cono. En nuestra grasa la penetración es de 260 1/10mm trabajando a 6 golpes y 270 1/10mm trabajando a 100000 golpes. ¿Pero a que se refiere con 60 o 100000 golpes?

La penetración y evidentemente la consistencia, varían con el trabajo mecánico. Por eso, para conocer el comportamiento en servicio de una grasa, la penetración debe ser medida antes y después de trabajar esta.

En el laboratorio se hace trabajar la grasa, mediante una máquina que está compuesta por un cilindro parecido al de un motor de explosión, en cuyo interior se introduce el lubricante, la pieza que equivaldría al pistón es una chapa perforada, que mediante una excéntrica y una biela, se desplaza longitudinalmente en ambos sentidos, extrusionando la grasa a través de unos orificios que posee, cuyos diámetros y números se indican seguidamente.

El ensayo ASTM 217 A se divide en dos partes:

1.- La chapa perforada, que utiliza la máquina anteriormente descrita, tiene 51 taladros de 1/4" de diámetro. Esta placa se desplaza longitudinalmente 60 veces.

Posteriormente se mide la profundidad alcanzada por el cono que corresponderá con la penetración a 60 golpes.

2.- Sustituyendo la chapa perforada por otra con 270 taladros de 1/16" de diámetro se realiza el mismo desplazamiento, pero en esta ocasión, 100.000 veces.

Y de esta forma conocemos la penetración tanto a 60 golpes como a 100000. [32]

### **Jabón (23)**

En función del tipo de jabón que se utilice, la grasa puede ser: cálcica, lítica, alumínica, etc., o compleja, si se obtiene con una mezcla de jabones diferentes.

En nuestro caso por el jabón empleado se diría que nuestra grasa es lítica las cuales conjugan el soportar altas temperaturas y el resistir el agua.

### **Punto de gota (25)**

Se refiere a la mínima temperatura a la que la grasa pasa de estar en el estado plástico que tiene, al estado líquido. En nuestro lubricante sería de 200°C

### **Ensayo de 4 bolas (26)**

Algunos aceites para engranajes, hidráulicos, etc. contienen aditivos que reducen el desgaste de las superficies sobre las que actúan. Para valorar la protección que estos lubricantes ofrecen frente al desgaste e incluso frente al gripaje de las superficies hay varios ensayos, de los cuales el más importante es el del ensayo de 4 bolas.

Las cuatro bolas están lubricadas por el aceite objeto de estudio. En determinadas condiciones de trabajo, la bola superior provocará desgaste sobre las otras tres. La huella del desgaste dará un valor sobre la protección que ofrece el aceite. A mayor diámetro de la huella, será menor la protección del lubricante. En nuestra grasa el método de las 4 bolas nos da 0.4mm de diámetro, es decir que en una hora de ensayo



trabajando la máquina a 1200rpm y la grasa a 70°C, la bola superior a conseguido formar una huella a la inferior de 0,4 mm de diámetro.

### **Propiedades EP máquina de 4 bolas carga de soldadura (27)**

Si el giro se realiza de forma continuada y las cargas que se aplican sobre la bola que está girando van en aumento, llegará un momento en que se provocará el efecto que técnicamente se conoce como “soldadura por fricción”.

Es decir, el calor liberado llegará a fundir el metal y se unirán las cuatro bolas. La carga aplicada se denomina carga de soldadura y cuanto mayor sea esta, mayor también será la protección que aportan los aditivos EP contenidos en el aceite. En nuestro caso esta carga de soldadura es de 280 Kg

### **Ensayo máquina Timken carga ok (28)**

Para valorar la protección que los lubricantes ofrecen frente al desgaste e incluso frente al gripaje de las superficies Bajo un flujo del aceite que se estudia, se realiza el ensayo de Timken, en el que hace girar un anillo de acero sobre un prisma también de acero, durante 10 minutos a un número de vueltas determinado, bajo cargas crecientes. La carga mínima con la que a los 10 minutos se provoca el gripado del anillo sobre el prisma, determinará el comportamiento del aceite. A mayor carga, mayor protección de los aditivos del lubricante considerado. En nuestro lubricante el ensayo ha dado 6 libras. [32]

### [5.8.5 Telex HVLP 46 \(10\)](#)

Este aceite es usado en las distintas partes del OPDR Andalucía que vamos a citar:

- Aceite hidráulico y OD-Box de la **hélice de paso variable** (Cpp system). Telex HLVP 46.

- El sistema hidráulico del **servotimón** (MARINER NMF) El sistema se encuentra situado en el local del servo en popa babor. Telex HLVP 46.
- Sistema hidráulico de las **rampas y ascensores del RO-RO Hidráulico** (Macgregor). Telex HLVP 32.
- Sistema hidráulico de **las puertas corredizas estancas** (Tecway INT Marine LTD Albatros). Telex HLVP 32.
- El sin fin de **la grúa de provisiones** Fassmer C-SE 40/6.0. Telex HLVP 68.
- La reductora del **bote salvavidas** Fassmer tipo GMR 5.9. Telex HLVP 32.
- La caja de engranajes del sistema de **arriado de los botes salvavidas** ya que Para el arriado de los botes contamos con los pescantes de los botes, accionados por un motor eléctrico. (Gravity pivot Davit, Fassmer. Tipo FPD 55. Telex HLVP 68.
- Aceite del **torno** Tecway Telex HLVP 68.
- Aceite del **taladro** Tecway. Telex HLVP 68.

#### Descripción

En la ficha técnica del aceite nos comenta que tiene altos índices de viscosidad y gran resistencia a la oxidación. Los aditivos que llevan incorporados, además de mejorar dichas características naturales, confieren a estos aceites unas propiedades antidesgaste y de comportamiento frente a la temperatura excepcionales. Son aceites especiales para circuitos hidráulicos sometidos a fuertes cambios de temperatura y en los que, además, se exige a los aceites mayores niveles en cuanto a propiedades antidesgaste. También son específicos para circuitos hidráulicos a la intemperie o con bajas temperaturas de trabajo así como para equipos en los que sea imprescindible mantener las variaciones de viscosidad muy por debajo de las de un fluido normal y sistemas hidráulicos utilizados en marina (puertas estancas, cabestrantes y molinetes, estabilizadores, etc.).

Las cualidades que posee dicho aceite son las siguientes

- Gran resistencia a la oxidación, envejecimiento y formación de lodos.
- Excelente separación del agua.
- Magníficas propiedades antidesgaste.
- Muy buenas cualidades antiespumantes.

## Carta de aceite aplicado a un buque

- Muy alto índice de viscosidad.
- Excelente protección de los metales contra la corrosión.
- Compatibilidad con las juntas utilizadas habitualmente en los circuitos hidráulicos.
- Gran capacidad para soportar carga.

