



**MOTORES
DIESEL**

MOTORES DIESEL

FUNCIONAMIENTO

Los motores Diesel se dividen básicamente en tres grupos:

- ♦ **Motores pequeños:** estos motores trabajan de 1800 a 4500 rpm, siendo los motores más veloces. Son generalmente usados en vehículos de paseo o camionetas.

- ♦ **Motores medianos:** estos motores trabajan de 600 a 1600 rpm. Son lentos y son usados en su gran mayoría en motores navales livianos, locomotoras y para camiones pesados.

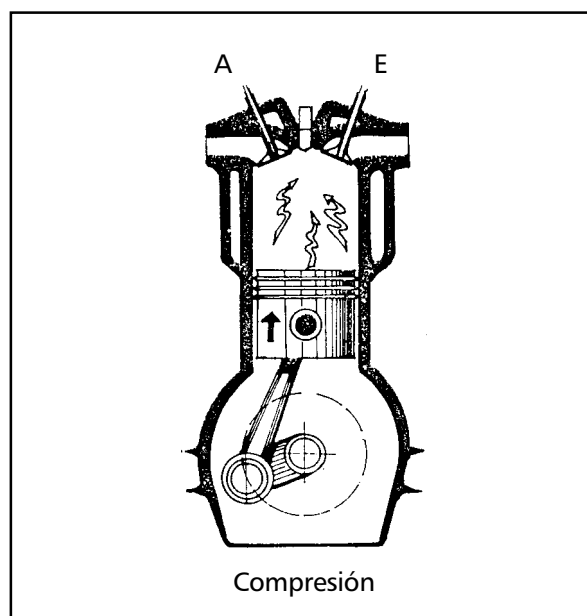
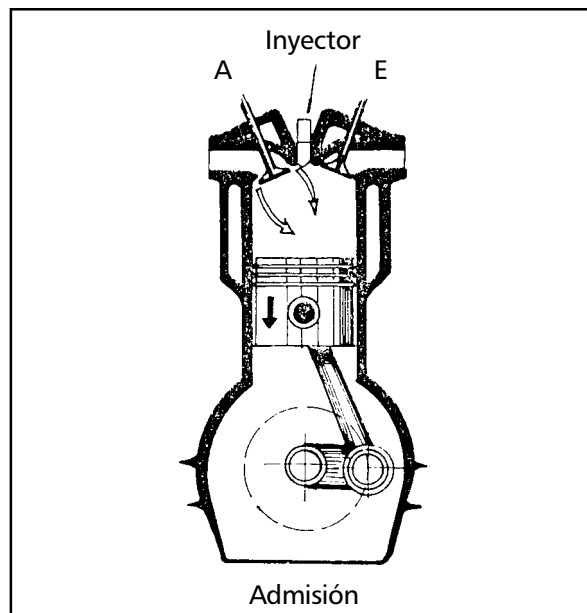
- ♦ **Motores grandes:** son motores estacionarios que generalmente trabajan ininterrumpidamente. Alcanzan en lo máximo, 500 rpm.

Los motores Diesel se clasifican por el número de tiempos del motor. También pueden ser clasificados por la disposición de los cilindros (en línea, boxer, en "V", etc.)

Veamos cuáles son los cuatro tiempos de un motor Diesel y cuáles las diferencias en relación a los motores a gasolina.

- ♦ **1er. Tiempo- "Admisión":** En esta etapa el pistón se moviliza del PMS (punto muerto superior) al PMI (punto muerto inferior) y la válvula de admisión se abre. Es muy importante resaltar que en esta etapa, el motor Diesel aspira solo aire, al contrario de los motores de gasolina, que aspiran una mezcla de "aire + combustible".

- ♦ **2do. Tiempo- "Compresión":** En esta etapa el pistón se moviliza del PMI al PMS y las válvulas de admisión y escape se cierran. En los motores Diesel, solo el aire es comprimido.



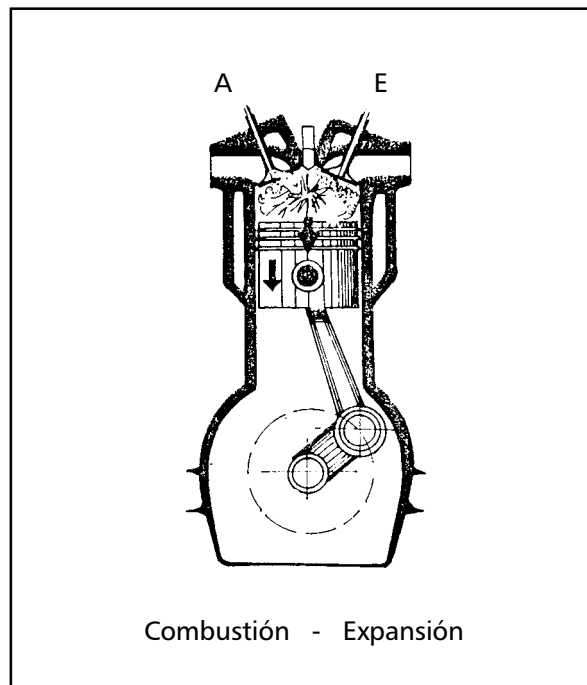
MOTORES DIESEL

En los motores a gasolina, en esta etapa, se comprime la mezcla de aire + combustible, limitando el nivel de compresión, porque cuando la mezcla es muy comprimida, pueden entrar en encendido por compresión. Si el motor comprime solo aire, entonces puede alcanzar niveles de compresión más elevados.

♦ **3er. Tiempo- "Expansión"**: El pistón se moviliza del PMS al PMI y las válvulas continúan cerradas. Al final de la compresión ocurre la inyección de gasoil y la alta temperatura del aire, da inicio a la combustión. En los motores Diesel no es necesaria la bujía de encendido, pues la combustión se inicia necesariamente por el encendido por compresión.

En los motores a gasolina, es necesario la chispa de las bujías de encendido, porque el nivel de compresión es bien bajo y el combustible tiene otras características.

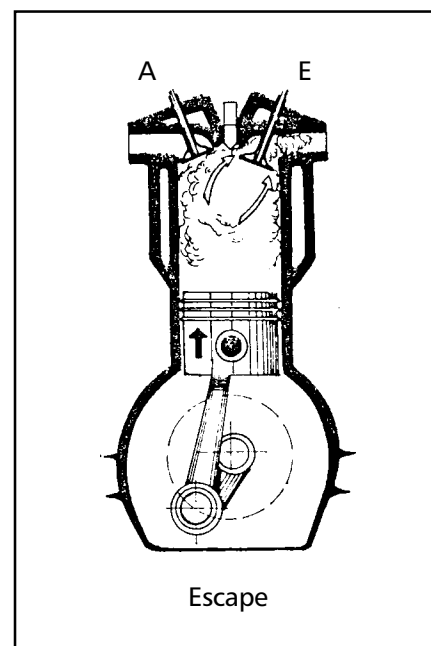
♦ **4to. Tiempo- "Escape"**: El pistón se moviliza del PMI para el PMS y la válvula de escape se abre para que los gases de la combustión puedan salir del cilindro, exactamente como ocurre en los motores a gasolina.



De forma resumida tenemos:

	GASOLINA	DIESEL
1er. Tiempo - admisión	Mezcla de aire + combustible.	aire
2do. Tiempo - compresión	Mezcla de aire + Combustible.	aire
3er. Tiempo - expansión	Encendido por chispa	Introducción de combustible. Encendido por compresión de la mezcla
4to. Tiempo - escape.	Salida de gases del escape.	Salida de gases del escape.

En los motores de gasolina, la apertura de la mariposa es la que realiza el control de la eficiencia del motor a través de la cantidad de mezcla aire + combustible admitida, juntamente



MOTORES DIESEL

con el control de la chispa y el inicio de la combustión.

En los motores Diesel, el control es realizado sólo por la cantidad de combustible y en el momento en que es inyectado ya que la combustión se inicia a través del encendido por compresión.

Por esto podemos decir que los motores Diesel no necesitan mariposa de aceleración.

Los motores Diesel generan más ruidos debido a su forma de combustión (encendido por compresión) y, también, necesitan de componentes más fuertes y pesados para resistir a los esfuerzos de combustión, tornando al motor más pesado.

Si los componentes del motor son más pesados, obviamente, no conseguiremos alcanzar revoluciones más elevadas.

Si tenemos un pistón en descanso y precisamos cambiar este sentido, o sea, hacerlo subir, lógicamente cuanto mayor sea el peso del pistón, mayor la dificultad encontrada. Este es el principio de la inercia, que enuncia que todo cuerpo tiende a continuar en el movimiento en el cual se encuentra, y cuanto más pesado fuera, mayor será la inercia de este cuerpo (mayor su dificultad para cambiar de velocidad o estado).

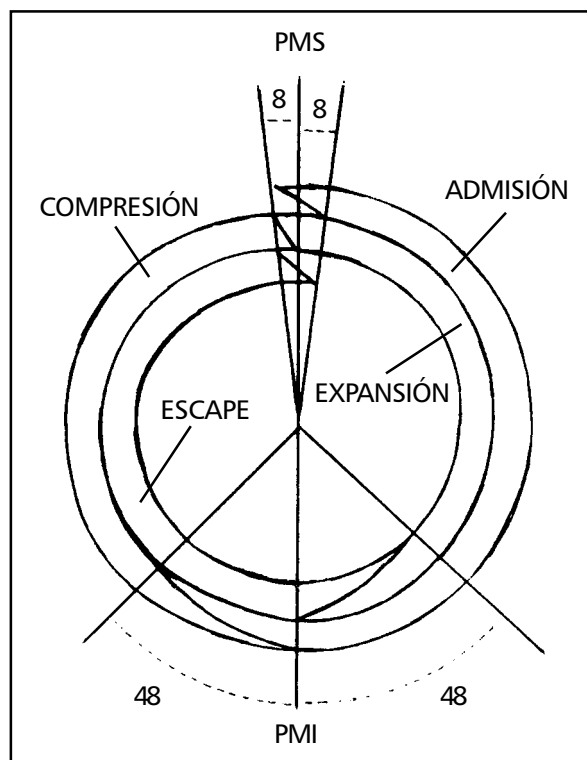
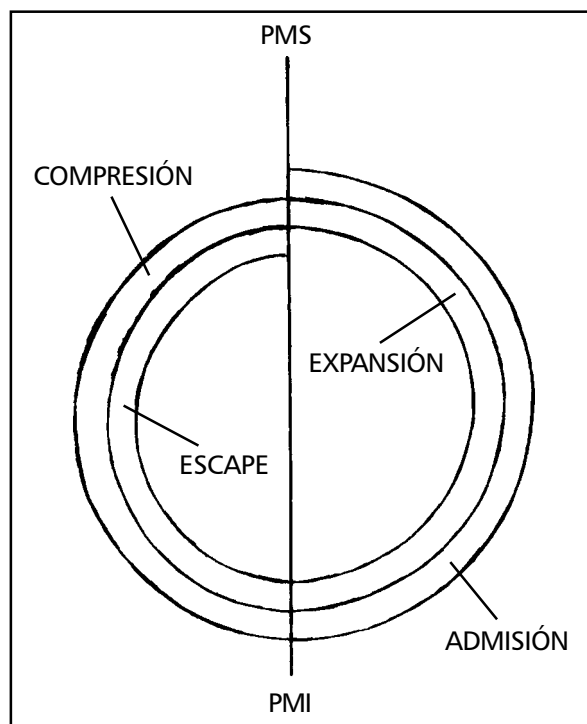
DIAGRAMA DE LAS VÁLVULAS

Teóricamente, los motores funcionan exactamente como el descrito arriba, o sea, las válvulas se abren y cierran en el PMS y PMI.

Sin embargo, así se perdería mucha energía, porque debido a la inercia el fluido nunca consigue llenar bien el cilindro, y nunca se consigue expulsar todo el gas del escape.

¿Cómo ocurren estos fenómenos en el interior del cilindro? Admisión: si colocamos una jeringa en un vaso de agua y jalamos el émbolo bien despacio, veremos que el fluido entra en la jeringa acompañando el movimiento del émbolo.

Sin embargo, si jalamos el émbolo rápidamente, veremos que el agua no acompaña exactamente el movimiento del émbolo.



MOTORES DIESEL

En el tiempo de escape, si abrimos la válvula en el PMI y cerramos exactamente en el PMS, todo el gas de escape deberá ser expulsado durante este tiempo.

Así, el pistón tendrá todo este gas frenando su movimiento hasta la expulsión de los gases. Este fenómeno se llama "Pérdida de bombeamiento".

Con el fin de ganar energía y, consecuentemente, aumentar el rendimiento de los motores, fue alterado el diagrama de las válvulas que varía de motor a motor, procurando el mejor rendimiento posible.

Si mantenemos la válvula de admisión abierta después que el pistón ha alcanzado el PMI, y el mismo se encuentre subiendo hasta que la energía de compresión se iguale a la energía de admisión, y sólo en ese momento cerramos las válvulas habremos dejado entrar el máximo de aire posible.

