



Tutor de Lubricación

Shell

Módulo 2

Motores

Continuar ▶



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

Contenido

Introducción

Sección Uno

- Motores diesel y a gasolina
- Motores de combustión Interna
- Como trabaja un motor diesel
- El motor diesel de dos tiempos
- Motores turbocargados
- Sistemas de refrigeración de un motor diesel
- Sistemas de lubricación de motores diesel
- Motores diesel de baja, media y alta velocidad
- Resumen Sección Uno

Sección Dos

- La lubricación de motores diesel
- Funciones de los lubricantes para motores diesel
- Propiedades de los lubricantes para motores diesel
- Grados de viscosidad
- Especificaciones de los aceites para motores diesel
- Clasificación API para aceites de motor a gasolina
- Pruebas de motor
- Resumen Sección Dos

Sección Tres

- Lubricación de los motores de dos tiempos
- Problemas en motores de 2 tiempos
- Aditivos comúnmente utilizados por los lubricantes para motores de dos tiempos
- Clasificación de aceites para motores de dos tiempos a gasolina
- Clasificación Jaso
- Clasificación para motores de dos tiempos enfriados por agua

Sección Cuatro

- Análisis de aceites usados
- Fallas en los motores
- Ejemplos típicos de fallas relacionadas con el aceite lubricante



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

INTRODUCCION

El tutor de Aceites Shell ha sido diseñado para suministrarle información clave sobre lubricantes y sus aplicaciones. Igualmente pretende desarrollar su conocimiento de productos y permitirle hacer su trabajo más efectivo. También le proporcionará una base sólida para un entrenamiento posterior.

El tutor es un paquete multimedia que consta de una serie de cassettes de audio, los cuales tiene cada uno un Manual de Entrenamiento complementario. Usted probablemente obtendrá el mayor beneficio del paquete escuchando primero los cassettes y luego estudiando su Manual acompañante. Sin embargo, como cada parte del paquete se puede utilizar independientemente, usted puede encontrar una forma alternativa de trabajar que se le acomode.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

Cómo utilizar el Manual?

Este Manual, como los otros del paquete, está dividido en un número de secciones cada una de las cuales consiste en un breve resumen, una secuencia de información y un examen corto. Usted simplemente lee a lo largo de una sección a la vez y luego responde las preguntas sobre todo lo que ha leído. Cuando usted ha pasado a través de todas las preguntas de la sección chequee las respuestas. Si tiene alguna de sus respuestas mal, lea la información apropiada y la pregunta otra vez. Asegúrese que entiende las respuestas correctas antes de continuar.

Usted encontrará que las páginas de la derecha del Manual le mostrarán toda la información clave que usted **necesita saber**. Usted debe estudiar estas páginas si quiere lograr los objetivos del Tutor. Para aquellas personas que les gusta explorar un poco más profundo en el tema encontrará información suplementaria **buena de saber** en las páginas de la mano izquierda. Si el tema es nuevo para usted, le sugerimos que ignore la información suplementaria en la primera pasada. Usted puede volver a estas páginas más adelante. Pero insistimos, usted decide sobre el uso de este Manual en la forma que le sea más útil.

Como quiera que usted decida estudiar, si usted desea obtener lo mejor del Tutor, es importante que trabaje cuidadosamente y concienzudamente los Manuales. Estos han sido diseñados para ser fáciles de seguir, pero igualmente demanda-

rá algo de tiempo, esfuerzo y compromiso de su parte. Esperamos que disfrute la experiencia de aprender y que pronto vea como los beneficios de su mejora en el conocimiento de productos le ayudará a hacer su trabajo más efectivamente.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

SECCION UNO

MOTORES DIESEL Y A GASOLINA

Los motores diesel son máquinas eficientes y económicas que son ampliamente usadas para el transporte terrestre, férreo y marino. También son importantes como fuentes de potencia estacionarias en una variedad de aplicaciones industriales. En esta sección estudiaremos la estructura y el funcionamiento de los motores diesel, que nos darán el conocimiento básico necesario para apreciar sus requerimientos de lubricación.

Cuando usted haya estudiado la información clave de esta sección, usted será capaz de:

- Describir las principales características de un motor de pistón recíprocante y mencionar la diferencia básica entre los motores de diesel y de gasolina.
- Explicar cómo trabaja un motor diesel de cuatro tiempos y de dos tiempos.
- Explicar el propósito de la sobrecarga y describir cómo trabaja un motor diesel turbocargado.
- Describir cómo es refrigerado y lubricado un motor diesel convencional.
- Distinguir entre las velocidades, las ratas de potencia, los combustibles y las aplicaciones de los motores de alta, media y baja velocidad.

Si estudia la información complementaria, usted será capaz de:

Explicar el significado de los términos pistón oscilante, cruceta, en línea, motor en V y horizontalmente opuesto.

Comparar los motores diesel con los de gasolina en términos de desempeño, construcción y costos de operación.

Explicar como operan las válvulas y el sistema de inyección de un motor diesel de cuatro tiempos.

Distinguir los métodos de barrido de gases de combustión, usados en los motores diesel de dos tiempos.

Comparar los motores de cuatro y dos tiempos en términos de desempeño y consumo de combustible y lubricantes.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

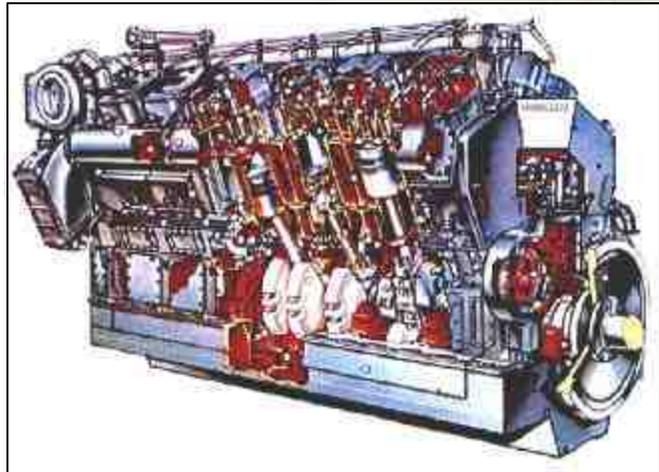
Módulo Dos

MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

Los motores de combustión interna son máquinas impulsadas por el combustible quemado dentro de sí mismas. El tipo más común de estos motores es el de **pistón recíprocante**. Este consiste básicamente de un bloque de metal robusto al cual se le han abierto un número de huecos para formar los **cilindros** del motor. Cada cilindro contiene un **pistón** que se mueve hacia arriba y hacia abajo. El pistón hace un ajuste con su cilindro por anillos resortados de metal, conocidos como **anillos del pistón**, los cuales lo circundan. El combustible es quemado con aire dentro del cilindro para producir gases que

fuerzan el pistón a bajar. El pistón está conectado por una biela a un **cigüeñal**, de tal forma que el pistón al bajar lo hace girar.

Los motores de pistón varían mucho en tamaño. Por un lado tenemos unidades de un solo pistón, pequeñas y livianas que generan menos de un caballo de potencia y son usadas por ejemplo, para mover podadoras de césped y ciclomotores. Por otro lado tenemos motores más grandes de varios cilindros que desarrollan potencias 50.000 veces mayor y son utilizados para mover barcos y equipos de generación eléctrica. En la mitad del rango están las máquinas más familiares para nosotros, las que mueven nuestros vehículos. En estas últimas la potencia y el movimiento del cigüeñal son transmitidos a las ruedas.



Motor de Pistón recíprocante



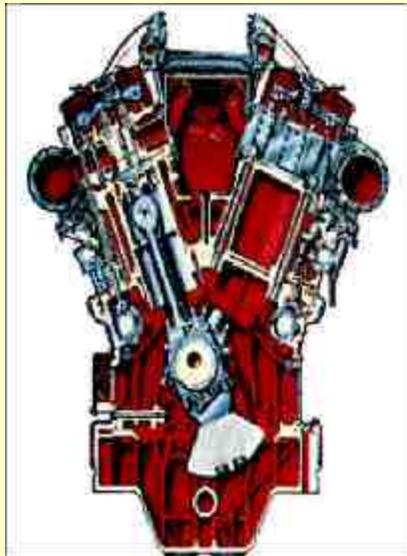
Motores

Más acerca de

EL DISEÑO DE UN MOTOR DE PISTON

La mayoría de los motores de pistón, incluyendo todos los de automóviles, son del tipo de **pistón oscilante**.

En este tipo de motores el pistón está conectado directamente a la biela por un **pasador**. Este diseño tiene la ventaja de su simplicidad. Sin embargo, debido a las cargas laterales transmitidas desde el cigüeñal, a través de la biela al pistón, se puede presentar desgaste excesivo sobre el pistón y sobre la pared del cilindro.



Motor en V

Este problema es minimizado en los motores de tipo **de cruceta**. Aquí el pistón se fija rígidamente a una cruceta, que a su vez está conectada a la biela. La cruceta se desliza en un cojinete que absorbe las cargas laterales del cigüeñal y de la biela, por lo tanto el pistón no soporta carga lateral alguna. La principal desventaja de este tipo de motor es su tamaño, mucho más grande que un motor de pistón rígido de la misma potencia. Sin embargo, la mayoría de los motores diesel grandes de baja velocidad tales como los motores usados para la propulsión marina y aplicaciones industriales son del tipo de cruceta.

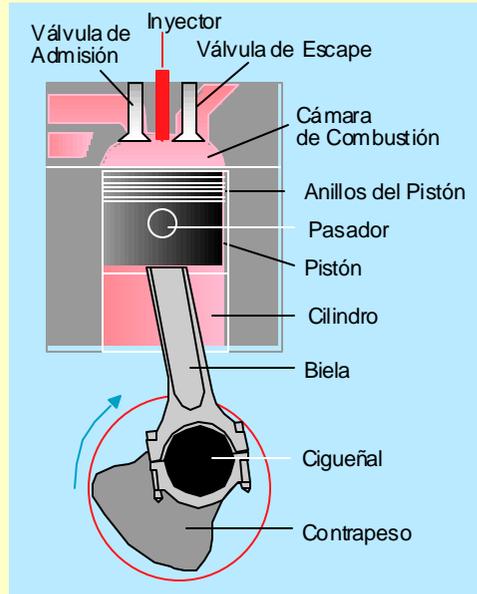
Generalmente, un motor de pistón contiene varios cilindros unidos para entregar una potencia balanceada. Una rueda **volante** pesada unida al cigüeñal también ayuda a suavizar el movimiento.

La mayoría de los motores usados en el transporte terrestre tienen cuatro o seis cilindros mientras que los motores usados para aplicaciones marinas e industriales pueden tener hasta veinte cilindros. Estos pueden estar agrupados en línea, como la mayoría de los arreglos presentados en la página anterior, o en dos bancos impulsando un cigüeñal común.

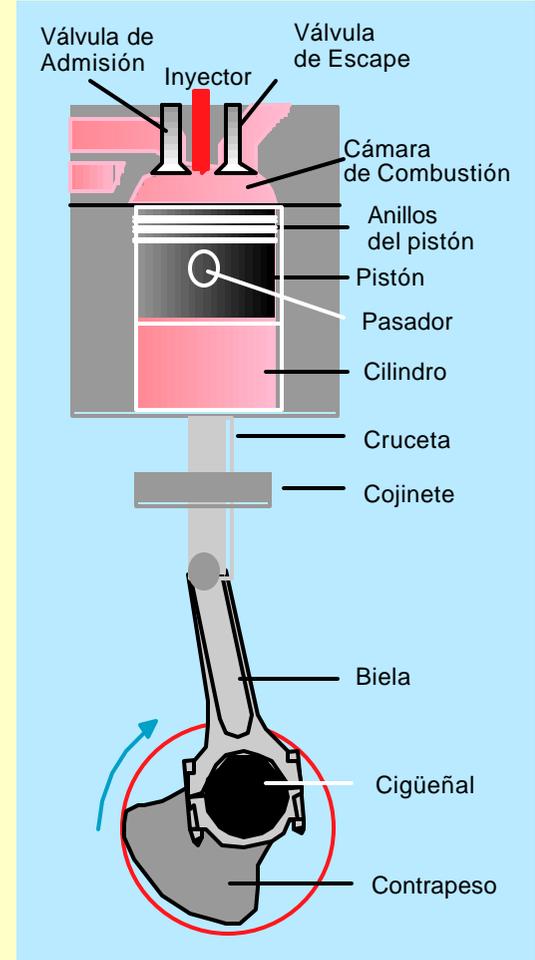
Los bancos pueden estar colocados en un ángulo, como en los **motores en V** o en forma opuesta como en los **motores horizontales**.



Motores



Motor Tipo Pistón Oscilante



Motor de Cruceta



Motores

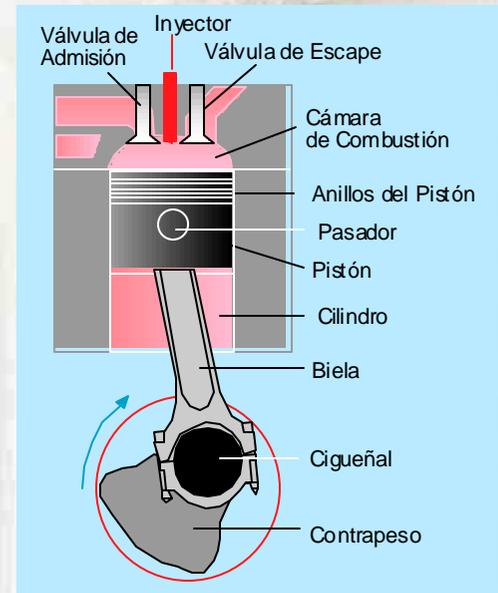
Los pistones también varían según el tipo de combustible que usan. Los primeros motores de combustión interna fueron desarrollados en la mitad del siglo pasado y usaban gas de carbón como combustible. El gas era mezclado con aire en el interior de un cilindro, se comprimía y quemaba con chispa eléctrica. Este método de **encendido por chispa** fue adoptado en los motores a gasolina desarrollados por Daimler y Benz y utilizado en los primeros automóviles 30 años más tarde. El mismo principio es aún empleado hoy en los motores de combustión modernos.

Por la misma época que Daimler y Benz estaban produciendo los precursores de los carros modernos, Rudolf Diesel estaba experimentando con un tipo alternativo de motores de pistón abastecidos con aceite combustible. El diseñó un medio de inyectar un combustible atomizado dentro de los cilindros donde se quemaba directamente cuando entraba en contacto con aire comprimido caliente. Este tipo de motor operando **con encendido por compresión** era más eficiente que el motor de gasolina, y como generaba presiones mas elevadas, necesitaba ser mucho más robusto. Mas tarde vino a ser conocido como **motor diesel**.

Los primeros motores diesel eran más pesados, ruidosos y menos suaves que los motores de gasolina y su uso estaba restringido a aplicaciones de trabajo pesado en la industria y el transporte. Aunque los motores diesel modernos son más livianos y operan más suavemente, aún se utilizan ampliamente para propósitos similares, tales como generadores de electricidad, locomotoras,

camiones pesados, buses y barcos. Sin embargo, se están convirtiendo en una alternativa para los motores a gasolina, por ejemplo en automóviles, ya que consumen un combustible más barato que hace una combustión más eficiente.

El aceite combustible liviano usado en los motores diesel es conocido como aceite combustible para motor (ACPM) o combustible diesel. Es una fracción de aceite crudo más pesado que la gasolina, pero mucho más liviano que un aceite lubricante.