### Niveles de calidad

En función del grado de viscosidad del producto cumple los siguientes niveles de calidad:

- DIN-51524 Parte 3 HVLP.
- ISO 6743/4 HV
- ISO 11158
- MAG IAS P-68 (ISO 32); P-69(ISO-68); P-70(ISO-46)
- AFNOR NF E 48-603 HV.
- FILTRABILIDAD AFNOR (NF E 48-690 y 48-691)
- Eaton Vickers I-286-S y M-2950-S. [33]

### Características técnicas

	UNIDAD	METODO	VALOR				
Grado ISO VG			15	22	32	46	68
Viscosidad a 100 °C	cSt	ASTM D 445	4,0	4,9	6,2	8,2	11,3
Viscosidad a 40 °C	cSt	ASTM D 445	15	22	32	46	68
Índice de Viscosidad		ASTM D 2270	145	150	150	150	150
Densidad a 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 4052	0,859	0,864	0,868	0,871	0,879
Punto de inflamación	°C	ASTM D 92	195	205	205	210	230
Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-45	-39	-33	-33	-33
Desemulsión a 54 °C	min.	ASTM D 1401	<25	<25	<25	<30	<45
Resistencia a la herrumbre, A y B		ASTM D 665	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Aeroemulsión a 50 °C	min.	ASTM D 3427	<1	<2	<2	<4	<5
Corrosión al cobre 3h a 100 °C		ASTM D 130	1b	1b	1b	1b	1b
TAN	mg KOH/g	ASTM D 664	0,5	0,5	0,38	0,38	0,38
Oxidación, NN a 2000 h	mg KOH/g	ASTM D 943	2 máx.	2 máx.	2 máx.	2 máx.	2 máx.
FZG, Escalón de daños		DIN 51354	11	11	12	12	12

Ilustración [43]

Fuente: Facilitada por Repsol

Como vemos según el uso que se le dé en el buque a este aceite el valor del grado ISO VG varía y este puede ser de 32, 46 y 68. Este cambio de viscosidad cinemática hace que varíe los valores de Aeroemulsión a 50 °C siendo este valor menor a medida que aumenta la viscosidad. Desemulsión a 54°C, teniendo mayor capacidad de desemulsión el aceite de mayor viscosidad. Varía el punto de inflamación, siendo este valor mayor a mayor viscosidad. La densidad varía ya que a mayor viscosidad, mayor densidad. Y permanecen igual los valores de FZG, oxidación, TAN, corrosión al cobre, resistencia a la herrumbre y punto de congelación.

#### 5.8.6 Super Turbo Diesel 15W40 (11)

Este aceite se aplica en el OPDR Andalucía en los siguientes sistemas:

- En el cárter y cilindros de los 3 motores auxiliares MAN D 2842 LE 301 520Kw a 1800rpm.
- En el cárter y cilindros del motor de emergencias NORDHAVN. Tipo GAS 7-06E.
- En el motor principal y los engranajes de los botes salvavidas Fassmer . tipo GMR 5.9.

#### Descripción

Es un aceite multigrado marino. Está especialmente formulado para cumplir los exigentes requerimientos en el ámbito marino de los fabricantes de motores diesel de 4 tiempos turboalimentados y revolucionados, bajo las más severas condiciones de trabajo en barcos de pesca, embarcaciones de recreo, auxiliares de puerto y buques mercantes. Están indicados para:

Motores diesel de tronco turboalimentados y muy revolucionados destinados tanto a la propulsión, como en grupos auxiliares y de emergencia para generar corriente eléctrica y en aquellos motores en los que se requiera un lubricante del más alto nivel de calidad.

## Carta de aceite aplicado a un buque

Este lubricante es el óptimo para los sistemas a los que se lubrican en el OPDR Andalucía ya que son motores de 4 tiempos turboalimentados.

### Cualidades

- Evita el pegado de los segmentos al dispersar lodos, barnices y otros productos de oxidación del aceite a altas temperaturas.
- Contiene eficaces inhibidores de corrosión, oxidación, herrumbre y formación de espumas.
- Evita el pulido de las camisas de los cilindros, tan típico en los motores sobrealimentados de gran potencia, con la consiguiente disminución del consumo específico.
- Excelente capacidad detergente que reduce los depósitos en válvulas y pistones.
- Muy buenas cualidades dispersantes que impiden la aparición de lodos en frío.
- Reserva alcalina (TBN) muy estable que le confiere gran capacidad para neutralizar los ácidos formados en la combustión
- Buena fluidez en frío lo que facilita el arranque y reduce los desgastes del motor.
- Aceite multigrado muy estable con una excelente resistencia al cizallamiento.

[33]

	UNIDAD	METODO	VALOR
Grado SAE			15W40
Color		ASTM D 1500	5
Densidad a 15 °C	g/cm3	ASTM D 4052	0,879
Viscosidad a 100 °C	cSt	ASTM D 445	14,5
Viscosidad a 40 °C	cSt	ASTM D 445	107
28 Viscosidad a -20 °C	cP	ASTM D 5293	7000 máx.
Índice de viscosidad	-	ASTM D 2270	141
Punto de inflamación, vaso abierto	°C	ASTM D 92	215 mín.
Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-30
TBN	mg KOH/g	ASTM D 2896	10
Cizallamiento inyector Bosch: Viscosidad a 100°C después de cizalla	cSt	ASTM D 3945	12,5 mín.
29 Volatilidad Noack, 1 hora a 250°C	% en peso	DIN 51581	12 máx.

Ilustración [44]

Fuente: Facilitada por Repsol

### **Viscosidad -20°C. (28)**

En este caso la viscosidad está dada en Cp, ya que Las viscosidades a bajas temperaturas se dan en **poises**, sin embargo, al ser el **poise** una unidad grande, se utiliza el **centipoise**. Es un tipo de viscosidad dinámica y en nuestro aceite nos da un máximo de 70000cp o lo que es lo mismo 7 pascales por segundo.

### **Volatilidad Noack (29)**

Se refiere a la medida de la pérdida por evaporación de los aceites lubricantes en una hora a 250°C, en nuestro aceite perdería hasta el 12% del total.

#### 5.8.7 Merak VDL 100 (13)

Este aceite es usado en el buque OPDR Andalucía en los siguientes equipos:

- Cárter de los dos compresores de alta J.P.SAUER & SHON WP 33L
- Cárter del compresor de baja J.P.SAUER & SHON WP 15L
- Cárter del compresor E/M J.P.SAUER & SHON WP 15L
- Cárter d la depuradora de F.O Westfalia ODS 18-0136-057
- Cárter d la depuradora de M.D.O Westfalia ODS 18-0136-057
- Cárter d la depuradora de L.O Westfalia ODS 18-0136-057

#### Descripción

En la ficha técnica del lubricante Merak VDL nos recomiendan su uso para el grupo de los comúnmente denominados aceites para compresores, además de los aceites bases de extraordinaria calidad, se han incorporado los aditivos necesarios para aumentar la resistencia a la oxidación así como para asegurar unas buenas propiedades antidesgaste y protección contra la corrosión.