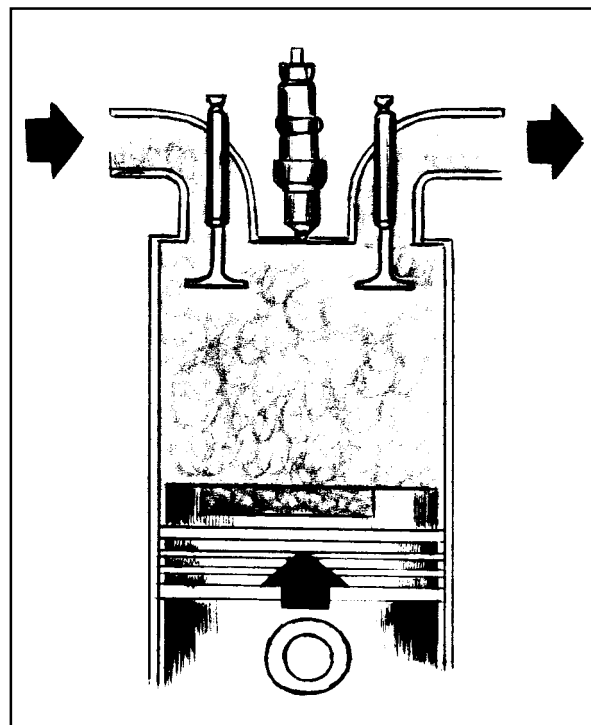
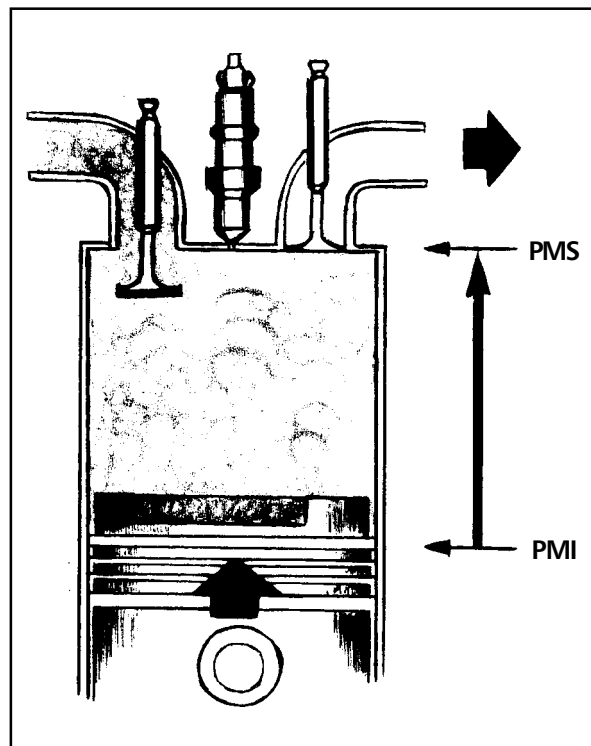
Si observamos bien los diagramas, veremos que en la parte mayor, existe un período donde las válvulas de admisión y escape están abiertas simultáneamente.

Este período es llamado cruce de válvulas.

Este cruce tiene la función de mejorar el vaciado del cilindro, o sea, la evacuación de los gases de escape a través del aire y también aumentar el remolino de llenado del cilindro en elevadas revoluciones. Sabemos que los gases de escape en elevadas revoluciones ayudan a la admisión de aire.

Es importante hacer notar que, en motores Diesel, el cruce de las válvulas no tienen relación con la emisión de contaminantes por el escape, porque durante el cruce solamente sale aire con gases provenientes de la combustión (no existe combustible). En los motores a gasolina, el cruce deja pasar combustible sin quemar al escape.

Existen motores diesel sin cruce de válvulas.



DESCRIPCIÓN

En un motor diesel el aire dentro de los cilindros es comprimido hasta quedar muy caliente, luego, se inyecta gasoil (combustible diesel). En un motor a gasolina el combustible es aspirado, mezclado con aire, comprimido y luego encendido por una chispa eléctrica. En un motor diesel, el combustible es encendido por el calor de la compresión del aire. Por eso la temperatura de la compresión del aire en las cámaras de combustión de un motor diesel debe ser aproximadamente 500°C o más. Consecuentemente los motores diesel tienen generalmente una relación de compresión más alta. (15:1 a 22:1) que los motores a gasolina (6:1 a 12:1). Al mismo tiempo los motores diesel son construidos más resistentes que los motores a gasolina por esta misma razón.

VENTAJAS DEL MOTOR DIESEL

- a. El motor diesel tiene gran eficiencia térmica. Esto significa que consume menos combustible y son más económicos que los motores a gasolina de igual potencia.
- b. Los motores diesel son más durables y no requieren un encendido eléctrico. Esto significa menos problemas que los motores a gasolina.
- c. El torque de un motor diesel permanece virtualmente inalterable sobre un amplio rango de velocidad. Esto significa que los motores diesel son más flexibles y fáciles de operar que los motores a gasolina (esto hace a los motores diesel apropiados para vehículos grandes).

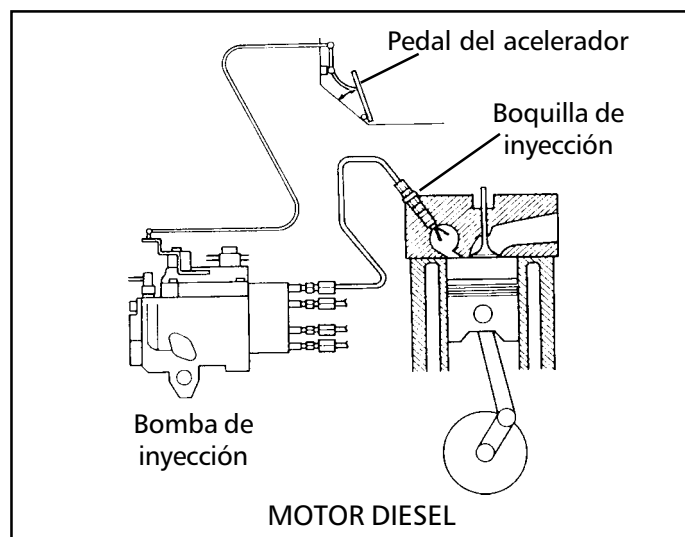
DESVENTAJAS

- a. La máxima presión de combustión de un motor diesel es cerca del doble que un motor a gasolina. Esto hace que un motor diesel genere mayores sonidos y vibraciones.
- b. Como la presión máxima de combustión es alta, los motores diesel deben ser hechos con materiales de alta resistencia y deben tener una estructura muy fuerte. Esto significa que los motores diesel tienen una mayor carga por caballo de fuerza que los motores a gasolina. Ello también implica mayor costo fabricación.
- c. Los motores diesel requieren de un sistema muy preciso de inyección. Siendo más costosos y necesitan mantenimientos y servicios más cuidadosos que los motores a gasolina.
- d. Los motores diesel tienen una relación de compresión alta y requieren gran fuerza para arrancarlos. Consecuentemente requieren de equipos como arranques y baterías de gran capacidad.

POTENCIA DEL MOTOR DIESEL

En un motor Diesel, el combustible es inyectado en el aire el cual es calentado a alta temperatura por haber sido fuertemente comprimido. Esto causa que el combustible se encienda y se queme.

Para obtener una alta presión de compresión aún a bajas velocidades del motor una gran cantidad de aire debe ser succionado por los cilindros, de modo que generalmente no se use una mariposa para restringir el flujo de aire admitido. Por lo tanto, en un motor diesel, la potencia del motor es controlada por la cantidad de combustible inyectado.



Comparación de los métodos usados para regular la potencia en un motor a gasolina y en un motor diesel.

Motor a gasolina.

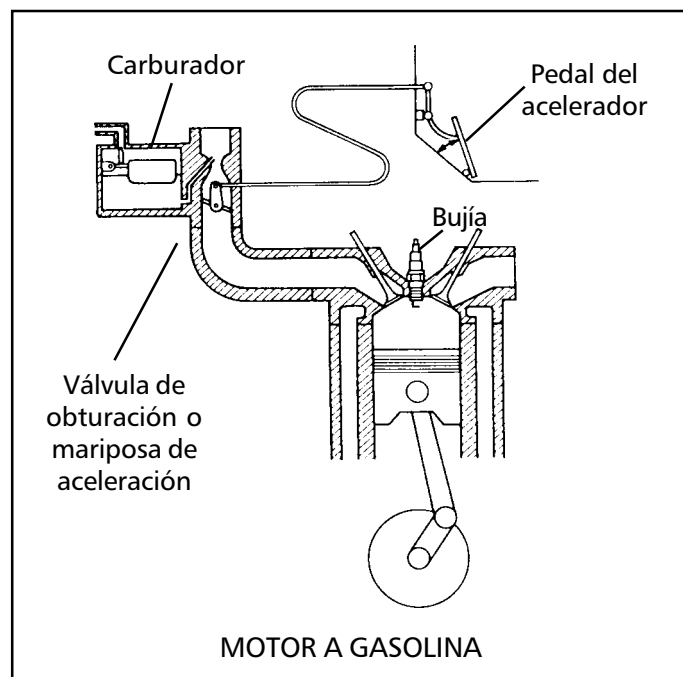
Controlado por la cantidad de la mezcla aire-combustible suministrada a los cilindros usando la mariposa de aceleración.

Motor diesel.

Controlado por la cantidad de combustible inyectado.

LA POTENCIA DEL MOTOR A GASOLINA

La potencia de un motor a gasolina es controlada por la apertura y el cierre de la mariposa de aceleración, controlando así la cantidad de la mezcla aire-combustible que ingresa a los cilindros.

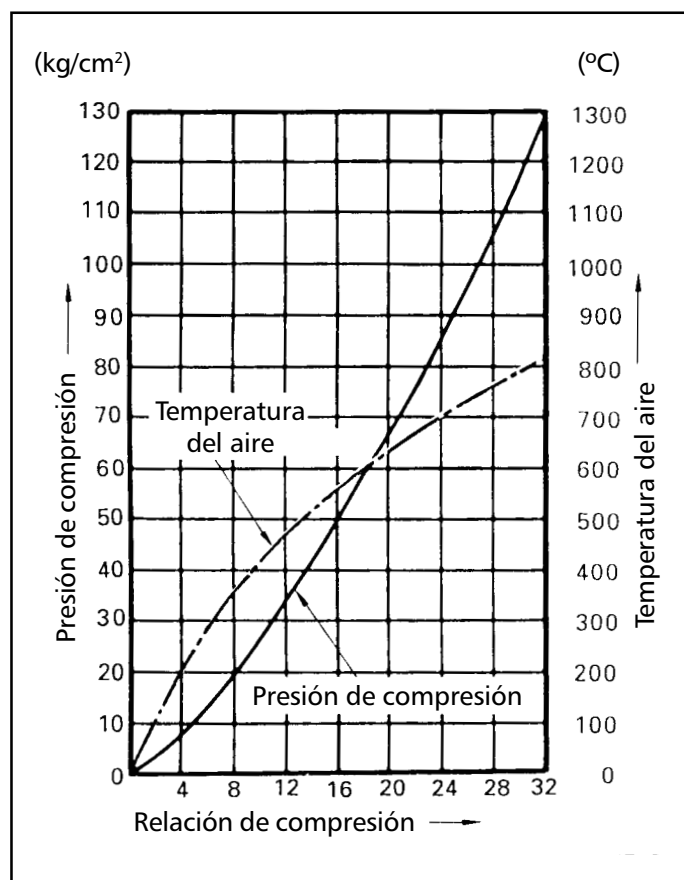


En un motor a gasolina, los puntos que requieren especial atención son: la relación aire-combustible de dicha mezcla, la cantidad de mezcla que ingresa, si hay una adecuada compresión, si hay una adecuada chispa y si la distribución del encendido es correcta. Sin embargo, en un motor diesel, la suficiente compresión es el punto de mayor importancia. Mientras que esto es también importante en un motor a gasolina, en un motor diesel la compresión afecta no sólo la potencia del motor sino también afecta la combustión del combustible inyectado porque esta combustión depende completamente del calor generado por la compresión del aire.

COMBUSTIÓN

La causa del aire en el cilindro causa el aumento de la temperatura. El gráfico muestra la relación teórica entre la relación de compresión, presión de compresión, y la temperatura, asumiendo que no hay fugas de aire entre el pistón y el cilindro ni pérdidas de calor. Por ejemplo, cuando la relación de compresión es 16, el gráfico muestra que la presión y la temperatura pueden subir hasta 50 kg/cm² (711 psi, 4,903 kPa) y 560°C, (122°F) respectivamente.

En el motor diesel, la cantidad de aire que se introduce en el cilindro afecta en gran medida el punto de autoencendido, que, a su vez, determina la potencia de salida. Por lo tanto, es esencial una eficiente admisión.



COMBUSTIBILIDAD DEL GASOIL

- ♦ El motor diesel usa gasoil, un aceite ligero. El combustible es inyectado a la cámara de combustión, donde espontáneamente se enciende por la alta temperatura del aire. La temperatura más baja en la que el combustible se enciende espontáneamente en ausencia de cualquier chispa externa es llamada la temperatura de encendido autógeno del combustible.