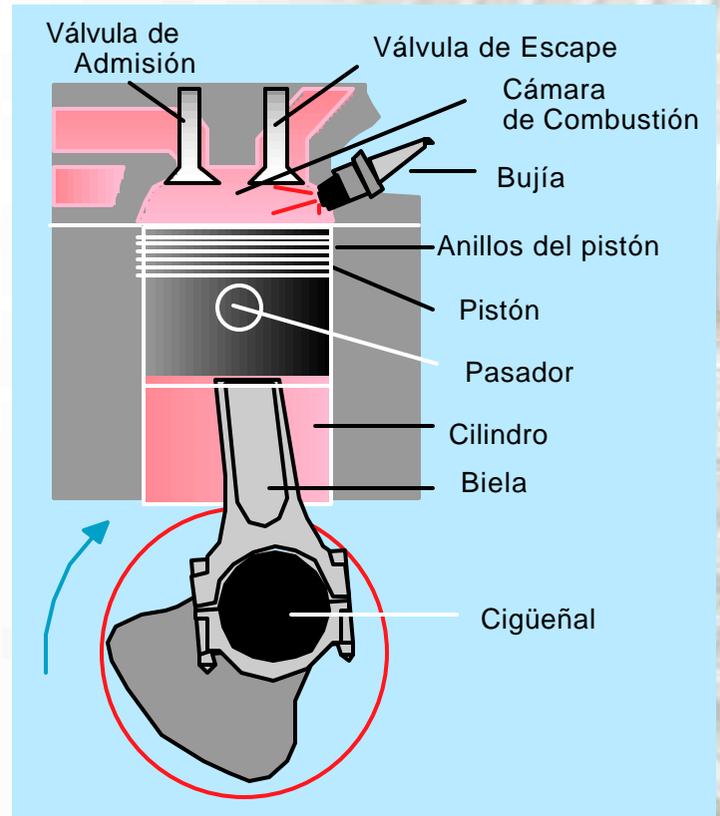


Cilindro de un Motor Diesel



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL
Módulo Dos



Cilindro de un Motor a Gasolina



Motores

UNA COMPARACION ENTRE LOS MOTORES A GASOLINA Y DIESEL

Desempeño

Los motores diesel son generalmente más difíciles de encender en frío y presentan una aceleración más pobre que los motores a gasolina. Ellos tienden a operar a menores velocidades y comparados con los motores a gasolina del mismo cilindraje son incapaces de generar la misma potencia.

Los motores diesel también tienen la desventaja de operar con menos suavidad y más ruidosamente que los motores de gasolina especialmente a bajas velocidades y bajo cargas livianas.

Costos de Construcción

Los costos de fabricación del motor diesel tienden a ser mayores que los del motor a gasolina, prin-

cipalmente por su construcción robusta, necesaria para soportar las altas presiones dentro de él. El equipo de inyección de combustible usado en los motores diesel es también más costoso que el carburador simple y que el sistema de arranque eléctrico de un motor convencional de gasolina.

Costos de operación

Los motores diesel son más económicos de operar que los motores a gasolina.

No solo su combustible es más barato que la gasolina, sino que además su combustible es quemado más eficientemente. Además, los motores diesel son más confiables que los motores a gasolina en los que los problemas de ignición son la mayor causa de fallas. La combinación de economía y confiabilidad es la razón principal para el amplio uso de los motores diesel.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

COMO TRABAJA UN MOTOR DIESEL

Los motores diesel (y también los motores a gasolina) pueden trabajar en un ciclo de cuatro tiempos, produciendo la potencia en uno de los cuatro movimientos del pistón, o en un ciclo de dos tiempos, produciendo potencia cada dos movimientos del pistón. El ciclo de cuatro tiempos es el más ampliamente usado, aunque en Norteamérica los motores de dos tiempos son relativamente comunes.

El motor de cuatro tiempos

En el **ciclo de cuatro tiempos**, el primero, el tiempo de desplazamiento hacia abajo del pistón deja entrar aire dentro del cilindro a través de la válvula de entrada en la cabeza del cilindro (**admisión**). A medida que el pistón empieza su desplazamiento hacia arriba en su segundo tiempo, la válvula de entrada se cierra y el aire es comprimido en el cilindro (**compresión**).

La relación de compresión del motor, que es la relación entre los volúmenes máximos y mínimos del cilindro, puede llegar a 22:1, con esta relación de compresión, el aire puede alcanzar una temperatura de 700°C o más. Cuando el pistón llega cerca del tope en su tiempo de compresión, una cantidad medida de combustible es inyectada en el cilindro.

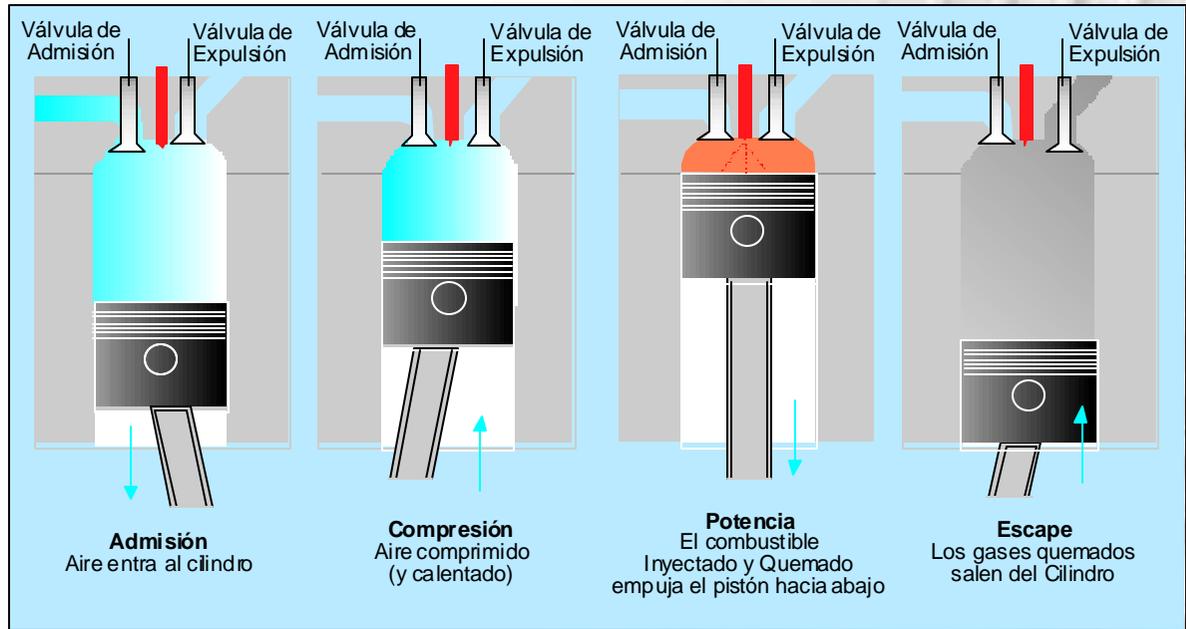
El combustible inyectado vaporiza muy rápidamente y se quema en el aire caliente comprimido. Los gases producidos empujan el pistón hacia abajo para su tercer tiempo (**de potencia**). En

el cuarto y último tiempo hacia arriba, una válvula de escape se abre y el pistón fuerza la salida de gases del cilindro (**escape**). El ciclo se repite constantemente para mantener el motor en funcionamiento.





Motores





Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

OPERACION DE LAS VALVULAS EN UN MOTOR DIESEL DE CUATRO TIEMPOS

El mecanismo que abre y cierra las válvulas de entrada y salida es conocido como tren de válvulas.

En el motor convencional las válvulas son operadas por un mecanismo accionado por un **árbol de levas** movido por el cigüeñal.

El árbol de levas está normalmente colocado a lo largo del bloque del cilindro, operando los elevadores de las válvulas, las levas al girar mueven los brazos arqueados (balancines) que abren las válvulas.

Las válvulas son cerradas por la acción de los resortes. En un arreglo alternativo, las levas en un **árbol de levas superior** actúan directamente sobre las válvulas operadas con resortes.

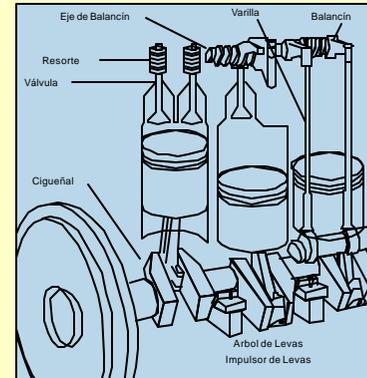
En algunos motores, las válvulas son operadas hidráulicamente.

Inyección de combustible

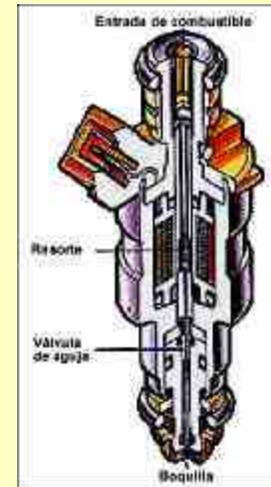
El equipo de inyección de combustible de un motor diesel es construido a precisión para descargar, exactamente y en el tiempo correspondiente a un ciclo, cantidades estrictamente medidas de combustible conteniendo gólicas del tamaño ideal para una combustión eficiente.

El equipo consiste básicamente de una bomba y un inyector para cada cilindro. La descarga de combustible de la bomba a los inyectores es con-

trolada por un dispositivo de tiempo operado por el árbol de levas o un sistema de engranajes movido por el motor.



Operación de la válvula



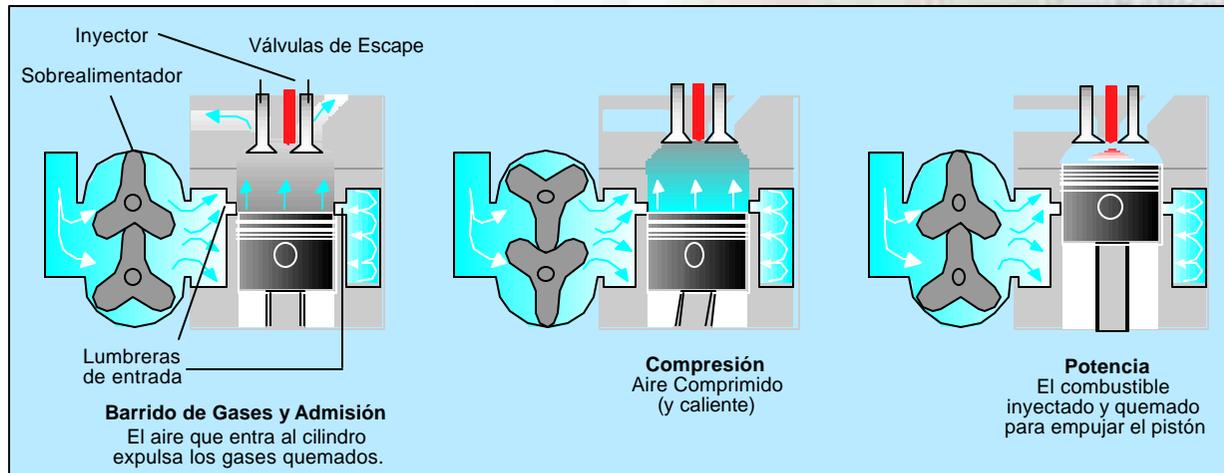
Inyector de combustible

EL MOTOR DIESEL DE DOS TIEMPOS

Un motor diesel de dos tiempos pasa por las mismas etapas de admisión, compresión, potencia y descarga de un motor de cuatro tiempos, pero todo este proceso tiene lugar durante un movimiento hacia arriba y hacia abajo del pistón.

Es conveniente empezar la descripción del ciclo de dos tiempos en el punto donde el pistón está cerca del fondo del cilindro. En este momento, las válvulas de descarga en la cabeza del cilindro se abren y las lumbreras de entrada en un

lado del cilindro quedan descubiertas. Una carga fresca de aire entra a través de las lumbreras y fuerza a los gases quemados a salir del cilindro (**barrido de gases y admisión**). A medida que el pistón retorna hacia arriba en el cilindro, las válvulas de descarga se cierran y las lumbreras de entrada son cubiertas, atrapando y comprimiendo el aire en el cilindro (**compresión**). Cerca del tope del tiempo de compresión, el combustible se inyecta en el cilindro y se quema. Los gases formados se expanden y fuerzan el pistón hacia abajo en el tiempo de potencia (**potencia**). El ciclo se repite sucesivamente.





Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

Más acerca de

MOTORES DIESEL DE DOS TIEMPOS

El motor de dos tiempos descrito anteriormente que tiene lumbreras de entrada y válvulas de descarga, se conoce como **motor de desplazamiento de gases en un solo sentido**, ya que el aire y los gases que salen pasan a través del cilindro. En otro tipo de motor de dos tiempos, se tienen compuertas de salida en vez de válvulas. Si estas compuertas de salida están situadas lateralmente en el cilindro, se dice que el motor es de **desplazamiento de gases transversal**. Si están localizadas en el mismo lado de las compuertas de descarga del cilindro, se dice que el motor es de **desplazamiento de gases circular**.

Comparación de los motores de dos y cuatro tiempos

Desempeño

Los motores de dos tiempos son más compactos que los motores de cuatro tiempos con la misma relación de potencia, dando una mejor relación de potencia de salida por peso. La relación de un motor de cuatro tiempos puede ser incrementada, aumentando su relación de compresión o su velocidad pero estas modificaciones tienden a incrementar los esfuerzos y el desgaste de los componentes del motor.

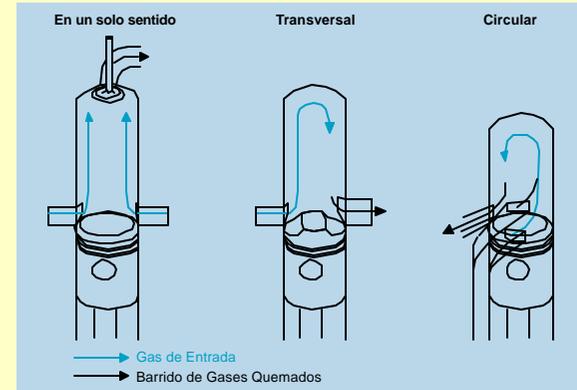
Consumo de Combustible

La combustión de un motor de cuatro tiempos es usualmente más eficiente que la de un motor de

dos tiempos, contribuyendo a un bajo consumo de combustible en el primero.

Consumo de lubricante

Un motor de dos tiempos tenderá a tener mayor consumo de aceite lubricante que el motor de cuatro tiempos. Esto es debido a las altas temperaturas que son generadas durante cada tiempo del ciclo de dos tiempos y esto promueve la degradación del aceite lubricante.





Motores

MOTORES TURBOCARGADOS

La potencia que puede ser desarrollada por un motor de combustión interna está limitada por la cantidad de combustible que puede ser quemado durante cada ciclo. Es relativamente fácil suplir más combustible a los cilindros pero este

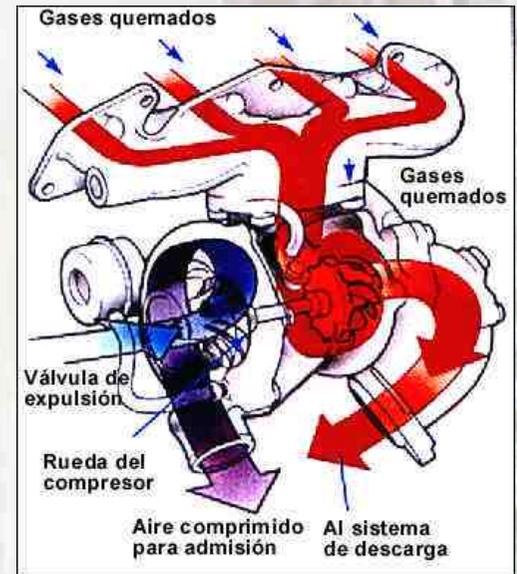
combustible extra debe estar igualado por un incremento en el suministro de aire para que sea quemado completamente y eficientemente.

La sobrecarga es una forma de incrementar la cantidad de aire en los cilindros de un motor, suministrándolo a alta presión, haciendo posible quemar más combustible.

El aire para la sobrecarga es suministrado por un soplador o compresor el cual puede ser movido por el mismo motor, por un motor separado o como en el método más frecuentemente usado, una turbina movida por los gases de salida del motor. Este último método de sobrecargar es conocido como **turbocarga**.

En el motor turbocargado, los gases de salida del motor son dirigidos directamente a una **turbina de gas**. Esta consiste esencialmente de un conjunto de aspas montadas alrededor de un eje. La presión de los gases sobre las aspas fuerzan al eje a rotar. La turbina gira a su vez empujando un compresor montado en el mismo eje, el cual produce aire comprimido y es alimentado a los cilindros del motor, permitiéndole quemar más combustible.

El motor turbocargado es altamente eficiente. Cuando se le inyecta mas combustible, la energía de los gases de salida se incrementa. Esto inmediatamente aumenta la salida de aire comprimido. Contrariamente, cuando se suministra menos combustible, la salida de aire comprimido disminuye. La salida de aire está ajustada a la demanda del motor en un amplio rango de velocidades.