Están especialmente recomendados para la lubricación de cilindros y mecanismos de compresores rotativos y alternativos, bien sean de aire o gases inertes, que tengan altas temperaturas de descarga (hasta 220°C).

#### Cualidades

## Carta de aceite aplicado a un buque

- Mínima tendencia a la formación de depósitos.
- Excelente resistencia a la oxidación.
- Gran poder antiherrumbre.
- Excelentes cualidades antiespuma.
- Buena capacidad de eliminación de aire.
- Gran capacidad de carga.

### Niveles de calidad

- Cumplen la especificación DIN 51506-VDL y VCL ISO 46, 68 y 100.
- ISO 6743 Parte 3 DAA, DAG
- Resultados certificados por OIL-TECH, ref. AI-34877. [33]

### Características

técnicas

	UNIDAD	METODO	VALOR			
Grado ISO			<b>32</b>	<b>46</b>	<b>68</b>	<b>100</b>
Viscosidad a 100° C	cSt	ASTM D 445	5,4	6,8	8,5	11
Viscosidad a 40° C	cSt	ASTM D 445	32	46	68	100
Índice de Viscosidad		ASTM D 2270	100	98	98	97
Densidad a 15° C	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 4052	0,87	0,880	0,880	0,885
Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-15	-12	-12	-12
Punto de inflamación	°C	ASTM D 92	215	220	230	245
Desemulsión	min.	ASTM D 1401	<25	<25	<25	<25
Resistencia a la oxidación						
- Carbono Conradson	%	DIN 51352 Parte 2	0,9	1,2	2,7	3,0
- Pérdidas evaporación	%	DIN 51352 Parte 2	9	5	4,5	3
Nº Neutralización (T.A.N.)	mgKOH/g	ASTM D 974	0,2	0,2	0,2	0,2
Rust, Métodos A y B		ASTM D 665	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa

Ilustración [45]

Fuente: Facilitado por Repsol

#### 5.8.8 Repsol Multigrado Térmico

- Este aceite es usado en el OPDR Andalucía para lubricar el aceite térmico de las calderas Gesab. Tipo EGH 917V40. La utilidad de la instalación es calentar el aceite para que este posteriormente caliente el Fuel a una temperatura buscada. Este aceite se utiliza para calentar el sistema de depuración, el aire acondicionado, los módulos de combustible, y los tanques que necesiten ser calentados.

La ficha técnica de lubricante nos comenta que este aceite está formulado especialmente para su empleo como agente de transmisión de calor. Se formula con bases minerales muy refinadas, con aditivación específica que le confiere una extraordinaria resistencia a la oxidación.

#### Usos recomendados

Es un aceite específico para emplear en sistemas de transmisión de calor en circuito cerrado y con circulación forzada, en las que las temperaturas máximas de trabajo estén en torno a 300° C.

#### Cualidades

- Gran estabilidad térmica y resistencia a la oxidación.
- Larga vida útil en servicio.
- Amplio rango de temperaturas de operación.
- Fácil control de la temperatura.
- Buen coeficiente de transmisión de calor.
- Baja presión de vapor.
- Baja tendencia a la formación de residuos carbonosos.
- No es corrosivo.

„ Nivel de calidad



- ISO 6743/12-Q
- DIN 51502-Q [33]

	UNIDAD	METODO	VALOR
Densidad a 15° C	g/mL	ASTM D 4052	0,875
Viscosidad a 40° C	cSt	ASTM D 445	37
Viscosidad a 100° C	cSt	ASTM D 445	5,8
Índice de viscosidad	-	ASTM D 2270	102
Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-12
Punto de inflamación	°C	ASTM D 92	220
<b>29</b> Punto inicial destilación	°C	ASTM D 1160	360
TAN	mg KOH/g	ASTM D 664	0,4
TBN	mg KOH/g	ASTM D 2896	1,1
Estabilidad térmica	°C	-	300

Ilustración [46]

Fuente: Facilitado por Repsol.

### **Punto inicial de destilación (29)**

Se refiere a la temperatura a la cual el aceite se empieza a separar, por vaporización y condensación en los distintos estados líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados, por lo que habrá que estar atentos a que no se supere esta temperatura que en nuestro caso es de 360°C.

### **Estabilidad térmica (30)**

El aceite debe ser física y químicamente estable dentro de los rangos de temperatura para el que está especificado, es decir, debe ser resistente al craqueo. El craqueo es el quiebre de las moléculas de hidrocarburos como consecuencia del aumento de la temperatura, quiebre que se verifica por el cambio de una molécula larga en moléculas de menor tamaño. En estos casos algunas moléculas se transforman en gases volátiles, otras son inestables y se polimerizan formando depósitos insolubles. El craqueo se produce principalmente cuando la temperatura de la película de aceite en contacto directo con la pared del tubo dentro del hogar de la caldera o con la pared del calefactor eléctrico, es superior al valor máximo aceptado para el aceite empleado. En

nuestro aceite usado en el OPDR Andalucía este nivel máximo de temperatura antes de que el aceite pierda su estabilidad es de 300°C. [32]

#### 5.8.9 Telex E 100 (15)

Este lubricante se aplica a los distintos equipos en el OPDR Andalucía:

- Sistema de engranajes y TK de los 2 winches de arrastre y ancla ROLLS-ROYCE. Tipo LBFM22.0S2
- Sistema de engranajes y TK del winche de arrastre y ancla ROLLS-ROYCE. Tipo LWM22.010

#### Descripción

En la ficha técnica de lubricantes nos informan que es un tipo de aceite especialmente diseñado para su utilización en circuitos hidráulicos que requieran lubricantes con marcadas propiedades antidesgaste. Elaborados con bases cuidadosamente seleccionadas a las que se incorporan aditivos específicos para mejorar notablemente sus propiedades. Están especialmente indicados para circuitos hidráulicos y maquinaria de obras públicas equipada con cualquier tipo de bombas, especialmente cuando trabajan a presiones elevadas y, en general, para todo tipo de mecanismos que requieran aceites estables, y en los que se precise alcanzar, y aún superar, los máximos niveles antidesgaste exigidos por las normas internacionales. En el OPDR Andalucía no se utiliza este aceite para sistemas hidráulicos como propone el fabricante aunque viendo las cualidades que posee, parece apropiado utilizarlo en los engranajes de los winches.

#### Cualidades

- Gran resistencia a la oxidación y formación de lodos.
- Gran capacidad de desaireación.
- Alto índice de viscosidad.
- Muy buenas cualidades antiespumantes y antiherrumbre.
- Excelente separación del agua.