La temperatura más alta del aire comprimido es la más susceptible para el encendido espontáneo del combustible.

- ♦ En el motor diesel, usando una alta relación de compresión y un combustible con un punto de encendido bajo se mejora el rendimiento del encendido de combustible.
- ♦ La medida de la capacidad del combustible diesel para encender rápidamente es el número de cetano. Para motores diesel de alta velocidad usados en camionetas y automóviles, se requiere generalmente un número de cetano mayor de 40 o 45.

NUMERO DE CETANO

El procedimiento para obtener el número de cetano es casi idéntico que para el número de octano: El número de cetano es el porcentaje de cetano del combustible estándar que da el mismo rendimiento de encendido que el combustible que se está probando. Los combustibles estándares usados son mezclas de cetano y otro combustible generalmente alfa-metilnaftaleno o heptametilnonano, el cual tiene un mayor retardo de encendido. Los valores de cetano de estos componentes son:

* Cetano	: 100
* Alfa-metilnaftaleno	: 0
* Heptametilnonano	: 15

El número de cetano para el combustible que contiene alfa-metilnaftaleno, por ejemplo, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{Número cetano} = \frac{\text{Volumen de cetano}}{\text{Volumen de cetano} + \text{Volumen metilnaftaleno}} \times 100$$

DIFERENCIAS

	NAFTA	DIESEL
Avance en la apertura de la válvula de admisión	Mejora la onda de llenado	Idem.
Atraso en el cierre de la válvula de admisión.	Mejora la onda de llenado	Idem.
Avance en la apertura de la válvula de escape.	Reduce pérdida de bombeamiento	Idem.
Atraso en el cierre de la válvula de escape	Reduce pérdida de Bombeamiento	Idem.
Cruce de válvulas	Mejora la onda de llenado salida de aire + combustible + gases de escape	Mejora la onda de llenado. Salida de aire + gases de escape.

COMBUSTIÓN EN MOTORES DIESEL

Los motores Diesel funcionan con encendido por compresión del combustible. O sea, el combustible que es inyectado en la etapa de compresión, lleva un tiempo para iniciar la combustión y propagarse rápidamente a medida en que el combustible es introducido. Este tiempo que el combustible lleva para inflamarse, es llamado "Atraso de encendido". Cuando menor el atraso, mejor y más suave es la combustión, mejorando el funcionamiento del motor.

Este atraso de encendido existe debido a la forma como se da la combustión en motores diesel. Veamos los requisitos esenciales para el correcto funcionamiento:

- ♦ La cantidad de combustible inyectada en función de rotación y carga del motor.
- ♦ El exacto momento de la inyección del combustible.
- ♦ Presión de inyección elevada en función de los siguientes factores:
 - ♦ Pulverización del combustible, facilitando la homogenización.
 - ♦ Presión de inyección suficiente para que este combustible entre en la masa de aire comprimido.
 - ♦ Difusión, lo más uniforme posible, de las partículas de combustible y en todas las direcciones (turbulencia) para que entren en contacto con la mayor parte posible de aire.

Nótese que estos factores tienen influencia directa en el atraso del encendido.

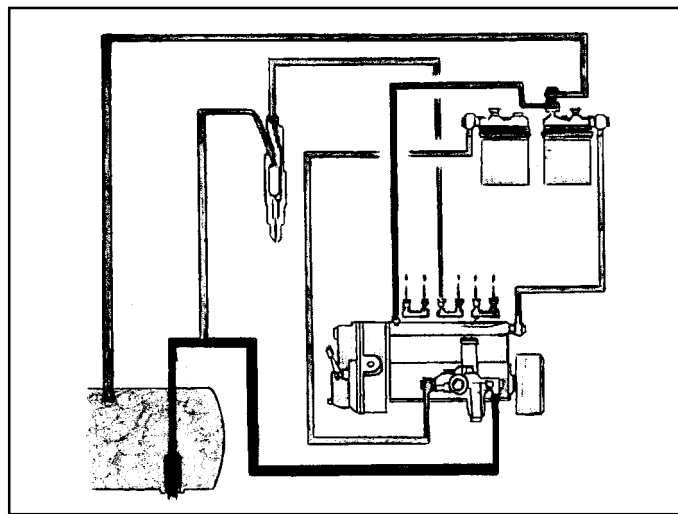
Las diferencias básicas de combustión entre motores diesel y gasolina son las siguientes:

Los motores de gasolina admiten y comprimen la mezcla pronta, dependiendo apenas de una chispa para

iniciar la combustión, que es gradual y permite que el motor funcione de forma más suave y silenciosa, sin choques, ya que existe tiempo suficiente para homogenizar toda la mezcla.

En la figura 1 vemos como ocurre la combustión.

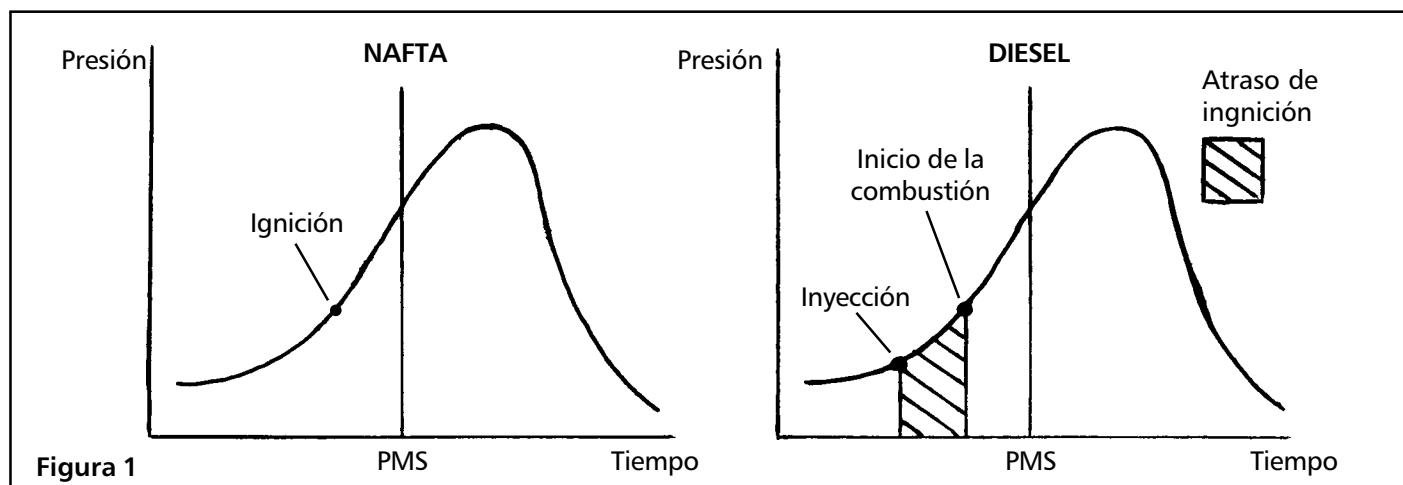
Por el contrario, los motores diesel admiten y comprimen apenas aire y, cuando inyectan el combustible, casi no existe tiempo para atomizar la mezcla. De esta manera, el combustible tiene que penetrar en la masa de aire, calentarse, vaporizar y entrar en combustión espontáneamente. Cuando se comienza a quemar el combustible, éste se propaga casi instantáneamente, generando el ruido del motor diesel.



También resaltamos que, en motores Diesel, debido a estas características de inflamación del combustible, trabajamos siempre con exceso de aire, ya que el tiempo de atomización de la mezcla es extremadamente pequeño. Cuanto mayor la cantidad de aire presente, más fácil y más rápida será la atomización. La relación de aire/combustible, en este caso, varía de 20/1 a 50/1 para que ocurra una combustión eficiente, tornándose el motor diesel más económico.

Tanto la combustión en motores de gasolina como diesel tiene que ser controlada. Cuando ocurre una combustión fuera de los parámetros especificados (descontrolada) decimos que existe una detonación. Sin

MOTORES DIESEL



embargo, el fenómeno de la detonación es diferente en motores Diesel y Gasolina, porque como ya vimos, la combustión es también, diferente.

Para evitar confusiones, veamos, primero, como ocurre la detonación en motores de gasolina. Estos motores deben siempre iniciar la combustión a partir de la chispa producida por la bujía. Pero, varios factores pueden generar una combustión espontánea antes que la bujía produce la chispa. Si esto ocurre, cuando la bujía produce la chispa, tendremos dos fuentes de llama: una, producida por la combustión espontánea y, otra, por la bujía. Ambas chocarán produciendo un fuerte ruido metálico.

Otra característica importante para comprender la detonación en los motores a gasolina, es conocer la influencia del "octanaje" de los combustibles en estos motores. El "octanaje" expresa, exactamente, la resistencia del combustible al encendido por compresión. Trabajar con combustible de elevado octanaje posibilita usar un nivel de compresión más elevado. Para extinguir la detonación, se atrasa la chispa de la bujía y se aumenta la cantidad de combustible inyectado, así, enfriamos la cámara de combustión. La detonación en estos motores se produce al final de la combustión, momento en el cual ocurre el choque entre los frentes de llama.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETONACIÓN EN LOS MOTORES A GASOLINA

Los factores que influyen en la detonación son:

- ♦ temperatura elevada del aire de admisión.
- ♦ mezcla pobre.
- ♦ falta de turbulencia.
- ♦ nivel de compresión elevado.
- ♦ combustible no especificado.

DETONACIÓN EN LOS MOTORES DIESEL

Los motores diesel, como ya vimos, inician la combustión a través del encendido por compresión, y el combustible, obviamente, debe poseer características diferentes. Para entender como ocurre esta detonación, debemos comprender lo qué es "cetanaje". El cetanaje expresa exactamente, la facilidad del combustible (diesel) en entrar en encendido por compresión. Por ejemplo, cuando inyectamos el diesel al final de la compresión y queremos que se inflame rápidamente, deci-

mos que cuanto mayor cetanaje de diesel, más rápida será el encendido por compresión, el atraso será menor y funcionará mejor el motor. Cuanto menor es el atraso por encendido, será mejor la inflamación de combustible, porque será de forma regular y gradual. Sin embargo, si el atraso de la ignición es muy grande, será demasiado fuerte, generando la detonación en los motores diesel.

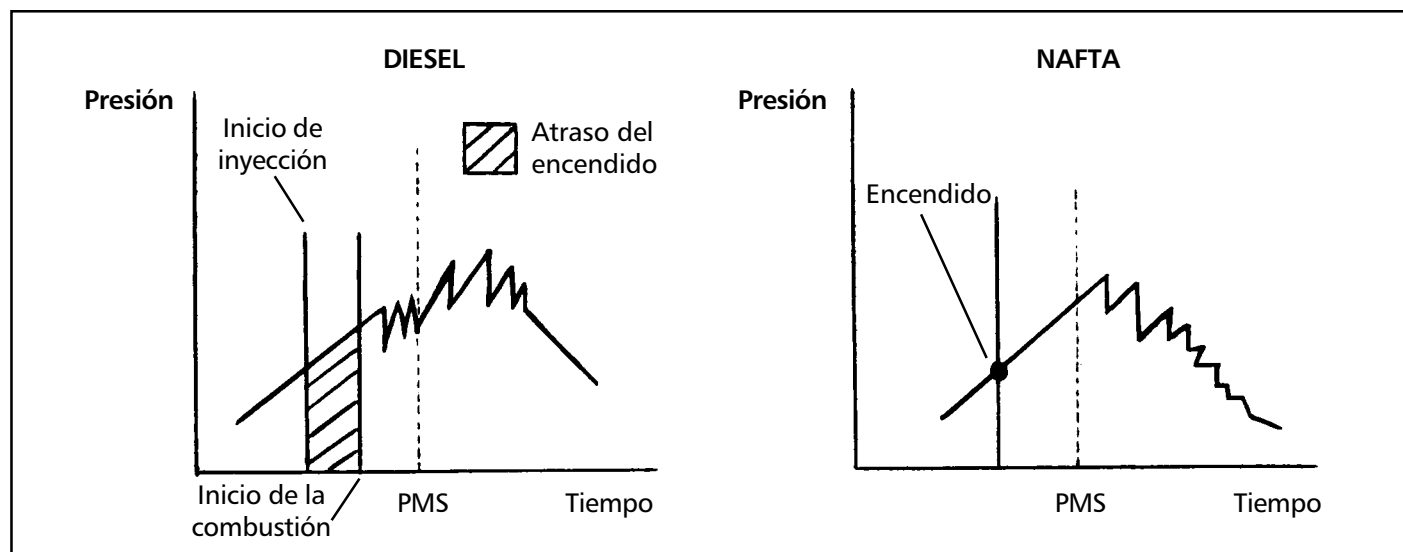
Los factores que pueden generar esta detonación son:

- ♦ combustible de bajo índice de cetano.
- ♦ pérdida de compresión (juntas, válvulas, aros, etc)
- ♦ presión baja de combustible.
- ♦ atomización del combustible deficiente.
- ♦ baja temperatura en la cámara de combustión.

Observe que la detonación en motores diesel se inicia junto con la combustión y cuando ésta se extienda se producirá el fenómeno de la detonación.