Cómo trabaja un Turbocargador



Motores

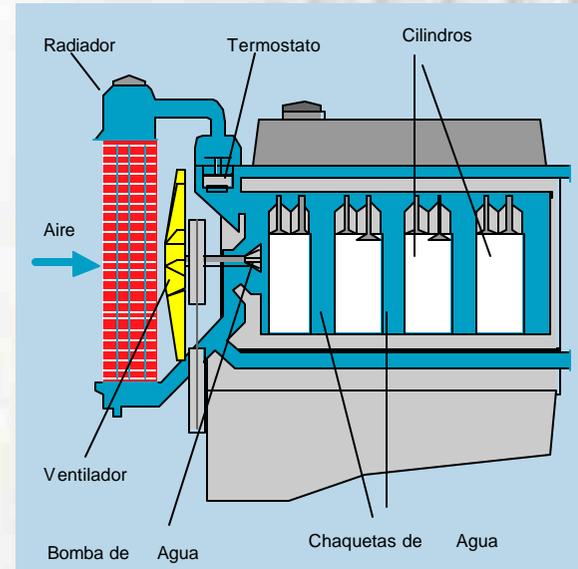
SISTEMAS DE REFRIGERACION DE UN MOTOR DIESEL

Solamente cerca de una cuarta parte de la energía producida por la combustión de combustible en un motor diesel es convertida en potencia. La parte restante es convertida en calor, el cual debe ser rápidamente removido del motor para prevenir el recalentamiento y su fundición. Parte del calor sale del motor en los gases de escape y el calor restante en el motor debe ser disipado por el sistema de refrigeración.

La mayoría de motores diesel son enfriados con agua. La cabeza del cilindro y el bloque contienen compartimientos a través de los cuales circula agua y a medida que lo hace absorbe el exceso de calor. El agua caliente pasa a través del radiador donde es enfriada antes de ser recirculada.

La refrigeración con aire es mucho más simple que la refrigeración con agua. Los motores diesel enfriados con aire tienen cilindros que están rodeados de unas aletas de refrigeración a lo largo de las cuales el aire es empujado por un soplador. Los motores enfriados por aire tienden a ser más ruidosos que los refrigerados por agua, pero son más compactos y fáciles de mantener. Estos se calientan más rápidamente lo que significa que son menos susceptibles al desgaste corrosivo debido a que hay menos posibilidad de que productos ácidos se depositen sobre las paredes del cilindro como producto de la combustión. También tienen la ventaja que no hay posibilidad de

congelamiento del refrigerante en climas fríos. Sin embargo, hay un límite en el tamaño del motor industrial que puede ser enfriado económica y satisfactoriamente por aire ya que grandes motores requieren grandes masas de aire para enfriarlos.



Refrigeración con agua



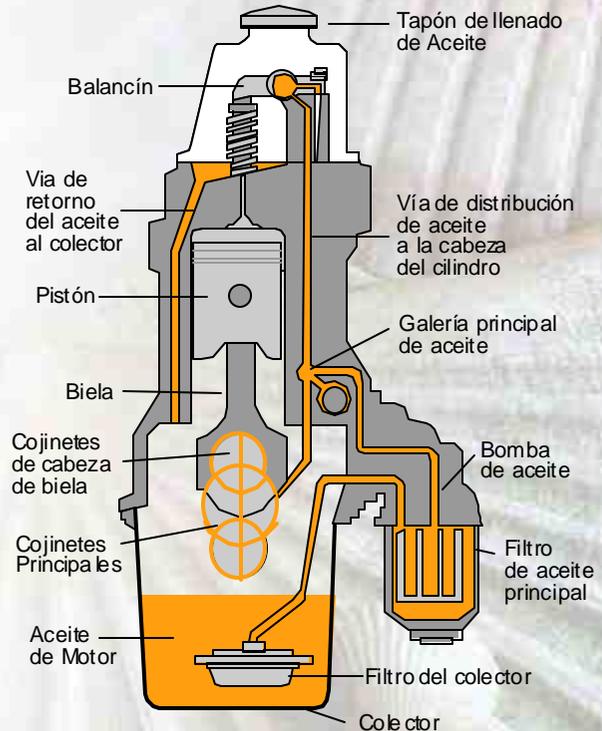
Motores

SISTEMAS DE LUBRICACION DE MOTORES DIESEL

El aceite circulante alrededor del motor diesel ayuda a remover algo del calor de la combustión, pero su principal función es reducir la fricción entre las partes móviles. El aceite lubricante es mantenido en un depósito o **cárter**, en la parte inferior del motor. Es bombeado desde el cárter, a través de filtros y conductos hacia:

Los **cojinetes principales** (los que soportan el cigüeñal), los **balancines** en la cabeza del cilindro (que operan las válvulas), las **cabezas de biela** (donde conectan la biela y el cigüeñal) y el **tren de válvulas**.

En la mayoría de los motores de tamaño pequeño a mediano, los anillos del pistón y las paredes del cilindro son lubricadas por salpique de aceite, por la rotación del cigüeñal. Muchos motores grandes tiene lubricadores separados para cada cilindro, los cuales proporcionan un suministro independiente de aceite para lubricar el movimiento recíprocante de los pistones en los cilindros. Después de este recorrido todo el aceite se devuelve al cárter de donde es recirculado.



Lubricación del motor diesel



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

MOTORES DIESEL DE BAJA, MEDIA Y ALTA VELOCIDAD

Los motores diesel pueden ser clasificados como de alta, media o baja velocidad

Motores de alta velocidad, tales como los usados para transporte terrestre, operan a velocidades de 1250 r.p.m. o más. Requieren combustibles de alta calidad y usualmente trabajan con combustibles altamente refinados con un contenido de azufre bajo.

Estos motores pueden ser de aspiración natural (que no son sobrecargados) o sobrecargados, y pueden ser de dos o cuatro tiempos. Tienen cilindros de hasta 250 mm de diámetro y tienen potencias de hasta 200 hp por cilindro.

Hay motores multicilindros con salidas de hasta 5000 hp disponibles en el mercado.

Los cilindros de motores de alta velocidad son normalmente lubricados por baño de aceite en el cigüeñal y por lubricación forzada en los pistones.

Los motores de velocidad media, tales como los usados en la generación de electricidad, son aquellos que operan a una velocidad entre 350 y 1250 r.p.m. Los motores más pequeños en esta categoría casi siempre operan con combustibles destilados de alta calidad. Combustibles un poco más pesados, con alto contenido de azufre, pueden ser usados en motores más grandes.

Los motores más nuevos de velocidad media son sobrecargados y generalmente de cuatro tiem-

pos. El tamaño de los cilindros y el rango de salida va desde los 225 mm de diámetro, con potencias desde 130 hp por cilindro, hasta

600 mm de diámetro desarrollando 1500 hp por cilindro. Existen grandes motores de velocidad media, en V, que producen potencias de salida superiores a los 30000 hp y poseen más de 20 cilindros.

Los motores de velocidad media más pequeños tienen sus cilindros lubricados por salpique del cigüeñal. Los motores más grandes tienen lubricadores separados por cilindro que suministran aceite adicional a las paredes de los cilindros.

Los motores de baja velocidad, tales como los usados para mover barcos, operan a velocidades por debajo de 350 r.p.m. Generalmente utilizan combustibles menos refinados que tienen contenidos de azufre de 3% o más.

Casi todos los motores de baja velocidad operan en ciclos de dos tiempos. Sus cilindros tienen diámetros que oscilan entre 700 mm y 1060 mm y tiene salidas de potencia para las máquinas más grandes, de 4500 hp por cilindro o de un total de 54000 hp para un motor de 12 cilindros.

Estos motores tienen lubricadores separados por cilindro y requieren aceites con alta reserva alcalina para controlar la corrosión de los anillos del pistón y cilindros que sería causada por los ácidos fuertes formados de la combustión de combustibles con alto contenido de azufre.



Motores

RESUMEN DE LA SECCION UNO

- El motor diesel y el motor a gasolina son motores de combustión interna del tipo conocido como de pistón recíprocante.
- Los motores contienen un número de cilindros en los cuales el combustible es quemado. La expansión de los gases de combustión es usada para empujar los pistones y suministrar así potencia.
- Los motores diesel son ampliamente usados en la industria y para mover el transporte terrestre, férreo y marino. Son más económicos en uso que los motores a gasolina ya que utilizan un combustible más económico y que man más eficientemente.
- En el motor diesel el aire entra al cilindro y es comprimido por un pistón y debido a esto se calienta. El combustible es inyectado enseguida. El combustible se quema en contacto con el aire comprimido caliente, los gases producidos empujan el pistón hacia abajo en el cilindro. El pistón está unido al cigüeñal el cual es girado.
- La mayoría de los motores diesel operan en un ciclo de cuatro tiempos en el cual la potencia es producida en uno de cada cuatro movimientos del pistón. Las etapas de este ciclo son: **Admisión** (cuando el aire entra al cilindro), **compresión** (cuando el aire es comprimido y calentado), **potencia** (cuando el combustible es inyectado y quemado para empujar el pistón hacia abajo) y **escape** (cuando los gases de la combustión son expulsados del cilindro).
- Los motores diesel de dos tiempos pasan por las mismas etapas de los motores de cuatro tiempos, pero tiene solamente un tiempo de compresión y potencia. La admisión y el escape tienen lugar al final del tiempo de potencia y son ayudados por el barrido del aire introducido al cilindro con un soplador.
- La potencia que desarrolla un motor diesel puede ser aumentada mediante la sobrecarga, que es el incremento de la cantidad de aire suministrado a los cilindros del motor. El método más frecuentemente usado es el del turbocargado, en donde los gases de escape del motor son usados para mover una turbina que a su vez, opera un compresor que suministra el aire al motor.
- Hasta tres cuartas partes de la energía producida por el motor diesel es convertida en calor en lugar de potencia. En la mayoría de los motores este calor es disipado por medio de un sistema de refrigeración con agua. Algunos motores más pequeños son refrigerados con aire.
- La mayoría de las partes móviles de un motor diesel son lubricadas con aceite el cual es bombeado alrededor del motor desde un depósito o cárter de aceite. En algunos motores, el movimiento de los pistones en los cilindros es lubricado mediante el salpicado de aceite desde el cárter.



Motores

SECCION DOS **LA LUBRICACION DE LOS MOTORES** **DIESEL**

Cuando haya estudiado la información clave de esta sección usted será capaz de.

- Enumerar las funciones más importantes que debe llevar a cabo un lubricante para motores diesel.
- Explicar el significado de las siguientes propiedades de los lubricantes de motores diesel:
 - Viscosidad.
 - Índice de viscosidad.
 - Propiedades de flujo a bajas temperaturas.
 - Estabilidad a la oxidación.
 - Estabilidad térmica.
 - Resistencia a la corrosión.
 - Propiedades antidesgaste.
 - Detergencia y dispersancia.
 - Resistencia a la formación de espuma.
- Resumir cómo las anteriores propiedades pueden ser mejoradas en un lubricante para motores diesel.
- Describir cómo los sistemas API y ACEA (anteriormente CCMC) clasifican las calidades de desempeño de los aceites para motores diesel y explican su significado.





Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

LAS FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES PARA MOTORES DIESEL

Un lubricante para motores diesel está diseñado para prolongar la vida del motor y reducir los costos operacionales. Este lleva a cabo varias funciones:

Lubricación: aún el motor más eficientemente lubricado gasta casi el 20% de su potencia de salida en sobrellevar la fricción. La función más importante de un lubricante para motores diesel es por lo tanto reducir la fricción entre las partes móviles a un mínimo absoluto. El lubricante debe ser capaz de proveer una película efectiva entre los anillos del pistón y las camisas del cilindro, entre las superficies móviles en el tren de válvulas, en las conexiones de la biela y los cojinetes del cigüeñal y si es turbocargado también en sus cojinetes.

Refrigeración: la mayoría del calor generado por un motor diesel se pierde en los gases de escape y mucho del que queda es transferido al sistema de refrigeración. Sin embargo, casi un 5 al 10% de la energía generada por la combustión de combustible es trasladada al lubricante del motor, el cual, debe ser por lo tanto un refrigerante eficiente.

Sellado: presiones de hasta 50 bar, que es 50 veces la presión atmosférica, son generadas en los cilindros durante el tiempo de compresión de algunos motores diesel. Aún, presiones más ele-

vadas por encima de 70 bar, pueden ser alcanzadas durante las etapas iniciales del tiempo de potencia. Con el fin de mantener la potencia, el lubricante debe proveer un sello efectivo entre el pistón y las paredes del cilindro y evitar que haya fuga de gases por este espacio.

Proteger contra la corrosión: los productos de la combustión de combustibles pueden ser corrosivos, particularmente a las altas temperaturas generadas en el interior del motor diesel. El lubricante debe ser capaz de prevenir la corrosión de los metales del motor.

Mantener la limpieza: el hollín y otros materiales insolubles se pueden acumular en el aceite del motor como resultado de una combustión incompleta de combustible. Contaminantes sólidos se pueden formar como resultado del desgaste y la corrosión. Estas partículas pueden causar desgaste, bloqueo de filtros de aceite y conductos de lubricación y llegar a depositarse en las superficies de trabajo para impedir su libre movimiento. Un aceite para motores diesel debe ayudar a mantener los contaminantes lejos de las superficies lubricadas. Esto se puede hacer manteniendo los contaminantes sólidos en suspensión, impidiendo que se agrupen y se depositen como lodos.

Los lubricantes de motores diesel modernos son sustancias complejas. Están basados en aceites minerales altamente refinados y por razones que aclararemos más adelante contienen hasta un 20% en aditivos.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

LAS PROPIEDADES REQUERIDAS PARA LUBRICANTES DE MOTORES DIESEL

Las funciones de un lubricante para motores diesel se llevan a cabo en un ambiente extremadamente hostil, frecuentemente por períodos prolongados. En un motor trabajando, el aceite en el cárter puede alcanzar temperaturas de hasta 100 °C y es constantemente agitado y mezclado con aire agua y otros contaminantes. En los anillos del pistón, se espera que el aceite lubrique eficientemente el movimiento deslizante a temperaturas cercanas a los 300 °C. Cualquier aceite que entra en la cámara de combustión está expuesto a temperaturas, aún, más elevadas. El lubricante también debe soportar las cargas pesadas transportadas por los cojinetes de cabeza de biela, y por las levas y seguidores que regulan la apertura y cierre de las válvulas de entrada y salida. Si un lubricante para motores diesel es apto para desempeñar apropiadamente sus funciones, bajo estas condiciones tan severas, debe poseer las siguientes propiedades.

Viscosidad

La viscosidad de un aceite para motor, que es su resistencia a fluir, es su propiedad más importante. El aceite debe ser lo suficientemente viscoso para mantener una adecuada película de lubricación a las velocidades, cargas y temperaturas a las que opera el motor. También debe proveer un sello efectivo entre los anillos del pistón y las camisas de los cilindros. De otro lado, el aceite no debe ser tan viscoso que cause arrastre excesivo,

reduciendo la potencia de salida e incrementando el consumo de combustible.

Indice de viscosidad

La viscosidad de un aceite disminuye a medida que la temperatura se incrementa. La medida de este cambio puede ser expresada en términos del índice de viscosidad del aceite, como se describió en el Módulo Uno. Los aceites que tienen un alto índice de viscosidad muestran menor variación de la viscosidad con la temperatura que aquellos con bajo índice de viscosidad.

La mayoría de los aceites para motores diesel multigrados contienen aditivos, conocidos como **mejoradores del índice de viscosidad**, los cuales incrementan su índice de viscosidad. Estos aceites son lo suficientemente delgados a bajas temperaturas para minimizar el arrastre viscoso cuando se arranca en frío. Al mismo tiempo, son lo suficientemente viscosos a las temperaturas de operación del motor para proporcionar una película de aceite que da una efectiva lubricación y sellado.