## Carta de aceite aplicado a un buque

- Excelente filtrabilidad.
- Muy Buena compatibilidad con juntas y retenes.
- Máximo nivel antidesgaste.
- Excelente capacidad de carga.
- Elevada estabilidad térmica e hidrolítica.

### Niveles de calidad

En función del grado de viscosidad del producto cumple los siguientes niveles de calidad:

- DIN-51524 Parte 2 HLP
- ISO 6743/4 HM
- ISO 11158
- AFNOR NF E 48-603 HL, HM
- FILTRABILIDAD AFNOR (NF E 48-690 y 48-691)
- PARKER DENISON HF-O, HF-1 y HF-2
- MAG IAS P-68 (ISO 32); P-69(ISO-68); P-70(ISO-46)
- Eaton Vickers I-286-S y M-2950-S [33]

### Características técnicas

	UNIDAD	METODO	VALOR					
Grado ISO			15	22	32	46	68	100
Viscosidad a 100 °C	cSt	ASTM D 445	3,4	4,4	5,4	6,8	8,5	11
Viscosidad a 40 °C	cSt	ASTM D 445	15	22	32	46	68	100
Índice de viscosidad		ASTM D 2270	113	107	100	98	98	97
Densidad a 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 4052	0,861	0,865	0,87	0,880	0,880	0,885
Punto de inflamación	°C	ASTM D 92	180	200	215	225	235	245
Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-27	-27	-24	-24	-24	-21
Corrosión al cobre 3h a 100 °C		ASTM D 130	1a	1a	1a	1a	1a	1a
Desemulsión a 54° C	min	ASTM D 1401	<20	<20	<25	<30	<45	<30(82°C)
Resistencia a la herrumbre A y B		ASTM D 665	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Aeroemulsión a 50 °C	min	ASTM D 3427	1	1	1,5	2,4	3,6	6
FZG, Escalón de carga		DIN 51354	--	--	12	12	12	12
TAN	mg KOH/g	ASTM D 664	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
RPVOT	min	ASTM D 2272	400	400	400	400	400	400

Ilustración [47]

Fuente: Facilitado por Repsol

En nuestro buque de estudio se usa la gama más viscosa de este lubricante, con una grado ISO de 100 ya que para el uso en engranajes sería lo más correcto ya que necesitamos que sea viscoso.

#### 5.8.10 Anticongelante orgánico (12)

Este lubricante es empleado en el OPDR Andalucía como fluido anticongelante de los motores auxiliares.

#### Descripción

Es un refrigerante de motor basado en etilenglicol. Aditivado con inhibidores totalmente orgánicos que le confieren una excelente capacidad de protección frente a la corrosión de todos los metales, especialmente aluminio y otras aleaciones ligeras presentes en los circuitos de refrigeración de motores. Aunque puede emplearse en todo tipo de circuitos de refrigeración (aluminio, cobre, fundición) está particularmente recomendado en los motores de aluminio de alta presión donde la protección a alta temperatura es muy importante.

#### Cualidades

- La alta estabilidad de los inhibidores orgánicos empleados reduce su degradación por lo que la protección de los circuitos puede alcanzar los 650.000 km (8.000 h) en vehículos pesados, 250.000 km (2.000 h) en ligeros y 32.000 h (o 6 años) para motores estacionarios como los auxiliares del OPDR Andalucía. No obstante, se recomienda cambiar todo el fluido a los 5 años aunque no se hayan alcanzado dichos kilometrajes.
- Sus características térmicas permiten una excelente refrigeración de los motores sin que se produzca ebullición del fluido.
- Compatible con los metales y aleaciones presentes en los circuitos de refrigeración: aluminio, cobre, fundición, latón y las más modernas aleaciones.
- Productos destinados al consumo directo ya que contienen agua tratada para evitar los riesgos por formación de depósitos calcáreos y evitar la corrosión.
- Es miscible con agua y con otros tipos de anticongelantes basados en etilenglicol, pero para mantener sus excelentes niveles de protección y resistencia debe vaciarse y limpiarse el circuito.

## Carta de aceite aplicado a un buque

- Amigable con el medio ambiente: no contiene nitritos, aminas, fosfatos (NAP free), boratos ni silicatos.
- Compatible con juntas, sellos y pinturas.

### Niveles de calidad

- UNE 26-361-88
- ASTM D 3306 y D 4985
- SAE J 1034, J 814 y J 1941
- Mercedes-Benz 325.3
- Ford WSS-M97B44-D
- General Motors GM 6277M
- Volkswagen VW 774-F
- MAN 324 tipo SNF
- Deutz 0199-99-1115/5
- Caterpillar A4.05.09.01
- DAF 74002
- Renault Trucks 41-01-001/- -S Type D
- Jenbacher [33]

	UNIDAD	METODO	VALOR
Color		Visual	Magenta
31 pH		ASTM D 1287	8,6
Densidad a 20 ° C	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 5931	1,113
Punto de congelación (al 70%)	° C	ASTM D 1177	-67
Punto de ebullición	° C	ASTM D 1120	>160

Ilustración [48]

Fuente: Facilitado por Repsol.

### pH (31)

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] presentes en determinadas sustancias en nuestro caso el anticongelante tendía un pH de 8.6

#### 5.8.11 Grasa cálcica (16)

Este lubricante se usa en el OPDR Andalucía en los siguientes equipos:

- Engrase de cables en el winche de escala JANGYAN CITY
- Cable de acero y puntos de engrase de la grúa de provisiones Fassmer C-SE 40/6.0.
- Cable de acero y puntos de engrase del sistema de arriado de los botes salvavidas, Gravity Pivoy Davity Fassmer FPD 55

#### Descripción

Grasa formulada con aceite mineral altamente refinado, espesada con jabón de calcio anhidro que le confiere excelentes prestaciones frente al agua. Tiene bajo contenido en cenizas y buenas propiedades de estabilidad y resistencia mecánica.

Especialmente indicada para mecanismos de equipos que trabajen en exteriores y/o ambientes húmedos, tales como automóviles, maquinaria de obras públicas, maquinaria agrícola, etc.

Se recomienda para el engrase de chasis y autobastidores, bombas de agua industriales y de automoción, guías de las grúas y puentes de lavado.

Lubricación de cojinetes planos, de bolas y rodillos, donde no se precise la utilización de una grasa especial.

Campo de aplicación en un rango de temperaturas de -20 a 100° C.

#### Cualidades

- Excelente resistencia al agua.
- Muy buena bombeabilidad incluso a bajas temperaturas.

## Carta de aceite aplicado a un buque

- Gran resistencia mecánica.