FACTORES QUE INTENSIFICAN LA PROBABILIDAD DE DETONACIÓN

MOTORES DIESEL	MOTORES A GASOLINA
Compresión baja	Compresión alta
Con motor aspirado Con baja carga	Con motor turbo Con alta carga
Con aumento de revoluciones + RPM	Con baja rotación - RPM
Con disminución de la temperatura del líquido de enfriamiento y disminución de la temperatura de la culata	Con aumento de la temperatura del líquido de enfriamiento y aumento de la temperatura de la culata.
Con cadena cerrada de hidrocarburo (aromático, nafteno)	Con cadena abierta de hidrocarburo (parafina, etc)



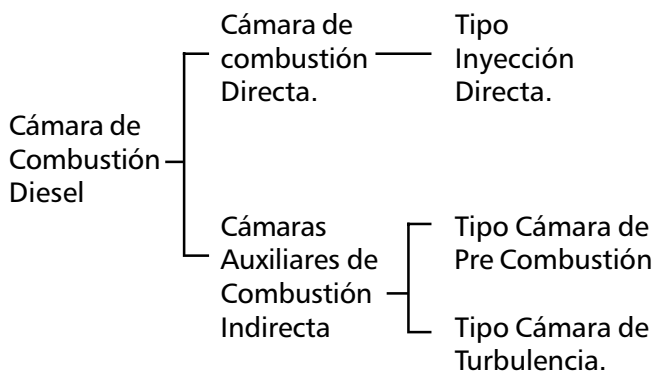
Al contrario de lo que ocurre en los motores a gasolina, en los motores diesel, cuanto mayor es la cantidad de combustible inyectado, mayor será la temperatura generada en el interior de la cámara de combustión.

CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DIESEL

La cámara de combustión de los motores diesel es el componente individual más importante para determinar el rendimiento del motor diesel.

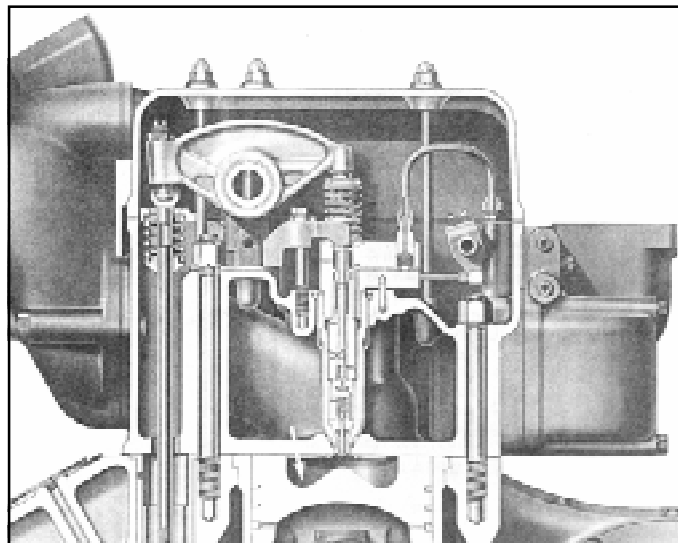
La configuración de varias cámaras de combustión han sido desarrolladas con intención de mejorar el rendimiento del motor diesel, haciendo que el combustible inyectado en la cámara sea pulverizado, vaporizado y mezclado uniformemente con el aire se usan lumbreras de admisión formadas especialmente en las culatas de cilindros para generar una turbulencia en el aire dentro del cilindro, o adicionando una cámara de combustión auxiliar que explote la expansión de gases en el estado inicial del encendido para mejorar la eficiencia de la combustión.

Las cámaras de combustión más comunes son:

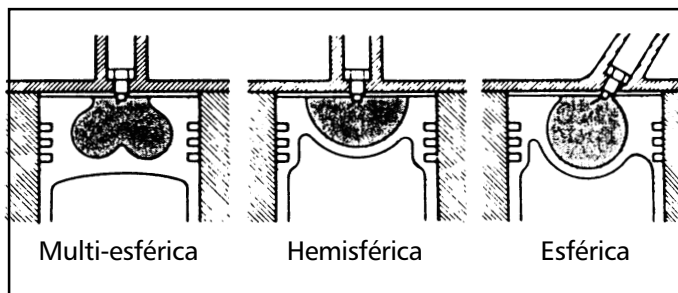


INYECCIÓN DIRECTA

Las boquillas de inyección pulverizan el combustible directamente en la cámara principal de combustión entre la culata del cilindro y el pistón. Las cámaras provistas en la parte superior del pistón están moldeadas de varias formas especiales diseñadas para mejorar la eficiencia de la combustión.



Cámaras de Inyección Directa



Ventajas

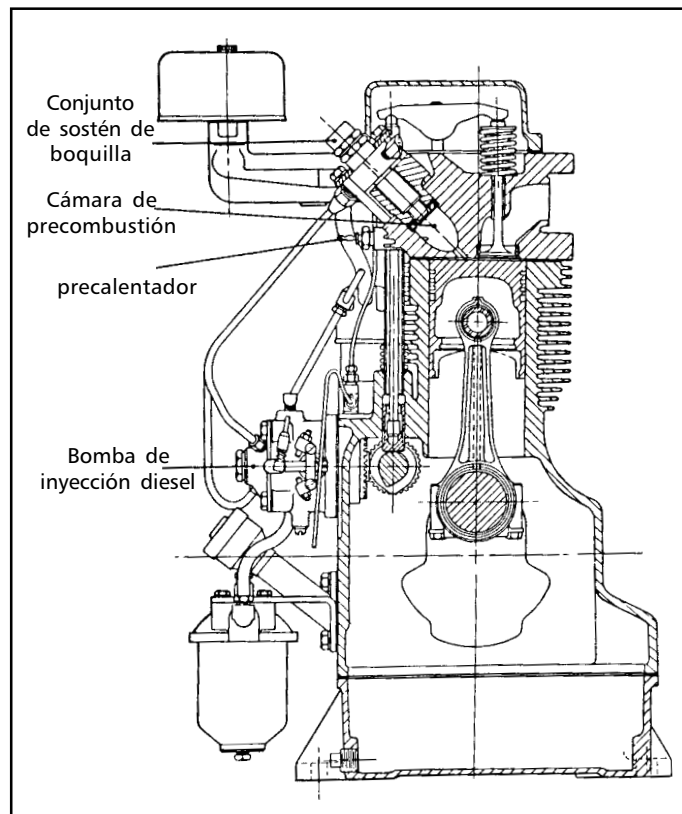
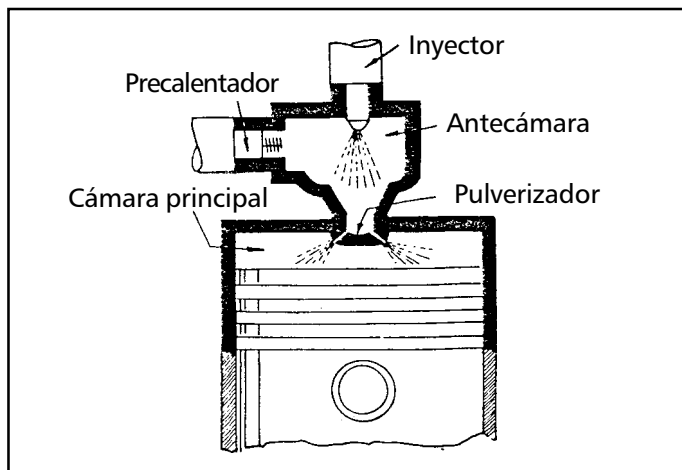
1. Una pequeña área de la superficie de la cámara de inyección directa minimiza la pérdida de calor, haciendo que se eleve la temperatura del aire comprimido y mejore el encendido. Por eso el pre-calentamiento es innecesario para arrancar en temperaturas de ambiente normal. El alto calor de eficiencia también produce alta potencia mejorando la economía del combustible.
2. La culata del cilindro tiene una estructura simple por lo que es menos proclive a deformaciones por el calor.
3. Como se pierde menos calor la relación de compresión puede ser reducida.

Desventajas

1. La bomba de inyección debe ser altamente durable para producir la inyección de alta presión requerida para que efectivamente pulverice el combustible forzándolo a través de los agujeros de los múltiples tipos de boquillas de inyección.
2. La velocidad máxima posible del motor es baja, dado que la turbulencia de la mezcla del combustible es menos pronunciada que el del tipo de cámara auxiliar de combustión.
3. La alta presión de combustión genera más sonido e incrementa el riesgo del golpeteo.
4. El motor es altamente sensitivo a la calidad del combustible por tanto se requiere generalmente uno de buena calidad.

CÁMARA DE PRE COMBUSTIÓN

El combustible es pulverizado por la boquilla de inyección en la cámara de pre combustión, teniendo una combustión parcial en este lugar, y el combustible remanente (no quemado) es descargado a través de un pequeño pasaje entre la cámara de pre combustión y la cámara principal, donde es vaporizado para completar la combustión en la carrera principal.



Ventajas

1. Pueden utilizarse distintos combustibles y combustibles relativamente inferiores pueden ser usados sin que produzcan humo.
2. Fácil para mantener la presión de inyección del combustible debido a que es relativamente baja, y el motor es comparativamente insensible a los cambios de sincronización en la inyección.
3. Debido al uso de inyectores del tipo "aceleración" el sonido del diesel es reducido.

Desventajas

1. Alto costo de construcción debido al complejo diseño del cilindro.
2. Se requiere de un arranque grande y deben usarse bujías incandescentes.
3. Relativamente alto consumo de combustible.

CAMARA DE TURBULENCIA

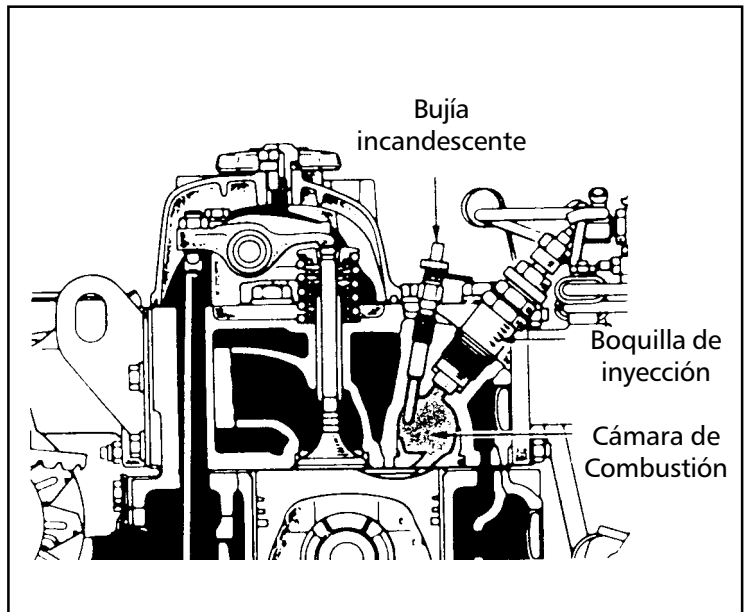
La cámara de turbulencia es de forma esférica. El aire comprimido por el pistón entra en la cámara de turbulencia y produce un flujo turbulento en el que el combustible es inyectado. La combustión es generada en la cámara de turbulencia, pero parte del combustible no quemado se extiende a la cámara principal de combustión a través del pasaje de transferencia para completar la combustión.