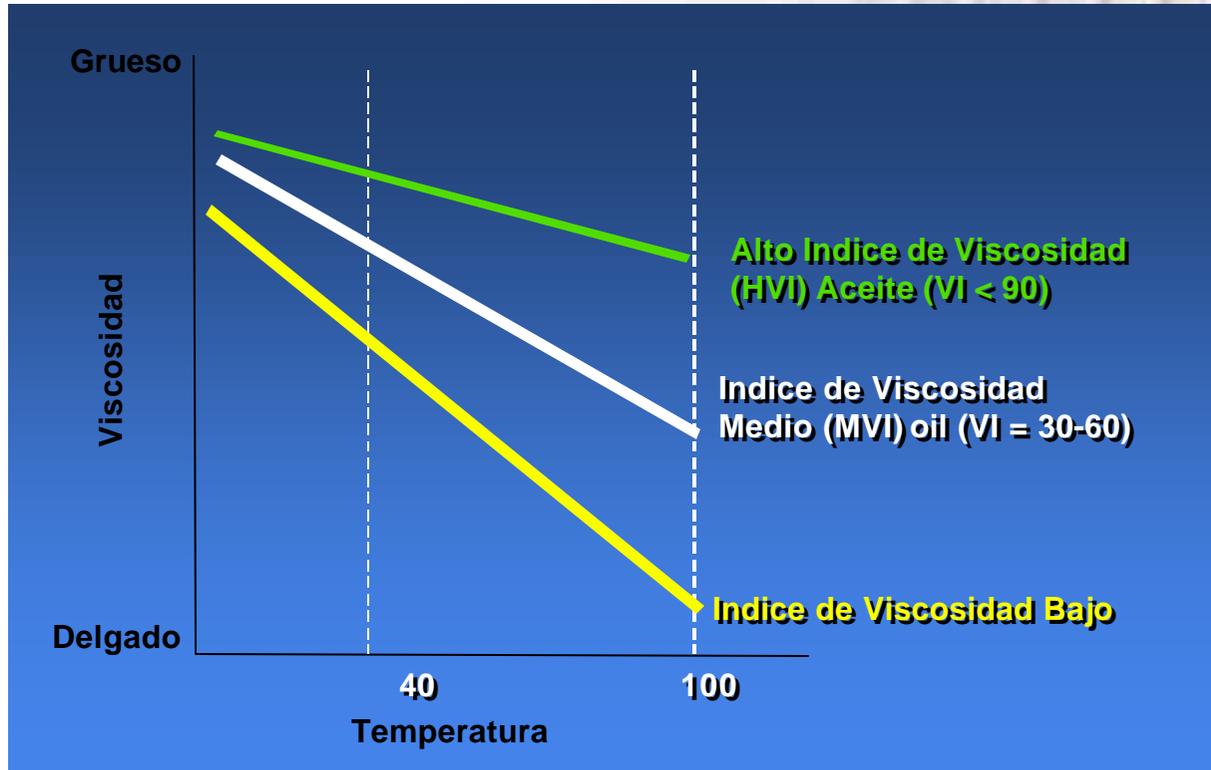
Sin embargo, este tipo de aditivo puede deteriorarse debido al efecto de **cizallamiento** o trituración, que sufre en las pequeñísimas holguras de los cojinetes del motor y que puede romper las moléculas grandes del aditivo, desmenuzándolo. Cuando estos aditivos se deterioran, la viscosidad del aceite varía más con la temperatura.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos





Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

GRADOS DE VISCOSIDAD

Las viscosidades de los aceites para motores diesel están normalmente especificadas por los grados SAE de acuerdo con el sistema creado por la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices. Como se explicó en el Módulo Uno algunos de estos grados están basados en las medidas de viscosidad realizadas a 100 °C mientras los otros, los llamados grados W, están basados en las medidas de viscosidad efectuadas a temperaturas que oscilan entre -5 y -30 °C. Los métodos usados para medir las viscosidades a bajas y altas temperaturas son diferentes y sus valores son por lo tanto reportados en diferentes unidades.

Los aceites minerales puros tienden a satisfacer los requerimientos de solo un grado, ya sea grado de alta o baja temperatura. Estos son conocidos como aceites monógrados.

Los aceites que contienen mejoradores del índice de viscosidad, sin embargo pueden ser capaces de cumplir con los requerimientos de dos grados simultáneamente, uno a alta temperatura y otro a baja temperatura. Esta categoría de los llamados aceites multigrados incluyen muchos aceites para motores diesel muy populares.

Cuando el mejorador del índice de viscosidad sufre cizallamiento y se deteriora, su efectividad disminuye, de modo que un aceite 20W50 no tarda en verse reducido a 20W40, o incluso 20W30. Shell Research ha encontrado un tipo de mejorador de I.V. mucho más fuerte, que se utiliza en los aceites multigrados Shell, los cuales

mantienen su grado SAE original, salvo en casos realmente excepcionales, porque el aditivo tiene mayor resistencia al cizallamiento.

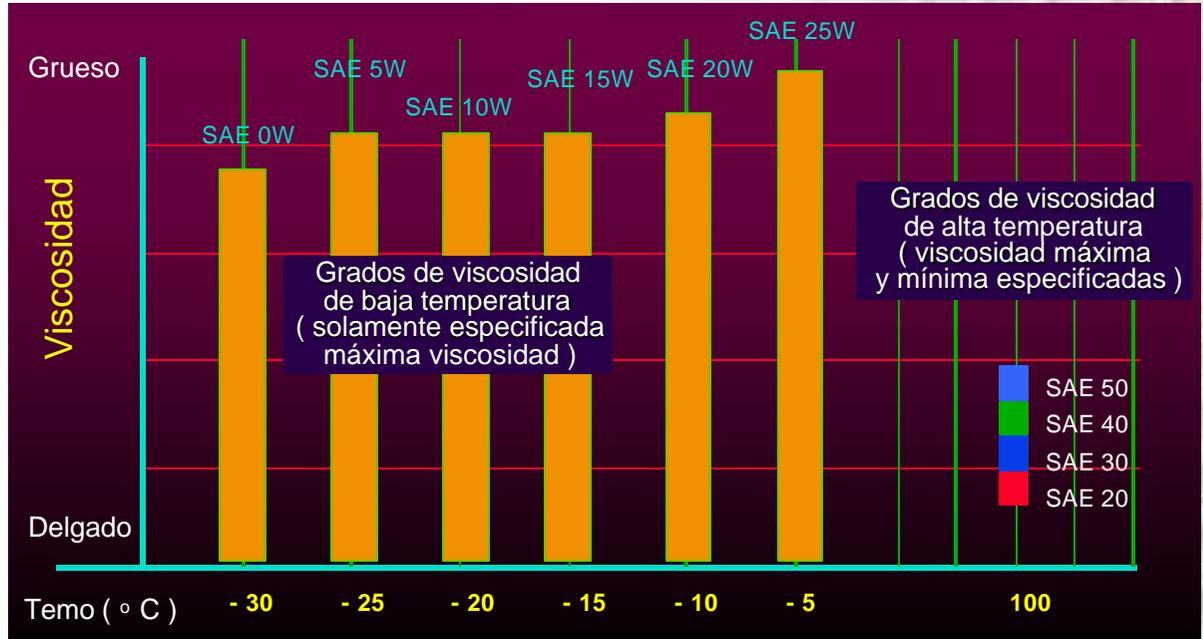
Propiedades de flujo a baja temperatura

Los aceites para motores diesel que son usados en ambientes fríos deben permanecer lo suficientemente fluidos a bajas temperaturas para circular alrededor de un sistema de lubricación tan pronto como el motor es arrancado. La viscosidad, la bombeabilidad y el punto de fluidez son factores importantes.

El punto de fluidez de un aceite es la temperatura más baja a la cual fluye. Los aceites para motores diesel pueden contener depresores del punto de fluidez, aditivos que bajan el punto de fluidez. En la práctica, un aceite no puede ser usado cuando la temperatura ambiente es menor de 10°C por encima de su punto de fluidez. Es importante anotar que el punto de fluidez de un aceite en uso puede volverse mayor que el de un aceite sin usar debido al desgaste normal y la presencia de residuos de combustible sin quemar.



Motores





Motores

Estabilidad a la oxidación

Cuando un aceite mineral es calentado en presencia de oxígeno, se oscurece y se espesa. Estos cambios son una consecuencia de la oxidación del aceite al formar ácidos orgánicos, lacas adhesivas y lodos. Los cambios son acelerados por las altas temperaturas y por la presencia de humedad, metales y productos de la descomposición del combustible y de todo lo que se puede encontrar en un motor diesel típico. Los efectos de la oxidación son altamente indeseables; los ácidos pueden causar corrosión, las lacas incrementan la fricción y pueden causar pegamiento de los anillos del pistón, mientras el lodo reduce las propiedades lubricantes del aceite y puede bloquear los filtros y los conductos de circulación del aceite.

La habilidad de un aceite para motores diesel de resistir la oxidación, su estabilidad a la oxidación, está determinada en gran magnitud por la calidad de los aceites crudos de donde es obtenido y por los procesos de refinación por los que pasa.

La estabilidad a la oxidación puede ser mejorada con la incorporación de los antioxidantes, aditivos que bloquean las reacciones de oxidación. Claramente, los aceites con un alto grado de estabilidad a la oxidación permanecerán mas tiempo en servicio.

Estabilidad Térmica

Todos los lubricantes se descomponen si son calentados a una temperatura suficientemente alta, aún en la ausencia de oxígeno. Los aceites minerales altamente refinados son relativamente estables al calor pero su estabilidad térmica no puede ser mejorada con el uso de aditivos.

Sin embargo, el uso de tipos o cantidades inapropiadas de aditivos pueden reducir la estabilidad térmica de un aceite y dar por resultado la formación de depósitos en los motores que operan a altas temperaturas.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

Resistencia a la corrosión

Cuando el combustible diesel es quemado, se producen grandes cantidades de agua, cada litro de combustible produce más de un litro de agua. También se producen ácidos fuertes especialmente, si el combustible tiene un alto contenido de azufre. Los ácidos son igualmente formados si el aceite lubricante está extremadamente oxidado. Estos subproductos pueden ser altamente corrosivos y pueden atacar los componentes del motor.

Los aceites para motores diesel son formulados para proteger contra la corrosión, particularmente la causada por los ácidos. Estos contienen **inhibidores de corrosión**, frecuentemente metales que contienen detergentes alcalinos, que son capaces de reaccionar y neutralizar los ácidos nocivos a medida que se forman.

La reserva de materiales alcalinos en un aceite puede ser expresada en términos del **Número Base Total (TBN)** del aceite. Esta medida da una indicación de la habilidad del aceite para neutralizar los ácidos fuertes y proteger contra la corrosión causada por ellos.

Propiedades Antidesgaste

Cuando los componentes de un motor diesel están sometidos a altas cargas, las películas lubricantes entre las superficies adyacentes móviles pueden romperse y el contacto directo metal-metal puede ocurrir. Esta situación, la cual genera un incremento en la fricción y el desgaste, es muy probable que ocurra entre los anillos del pistón y las camisas del cilindro de motores grandes de pistón rígido, de alta potencia y en los trenes de válvulas de motores pequeños de alta velocidad. Esto puede ser evitado usando aceites que contienen aditivos **antidesgaste** o de **extrema presión**. Estos aditivos forman una película química sobre las superficies en contacto la cual las protege y les ayudan a soportar altas cargas.



Motores

Detergencia y dispersancia

La mayoría de los aceites para motores diesel contienen **detergentes** y **dispersantes** para mantener la limpieza y por lo tanto su desempeño, restringiendo la formación de depósitos sólidos, lacas y barnices.

Los detergentes ayudan a controlar el crecimiento de depósitos dañinos durante el proceso de combustión. Además, algunos detergentes son altamente alcalinos y son capaces de actuar como inhibidores de corrosión neutralizando los ácidos fuertes formados

durante la combustión de combustibles que contienen azufre. Los dispersantes mantienen el hollín y otros contaminantes en suspensión en el aceite y evitan que se aglomeren. Esto ayuda a prevenir el crecimiento de depósitos durante las operaciones a alta y baja temperatura en áreas del motor como el cárter, las válvulas y las partes de refrigeración en los pistones.

Resistencia a la espuma

Cuando un aceite para motor diesel es agitado, como sucede en el cárter, tiende a formar espuma especialmente si contiene ciertos contaminantes. La espuma en exceso puede promover la oxidación y puede llevar al rebosamiento y a la pérdida de aceite a través de los orificios de venteo. Algo más serio, puede ocasionar que la bomba de aceite funcione inapropiadamente y puede causar que las películas lubricantes se rompan. La espuma puede ser reducida adicionando **agentes antiespumantes** al aceite. Estos aditivos son particularmente útiles en pequeños motores diesel de alta velocidad donde la agitación puede ser severa.



Motores

ESPECIFICACIONES DE LOS ACEITES PARA MOTORES DIESEL

Hay dos sistemas de clasificación de uso general para describir las calidades de desempeño de los aceites para motores diesel. Estos sistemas deben servir como una guía de selección del lubricante apropiado para cumplir con las condiciones del motor. Es importante tener en cuenta que estos sistemas solo especifican los requerimientos mínimos que un aceite debe satisfacer para ajustarse a una clasificación particular. Dos aceites en la misma categoría pueden diferir ampliamente en calidad.

Clasificaciones API de Servicio para Motores

El **Instituto Americano del Petróleo** ha diseñado un sistema que clasifica los aceites de acuerdo a su desempeño en ciertas pruebas preestablecidas. Este proporciona un medio de identificar los requerimientos de servicio con el desempeño de los aceites.

Clasificación API para motores diesel HD (trabajo pesado)

CA - para motores diesel de trabajo liviano (obsoleto). El aceite diseñado para este servicio provee protección contra la corrosión de cojinetes y contra los depósitos de alta temperatura en motores naturalmente aspirados cuando se utilizan combustibles de alta calidad.

CB - para motores diesel de trabajo moderado

(obsoleto). Los aceites diseñados para este servicio suministran la protección necesaria contra la corrosión de los cojinetes y de los depósitos de alta temperatura en motores diesel naturalmente aspirados con combustibles de alto contenido de azufre.

CC - para motores diesel de trabajo moderado y motores a gasolina (es obsoleto pero puede encontrarse en uso todavía en motores aspirados naturalmente). Los aceites diseñados para este servicio protegen contra los depósitos de alta temperatura en motores diesel ligeramente sobrecargados y también de la herrumbre, la corrosión y los depósitos a baja temperatura en motores a gasolina.

CD - para motores diesel de trabajo severo.

Los aceites diseñados para este servicio fueron introducidos para proteger contra la corrosión y los depósitos de alta temperatura en motores diesel sobrecargados cuando utilizan combustibles de una gran variedad de calidades.

CD II - servicio severo para motores diesel de dos tiempos. Aceite que cumple los requerimientos de Detroit Diesel para motores diesel de dos tiempos y de Caterpillar para motores de cuatro tiempos.

CE - para motores diesel turbo y sobrecargados que operan en condiciones de baja velocidad, alta carga y alta velocidad, baja carga. El consumo de aceite, el control de depósitos, el espesamiento de aceite y la corrosión de cojinetes son evaluados.



Motores

CF - especificación diseñada para motores con pre-cámara de combustión, utilizando combustibles de alto contenido de azufre.

CF-4 - especificación diseñada para motores diesel de cuatro tiempos. Servicio severo para motores diesel de inyección directa, utilizando combustibles de alto contenido de azufre.

CF-2 - especificación de servicio para motores diesel de dos tiempos sometidos a trabajo pesado que requieren control altamente efectivo frente al barrido y la formación de depósitos en cilindros y flanco de anillo. Cumple con los máximos requerimientos de Detroit Diesel para motores diesel de dos tiempos con diseño posterior al año 1994.

CG-4 - especificación de servicio para motores diesel de cuatro tiempos y de altas velocidades que operan bajo condiciones de trabajo pesado tanto sobre carretera como fuera de carretera y que adicionalmente al diesel tradicional pueden operar con combustibles que tienen niveles de contenido de azufre menores al 0.05%. Cumple con los máximos requerimientos de los motores diesel de cuatro tiempos con diseño posterior e inclusive al año de 1994.

CH-4 - especificación de servicio para motores diesel de cuatro tiempos y de altas velocidades que operan bajo condiciones de trabajo extra pesado tanto sobre carretera como fuera de carretera y que adicional al diesel tradicional pueden operar con combustibles que tienen niveles de contenido de azufre menores al 0.05% pro-

porcionando un mayor control frente a la formación de depósitos de pistón típicos a altas temperaturas, al desgaste, la corrosión, la espuma, la estabilidad a la oxidación, acumulación de hollín y emisiones al medio ambiente. Cumple con los máximos requerimientos de los motores diesel de cuatro tiempos con diseño posterior e inclusive al año de 1999.