### Niveles de calidad

- Cálcula 2: DIN 51825 K 2G-20
- Cálcula 3: DIN 51825 K 3G-20 [33]

	UNIDAD	METODO	VALOR	
Tipo			2	3
Color		Visual	Amarillento	Amarillento
Consistencia		NLGI	2	3
Tipo de jabón			Calcio anhidro	Calcio anhidro
Aceite base, grado de viscosidad ISO	cSt		68	68
Penetración, 25° C				
- Trabajada a 60 golpes	1/10 mm	ASTM D 217	280	235
- Trabajada 100.000 golpes	1/10 mm	ASTM D 217	285	240
Punto de gota	°C	METTLER FP-83HT	150	150
Corrosión al cobre, 24h 100° C		ASTM D 4048	1a	1a
Resistencia a las soluciones acuosas		INTA 150437	Total	Total

Ilustración [49]

Fuente: Facilitado por Repsol

### 5.9 Aceite experimental.

En el buque en el que he realizado las prácticas de embarque se utiliza un aceite experimental de la marca Castrol para la lubricación del motor principal de babor con el cual se pretende comprobar que este aceite está listo para sacar al mercado.

#### 5.9.1 Contrato naviera-empresa

Con este contrato ambas compañías salen beneficiadas:

Por un lado la empresa que pretende sacar al mercado el aceite experimental puede comprobar de manera real el funcionamiento del aceite y puede llevar a cabo un seguimiento de su aceite el tiempo que precise. Una vez el aceite se saque al mercado,

podrá decir que este aceite ha sido usado por un periodo largo de tiempo en un buque real en un motor Wartsila 12V46 , lo que le dará mayor reconocimiento a la hora de poder ser vendido y las navieras tendrán una mayor confianza en el producto.

Por otro lado la naviera se beneficiará de este contrato en que el aceite experimental que es suministrado es totalmente gratuito.

### 5.9.1 Seguimiento que lleva Castrol.

En abril del 2012 la empresa Castrol instaló en el pañol de la sala de máquinas un tanque de aceite experimental para no mezclar este aceite con el que se usa para el motor principal de estribor.



Ilustración [50]. Tanque almacén aceite.

Fuente: trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

Instaló una bomba de circulación de dicho aceite al circuito del motor de babor.



## Carta de aceite aplicado a un buque



Ilustración [51] bomba de circulación de aceite

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

Desde ese momento se comenzó a tomar muestras del motor, el cual estaba siendo usado para observar la evolución del aceite.

Date	Engine Hours	Oil test hours	Oil added l	Oil Dumped l	oil consumption	g/kWh (100% load)
14 abr 2012	19.246	0			0,00	
05 may 2012	19.427	181	200,00	0,00	200,00	0,086
18 jul 2012	20 017	771	1.000,00	0,00	1.200,00	0,121
18 ago 2012	20.282	1.036	0,00	0,00	1.200,00	0,090
08 sep 2012	20.487	1.241	600,00	0,00	1.800,00	0,113
11 oct 2012	20.798	1.552	0,00	0,00	1.800,00	0,090
18 nov 2012	21.150	1.904	1.400,00	0,00	3.200,00	0,131
10 dic 2012	21.369	2.123	1.000,00	0,00	4.200,00	0,154
25 ene 2013	21.870	2.624	1.000,00	0,00	5.200,00	0,154
20 abr 2013	22.701	3.455	1.000,00	0,00	6.200,00	0,140
04 may 2013	22.838	3.592	1.200,00	0,00	7.400,00	0,160
13 jun 2013	23.224	3.978	1.200,00	0,00	8.600,00	0,168
21 jul 2013	23.588	4.342	3.000,00	3.000,00	8.600,00	0,154
21 sep 2013	24.237	4.991	500,00	0,00	9.100,00	0,142
20 oct 2013	24.466	5.220	500,00	0,00	9.600,00	0,143
05 nov 2013	24.640	5.394	500,00	0,00	10.100,00	0,146
16 nov 2013	24.761	5.515	400,00	0,00	10.500,00	0,148
23 nov 2013	24.831	5.585	4.000,00	4.000,00	10.500,00	0,146
01 dic 2013	24.913	5.667	1.000,00	0,00	11.500,00	0,158

Ilustración [52]

Fuente: trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

Mensualmente se mide la cantidad de aceite que se va añadiendo al tanque para conocer lo que gasta en función del número de horas de funcionamiento del motor, y se calculan la cantidad de aceite que consume el motor (en gramos), teniendo una potencia del 100% en kilovatios (kW), durante una hora (g/kWh).

1 Date	2 Bunker Port	3 Supplier	4 MAIN ENGINE running hours	5 bunker quantity (M3)	6 fuel grade	7 Sulphur content as per delivery note (%)
28-abr-12	Las Palmas	Petropesca	19390	330	380 cts	3
11-may-12	Las Palmas	Petropesca	19475	330	380 cts	3
23-may-12	Sta. Cruz Tenerife	Petropesca	19572	360	380 cts	2,22
05-jun-12	Sta. Cruz Tenerife	Petropesca	19696	330	380 cts	2,45
16-jun-12	Sta. Cruz Tenerife	Petropesca	19766	330	380 cts	2,22
01-jul-12	Las Palmas	Petropesca	19845	330	380 cts	3
12-jul-12	Las Palmas	Petropesca	19895	330	380 cts	3
26-jul-12	Las Palmas	Petropesca	20115	330	380 cts	1,93
04-ago-12	Las Palmas	Petropesca	20196	330	380 cts	3
18-ago-12	Las Palmas	Petropesca	20282	380	380 cts	3
01-sep-12	Las Palmas	Petropesca	20438	400	380 cts	3
15-sep-12	Las Palmas	Petropesca	20553	400	380 cts	3
30-sep-12	Las Palmas	Petropesca	20684	330	380 cts	3
09-oct-12	Las Palmas	Petropesca	20798	344	380 cts	3
20-oct.-12	Sta. Cruz Tenerife	Petropesca	20884	340	380 cts	2,9
31-oct.-12	Sta. Cruz Tenerife	Petropesca	20989	100	380 cts	3

Ilustración [53]

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

El jefe de máquinas del buque debe enviar a una empresa independiente de Castrol los datos referidos al Fuel utilizado.

1. La fecha en la que se suministró el Fuel
2. El puerto en el cual el Fuel fue suministrado
3. La empresa encargada de suministrar el Fuel
4. El número de horas que lleva el motor principal de babor en funcionamiento
5. La cantidad en metros cúbicos de Fuel suministrado
6. La viscosidad a la cual el Fuel es suministrado
7. El porcentaje de azufres que contiene el Fuel

En este caso la empresa independiente que realiza los análisis de aceite es DNV, empresa Holandesa que se dedica en este caso al análisis de Fuel.

Además de estas especificaciones se deberá enviar un litro de muestra de Fuel oil.