Ventajas

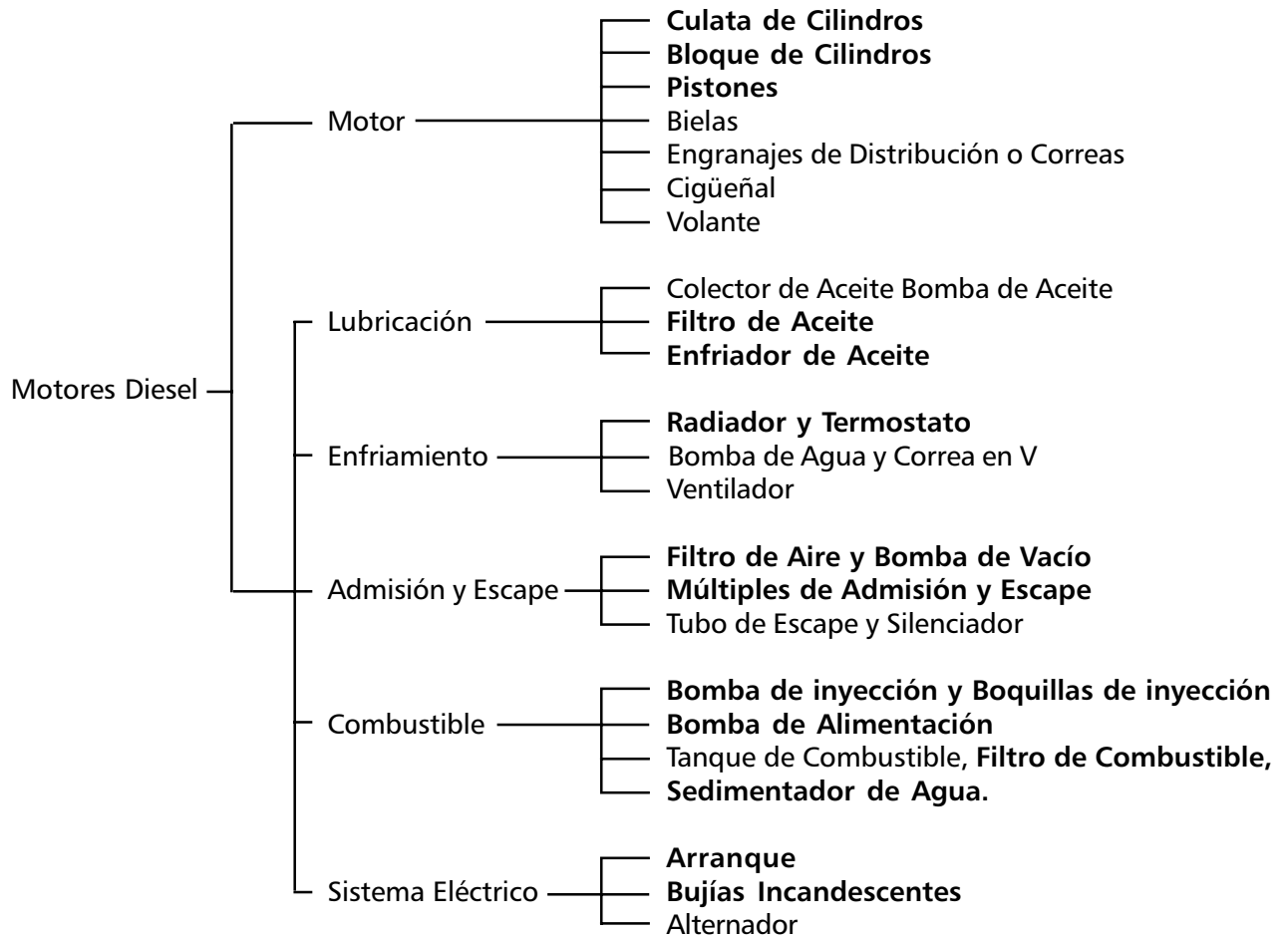
1. Pueden obtenerse altas velocidades debido a la turbulencia y gran compresión.
2. Menos problemas debido al uso del inyector de tipo aguja.
3. Distintos rangos de velocidad y suave operación que hace posible su uso en automóviles y camionetas.

Desventajas

1. Compleja construcción de la tapa y el bloque de cilindros del motor.
2. La eficiencia térmica y la economía en consumo de combustible son ambos inferiores a los del sistema de inyección directa.
3. Las bujías incandescentes son necesarias, porque en frío el motor no arranca fácilmente.
4. Produce un sonido relativamente fuerte en bajas velocidades.
5. Contamina más que los de inyección directa.



MOTORES DIESEL

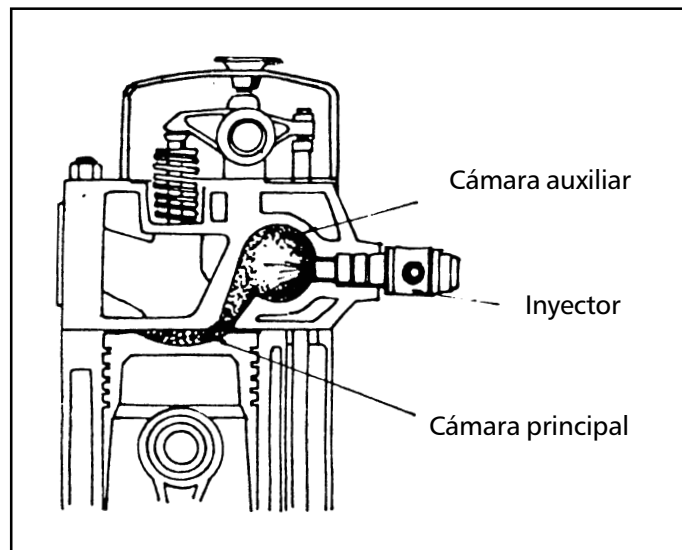


Los ítems **remarcados** difieren de los motores a gasolina.

BLOCK DE CILINDROS

El block de cilindros del motor está hecho con un tratamiento especial de hierro fundido, generalmente parecido al del motor de gasolina excepto que éste debe tener gran resistencia para aguantar altas temperaturas, presiones y nivel de vibraciones. Consecuentemente, es muy pesado.

Los pistones se deslizan contra cilindros postizos o camisas, que pueden ser "húmedos" (que permiten pasar temperatura al refrigerante directamente) o "secos". Algunos bloques de cilindros son construidos en aleación especial que resisten el desgaste friccional del uso y ésto evita la necesidad de camisas. En este caso el diámetro del cilindro puede ser más pequeño para reducir la medida y el peso del motor.

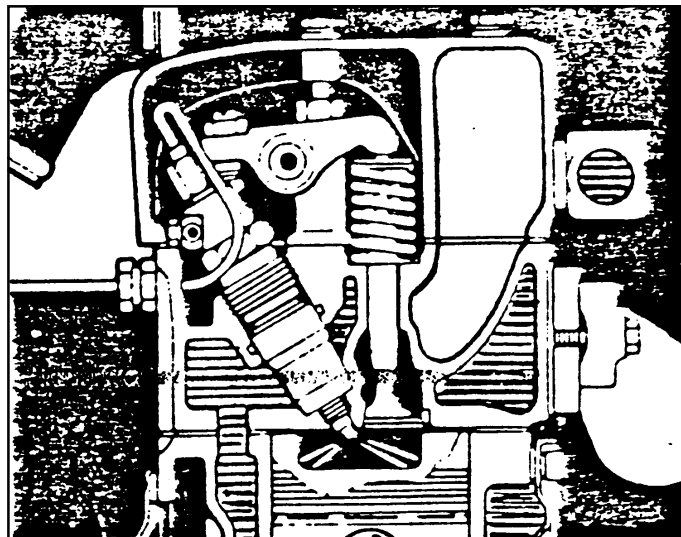


TAPA DE CILINDROS

Debido a la alta compresión por la elevada relación de compresión, la cámara de combustión es más pequeña que en los motores a gasolina.

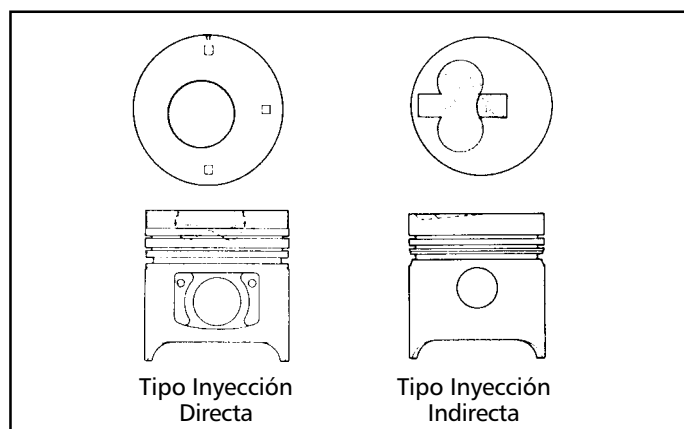
La tapa debe ser pesada y fuertemente construida para resistir las altas presiones de combustión y niveles de vibración.

Para asegurar la hermeticidad adecuada entre la culata y el bloque de cilindros, un motor diesel usa más pernos que un motor a gasolina. En el motor con cámara de turbulencia la culata contiene una cámara de este tipo sobre la cámara de combustión de cada cilindro. Este a su vez contiene un inyector que pulveriza el combustible dentro del cilindro, y una bujía incandescente que actúa como un calentador eléctrico para facilitar el arranque con temperaturas bajas.

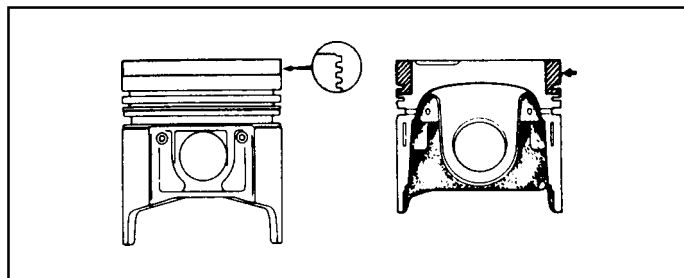


PISTÓN

El pistón del motor diesel está diseñado para resistir altas presiones y temperaturas. El huelgo con la culata es pequeño debido a la alta relación de compresión. La cabeza del pistón está provista de una depresión para que no tenga interferencia con las válvulas. En un sistema de inyección directa esta depresión en el pistón también sirve como cámara de combustión, en el sistema de pre combustión por otro lado genera corriente de remolino en gases que vienen de la cámara de pre combustión para que la mezcla del combustible se acelere y se queme completamente.

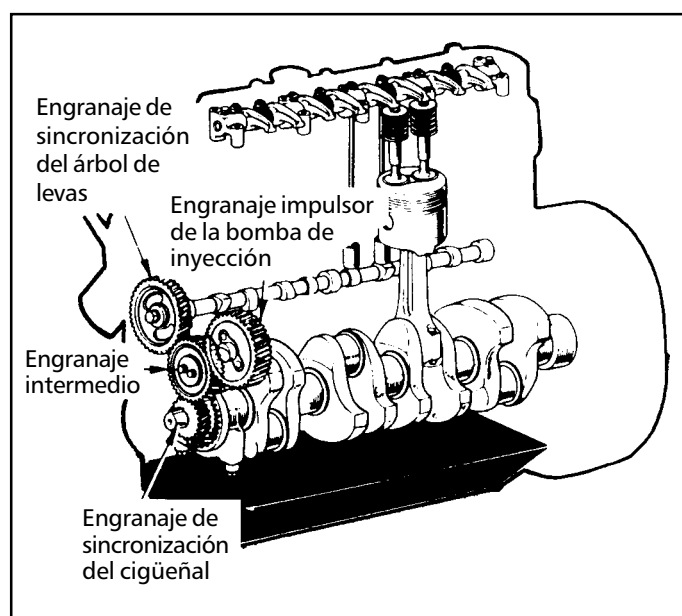


En algunos pistones, la cabeza del mismo es de acumulación térmica, en otros pistones la cabeza del mismo y la primera ranura del anillo son fundidos con refuerzo de fibra de metal que es una aleación especial hecha de aluminio y fibra de cerámica. Ambos métodos ayudan a prevenir el agarrotamiento del anillo N°1 debido a la excesiva concentración de calor en el mismo.



ENGRANAJES DE DISTRIBUCIÓN

Un juego de engranajes o correas de distribución delante del bloque del motor, impulsan la bomba de inyección y el árbol de levas. Los engranajes de distribución son más comunes en los motores diesel grandes; en los ligeros se usan correas de distribución.

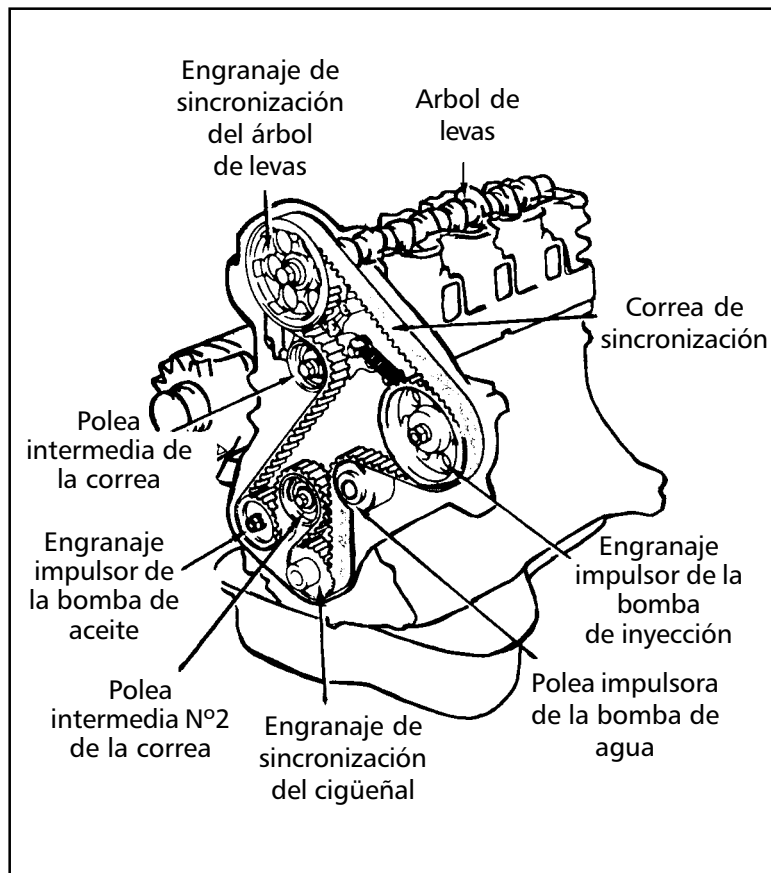


Vea en la figura la disposición que se usa en grandes motores diesel. Sin embargo, en algunos motores el engranaje del cigüeñal impulsa directamente el engranaje del árbol de levas. El engranaje del cigüeñal transmite fuerza al engranaje de la bomba de inyección a través del engranaje intermedio. Estos engranajes de distribución tienen marcas impresas para que puedan ser correctamente instalados. Están contruidos de acero endurecido al carbono u otros aceros especiales y su superficie está endurecida después del maquinado. Emplean dientes helicoidales que se engranan en forma más suave y generan menos ruido.