Especificaciones de desempeño ACEA (anteriormente CCMC)

La ACEA es un organismo que administra estándares para los requerimientos de calidad de los aceites usados en motores de fabricantes Europeos (como se estableció por el anterior CCMC Comité de Constructores del Mercado Común). Este especifica los estándares mínimos de desempeño que deben ser alcanzados en varias pruebas tales como la estabilidad al corte, la compatibilidad con sellos, limpieza del pistón, desgaste de los anillos y camisas y espesor del aceite. Las más recientes de las especificaciones para motores diesel son las clasificaciones **D4** y **D5** las cuales describen los aceites adecuados para motores turboalimentados de altas relaciones de turboalimentación.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

CLASIFICACION API* DE ACEITES PARA MOTOR A GASOLINA

Clasificación API *	Tipo de servicio	Características del aceite
SE	Servicio típico para motores a gasolina fabricados a partir del año 1972. (incluye algunos de 1971). (obsoleta)	Aceite formulado para ofrecer una óptima protección contra la formación de depósitos a bajas y altas temperaturas, la corrosión, la herrumbre, así como la oxidación del aceite. Puede ser utilizados también donde se recomiendan aceites de servicio API "SD" o "SC".
SF	Servicio típico para motores a gasolina en vehículos de pasajeros y algunos camiones livianos fabricados a partir de 1980	Los aceites diseñados para este servicio brindan protección superior frente a la oxidación del aceite y el desgaste, que los ofrecidos por los aceites que cumplen la categoría de servicio SE. También proveen protección a la formación de depósitos, la herrumbre y la corrosión. Los aceites que cumplen la categoría de servicio API "SE" "SD" o "SC" sean recomendadas.
SG	Servicio típico para motores a gasolina en vehículos de pasajeros y algunos camiones livianos fabricados a partir de 1988	Los aceites diseñados para servicio brindan excelente protección frente a la oxidación del aceite, desgaste del motor y formación de lodos. También proveen protección contra la herrumbre y la corrosión.
SH	Reune los requerimientos de garantía para vehículos modelo 1994 y más recientes	Mejora el control de depósitos, oxidación del aceite, desgaste, herrumbre y corrosión. Los aceites que cumplen la categoría de servicio API "SH" pueden usarse donde la categoría API para motores de gasolina sea recomendada.
SJ	Esta categoría de servicio está diseñada para atender los requerimientos de los motores a gasolina que equipan los vehículos posteriores a 1.996	Esta clasificación también es usada en reemplazo de las clasificaciones anteriores SH,SG para lubricar motores cuatro tiempos a gasolina de anteriores años de fabricación. Adicional y respecto a la clasificación SH mejora el control en el sistema de emisiones, volatilidad y economía de combustible, esto último para los grados SAE 0W30, 5W30 y 10W30 según especificación ILSAC GF-2. ILSAC GF-2 cumple clasificación API SJ pero API SJ no necesariamente cumple ILSAC GF-2.
SK	Categoría de servicio diseñada para atender los requerimientos de los motores cuatro tiempos a gasolina que equipan los vehículos de fabricación posterior al año 2.000.	Adicional y respecto a la clasificación SJ mejora el control respecto a mayores niveles de desempeño, menores emisiones, menor volatilidad y mayor economía de combustible en motores sobre vehículos para los que se haya recomendado el uso de aceites que también cumplan ILSAC GF-3. ILSAC GF-3 cumpliría clasificación API SK pero API SK no necesariamente cumpliría ILSAC GF-3.



Motores

PRUEBAS DE MOTOR DETERMINAN CALIDAD DE ACEITES		
Propiedad	Función	Prueba de Motor Que determina propiedad
Dispersante	<ul style="list-style-type: none"> • Detergencia diesel • Control de barniz y lodos • Control de depósitos a altas temperaturas 	1-H2 ó 1-G2, 1K, 1N T6 VE, VE1, IIIE T7, T8 L-38 NTC400 TEOST, Filtrabilidad
Detergentes Metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • Detergencia diesel • Control de desgaste de cilindro y anillo • Inhibición de herrumbre 	1K, NTC400, 1N T6, T7, T8 BRT (Bail Rust Test) Bench Corrosion IIIF
Antioxidante	<ul style="list-style-type: none"> • Control de oxidación 	
Agentes Antidesgaste	<ul style="list-style-type: none"> • Control de desgaste de anillos/cilindros y tren de válvulas • Control de desgaste y corrosión de cojinetes 	III E, VE, secuencia VIA (KA24E), VG CRC L-38, secuencia VIII
Modificadores de Fricción Mejoradores de Viscosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Economía de combustible • Economía de aceite • Viscosidad a alta temperatura 	Secuencia VI, secuencia VIB Noack, volatilidad 6V53T (6V92T)
	<ul style="list-style-type: none"> • Poder Dispersante 	VE, VG, IIIF 1K, T6, T7, NTC400, T8, 1N HTH5
	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad del aditivo 	
Desempeño General	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción emisiones • Prolongación servicio • Protección del sistema de control de emisiones 	Noack, punto de chispa, volatilidad, contenido de fósforo Espuma, filtrabilidad, Bombeabilidad, IIIF OPEST



ENSAYOS HABITUALES

GASOLINA

Oldsmobile	BRT	Inhibición de herrumbre
Buick	IIIF	Control de oxidación y desgaste
Ford	VG	Control de barniz y lodos
Labeco	L-38	Cojinetes de biela - Control corrosión
Buick	VI	Economía de combustible
Labeco	VIII	Cojinetes de biela, tren de válvulas - Control corrosión
Ford	OPEST	Protección al sistema de control de emisiones
Peuggot	MHT TEOST	Control depósitos y desgaste
Ford	VIB	Economía de combustible
Nissan	IVA	Desgaste tren de válvulas
AAMA	BRT	Protección contra herrumbre y corrosión

DIESEL MONOCILINDRICO:

Caterpillar	1-H2	Detergencia diesel
Caterpillar	1-G2	Detergencia diesel
Caterpillar	1-K	Detergencia diesel/consumo aceite
Caterpillar	1-M - PC	Detergencia diesel/consumo aceite
Caterpillar	1-N	Detergencia /consumo aceite

DIESEL MULTICILINDRICO:

Mack	T-6	Control de depósitos
Mack	T-7	Aumento de viscosidad
Mack	T-8	Aumento de viscosidad, filtrabilidad, consumo aceite
Cummins	NTC 400	Consumo aceite
Detroit Diesel	6V92TA	Control de depósitos y pulido de camisa
GM Powertrain	6.2L	Control de desgaste



Más acerca de

LAS PRUEBAS DE MOTOR

BRT (Ball Rust Test)

- Determina la capacidad del lubricante para proteger el motor contra la formación de herrumbre y corrosión
- Simula viajes cortos en climas fríos
- La baja temperatura de operación induce una mayor condensación de humedad y vapores ácidos
- Jeringa de 20 c.c. que contiene una bola metálica suspendida en 10 c.c. de aceite muestra so metida a agitación y a la adición de ácido acético en ratas de 0.19 ml./hr.

Costos aprox. US \$ 13.000

SECUENCIA IIIF

- Determina la capacidad del Lubricante para:
 - Evitar el aumento de viscosidad por oxidación a alta temperatura
 - Proteger contra el desgaste
 - Proteger contra la formación de barniz y lodo
- Simula condiciones de alta velocidad/alta temperatura/alta carga (ej: arrastre de trailer a alta velocidad)
- La alta temperatura induce una mayor oxidación del aceite

Costos aprox. US \$ 22.000



Más acerca de
LAS PRUEBAS DE MOTOR

SECUENCIA VG

- Reemplaza la secuencia VE en lo relativo a formulación de lodos y barnices
 - Determina la capacidad del lubricante para:
 - Evitar la formación de barnices y lodos que se producen en condiciones de parada y arranque VG
 - Simula tráfico combinado de ciudad y autopista VG
 - Las temperaturas bajas y medias estimulan la formación de lodos y barnices VG
 - La gasolina sin plomo hace más severa la formación de depósitos VG
- Costos aprox. US \$ 30.000

SECUENCIA VIII

- Determina la capacidad del lubricante para:
 - Evitar la corrosión de cojinetes
 - Evitar el aumento de viscosidad por oxidación a alta temperatura
 - Evitar la pérdida de viscosidad por cizallamiento del polímero en aceite multigrado (estabilidad al corte)
 - Simula condiciones de alta velocidad y alta temperatura
 - Se utiliza gasolina sin plomo
- Costos aprox. US \$ 8.000

SECUENCIA VI

- Mide el ahorro de combustible en un aceite de cárter para motor en relación con un aceite de referencia
 - La prueba se correlaciona 1.1 con prueba de vehículos con ciclo de manejo EPA 55/45
 - El procedimiento fue diseñado para simular el comportamiento esperado durante el manejo urbano/suburbano en clima moderado
- Costos aprox. US \$ 20.000



Más acerca de

LAS PRUEBAS DE MOTOR

CATERPILLAR 1-G2/1-H2

- Determina la capacidad del lubricante para:
 - Evitar la formación de depósito en la zona de los anillos
 - Evitar la formación de depósito en el pistón
 - Proteger contra el desgaste
- Prueba 1-G2
Simula condiciones de:
 - Alta velocidad
 - Sobrealimentación alta
 - Carga pesada
- Prueba 1-H2
Simula condiciones de:
 - Alta velocidad
 - Sobrealimentación moderada
 - Carga mediana

Costos aprox. US \$ 20.000

CATERPILLAR 1-N

- Determina la capacidad del lubricante para:
 - Evitar la formación de depósito en:
 - + Zona de anillos (entre 3° y 4°)
 - + 3° ranura(Causantes de pegamiento y fatiga que resultan en aumento de consumo de aceite)
 - Evitar la formación de depósito en el pistón
 - Proteger contra el desgaste
- Simula condiciones de:
 - Alta velocidad
 - Motor super-alimentado

Costos aprox. US \$ 22.000



Más acerca de
LAS PRUEBAS DE MOTOR

MACK T-6

- Determina la capacidad del lubricante para:
 - Controlar el consumo de aceite
 - Controlar los depósitos en el pistón
 - Proteger contra el desgaste de los anillos
 - Proteger contra el atascamiento de anillos
 - Controlar el aumento de la viscosidad
 - Simula condiciones de velocidad variable y muy alta carga con temperaturas moderadamente altas
 - La alta carga y alta temperatura hacen más severa la formación de depósitos
- Costos aprox. US \$ 61.000

MACK T-7

- Evalúa la capacidad del aceite para evitar el aumento de viscosidad debido a la aglomeración de hollín
 - Simula condiciones de parada y arranque, a carga baja y mediana
- Costos aprox. US \$ 17.000

MACK T-8

- Evalúa la capacidad del aceite a resistir el aumento de viscosidad y taponamiento de filtros a causa del hollín
 - Economía en el consumo de aceite
- Costos aprox. US \$ 17.000



Más acerca de

LAS PRUEBAS DE MOTOR

CUMMINS NTC-400

- Determina la capacidad del lubricante para:
 - Controlar y mantener bajo consumo de aceite
 - Controlar los depósitos del pistón
- Simula condiciones muy severas de alta velocidad, alta carga y alta temperatura

Costos aprox. US \$ 17.000

DETROIT DIESEL 6V92TA

- Prueba de motor diesel de dos tiempos para determinar la capacidad del lubricante para:
 - Controlar la formación de depósitos en el pistón
 - Evitar el desgaste de anillos y camisas
- Simula ciclos de alta carga, alta velocidad y marcha en vacío
- Condiciones de operación típica de equipos bélicos terrestres

Costos aprox. US \$ 50.000



Motores

RESUMEN DE LA SECCION DOS

- Los lubricantes de los motores diesel deben lubricar, refrigerar, sellar, proteger contra la corrosión y mantener la limpieza. Estas funciones se llevan a cabo en un ambiente extremadamente hostil.
 - La propiedad más importante requerida de un lubricante para motores diesel es una viscosidad adecuada. El lubricante debe ser lo suficientemente viscoso para proporcionar una lubricación efectiva y una película sellante, y no tan viscoso que disminuya la eficiencia del motor.
 - Un lubricante para motores diesel debe tener un índice de viscosidad apropiado para asegurar que la viscosidad permanezca dentro de los límites aceptables a la más baja y la más alta temperatura a la cual operan los motores. Muchos de los aceites para motores diesel son aceites multigrados con alto índice de viscosidad.
 - Los motores diesel que son usados en ambientes fríos deben ser lubricados con un aceite con buenas características de viscosidad a bajas temperaturas y un bajo punto de fluidez.
- Otras características importantes que un lubricante para motores diesel debe tener son:
 - Estabilidad térmica y a la oxidación, para minimizar la degradación con la formación de ácidos, lodos y lacas.
 - Propiedades anticorrosivas, para proteger el motor de la acción de los ácidos formados por la combustión de combustibles y la oxidación del lubricante.
 - Propiedades antidesgaste, para minimizar el desgaste mecánico.
 - Detergencia y dispersancia, para mantener limpio el motor.
 - Propiedades antiespuma.
 - La API (en los USA) y la ACEA (anterior CCMC en Europa) administran los sistemas con los cuales se regulan las calidades de desempeño de los aceites para motores diesel y gasolina de automotores. Estos sistemas solamente especifican los requerimientos **mínimos** con los cuales un aceite debe cumplir.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

SECCION TRES LUBRICACION DE LOS MOTORES DE DOS TIEMPOS

Características: El motor de gasolina de dos tiempos no tiene árbol de levas, taqués, válvulas, etc., por carecer del mecanismo de distribución.

El cárter hace las veces de cámara bomba, la cual aspira la mezcla de gasolina y aire del carburador y la envía hacia los cilindros donde se produce la combustión. En el cárter se realiza una primera compresión de la mezcla.

El cilindro tiene tres lumbreras que son:

Lumbrera de escape, por la que salen los gases quemados, **lumbrera de carga de gases** en el cilindro y **lumbrera de admisión**, por la que la mezcla del carburador llega al motor y entra al cárter. Los gases frescos al entrar al cilindro ayudan a salir a los gases quemados en la explosión, esta operación es conocida como barrido y es muy importante en este tipo de motores.

Funcionamiento

El motor a gasolina de dos tiempos funciona en forma similar al motor diesel de dos tiempos (pág. 11), pero en el motor a gasolina se comprime la mezcla aire, gasolina, aceite y la explosión ocurre mediante el salto de una chispa.

El diseño de los motores de dos tiempos incorpora cojinetes de bolas y de rodillos en el cigüeñal a

fin de reducir al mínimo la necesidad de lubricación y lo único que se requiere es una fina película de aceite en todo el motor.

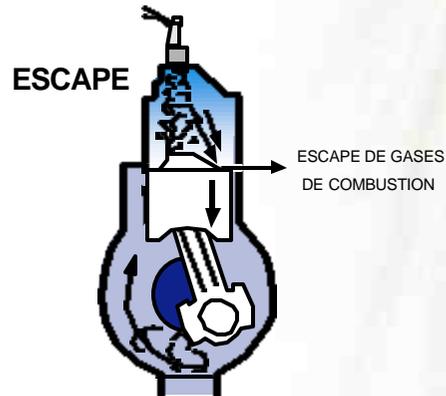
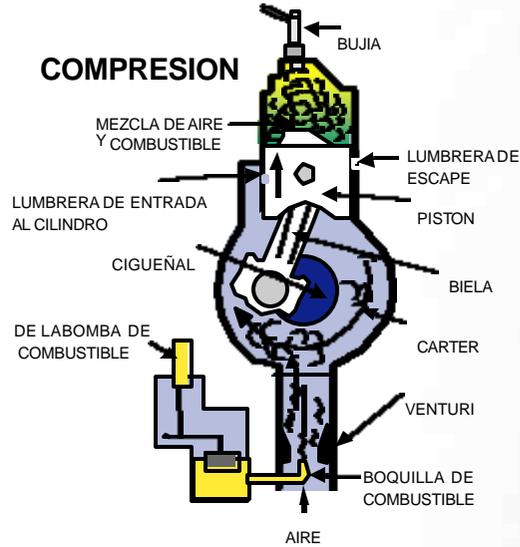




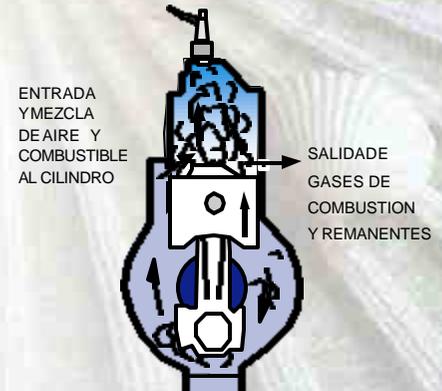
Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos



ENTRADA Y MEZCLA DE AIRE Y COMBUSTIBLE





Motores

Sistema de lubricación

El aceite se mezcla con la gasolina y se introduce en el cárter durante la aspiración. Al detenerse repentinamente los gases (al llenarse el cárter), partículas de aceite se precipitan en el cárter; una vez que la mezcla de gasolina y aire entra en el motor caliente, la mayor parte de la gasolina se evapora, dejando en las superficies internas una película rica en aceite que va a lubricar los cojinetes y demás órganos en movimiento, al cilindro, pasa en la mezcla la parte necesaria para la lubricación de su pared superior.