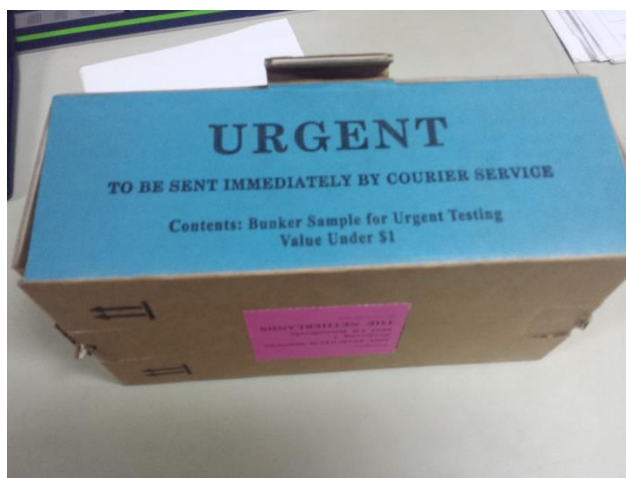


Ilustración [54] Caja de envío de muestra de Fuel oil.

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

Posteriormente, esta empresa independiente le dará los datos a Castrol para que realicen sus estudios.

Estos datos de consumos de Fuel también son entregados a la compañía Wartsila, ya que, pretenden conocer si el aceite experimental es más beneficioso para el motor que el que tienen en la actualidad, y si es así, usarlo cuando se saque al mercado.

8 Date	9 Eng hrs	10 Comments
01/04/2012	19141	Port main engine - Unit A4 overhauled for start of test
14/04/2012	19246	Port main engine - Unit A4 big eng bearing inspected and changed, Engine lube oil system cleaned / flushed with 4500 litres of AW0039. All lube oil filters cleaned. 14000 litres of AW0039 filled into engine sump for start of test.
03/06/2012	19653	Port Main Engine - Unit B6 overhauled, Connecting Rod Bearing Shell upper and lower inspected and changed.
21/06/2012	19791	Port Main Engine - All Nozzles are renewed for maintenance
18/07/2012	20017	Oil purifier Port Main Engine stopped during 10 days due problems with "paring tube"
06/08/2012	20181	Port main engine - Cilinderhead B5 renewed by new one overhauled (FC 1495 - W 46 3-1795).
13/08/2012	20241	Port main engine - Cilinderhead B4 renewed by new one overhauled (W 46 5-3682 - FC 1495).
27/08/2012	20373	Port main engine - Cylinder head changed 1A, renewed by one overhauled .
03/09/2012	20437	Port main engine - Cylinder head changed 6A, renewed by one overhauled .
03/09/2012	20437	Port main engine - Cylinder head changed 5A , renewed by one overhauled .
04/02/2013	22001	Nozzle A5 Changed
08/02/2013	22031	Nozzle B4 Changed
23/04/2013	22701	Port main engine- Unit 2A,3A,5A,6A,4B,5B overhauled ( cilinder head,valves, piston,connecting rod,cylinder liners,
12/08/2013	23800	Nozzles A1,A2,A3,A4,A6 Changed

Ilustración [55].

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

La naviera deberá notificar a Castrol cualquier modificación o problemas que pudiera haberse producido en la máquina, ya que cualquier cambio producido podría haber modificado los parámetros del aceite por muy insignificante que pudiera parecer.

8. La fecha en la cual se produjeron variaciones en el motor principal de babor

9. El número de horas del motor cuando se produjo este cambio

10. Las variaciones que se produjeron en el motor

## Carta de aceite aplicado a un buque

---

En este caso la mayoría de cambios del motor han sido cambios de inyectores, cambio de culatas, reacondicionamiento de cabeza cilindro, válvulas, pistón, biela, camisas de cilindros, y el purificador de aceite no funcionó durante 10 días.

La naviera le da por escrito al jefe de máquinas la frecuencia de muestreo que debe realizar.

1 litre lube oil samples to be taken at 0, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 and 4000 hours or until the test is finished to be sent to Wärtsilä

La naviera envía un litro de la muestra de aceite cada ciertas horas de funcionamiento del motor y se lo debe enviar a la empresa fabricante del motor (Wartsila) para que comprueben el funcionamiento del aceite experimental en sus motores.

1 X 1 litre Fuel samples to be taken at 0, 1000, 2000, 3000 and 4000 hours or until the test is finished to be sent to Wärtsilä

Se debe hacer lo mismo con un litro de Fuel y enviar a Wartsila para comprobar el estado del Fuel que se envía para conocer cómo responde el aceite experimental ante el tipo de Fuel suministrado.

2 X 120ml lube oil samples to be taken at 0, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 and 4000 hours or until the test is finished to be sent to Castrol Caremax Laboratory in Gent Belgium

Se enviarán muestras de aceite Castrol cada ciertas horas de funcionamiento.



Ilustración [56] toma de muestras de aceite.

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

1 litre lube oil Samples to be taken at 0, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 and 4000 hours or until the test is finished and retained onboard until instructed otherwise.

Se tomarán muestras de aceite y se dejarán en el buque hasta que finalicen las pruebas, esto se hace por si las muestras enviadas son contaminadas o extraviadas en el trayecto y necesita que se vuelvan a enviar las muestras.

## Carta de aceite aplicado a un buque

11		<b>Test Hours</b>	<b>0</b>	<b>250</b>	<b>500</b>
		Date	14/04/2012	18/05/2012	15/06/2012
		Total Engine running hours	19246	19520	19760
		<b>Lubricating Oil sampling</b>			
		1 litre sample taken and sent to Wartsila? (Yes / No)	Yes	Yes	Yes
12		2 x 120 ml samples taken and sent to Gent Caremax Laboratory	Yes	Yes	Yes
		1 litre samples taken and sent to Wartsila? (Yes / No)	Yes		
		1 litre sample taken and kept onboard	Yes	Yes	Yes
		<b>Heavy Fuel Oil sampling</b>			
13		Place Bunkered		Las Palmas	Tenerife
		Date HFO Bunkered		11/05/2012	23/05 and 05/06/2012
		Type of HFO (Low Sulphur / High Sulphur)		IFO 380 - 3%	IFO 380 - 2.22 and 2,45%
14		<b>Engine load</b>			
		Average load calculated from MCR (%)	80%	80	80
		<b>Lubricating oil added</b>			
15		Total Engine Hours	19246	19427	
		Date	14/04/2012	05/05/2012	
		Volume in sump (m <sup>3</sup> )	14,00	14.20	14.00
		Amount added (litres)	14000	200	0
16		<b>Change and cleaning intervals of the lubricating oil filter cartridges or candles</b>			
		Cleaned? (Yes / No)	Yes		Yes
		Total Engine hours	19246		19655
17		<b>Cleaning intervals of the centrifugal filter along with the weight of the deposits and / or thickness of the deposit layer in the centrifugal filter</b>			
		Manufacturer	Mann+Hummel	Mann+Hummel	Mann+Hummel
		Type	FM200	FM200	FM200
		Cleaned? (Yes / No)	yes	No	Yes
		Total Engine hours	19139		19572
18		<b>Automatic filter cleaning interval</b>			
		Manufacturer	Boll & Kirch	Boll & Kirch	Boll & Kirch
		Type	6.46.07 DN 150	6.46.07 DN 150	6.46.07 DN 150
		Cleaned? (Yes / No)	Yes	No	Yes
		Total Engine hours	19246		19655
		Automatic filter backflushing frequency (times / h)	permanent flow	permanent flow	permanent flow
19		<b>Lubricating oil pump</b>	Leistritz Nurnberg	Leistritz Nurnberg	Leistritz Nurnberg
		Capacity (m <sup>3</sup> /hour) - Type	L3NG-200/240	L3NG-200/240	L3NG-200/240
20		<b>Lubricating oil separator routines</b>			
		Manufacturer	Alfa Laval	Alfa Laval	Alfa Laval
		Type	S841	S841	S841
		Cleaned? (Yes / No)		No	No
		Flow rate (liters / h)	2600	2600	2600
		Temperature (°C)	87	87	87
21		<b>Lubricating oil temperature and pressure before engine</b>			
		Temperature (°C)		63	62
		Pressure (bar)		4.6	4.6
22		<b>HFO Separator</b>			
		Manufacturer	Alfa Laval	Alfa Laval	Alfa Laval
		Cleaned? (Yes /No)	No	No	No
		Temperature (°C)	100	99	99