CORREA DE DISTRIBUCIÓN

La correa de distribución está hecha de goma termorresistente con un núcleo elástico muy firme. Los dientes están recubiertos de tela resistente al desgaste.

La polea intermedia de la correa de sincronización se utiliza para ajustar la tensión de la correa. La tensión inicial se determina con el resorte de tensión. La correa de sincronización ha probado ser duradera, incluso después de 80.000 kms. recorridos o más. Algunos vehículos están provistos de un indicador que se ilumina después de que se alcanza el kilometraje o millaje previsto por el fabricante, para indicar al conductor que ha llegado el momento de cambiar la correa.



LUBRICANTES

Los lubricantes de vehículos automotores incluyen el aceite para motores a gasolina, aceite para motores diesel, aceite para engranajes, grasa y otros.

ACEITES DE MOTOR

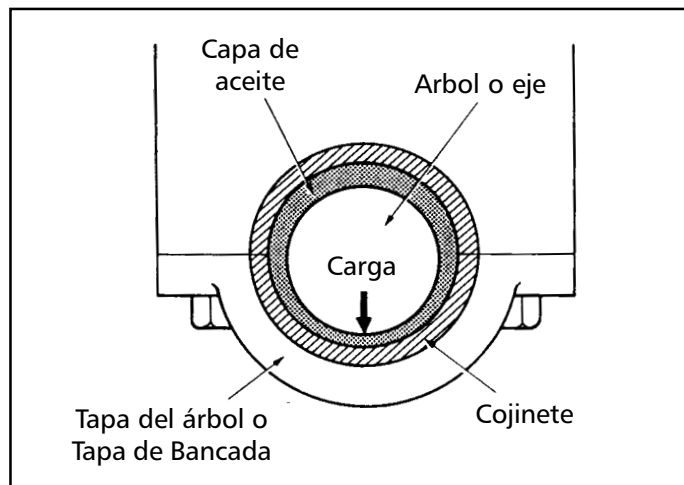
La diferencia principal entre los aceites de motor y otros tipos de lubricantes, es que el aceite de motor está sujeto a la contaminación de hidrocarburos, ácidos y otras materias extrañas procedentes de la combustión.

Por ejemplo, los ácidos sulfúricos y clorhídricos formados durante la combustión necesitan neutralizarse, y el carbón se tiene que disolver o dispersar dentro del aceite del motor, para que no se acumule.

Cualidades Principales del Aceite de Motor.

Lubricación

El aceite del motor lubrica las superficies dentro del motor, formando una película de aceite sobre las mismas, reduciendo así la fricción en estas superficies y minimizando el desgaste y la pérdida de fuerza.



Enfriamiento

La combustión genera calor y las partes del motor se tornan extremadamente calientes. Esto conducirá al agarrotamiento si no se realiza alguna acción para bajar la temperatura y por este motivo el aceite de motor circula por esas partes, absorbiendo el calor y disipándolo fuera del motor.

Sellado

El aceite del motor forma una película de aceite entre el pistón y el cilindro, actuando así como un sellador para evitar cualquier pérdida de potencia que puede resultar del escape del gas comprimido o quemado hacia el cárter.

Detergencia

Los depósitos de desecho, humedad, etc. en las partes internas del motor, aumentarán la fricción y obstruirán los conductos de aceite.

El aceite del motor actúa para limpiar estas materias y evita la acumulación dentro del motor.

Dispersión de la tensión

El aceite del motor funciona para absorber la tensión local que se aplica a las partes lubricadas y dispersar esta tensión a través de su masa. Esta acción protege las partes y previene el agarrotamiento de las superficies en contacto.

Requisitos del Aceite de Motor

Es necesario que el aceite del motor cumpla los siguientes requisitos:

- ♦ Tener la viscosidad apropiada. Si la viscosidad es demasiado baja, la película de aceite se romperá fá-

MOTORES DIESEL

cilmente y las piezas podrán agarrotarse. Contrariamente, si es demasiado alta causará resistencia al movimiento, causando un arranque pesado y pérdida de potencia.

- ♦ El nivel de viscosidad debe mantenerse relativamente estable y no debe variar aún con cambio de temperatura.
- ♦ El aceite de motor debe ser adecuado para utilizarse con metales.
- ♦ Prevención de corrosión y herrumbre.
- ♦ No debe formar burbujas.

Tipos de aceite de Motor

El aceite de motor se clasifica de dos maneras diferentes: por su viscosidad y por su calidad.

1) Clasificación por la viscosidad.

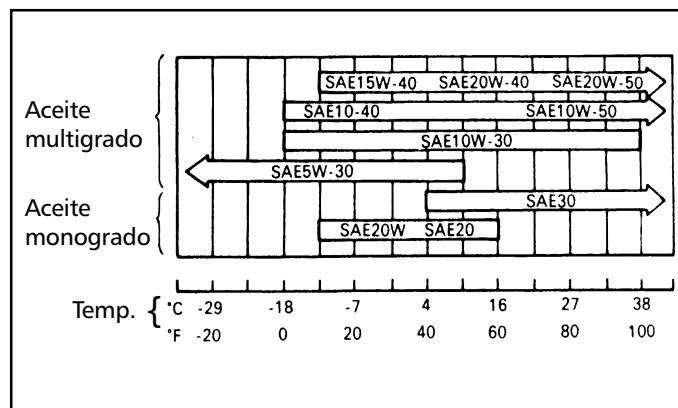
La viscosidad se refiere al espesor o habilidad de un líquido a resistir al escurrimiento (usualmente llamado "peso" tratándose de aceites). El aceite se torna fino y fluye más fácilmente cuando es calentado y más espeso cuando se enfría. Sin embargo, no todos los aceites tienen la misma tendencia. Algunos aceites son originalmente espesos (teniendo alta o mayor viscosidad). La viscosidad o peso de un aceite es expresado por un número llamado índice de viscosidad: índice más bajo para aceites finos o ligeros.

Los aceites que cumplen los estándares de viscosidad de SAE (Society of Automotive Engineers – Sociedad de Ingenieros Automotrices) tienen el prefijo "SAE" delante de sus índices de viscosidad.

Los índices SAE son usualmente determinados de acuerdo a la temperatura en que puede ser usado, el aceite en particular.

El aceite del motor debe ser seleccionado cuidadosamente no solo por la temperatura ambiental sino también por las condiciones de operación del vehículo.

La relación entre la temperatura ambiente y el índice de viscosidad de los aceites de motor es mostrada a continuación

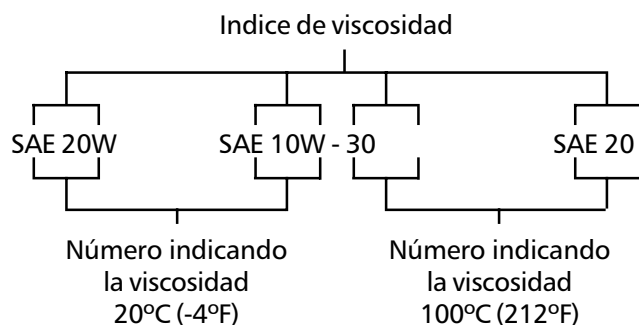


Las relaciones mostradas son sólo ejemplos. Al cambiar el aceite del motor, siempre lea el manual del propietario para saber la viscosidad recomendada para el motor por el fabricante.

Interpretación del índice de viscosidad.

- ♦ Un aceite de baja viscosidad posee un índice bajo o grado SAE.
- ♦ Los aceites cuyos índices son indicados con un rango 10W-30, 15W-40, etc., son llamados aceites "multigrados". Como la viscosidad casi no es afectada por los cambios de temperatura, estos aceites no necesitan ser cambiados según la estación o condiciones climáticas.
- ♦ Los índices de viscosidad seguidos de la letra "W" (10W, etc.) indican la viscosidad media a 20°C. El uso de aceites de baja viscosidad ayuda el arranque del motor a bajas temperaturas. Los índices que no incluyen la letra "W" indican la viscosidad a 100°C (212°F). Por ejemplo, "SAE 10W-30" indica que el aceite se ajusta a los estándares para aceite SAE 10 a 20°C (-4°F) y los estándares para aceites SAE 30 a 100°C (212°F).

MOTORES DIESEL



Clasificación por la Calidad.

Los aceites de motor son clasificados por la calidad de acuerdo a los estándares API (American Petroleum Institute-Instituto Americano del Petróleo) y verificamos por métodos establecidos por ellos mismos. La clasificación API está normalmente marcada en cada envase de aceite de motor, adicionado el rango SAE de tal manera que facilite la selección del aceite adecuado para las condiciones de operación del vehículo.

A continuación mostramos la clasificación API de aceites de motor.

CLASIFICACIÓN API DE ACEITE DE MOTOR PARA MOTORES A GASOLINA

Clasificación API	Descripción de servicios y del aceite.
SA	Aceite puro de petróleo, sin aditivos.
SB	Para uso en motores operados bajo cargas ligeras, contiene una pequeña cantidad de antioxidante
SC	Contiene dispensador de detergente, antioxidante, etc.

SD	Para uso en motores operados bajo temperaturas extremas o severas condiciones, contiene dispersantes de detergente, agente contra desgastes, antioxidantes, etc.
SE	Para uso en motores usados bajo condiciones más severas que las de clasificación SD, contiene gran cantidad de dispersador de detergente, agente contra desgaste, antioxidante, etc.
SF	Aceite de grado superior con excelente resistencia al desgaste y gran durabilidad.

Clasificación API del Aceite para Motores Diesel.

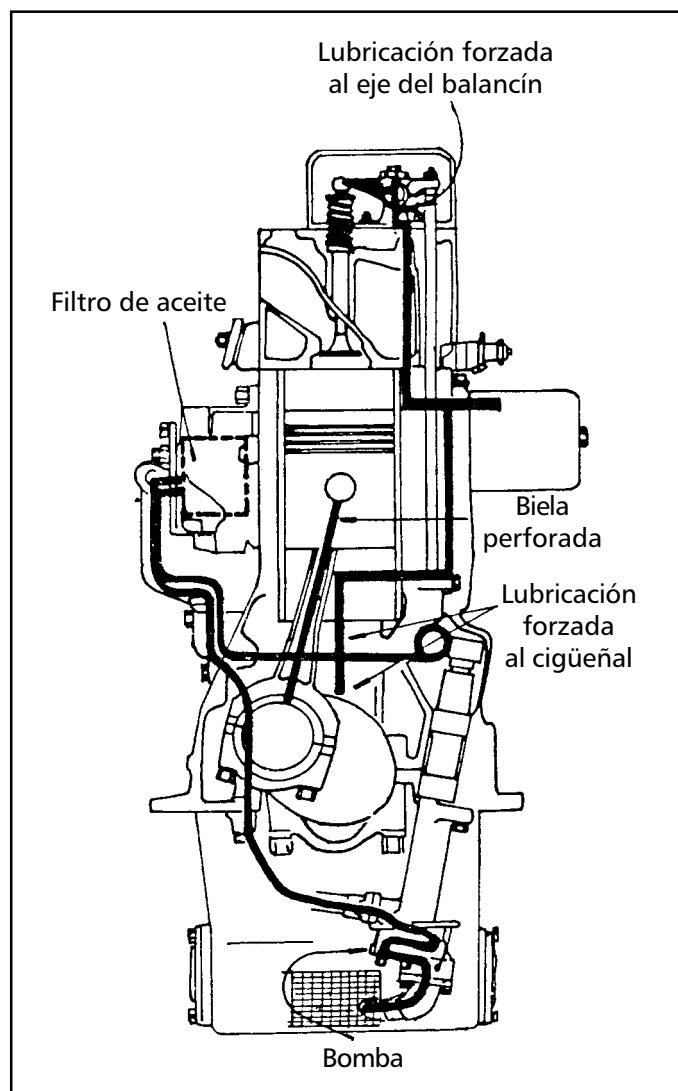
Debido a la alta compresión y presiones de combustión en los motores diesel y para lograr cantidad de fuerza aplicada a las partes rotativas, el aceite de motor debe ser capaz de formar una película de aceite resistente.

Además, como el combustible diesel contiene azufre, se genera gas sulfúrico durante la combustión y esto reacciona con la humedad dentro del motor, lo cual permite la formación de ácido sulfúrico. Es importante para el aceite del motor, la habilidad de neutralizar este ácido con suficiente reserva alcalina teniendo características de dispensador de detergente, evitando la formación de sedimentos dentro del motor.

Clasificación API	Descripción de servicio y del aceite.
CA	Para uso de motores diesel operando con cargas ligeras, contiene dispersadores detergentes, antioxidantes, etc.