Se puede añadir el aceite a la gasolina en el tanque de combustible, de tal forma que entre continuamente en el motor junto con el carburante. Sin embargo algunos motores modernos tienen un tanque de aceite de donde se le inyecta al motor directamente. De cualquier forma el aceite circula por todo el motor, pasando por la cámara de combustión y saliendo por el escape.

El tanque de aceite con inyección directa, tiene la ventaja de que su flujo se puede regular automática y continuamente de acuerdo con las necesidades del motor. Es decir, cuando el motor trabaja mucho, fluye más aceite con relación a la gasolina.

Gran parte de aceite es quemado en la cámara de combustión y es expulsado con los gases de escape. Los hidrocarburos no expulsados o no quemados adecuadamente pueden causar: Aumento de emisiones, alto consumo de aceite, depósitos y eventualmente falla del motor.

El aceite y el combustible deben estar bien mezclados antes de entrar al cilindro. Para asegurar una mezcla totalmente compatible con el combustible se utiliza un diluyente especial.

Las funciones de los lubricantes para motores a gasolina de dos tiempos

Los lubricantes para motores a gasolina de dos tiempos deben cumplir las siguientes funciones:

Lubricar los cojinetes

Refrigerar

Proteger contra:

- El desgaste
- El rayado
- El pegamiento de anillos
- Herrumbre
- Bloqueo de lumbreras
- Preignición



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

PROBLEMAS EN MOTORES DE DOS TIEMPOS

A continuación veremos los principales problemas que se pueden presentar en los motores a gasolina de dos tiempos:

El bloqueo de lumbreras, es ocasionado por la acumulación de carbón y cenizas alrededor de las aberturas de éstas. La obstrucción de lumbreras depende bastante del lubricante, de su nivel de dispersancia y de su tendencia a la formación de cenizas y carbón.

La **formación de depósitos en las bujías**, se debe a la acumulación de carbón y cenizas.

Las acumulaciones de carbón ocurren por bajas temperaturas de combustión y a condiciones ricas de combustible-aire-aceite. Las cenizas provienen de combustibles y lubricantes en condiciones de alta temperatura de operación.

Preignición, acumulación de cenizas y carbón en la cámara de combustión, el tope del cilindro y la corona del pistón, estos depósitos originados en la mezcla combustible-aceite se vuelven incandescentes y producen pérdidas de potencia, pérdidas de calor y temperaturas más altas en cilindro y pistón.

Adherencia de los anillos del pistón, los subproductos parcialmente quemados de la gasolina y el aceite y las altas temperaturas de operación conducen a la formación de hidrocarburos reactivos, formando barnices y depósitos de car-

bón los cuales interfieren con el libre movimiento y sellado de los anillos, dependiendo de la cantidad y tipo de los depósitos puede ocurrir adherencia de los anillos tanto en caliente como en frío, la adherencia de los anillos produce pérdida de compresión, difícil arranque, pérdida de potencia, desgaste de la pared del cilindro y de los anillos del pistón.

Propiedades de los lubricantes para motores a gasolina de dos tiempos

Cuando la mezcla de gasolina y aceite entra en un motor de dos tiempos caliente, la gasolina se evapora en su mayor parte, dejando en las superficies internas una película rica en aceite. En este tipo de motor, todo el aceite pasa por la cámara de combustión, por lo tanto es necesario que el aceite tenga **alta resistencia a quemarse y a formar coque** (carbonilla).

El coque es producto de la oxidación y tiende a acumularse y obstruir el sistema de escape. Debido a esto los aceites para motores de dos tiempos deben tener buenas propiedades **antioxidantes**. El aceite debe ofrecer también buena protección contra la **corrosión**, para evitar la formación de herrumbre y el rápido desgaste de los cojinetes de bolas y de rodillos del cigüeñal.

En el motor de dos tiempos, la combustión ocurre con doble frecuencia que en el de cuatro tiempos, lo que quiere decir que las temperaturas de los cilindros son más elevadas. Esto, a su vez significa que el aditivo antioxidante tiene que sa-



Motores

tisfacer más exigencias para evitar que los anillos del pistón se queden adheridos; pero el aceite base puede estar compuesto de tal forma que haya menor riesgo de que las altas temperaturas causen el agarramiento de los pistones. Para proteger los motores enfriados por aire contra el pegamiento de los anillos, a sus altas temperaturas de operación, se incluyen aditivos **detergentes**. Cuando se queman con el combustible estos aditivos producen depósitos de cenizas, pequeñas cantidades de éstas pueden ser manejadas por el motor, el cual al vibrar las desaloja y son expulsadas por los sistemas de escape.

Los motores fuera de borda (enfriados por agua) funcionan durante largos períodos a velocidad constante. A velocidad baja durante largo tiempo, tienden a acumular depósitos en las cámaras de combustión. Si luego hay un cambio repentino a velocidades más elevadas, estos depósitos pueden causar el preencendido (o encendido prematuro), así llamado porque el encendido se produce antes de haber saltado la chispa de la bujía, esto puede causar grandes averías del motor. Para evitar esto se aplican aditivos que impidan la acumulación de depósitos en las cámaras de combustión; los depósitos de ceniza de la combustión de los aditivos metálicos comúnmente usados son los que más causan el preencendido. Por eso los aceites para motores fuera de borda se formulan con aditivos **no metálicos sin ceniza**.

En resumen, un aceite para motor de dos tiempos debe reunir las siguientes propiedades:

- Viscosidad apropiada para mantener la lubricación hidrodinámica.
- Resistencia a la formación de depósitos durante su exposición a altas temperaturas.
- Mantener buenas propiedades de flujo.
- Mantener limpio el motor.
- Propiedades antidesgaste.
- Capacidad para prevenir la herrumbre.

Principales diferencias entre aceites enfriados por agua (fuera de borda) y enfriados por aire:

- Los motores fuera de borda funcionan durante largos períodos a velocidad constante. En los motores enfriados por aire la velocidad es variable.
- Los motores fuera de borda emplean agua salina la cual es de una corrosividad muy elevada, por lo cual requieren aceites de muy buen nivel de protección contra la herrumbre y la corrosión.
- Los aceites para motores fuera de borda requieren aditivos sin cenizas para controlar los depósitos sin causar preencendido.
- Los aceites para motores fuera de borda requieren una gran cantidad de aditivos, antioxidantes y dispersantes para controlar la formación de depósitos debido a que no contienen aditivos detergentes.

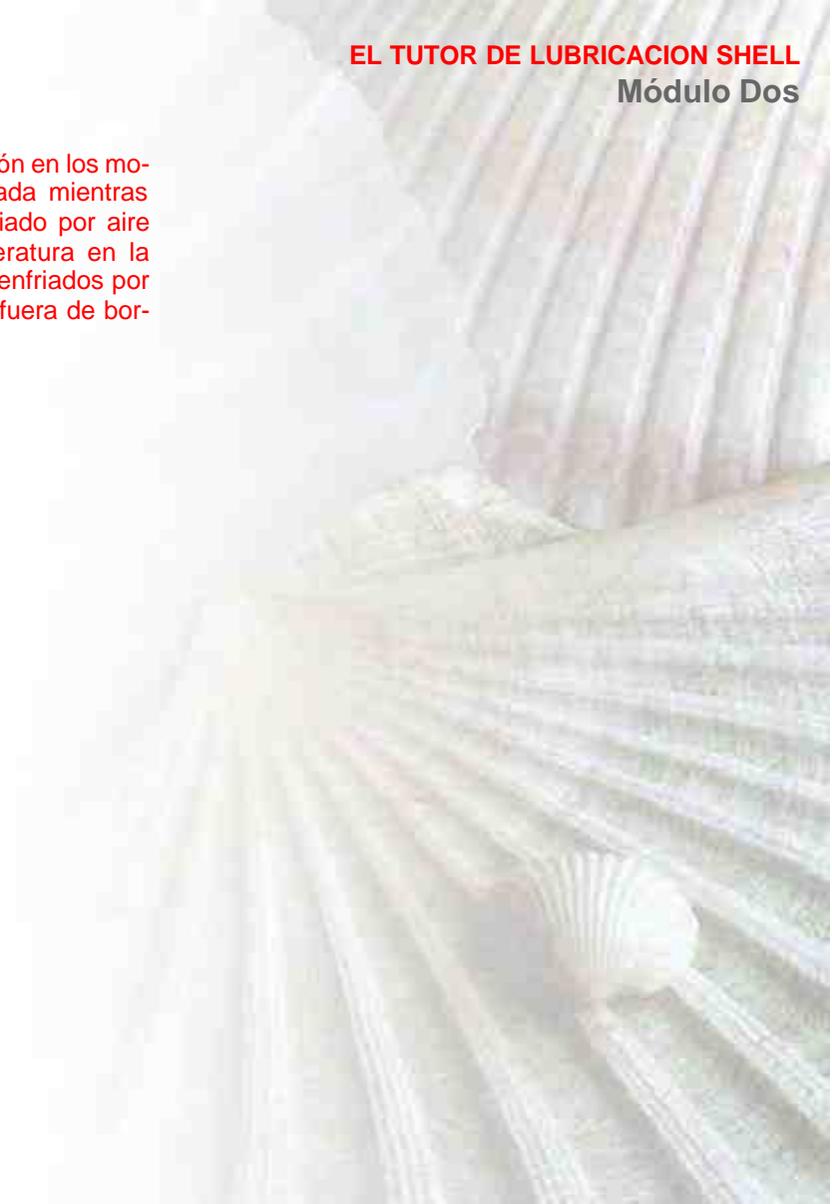


Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

- La temperatura promedio del pistón en los motores fuera de borda es moderada mientras que la del pistón del motor enfriado por aire es baja, sin embargo, la temperatura en la cabeza del pistón es alta en los enfriados por aire y moderada en los motores fuera de borda.





Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

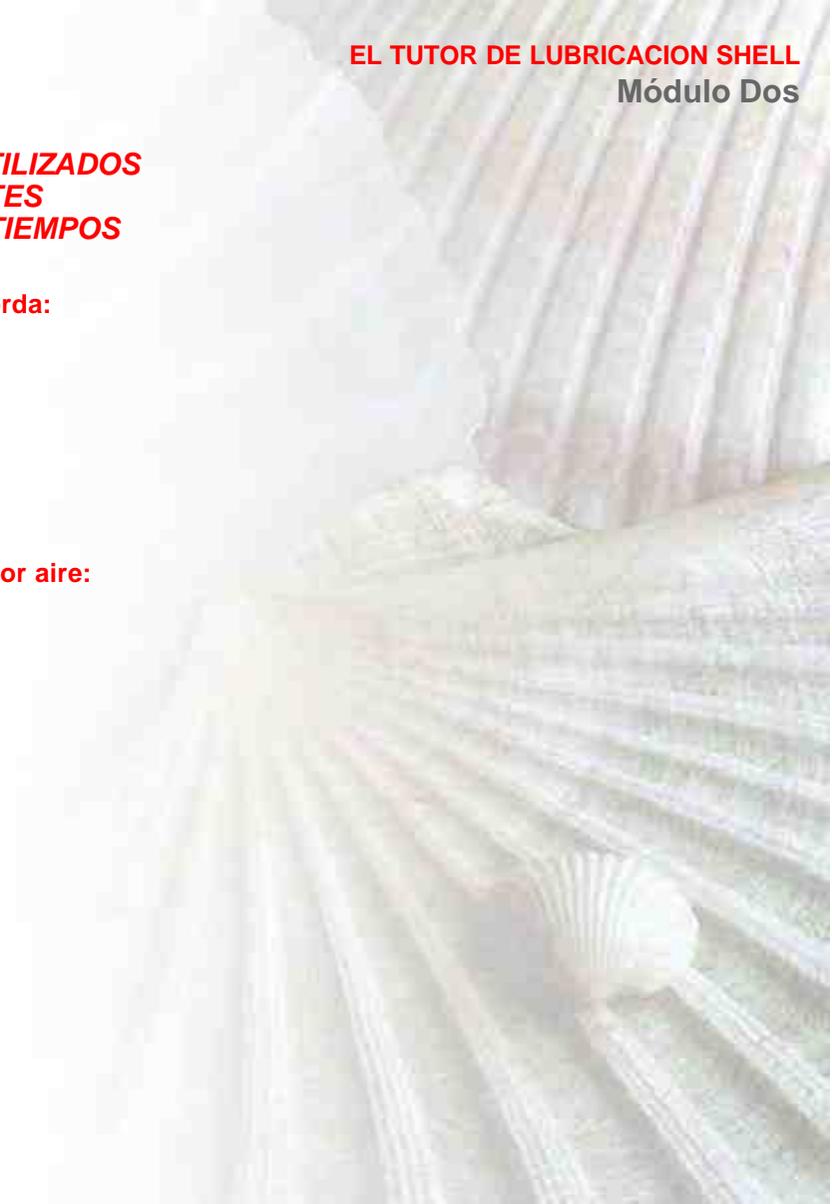
ADITIVOS COMUNMENTE UTILIZADOS POR LOS LUBRICANTES PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS

Aceites para motores fuera de borda:

- Dispersantes
- Antioxidantes
- Inhibidores de herrumbre
- Inhibidores de corrosión
- Agentes antidesgaste

Aceites para motores enfriados por aire:

- Detergentes
- Dispersantes
- Agentes antidesgaste
- Antioxidantes





CLASIFICACION DE ACEITES PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS A GASOLINA

Clasificación de Servicio API para motores de dos tiempos a gasolina

Designación	Requerimientos Críticos	Ejemplo de Aplicación	Pruebas
TA	<ul style="list-style-type: none">- Rayado del pistón- Obstrucción del sistema de escape	Podadoras Generadores pequeños	Yamaha CE50S
	<ul style="list-style-type: none">- Desgaste del pistón- Preignición inducida y depósitos	Motonetas Motocicletas (< 250 c.c.)	Vespa 125 TS
TB	<ul style="list-style-type: none">- Pérdida de potencia debida a depósitos en la cámara de combustión	Relación de aceite/combustible	
TC	<ul style="list-style-type: none">- Rayado del pistón- Preignición inducida y depósitos- Atascamiento de anillos rendimiento	Sierras cadenas con pobre relación de aceite /combustible Motocicletas de alto rendimiento Yamaha CE50S	Yamaha Y350M-2 y
	<ul style="list-style-type: none">- Rayado de pistón- Atascamiento de anillos- Preignición inducida y depósitos	Motores fuera de borda	NMMA TC-W
TD			



Motores

CLASIFICACION JASO

Razones para desarrollar una norma para aceite de dos tiempos

I. Japón es el líder mundial en fabricación de motores de dos tiempos y no cuenta con una normativa para los lubricantes de dos tiempos.

II. Aunque hay norma "API" al respecto, no expresa los requisitos de calidad necesarios.

III. Una necesidad a raíz de los reclamos por falla de motores y nuevas legislaciones en algunos países.

El desarrollo de las normas JASO ayudará a mejorar la calidad de los aceites para motores de dos tiempos y asegurar que el consumidor esté comprando el aceite adecuado.