Ilustración [57]

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

El jefe de máquinas del buque se debe encargar de rellenar esta tabla con datos que necesita saber Castrol sobre el motor.

11. El número de horas desde que comenzó el test, la fecha en la cual se envió la muestra y el número de horas que lleva en funcionamiento el motor principal de babor desde que se inició la muestra

12. Se verifica que se han enviado las muestras oportunas a sus respectivos receptores, como vemos la muestra de Fuel a Wartsila sólo se ha enviado a las horas durante las primeras 500 horas ya que a Wartsila se enviará la siguiente a las 1000 horas.

13. Se escribe el lugar donde se hizo bunker, la fecha en la que se hizo y el porcentaje de azufre del Fuel introducido.

14. El porcentaje de carga a la que va el motor de babor de media.

15. se especifica el número de horas del motor en el cual se suministró aceite, la fecha, la cantidad de metros cúbicos del tanque y cuanto se ha suministrado.

16. Se especifica si se han limpiado los filtros de aceite y las horas del motor a las cuales se realizó la limpieza.

17. Se especifica si se han limpiado los filtros del equipo centrífugos, la marca de los filtros y el tipo.

18. Intervalo de limpieza del filtro automático marca tipo, número de horas del equipo y se comenta la frecuencia de retrolavado del filtro.

19. La marca de la bomba de aceite y el caudal que tiene por hora.

20. Marca de la separadora de aceite, tipo, si se ha limpiado, el caudal que lleva y la temperatura del aceite.



21. La temperatura y la presión del aceite antes de la entrada al motor.

22. Marca del separador de Fuel, si se ha limpiado y la temperatura del Fuel.

A parte de toda esta información que se le suministra a Castrol, operarios de Castrol visitan el barco regularmente y realizan observaciones del motor y revisan el cárter del motor para comprobar su evolución.

Al comenzar con las pruebas del aceite experimental operarios de Castrol colocaron a la salida del aceite del motor principal de babor un medidor continuo de información del aceite y cuando visitan el buque descargan a través de un portátil toda la información que recoge el dispositivo.

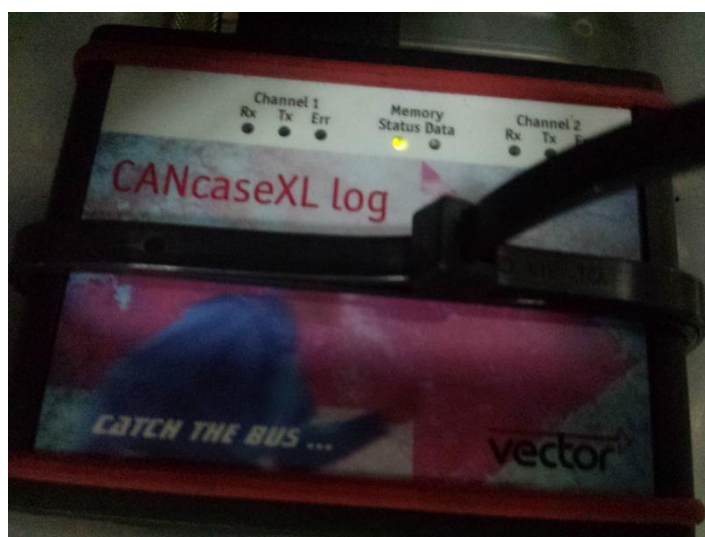


Ilustración [58] Medidor continuo de información.

Fuente: Trabajo de campo, Volcán de Tamadaba.

Con todos estos datos que se suministran a Castrol ellos son capaces de estudiar si el aceite experimental es apto para el uso en motores marinos de 4 tiempos o no. Y si no es apto serán capaces de corregir los posibles fallos que el aceite pudiera tener. El uso del aceite experimental comenzó en abril del 2012 y finalizó en noviembre del 2013. Durante ese trascurso de tiempo se ha observado que el motor que usaba el aceite experimental consumía menos combustible que el otro, aunque existen muchos otros

motivos por los cuales esto pudo estar ocurriendo por lo que no se puede asegurar que fuera por el uso del aceite.

Actualmente el buque está comenzando a utilizar otro aceite experimental en el mismo motor que ya usó para el anterior.

.

### VI-Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha profundizado en el campo de las cartas de aceite de los buques, sus características, funciones, así como aplicaciones prácticas en buques de la marina mercante y el estudio de un aceite experimental.

En este capítulo expongo las conclusiones sacadas del conjunto del trabajo fin de grado llevadas a cabo.

- Hemos realizado un estudio de la evolución de la lubricación a lo largo del tiempo conociendo la importancia que estos han tenido en el transcurso de la historia y se ha conocido la importancia de la lubricación en los equipos de un buque.
- Hemos llevado a cabo un inventario de todos los equipos que existen a bordo que tengan que estar lubricados y por lo tanto, estarán incluidos en la carta de aceite del buque.
- Hemos conocido qué es una carta de aceite, sus funciones y características y se ha expuesto un caso práctico de una carta de aceite
- Hemos estudiado el propósito y beneficios de la utilización de un aceite experimental a bordo y como se lleva a cabo su estudio.

## VII-Bibliografía

### VII. BIBLIOGRAFÍA

#### Bibliografía de ilustraciones.

Ilustración. [1] <http://www.geni.com/people/Hiram-Everest/866601>

Ilustración.[2] [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbina\\_At\\_Speed.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbina_At_Speed.jpg)

Ilustración.[3] [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Selandia\\_diesel.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Selandia_diesel.jpg)

Ilustración.[4] y [5] <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

Ilustración.[6] Plano de la distribución de la lubricación de un buque facilitado por CEPSA.