CB	Para uso en motores diesel operado bajo cargas medias, usando combustible de baja calidad, contiene dispersantes detergentes, antioxidantes, etc.
CC	Contiene grandes cantidades de dispersantes detergentes, antioxidantes, etc. Se puede usar en motores diesel equipados con turbo cargador y pueden ser usados también en motores de gasolina operados bajo condiciones extremas.
CD	Para uso en motores diesel equipados con turbocargador y requieren combustible con gran contenido de azufre, contiene gran cantidad de dispersadores detergentes.

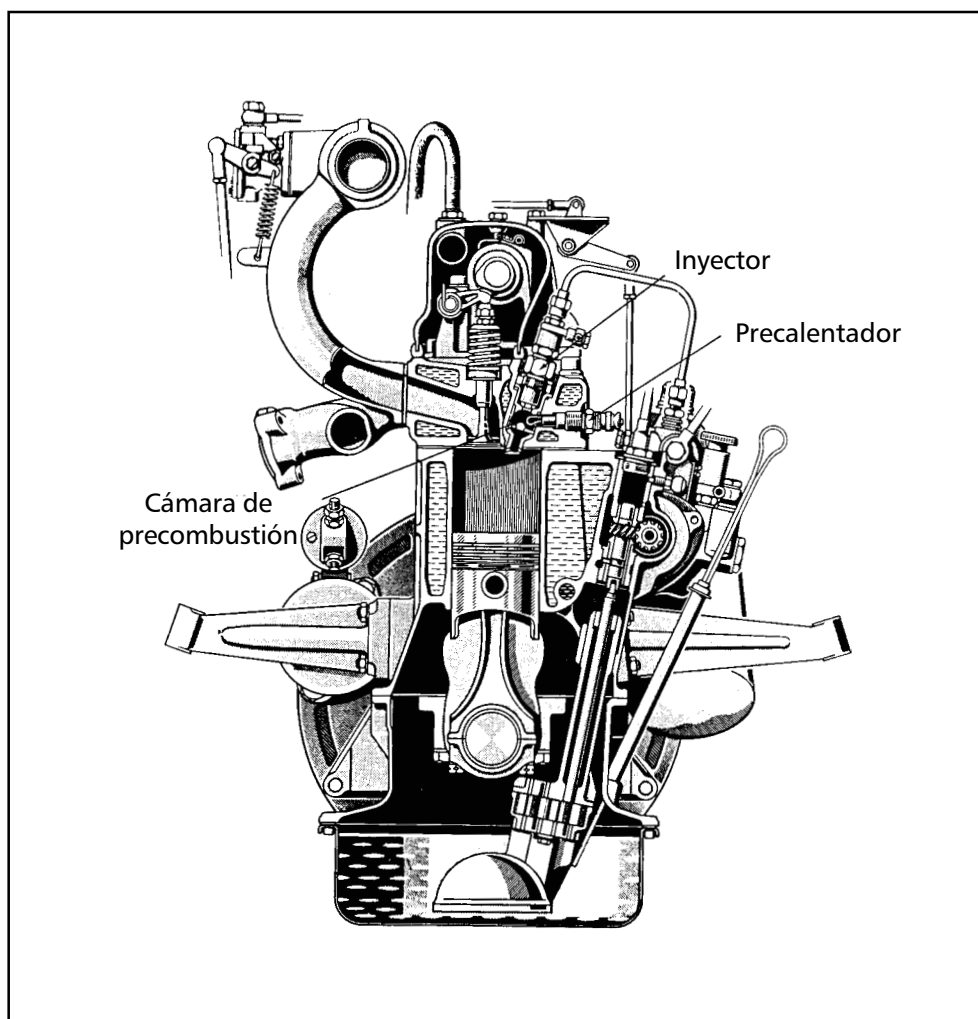
MOTOR DIESEL LUBRICACIÓN



MOTORES DIESEL

El sistema de lubricación de un motor diesel básicamente es el mismo que el del motor a gasolina. Pero un motor diesel genera más carbón durante la combustión que un motor a gasolina y esto hace que tenga un filtro de aceite especialmente diseñado. También tiene un enfriador de aceite porque la temperatura de operación es generalmente alta y el movimiento de piezas está sujeto a grandes tensiones, más que un motor a gasolina.

El motor diesel requiere diferentes tipos de aceite que un motor a gasolina, aunque algunos aceites pueden ser usados por ambos, asegúrese que el aceite que use sea el recomendado por el fabricante del vehículo. Si usted usa un aceite de motor a gasolina en un motor diesel, se desgastará más rápido y puede pegar el motor.

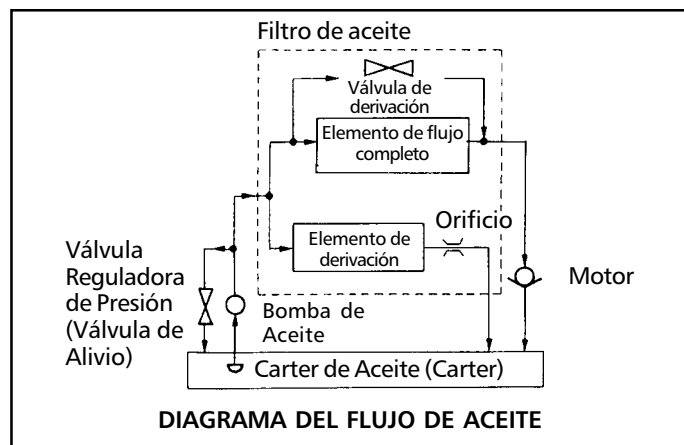
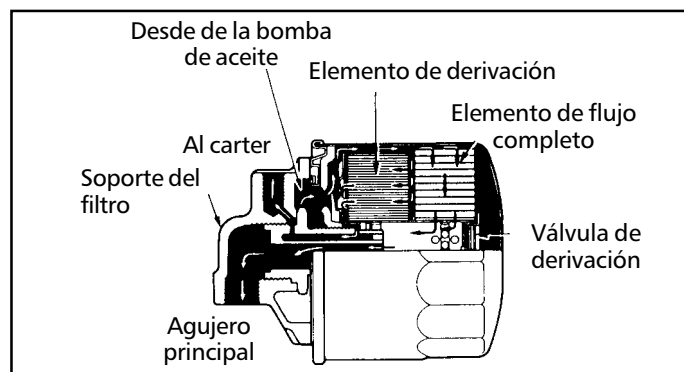


FILTRO DE ACEITE DE DOS ELEMENTOS

Un motor a gasolina normalmente tiene un filtro de aceite de un solo elemento de flujo completo. Un motor diesel puede usar un filtro de aceite de 2 elementos que comprende uno de flujo completo y otro de derivación.

El filtro de flujo completo es colocado entre la bomba de aceite y el motor. También se muestra en el diagrama el filtro de tipo de derivación colocado entre la bomba de aceite y el carter del motor.

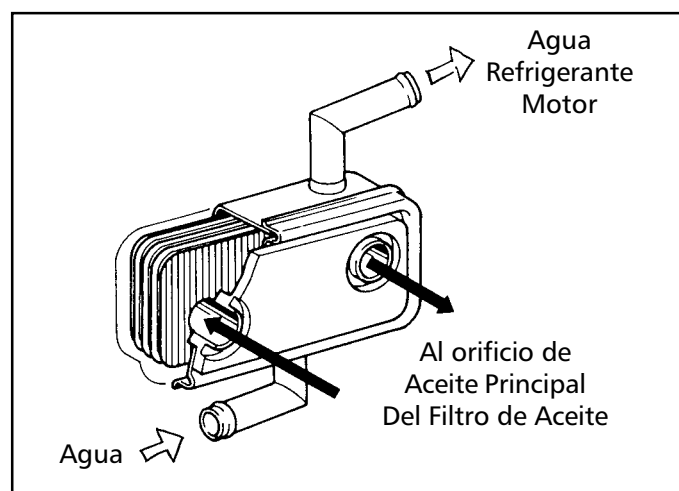
El filtro de flujo completo atrapa impurezas que directamente afectan a las partes rotativas del motor. El filtro de derivación atrapa lodo y hollín de carbón que están mezclados con el aceite del motor. Estos dos elementos entregan muy limpio el aceite al motor.



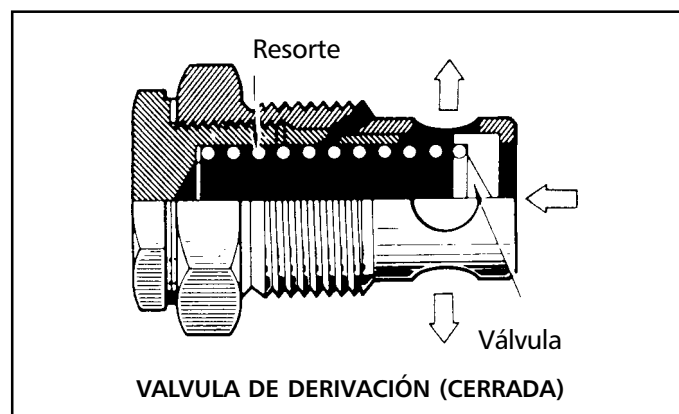
ENFRIADOR DE ACEITE

La mayor parte de los enfriadores de aceite normalmente usados en los motores diesel son enfriados por agua dependiendo de la construcción del motor, el enfriador puede estar en el lado delantero o lateral del motor o bajo el radiador.

Como se muestra abajo es un enfriador fijado al lado del motor. El aceite del motor es bombeado por la bomba de aceite y circula a través del filtro de aceite al enfriador de aceite. Este es enfriado por la circulación en el enfriador, mientras fluye desde el centro del enfriador. Luego el flujo se dirige al orificio principal del motor.



Los enfriadores de aceite normalmente tienen válvulas de alivio para prevenir daños debidos al incremento de viscosidad del aceite a bajas temperaturas.



INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA ACEITE DE MOTOR.

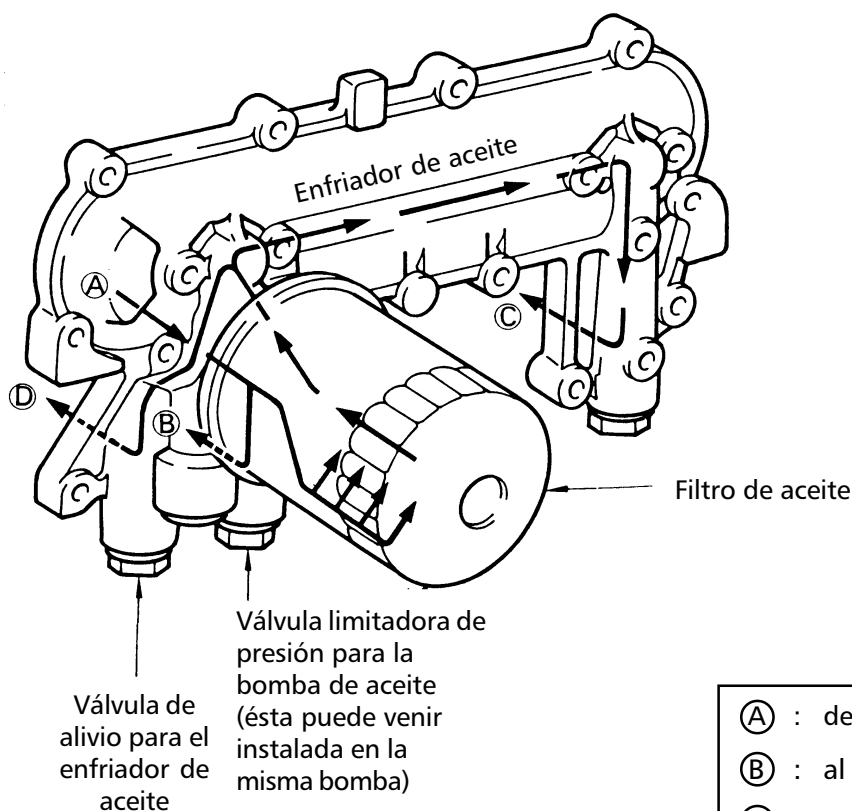
En los motores diesel se utilizan enfriadores de aceite enfriados por agua.

Todo el aceite circula desde la bomba de aceite al enfriador o intercambiador de calor, donde es enfriado. Después de ser enfriado el aceite circula a todas las

partes del motor.

Se provee de una válvula de alivio para evitar que el enfriador de aceite se dañe debido al aumento de presión provocado por la mayor viscosidad del aceite a bajas temperaturas.

Cuando la diferencia de presión entre el lado de entrada y el lado de salida del enfriador de aceite aumenta aproximadamente a 1.5 Kg/cm^2 (21.3 psi) o más, la válvula de alivio se abre y el aceite se desvía del enfriador de aceite y circula a otras piezas del motor.