Conceptos de la norma JASO 2T Clasificación por nivel de rendimiento			
Parámetros	Ensayo	Motor	Método
1. Anti-encajamiento de pistón	I Lubricidad	Honda Super DIO SK50M	MOD ASTM D-4863-88
2. Rayado de anillos			
3. Pegamiento de anillos			
4. Obturación lumbrera escape			
5. Formación de depósitos	II Detergencia	Honda Super DIO SK50M	1 hora alta velocidad
6. Limpieza de pistón			
7. Obturación de silenciador	III Obturación de silenciador	Suzuki SX-800 Generador	50 horas
8. Humo			



Motores

Clasificación JASO 2T según nivel de calidad

JASO	FA	FB	FC
Lubricidad	90 min.	95 min.	95 min.
Detergencia	80 min.	85 min.	95 min.
Humo	40 min.	45 min.	85 min.
Obturación sistema escape	30 min.	45 min.	90 min.

- JATRE-1: Aceite de referencia JASO
- Todos los resultados son informados como "índice de evaluación" al ser comparados con el aceite de referencia JATRE-1 (=100). Índices mayores a 100 indican mejor desempeño comparado con JATRE-1

Clasificación propuesta para el sistema Global de 2T

Esp. Global	N/A	GB	GC	GD
Esp. JASO	FA	FB	FC	N/A
Lubricidad	90 min.	95 min.	95 min.	105 min.
Detergencia	80 min.	85 min.	95 min.	105 min.
Humo	40 min.	45 min.	85 min.	185 min.
Obturación sistema escape	30 min.	45 min.	90 min.	90 min.

- GD será definido para cumplir los requisitos de los fabricantes europeos.
- Todos los resultados son informados como "Índice de evaluación" al ser comparados con el aceite de referencia JATRE-1 (=100). Índices mayores a 100 indican mejor desempeño comparado con JATRE-1.

Especificaciones 2 T de Lubricación

Global	FA	GA	GB	GC
JASO	FA	FB	FC	
Lubricidad	Pobre	Buena	Buena	Exc.
Detergencia	Mediana	Buena	Buena	Exc.
Control de Humo	Pobre	Pobre	Buena	Buena ++



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

CLASIFICACION PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS ENFRIADOS POR AGUA

Normas NMMA (National Marine Manufacturers Association)

- TC-W 1960 - 1988
- TC -WII® 1988 - 1993
- TC - W3™ 1992
- TC - W3 1996 Recertificada

TC - WII ® - Procedimiento vigente de NMMA

Procedimientos de ensayo:

- Ensayos de Banco:
 - Herrumbre
 - Miscibilidad
 - Fluidez
 - GEL/Filtrabilidad
- Ensayos de motor:
 - I Desempeño General
40 HP Johnson
100:1 Relación combustible:aceite
98 Hrs
 - II Ensayo de ajuste -Lubricidad
Yamaha 50 c.c.
 - III Ensayo de preignición
Yamaha 50 c.c.

Ensayos para el nivel de calidad TC-W3™ del NMMA

• Lubricidad

- Mide la protección contra rayado brindado por el aditivo de lubricidad empleado en la formulación.
- Motor Yamaha 50 c.c. a máxima apertura/4.000 r.p.m.
- Lubricidad del aceite evaluado en condiciones de máxima severidad: Relación combustible: aceite 150:1
- Interrumpido el aire de enfriamiento, se mide pérdida de torque mientras que la temperatura de la bujía asciende a 350°C
- La pérdida de torque tiene que ser igual o menor que los resultados arrojados por el aceite de referencia.
- La referencia TC-W3 brinda una mayor, de aproximadamente el 10% sobre la referencia para TC-WII®



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

SECCION CUATRO ANALISIS DE ACEITES USADOS

Contaminación del aceite lubricante

La combustión completa de un combustible en base de hidrocarburos en un exceso de aire (mezcla de oxígeno y nitrógeno) produce dióxido de carbono, agua y trazas de óxido de nitrógeno. La presencia de azufre en todos los grados de combustibles comerciales conduce a la formación de óxidos de azufre. Estos óxidos combinados con el agua de la combustión producen ácidos inorgánicos de azufre los cuales son corrosivos.

En la práctica la combustión tiende a ser incompleta dando como resultado la producción del monóxido de carbono y ácidos orgánicos solubles en el aceite. Estos ácidos pueden producir lacas livianas. Los componentes insaturados del combustible pueden reaccionar más por polimerización formando lacas pesadas y materiales resinosos los cuales pueden ser más o menos solubles en el aceite; materiales insolubles en el aceite conocidos como carbón u hollín pueden ser producidos. El hollín o carbón no es carbono puro pero está compuesto de sustancias ricas en carbono.

La mayoría de estos productos de combustión son expulsados a través del sistema de escape del motor. Sin embargo, una proporción menor pasa como blow-by entre los anillos del pistón y las camisas, éste blow-by entra en contacto con el aceite en el cárter, el cual los absorbe.

En motores turbocargados, el aceite es enviado a lubricar el compresor. La alta temperatura de los gases de escape, combinada con el oxígeno que pasa a través de los sellos, puede incrementar marcadamente el nivel de oxidación en el aceite, aumentando las cantidades de ácido y materiales tipo laca.

Los motores diesel de alta velocidad con pequeña capacidad en el cárter, generalmente tienen **características pobres de combustión**, por lo tanto introducen altos niveles de hollín en el aceite con cantidades variables de lacas.

Los altos niveles de contaminación con hollín en los aceites de cárter de estos motores son la primera causa de la formación de lodos.

Todo lo anteriormente descrito son vías normales de contaminación que pueden afectar el aceite en motores diesel razonablemente bien mantenidos. Puede tomarse por regla general que motores mal mantenidos tendrán peores características de combustión y mayores niveles de contaminación que motores con buen mantenimiento.

Una relación alta de consumo bajará el nivel de contaminación encontrada en el lubricante a causa de la adición de aceite nuevo. Contrariamente una relación baja de consumo de aceite incrementará el nivel de contaminación en el aceite de cárter debido a que los contaminantes no son removidos ni diluidos por aceite nuevo.



Motores

Fallas de los empaques o agrietamiento del bloque del cilindro permitirán que ocurran altos niveles de contaminación con refrigerante.

El refrigerante puede ser agua o puede ser anticongelante de glicol. Tal contaminación causará anormalmente altos niveles de lodos y formación de lacas.

El bloqueo de los filtros de aceite y la desviación de éste a través del by pass del filtro permitirán que partículas circulen libremente en el motor, pudiendo presentarse desgaste excesivo de cojinetes. Partículas grandes de hollín también permanecerán en el aceite y contribuirán a la formación temprana de depósitos en el motor y a la disminución del flujo de aceite.

Filtros de aire ineficientes permitirán que polvo abrasivo de sílice entre al aceite a través de los gases de blow-by. Esto causará desgaste excesivo del motor. El comienzo del desgaste excesivo puede ser mostrado por un incremento del nivel de metales de desgaste en el aceite tales como hierro.

El tiempo incorrecto de inyección puede conducir al sobrecalentamiento y la formación excesiva de lacas en el aceite. Fallas en el mantenimiento o daño del equipo de inyección de combustible pueden llevar a niveles excesivos de hollín en el aceite tanto como al incremento de los niveles de emisión de humo negro.

Las fallas anteriormente listadas están asociadas con mal mantenimiento de los motores.





Motores

LOS ANALISIS DE ACEITE USADO

- Muchos factores afectan la vida del aceite
 - Severidad de operación
 - Características de los motores
 - Mantenimiento
 - Calidad del combustible
 - Calidad del aceite
- El análisis de aceite usado determina el estado del aceite de motor y lo apto que es el lubricante
- Las propiedades importantes del aceite son observadas a medida que se acumula el kilometraje.
- Los intervalos de drenaje pueden alterarse con base en lo que se descubra con el análisis de aceite usado.

FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICION DEL ACEITE DEL MOTOR

SOBRE EL ACEITE	FACTOR	IMPACTO
Desgaste de Motores		Acumulación de metales de desgaste Disminución de agentes antidesgaste Cataliza la oxidación del aceite
Producción de ácidos subproductos de combustión		Reducción en el número de base total (TBN) Aumento en el número de ácido total (TAN)
Producción de hollín		Acumulación de hollín Aumento de viscosidad
Contaminante presente en el aire (polvo, partículas abrasivas, etc.)		Acumulación de contaminantes en el aceite
Dilución por combustible		Reducción de viscosidad
Oxidación de aceite		Aumento de viscosidad Acumulación de insolubles
Fuga de refrigerante		Agua Aditivo refrigerantes en el aceite
Cizallamiento permanente del modificador de viscosidad (sólo para aceites multigrados)		Disminución de viscosidad



Motores

ANALISIS DE METALES DE ACEITES DE MOTOR USADOS

METAL	FUENTE
Calcio	Aditivos del lubricante
Magnesio	
Sodio	
Zinc	
Fósforo	
Bario	
Boro	
Hierro	Desgaste del motor
Plomo	
Aluminio	
Níquel	
Sodio	Fugas de refrigerante
Silicio	Suciedad, arena, aditivos del lubricante
Cobre	Desgaste de cojinetes, aditivos del lubricante
Cromo	Desgaste de anillos, fugas de refrigerante

ANALISIS DE METALES DE DESGASTE

El análisis elemental por espectroscopia de emisión atómica determina la cantidad de metales de desgaste de un tamaño hasta de 10 micras.

- Estas partículas representarían desgaste por rozamiento o desgaste corrosivo.
- Lecturas anormales muy altas pueden activar una solicitud de pruebas de ferrografía.

METALES DE DESGASTE COMUNES PARA ACEITES DE MOTOR

ELEMENTO	FUENTE
Hierro	Cilindros, camisas, anillos de pistón, piezas de tren de válvulas, herrumbre
Cromo	Anillos de pistón, refrigerante
Aluminio	Pistones
Plomo	Cojinetes, gasolinas con tetraetilo de plomo
Cobre	Cojinetes, bujes, aditivo de aceite
Plata	Bujes de pasador del pistón (bujes de plata utilizados únicamente en motores diesel ferroviarios por EMD)
Estaño	Cojinetes



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

PRUEBAS TÍPICAS DE ACEITES USADOS

- Viscosidad
- Insolubles
- TAN/TBN
- Dilución por combustible
- Punto de inflamación
- Agua
- Glicol

VISCOSIDAD DEL ACEITE USADO

ALTA VISCOSIDAD

- Impide el buen rendimiento del lubricante
- Puede acelerar el desgaste y la corrosión
- Podría dar lugar a filtros tupidos, anillos atascados o depósitos en los pistones.

BAJA VISCOSIDAD

- Reduce el espesor de la película del aceite y su habilidad para impedir el contacto de metal con metal.
- Una reducción grande podría dar lugar a falla de cojinete y/o agarrotamiento del pistón

CAUSAS POSIBLES DE ALTO AUMENTO DE VISCOSIDAD DEL ACEITE

- | | |
|---------------------------------------|---|
| OXIDACION DE ACEITE | <ul style="list-style-type: none">• Motor sobrecalentado• Intervalo de cambio de aceite excesivo• Puede ser acelerado por metales de desgaste• Calidad de aceite insuficiente (baja calidad API) |
| CONTAMINACION CON REFRIGERANTE | <ul style="list-style-type: none">• Fuga en los sistemas de refrigeración• Puede aumentar la oxidación del aceite |
| INSOLUBLES | <ul style="list-style-type: none">• Hollín (mala combustión)• Intervalo excesivo de cambio de aceite |
| ACEITE INAPROPIADO | <ul style="list-style-type: none">• Se añadió un aceite de más alta viscosidad |



Motores

CAUSAS POSIBLES DE PERDIDA DE VISCOSIDAD DEL ACEITE

DILUCION DE COMBUSTIBLE

- Marcha prolongada sin carga
- Inyectores de combustible defectuosos
- Tiempo de inyección no apropiado
- Conexiones sueltas, fuga de combustible
- Operación a baja temperatura

CIZALLAMIENTO DEL MODIFICADOR DE VISCOSIDAD

- Acción de cizallamiento del motor

ACEITE INADECUADO

- Se añadió aceite de viscosidad más baja

SOLIDOS DEL ACEITE USADO

- Hollín por combustión pobre
 - Relaciones inadecuadas de aire/combustible
 - Inyectores defectuosos
 - Baja compresión
- Contaminantes
 - Ambientales
 - Polvo/suciedad en el aire
- Oxidación de aceite
 - Temperaturas de aceite muy altas
 - Intervalos largos de drenaje de aceite
 - Calidad equivocada de aceite
- Lodos



NUMERO DE BASE TOTAL (TBN) (ASTM D 2896)*

- **TBN** es una medida de la alcalinidad o de la capacidad del aceite de neutralizar ácidos formados durante la combustión del diesel y/o oxidación.
- **TBN** proviene de los dispersantes y los detergentes metálicos contenidos en el aceite.

EL BAJO TBN DEL ACEITE USADO ES CAUSADO POR

- Períodos de cambio de aceite demasiado prolongados.
- Calidad inapropiada de aceite
 - Usando un aceite con TBN insuficiente para el contenido de azufre de combustible diesel.

* Caterpillar recomienda el método D 2896. El método D 664 es obsoleto.

DILUCION POR COMBUSTIBLE

- Operación inapropiada del motor
 - Marcha prolongada sin carga.
 - Inyectores, bombas o líneas de combustible defectuosas y tiempo de inyección inapropiado.
- Pruebas de laboratorio
 - Punto de inflamación.
 - Dilución por combustible.
 - Viscosidad del aceite usado.
 - Cromatografía de gas.

CONTAMINACION POR AGUA

- Producto de la combustión
 - Evaporada normalmente a las altas temperaturas del motor.
 - Puede acumularse en el aceite durante marcha sin carga prolongada u operación a baja temperatura.
- Fugas de refrigerantes
 - En los bloques o culatas.
 - Sellos o juntas malas.
 - Enfriadores de aceite defectuosos.
- Pruebas de laboratorio
 - Análisis elemental (sodio, boro o silicio).
 - Análisis de rayos infrarrojos.
 - ASTM D 95.



Motores

INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Niveles absolutos de metales de desgaste en cualquier momento dado pueden conducir a conclusiones equivocadas.
- La preocupación relevante es la tasa de desgaste; es decir, cambio en los niveles de metales con el tiempo y el kilometraje.
- El consumo de aceite y la adición del mismo afectan la concentración de metales en cualquier momento dado,
 - Metales concentrados por pérdidas de evaporación.
 - Metales transportados por pérdidas viscométricas.
 - Metales de desgaste diluidos por el aceite de relleno.
- El muestreo y análisis periódicos son críticos para una evaluación significativa de la calidad del aceite y del motor.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

FALLAS EN LOS MOTORES

A continuación damos una guía de problemas en motores y sus posibles causas:

1. Problemas de compresión:

Cuando la compresión no es adecuada hay pérdida de potencia.

POSIBLES CAUSAS

a) Válvulas

Juego de Taqués:

Si es excesivo, se disminuye el tiempo de entrada de los gases y de escape de los quemados, lo que hace disminuir la potencia.

Si es escasa la holgura, las válvulas no cerrarán bien sobre sus asientos al funcionar a la temperatura normal y la compresión será muy pobre.

Resortes de las válvulas:

Si están rotos o sin fuerza la válvula cierra con poca fuerza y probablemente con retraso con respecto a la leva.

Vástagos de las válvulas:

Si están sucias o sin aceite las válvulas pueden quedar abiertas.

Si se ha desgastado o lo ha hecho la guía, se producirá entrada de aire adicional que empobrecerá la mezcla.

Cabeza de válvulas:

Muy sucias o hacen mala compresión.

Carbón:

En cámara de compresión, puede hacer que una válvula cierre mal.

b) Causa por fugas

En las bujías

En las juntas de la culata

Anillos gastados

Anillos girados:

Si se han girado en las ranuras del pistón y se han alineado las hendiduras verticalmente, se pierde por ello la compresión.

2. Problemas de presión:

El manómetro marca la presión del aceite en el recorrido, no a la salida de la bomba.