Ilustración [7] [http://www.freepik.es/foto-gratis/las-gruas-del-buque\\_360905.htm](http://www.freepik.es/foto-gratis/las-gruas-del-buque_360905.htm)

Ilustración [8] [http://www.itpsl.es/rampas\\_ro-ro.htm](http://www.itpsl.es/rampas_ro-ro.htm)

Ilustración.[9][http://www.fluidmechanica.com/productos\\_maquinillas\\_pesca-molinetes\\_anclas.html&idiom=en#/productos/maquinillas\\_pesca/molinetes\\_anclas](http://www.fluidmechanica.com/productos_maquinillas_pesca-molinetes_anclas.html&idiom=en#/productos/maquinillas_pesca/molinetes_anclas)

Ilustración.[10] <http://widman.biz/boletines/57.html>

Ilustración.[11],[12]y[13],[http://www.compair.es/About\\_Us/Compressed\\_Air\\_Explained-03The\\_three\\_types\\_of\\_compressors.aspx](http://www.compair.es/About_Us/Compressed_Air_Explained-03The_three_types_of_compressors.aspx)

Ilustración.[15] <http://www.directindustry.es/prod/hwacheon/tornos-convencionales-alta-precision-61452-535630.html>

Ilustración.[18] <http://ingenieromarino.wordpress.com/2012/11/01/8-depuradoras-a-bordo-de-un-buque/>

Ilustración.[19] <http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/2013/06/embarcacion-del-carguero-anna-entrando.html>

Ilustración.[20] <http://www.atmosferis.com/helices-de-proa/http://www.atmosferis.com/helices-de-proa/>

Ilustración.[21] <http://es.wikipedia.org/wiki/Tim%C3%B3n>

Ilustración.[25] <http://es.scribd.com/doc/59209564/REGULADOR-HIDRAULICO>

Ilustración.[26] [http://www.galigrup.com/viradores\\_motores.html](http://www.galigrup.com/viradores_motores.html)

Ilustración.[27] [http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad)

Ilustración.[28] [http://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice\\_de\\_paso\\_variable](http://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_de_paso_variable)

Ilustración.[29] <https://nauticajonkepa.wordpress.com/2007/11/08/tecnologia-naval-2/>

Ilustración [33] <http://www.opdr.com/es/lineas.html>

Ilustración [34] <http://www.opdr.com/es/flota-equipo/buques/opdr-andalucia.html>

Ilustraciones [4,16,17,22,23,24,31,32,,35,36,37,38,,50,51,52,53,54,55,56,57,58] Trabajo de campo.

Ilustraciones [39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49] facilitadas por Repsol.

**Bibliografía de contenidos.**

- [1] Apuntes asignatura motores de combustión interna.
- [2] <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>
- [3] <http://es.scribd.com/doc/214436302/Manual-Sistema-Lubricacion-Motor-Aceite-Lubricante>
- [4] [http://prezi.com/nhdjh\\_jzkjrx/lubricantes/](http://prezi.com/nhdjh_jzkjrx/lubricantes/)
- [5].[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_mecanica/lubricantesfundamentos/default2.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/lubricantesfundamentos/default2.asp)
- [6]<http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml#tiposdelua>
- [7] Manual de información técnica de lubricantes marinos CEPSA.
- [8], [10], [13], [14], [15], [26], [27] <http://es.wikipedia.org>
- [9] <http://widman.biz/boletines/57.html>
- [12] [http://www.compair.es/About\\_Us/Compressed\\_Air\\_Explained--03The\\_three\\_types\\_of\\_compressors.aspx](http://www.compair.es/About_Us/Compressed_Air_Explained--03The_three_types_of_compressors.aspx)
- [16] <http://html.rincondelvago.com/compresores-de-aire.html>
- [17] <http://ingenieromarino.wordpress.com/2012/11/01/8-depuradoras-a-bordo-de-un-buque/>
- [18] <http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/2013/06/embarrancada-del-carguero-anna-entrando.html>
- [19] <http://www.atmosferis.com/helices-de-proa/http://www.atmosferis.com/helices-de-proa/>
- [20] [http://es.wikipedia.org/wiki/Tim%C3%B3n\\_\(dispositivo\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Tim%C3%B3n_(dispositivo))
- [21] <http://blogs.grupojoly.com/la-mar-de-historias/files/2010/09/Boiler-BLOG.jpg>
- [22] <http://www.fidena.edu.mx/biblioteca/MAQUINAS/Lubricacion%20Marina.pdf>
- [23] <http://es.wikipedia.org/wiki/Turbocompresor>

[24] <http://es.scribd.com/doc/59209564/REGULADOR-HIDRAULICO>

[25] [http://www.galigrup.com/viradores\\_motores.html](http://www.galigrup.com/viradores_motores.html)

[29] Manual simulador MC 90. Parte 3. Sala de Máquinas.

[30] <https://www.ferreyros.com.pe/productos/equipos-nuevos/energia-y-motores/productos-de-aplicacion-marina/motores-auxiliares-marinos?pf=222>

[31]

[https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fupcommons.upc.edu%2Fpfc%2Fbitstream%2F2099.1%2F18466%2F1%2FPau\\_Closa\\_PV\\_OPDR.pdf&ei=NUyDU5GCD4\\_s0gW0goCYDQ&usq=AFQjCNFJUrhmYV6sAn8dTKXS1UuxqZqAqg](https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fupcommons.upc.edu%2Fpfc%2Fbitstream%2F2099.1%2F18466%2F1%2FPau_Closa_PV_OPDR.pdf&ei=NUyDU5GCD4_s0gW0goCYDQ&usq=AFQjCNFJUrhmYV6sAn8dTKXS1UuxqZqAqg)

[32] <http://www.vitess.es/lubricantes.pdf>

[33] Facilitada por Repsol.

## **Anexos**

Lubricantes marinos y la diagnosis preventiva a través del análisis de aceite.





## **DIPLOMA DE ASISTENCIA**

Para que conste y a los efectos oportunos, se extiende a:

**DAVID DIAZ RODRIGUEZ**

el presente diploma de asistencia al seminario

**LOS LUBRICANTES MARINOS Y LA DIAGNOSIS  
PREVENTIVA A TRAVÉS DEL ANALISIS DE ACEITE**

realizado en Santa Cruz de Tenerife, el día 14 de Febrero de 2014

**Jefe Dpto.  
Lubricantes Marinos**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gerardo Socorro".

Gerardo Socorro

**Responsable Área  
Técnica / Innovación**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Alicia Cuervo".

Alicia Cuervo

**Dpto. Asistencia  
Técnica**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "José Mª Gonzalo".

José M<sup>a</sup> Gonzalo