El manómetro no marca presión:

Falta de aceite

Manómetro dañado

Filtro obstruido

Deterioro en la bomba de aceite

Rotura del tubo

Válvula de descarga

El manómetro marca poca presión,

Aceite diluido

Aceite muy caliente

Filtro sucio

Cojinetes gastados

Ruptura excesiva del aditivo mejorador de KVI

El manómetro marca exceso de presión,

Aceite frío

Filtro sucio, obstruido en el sistema de filtrado parcial por derivación

Conductos obstruidos

Válvula de descarga no funciona



Motores

EJEMPLOS TÍPICOS DE FALLAS RELACIONADAS CON EL ACEITE LUBRICANTE

Cojinetes

Las fallas de cojinetes relacionadas con el aceite lubricante se atribuyen generalmente a dos fallas: A la falta de lubricación o a tierra en el aceite.

La falla de lubricación o agotamiento en el aceite lubricante significa que la película de aceite entre el muñón del cigüeñal y el cojinete es insuficiente. El funcionamiento prolongado del motor con una insuficiente película de aceite causará que el deterioro del cojinete aumente rápidamente yendo desde un rozamiento a un desgaste excesivo para llegar finalmente al agarrotamiento del cojinete. En la primera etapa es el "Rozamiento"; se puede ver el desplazamiento de la capa de plomo-estaño, normalmente en el centro del cojinete. En la segunda etapa, "Desgaste excesivo", se desplaza el aluminio en el centro del cojinete.

Y la etapa final es el "Agarrotamiento" total.

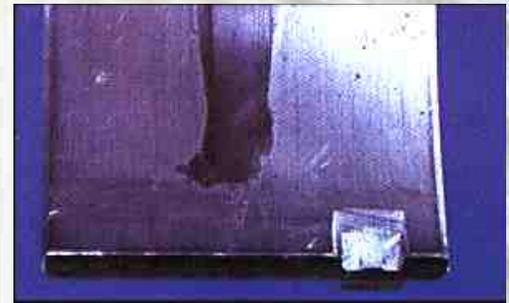
En las tres etapas, el muñón desplaza parte del material del cojinete desde la corona hacia la superficie de contacto de cada mitad de cojinete. La cantidad de material desplazado depende de la severidad de la falta de lubricación.



La última etapa del cojinete deteriorado por falta de lubricación es su agarrotamiento.



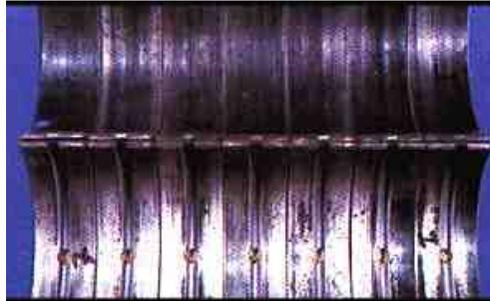
El cojinete está excesivamente gastado lo que produce un deterioro severo resultante de la falta de lubricación.



El cojinete muestra un rozamiento que es la etapa inicial del



Motores



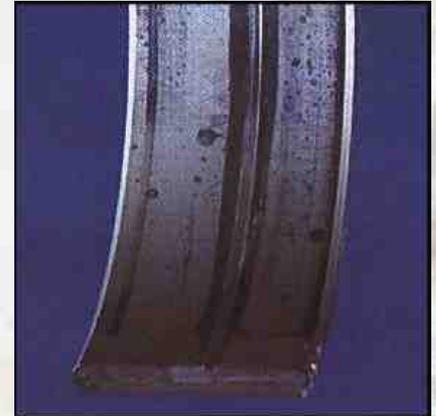
Juego de cojinetes deteriorados por falta de lubricación. Estos cojinetes muestran las tres etapas del deterioro.

La contaminación en el aceite produce abrasión y su resultado es la rayadura de la superficie del cojinete al desaparecer la película del aceite. Las partículas de hierro, acero, aluminio, plástico, madera, tela, etc., también pueden deteriorar las superficies del muñón. Al irse gastando las superficies del cojinete y del muñón, aumenta los espacios libres y cambia el espesor de la película de aceite dando como resultado el apoyo desigual de las superficies.

Una de las principales causas del aceite contaminado es un filtro obstruido. Los filtros obstruidos permiten que el aceite sin filtrar conteniendo partículas de desgaste, tierra y residuos, alcancen a los cojinetes, rayándolos y deteriorando sus superficies.

Un aceite excesivamente sucio puede producir deterioro aún después de cambiar el aceite. Parte de los abrasivos anteriores pueden haber quedado incrustados en el cojinete y hacer que el cojinete actúe como esmeril en el cigüeñal. Vea

en la siguiente sección los ejemplos de los deterioros del cigüeñal.



Superficie del cojinete rayada. Se puede observar las partículas de residuos incrustadas en la superficie del cojinete.



Rayaduras y desgaste de la superficie del muñón.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL
Módulo Dos



*Rayaduras profundas y desgaste producidos por aceite sin filtrar.
Se ha perdido parte de la capa de plomo-estaño.*



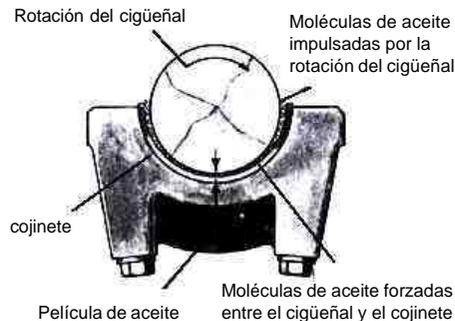
Motores

Cigüeñales

El aceite que fluye a los cojinetes forma una película entre el muñón del cigüeñal y el cojinete. Durante una operación normal la rotación del muñón del cigüeñal impulsa el aceite que está debajo del muñón, entre el muñón y las dos mitades del cojinete, impidiendo el contacto de metal contra metal.

La carencia de lubricante o "Agarrotamiento" del aceite permite el contacto del metal contra el metal, produciendo calor debido a la alta fricción y puede ocasionar que los cojinetes de aluminio se agarroten en el eje. En casos extremos, la superficie del cojinete ha llegado a quedar adherida de tal forma que la superficie del cigüeñal quedó destruida por completo.

El aceite contaminado puede producir un desgaste excesivo del cigüeñal causado siempre por la contaminación de abrasivos incrustados en el cojinete.



Película de aceite entre el muñón del cigüeñal y los cojinetes.



Resultado del "agarrotamiento" del aceite.



Rayaduras profundas resultado del efecto de los abrasivos incrustados en la superficie del cojinete.



Motores

Pistones, anillos de pistón y camisas de cilindro.

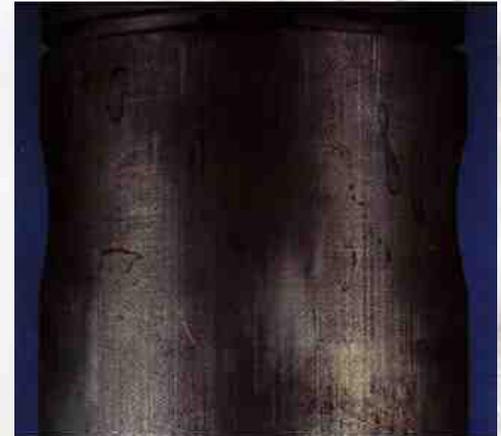
Las fallas del pistón relacionadas con el aceite se producen comúnmente por la acción abrasiva del aceite contaminado que desgasta la falda del pistón. Algunas indicaciones son: El color gris opaco de la falda del pistón, las superficies de cromo gastadas en todos los anillos, los rieles del anillo de aceite desgastados, ranuras muy desgastadas y cierto desgaste en la camisa.

El desgaste abrasivo del pistón, que aparece en bandas en la falda del mismo, especialmente en la zona de la perforación del pasador, y el muy poco o ningún desgaste abrasivo en el primer resalto pueden ser producidos por la lubricación inadecuada de las camisas del cilindro.

La interrupción de la película de aceite puede producir marcas de agarrotamiento.

Los anillos del pistón pueden mostrar desgaste en las ranuras del resorte. Es normal cierto desgaste en la ranura del resorte pero si se descuidan los cambios de aceite se producirá el "Trabado" del anillo cuando el resorte quede atrapado en una ranura gastada y no se pueda expandir por completo.

El daño de las camisas de cilindro puede ser producido por la falta de lubricación o los abrasivos que al pulir la perforación, elimina el dibujo reticular y dejan la superficie brillante y lisa.



Falda del pistón dañada por el desgaste abrasivo.



Marcas de agarrotamiento desde la parte superior a la inferior, pueden indicar una falta del sistema de lubricación o de enfriamiento.



Motores

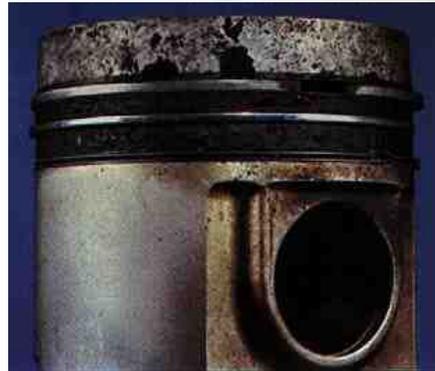
EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL
Módulo Dos



Desgaste producido por la falta de lubricación durante un corto período de tiempo.



Zonas brillantes y lisas de la superficie interna.



La densa acumulación de incrustaciones en el primero y el segundo resalto indica que el aceite no puede mantener limpio el pistón. La severa degradación y deterioración del aceite puede ser debida a un consumo insuficiente de aceite, un intervalo de cambio de aceite demasiado prolongado o una baja calidad de aceite.



Motores

Turboalimentadores

Los deterioros del turboalimentador relacionados con el aceite lubricante se producen por la contaminación del aceite o por la falta del mismo. Si el aceite tiene abrasivos, el desgaste aparece generalmente en varias partes. La contaminación del aceite puede producir erosión en las perforaciones de aceite de las arandelas de empuje. Los cojinetes del muñón mostrarán casi siempre el deterioro producido por las materias abrasivas. El desgaste por falta de lubricación probablemente va acompañado de decoloración debido al calor. El metal parece como frotado o raspado. El calor puede producir picaduras, asperezas y en casos severos la rotura del material.

El arranque y la parada inadecuada pueden agravar las fallas del cojinete del turboalimentador. Para evitarlas se debe permitir que el motor se enfríe impidiendo que el aceite entre en ebullición y forme costras en el cojinete del turboalimentador después de una parada "Caliente". Tampoco se debe acelerar el motor en tiempo frío después del arranque, hasta que el aceite se haya calentado y pasado por los filtros. Si se acelera demasiado pronto, el aceite sin filtrar pasará a los cojinetes.

La contaminación rayará y desgastará los cojinetes del turboalimentador siguiendo la misma progresión de deterioro que la producida por la falta de lubricante, permitiendo el movimiento del eje y deterioros secundarios, tales como el contacto de la rueda con la caja o que el eje se doble o se rompa. La contaminación puede obstruir los pa-

sadizos internos del aceite y ocasionar fallas por falta de lubricante.

El deterioro de los cojinetes del turboalimentador debido a la contaminación o a la falta de lubricación, permite el movimiento del eje que hace que la rueda del compresor toque su caja. El deterioro típico por contacto producido por el movimiento del eje estará indicado por el rozamiento de la superficie con algunos de los álabes en el extremo inductor. En la parte posterior de la rueda, a 180° en donde aparece la superficie rozada, habrá señales de contacto con la caja central.



Rayaduras profundas y deterioro de las perforaciones de aceite del cojinete.

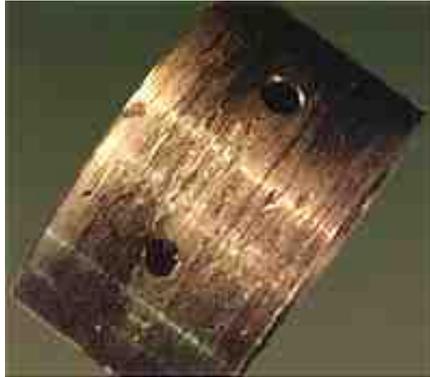


Deterioro debido a partículas grandes en el aceite. Las rayaduras grandes y anchas alrededor de los cojinetes del eje, indican que las partículas grandes, como esquirlas de acero, pasaron al turboalimentador con el aceite lubricante.



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL
Módulo Dos



La falla de lubricante hizo que este cojinete de bancada se deformara o estirase.



El rozamiento en la superficie y la parte posterior de la rueda del compresor ha sido causado por el movimiento del eje.



Pasadizos de aceite deteriorados en el diámetro externo y reducidos en tamaño en el diámetro interno del cojinete de muñón.



Motores

Se puede ver el problema de la falta de lubricación cuando hay una decoloración producida por el calor junto con el deterioro del casquillo del cojinete del eje en el extremo de la turbina.

La falta del lubricante y el aceite contaminado causan el desgaste de los cojinetes de empuje haciendo difícil identificar el motivo de la falla.

Sin embargo, ayuda el observar las condiciones del cojinete del eje. La decoloración por el calor de los anillos de empuje también señala falta de lubricación. En los turboalimentadores AiResearch, es muy común ver la deformación del lado interno de los anillos de empuje.

En los moldes Schwitzer, la decoloración suele estar confinada a una zona de la superficie del anillo. Frecuentemente, también hay marcas de rozamiento. El deterioro aparece en ambos anillos.

Las rayas finas en ambos cojinetes de eje son una evidencia que el aceite lubricante está contaminado con un material abrasivo.



Decoloración en el eje por el calor.



Eje roto por el debilitamiento de la soldadura debido al contacto con la maza de la turbina.



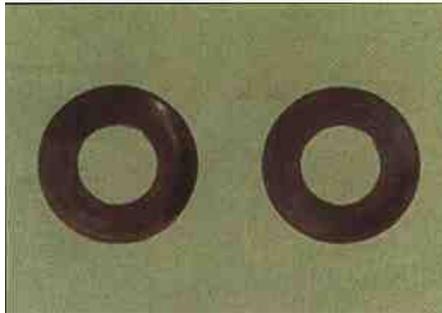
Motores



Decoloración por el calor en el lado interno del anillo de empuje (AiResearch).



Casquillo de cojinetes del eje con rayaduras.



Decoloración por el calor y marcas de rozadura confinadas a una zona de la superficie de ambos anillos (Schwitzer).



Motores

EL TUTOR DE LUBRICACION SHELL

Módulo Dos

El deterioro del cojinete y el movimiento excesivo del eje producido por la falta de lubricación o por abrasivos en el aceite, puede llegar a causar que el eje se doble o se rompa. Generalmente, las piezas gastadas por los abrasivos estarán erosionadas. Como regla general, las superficies del cojinete no mostrarán señales de rozamiento ni las piezas tampoco aparecerán con decoloración por el calor. En las ilustraciones de esta página, la primera muestra el desgaste ocasionado por materiales extraños en el aceite lubricante, en forma de ranuras profundas en las dos arandelas de empuje de acero. La otra fotografía muestra desgaste abrasivo del turboalimentador AiResearch con ranuras profundas y desgaste de la arandela de empuje. El deterioro de la tercera ilustración es más difícil de identificar. Es cuando hay señales de desgaste abrasivo muy fino que hace que la superficie del cojinete de empuje parezca brillante y lisa; no hay señales de decoloración.



Schwitzer, ranuras de desgaste en las superficies de contacto de las arandelas de empuje. La arandela central es una arandela de empuje nueva.



AiResearch, ranuras de desgaste en la superficie de las arandelas de empuje.



Schwitzer, superficie de cojinete de empuje pulida para abrasivos finos en el aceite.



Motores

Válvulas

La mayoría de las fallas de las válvulas relacionadas con el aceite son debidas a la formación de depósitos o agotamiento del aceite.

La causa más usual de agarrotamiento del vástago de la válvula es el depósito acumulado entre el vástago de la válvula y la guía.

El agarrotamiento está causando indirectamente por la acumulación de depósitos debidos a contaminación en el aceite. Es decir, por los depósitos acumulados debidos a descomposición de los productos lubricantes en residuos oxidados y los residuos normales generados por el proceso de combustión. La acumulación progresiva de éstos depósitos acelera el acampanado de la guía.

El rozamiento y/o agarrotamiento del vástago de la válvula también se puede producir por la falta de lubricación de la válvula y la guía de válvula.



Rayaduras o agarrotamiento del vástago de la válvula.