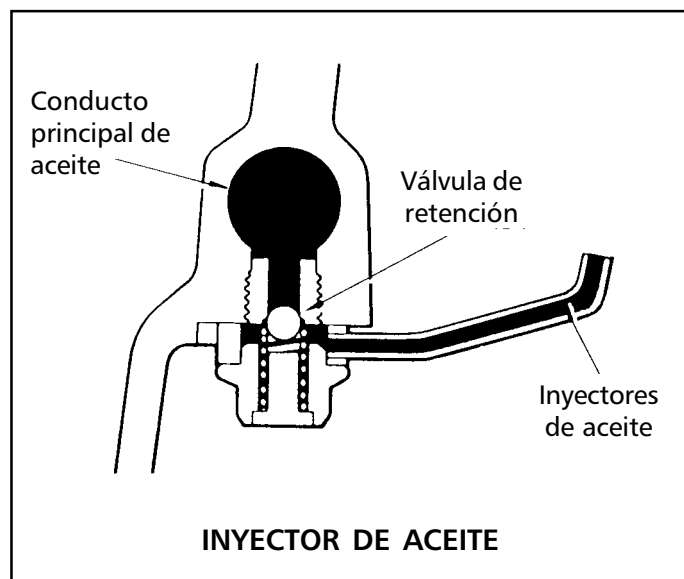


- (A) : desde la bomba de aceite
- (B) : al carter de aceite
- (C) : al conducto principal de aceite
- (D) : al conducto principal de aceite

MOTORES DIESEL

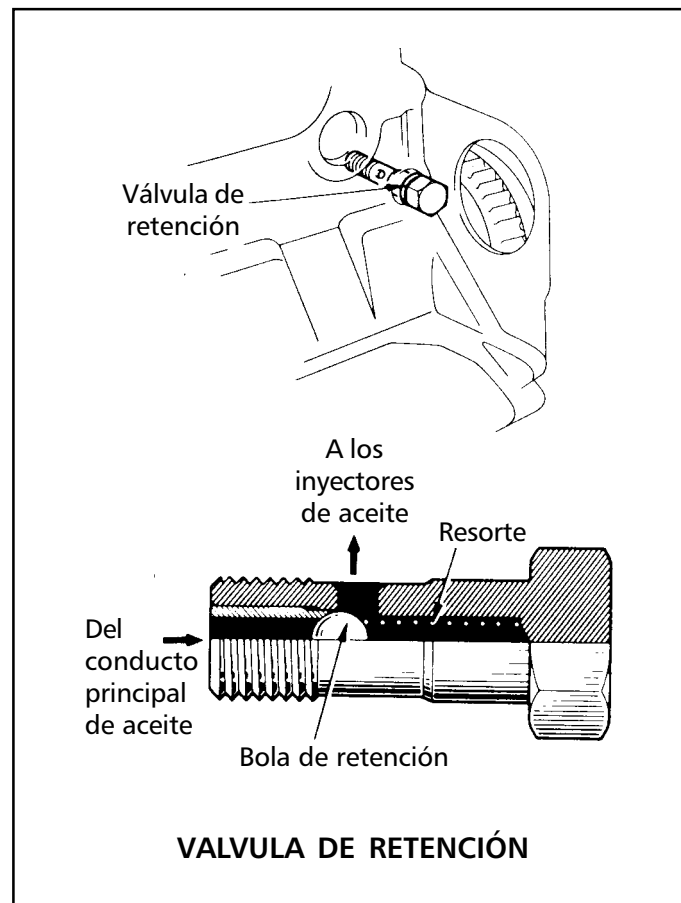
En algunos motores diesel, se proveen inyectores de aceite en el block de cilindros para enfriar la parte interior de los pistones.

Parte del aceite que circula desde el conducto principal de aceite en el block de cilindros pasa por la válvula de retención y es inyectado bajo presión desde las boquillas de aceite para enfriar el interior de los pistones.



La válvula de retención contiene un resorte y una bola retenedora, que actúan para cortar el suministro de aceite a los inyectores de aceite si la presión del aceite cae aproximadamente a 1.41 Kg/m^2 (20 psi). Esto es para evitar que la presión del aceite en el circuito de lubricación disminuya demasiado.

Se utilizan varios tipos de válvulas de retención para los inyectores de aceite. Un tipo es utilizado para cada uno de los inyectores de aceite; y otro tipo es una válvula de retención simple, la cual es utilizada para todos los inyectores de aceite.

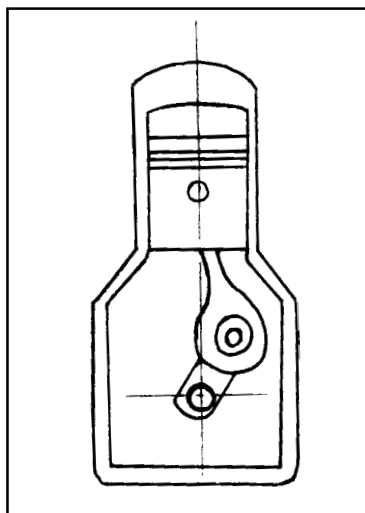


ESPECIFICACIONES DE LOS MOTORES

Generalmente, se utilizan las siguientes disposiciones de cilindros:

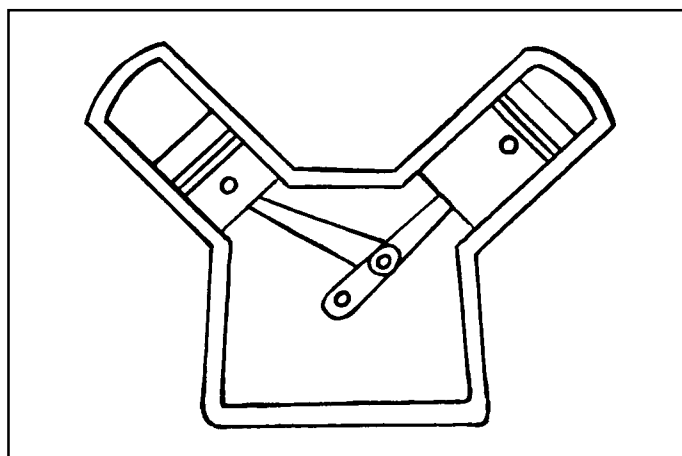
Motor en línea

Los cilindros están dispuestos en una sola fila. Este tipo es el más utilizado porque hace viable la construcción más simple.



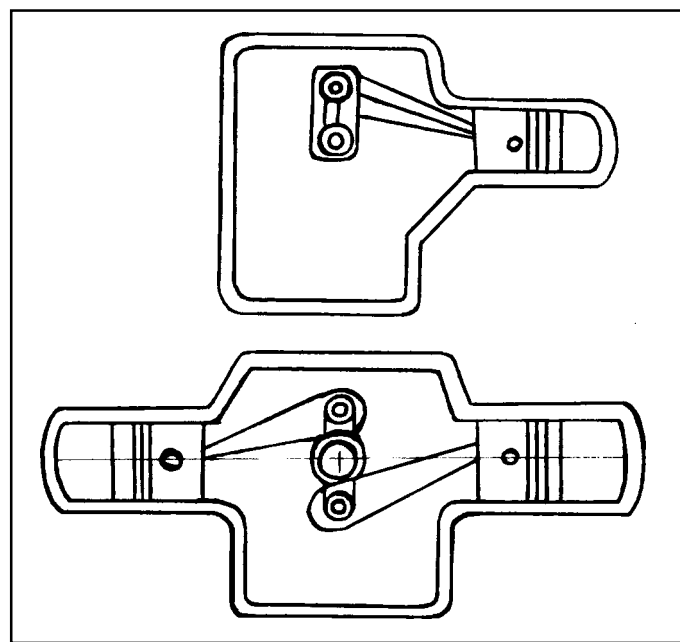
Motor en "V"

El bloque de cilindros está hecho en forma de V. Eso hace posible reducir la altura del motor y el largo.



Motor de cilindros horizontales y opuestos.

Los cilindros están dispuestos horizontalmente opuestos entre sí. Esta disposición reduce la altura del motor y baja el centro de gravedad del vehículo.



MECANISMO DE VÁLVULAS

Los motores de cuatro tiempos tienen una o dos válvulas de admisión y escape en cada cámara de combustión. Una mezcla aire / combustible o aire solo se suministra al cilindro a través de las válvulas de admisión y los gases quemados son desalojados del cilindro a través de las válvulas de escape.

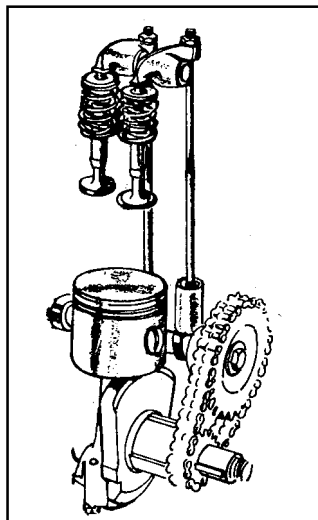
El mecanismo que abre y cierra estas válvulas es llamado mecanismo de distribución. Los más usados por los fabricantes de motores son:

Válvula sobre cabeza (OHV)

Este mecanismo de válvulas tiene una construcción simple y alta confiabilidad.

Puesto que el árbol de levas está situado en el block

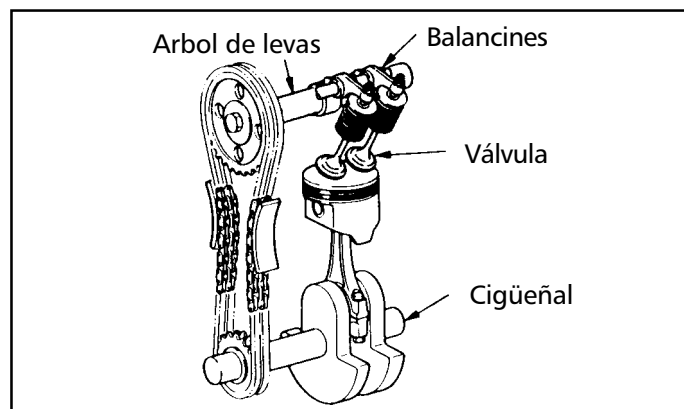
de cilindros, se requieren los levantaválvulas y las varillas de empuje entre el árbol de levas y el balancín.



Árbol de levas sobre cabeza (OHC)

En este tipo el árbol de levas está situado en la parte superior de la tapa de cilindros, las levas hacen actuar los balancines y las válvulas directamente, sin empleo de levantaválvulas ni varillas de empuje.

El árbol de levas se impulsa mediante el cigüeñal a través de una cadena o correa y engranajes. Aunque este tipo es un poco más complicado en cuanto a construcción que el tipo OHV, puesto que no se requieren levantaválvulas ni varillas de empuje, el peso de las piezas moviéndose hacia arriba y abajo se reduce. Tiene un excelente rendimiento a altas velocidades porque las válvulas se abren y cierran con mayor precisión a altas R.P.M.

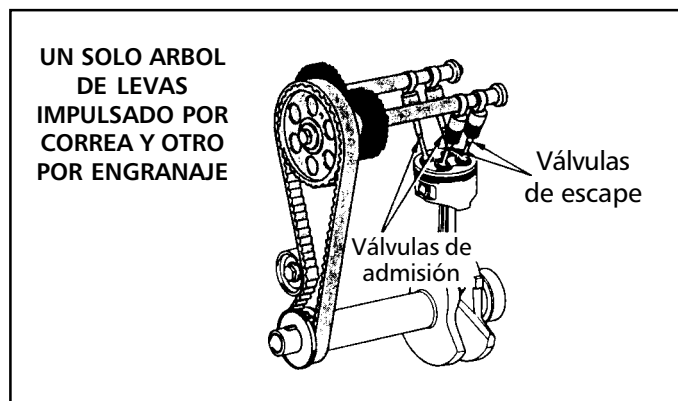
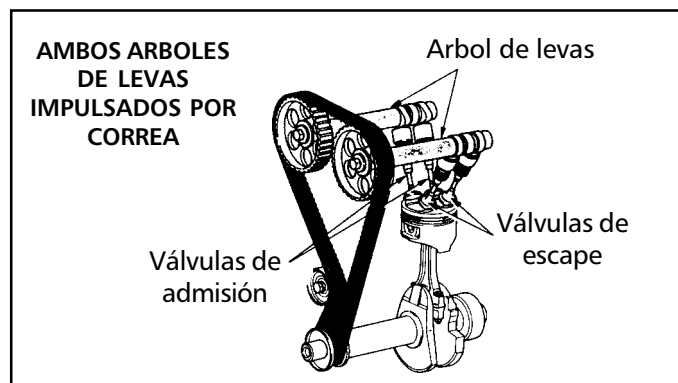


Doble árbol de levas sobre cabeza (DOHC)

En la parte superior de la tapa de cilindros hay dos árboles de levas, uno para operar las válvulas de admisión y otro para las de escape. Puesto que los árboles de levas abren y cierran directamente las válvulas, no se requieren balancines. Como resultado, el peso de las piezas que se mueven hacia arriba y abajo se reduce incluso más, y las válvulas se abren y cierran con mucha más precisión a altas velocidades. Aunque este tipo es más complicado en cuanto a su construcción, el rendimiento a altas velocidades es el mejor entre los tres tipos.

El mecanismo de válvulas de este tipo puede ser impulsado por uno de los métodos siguientes:

Los dos árboles de levas son impulsados directamente por una correa o sólo un árbol de levas es impulsado directamente y el otro árbol de levas es impulsado por medio de un engranaje conectado al primero.



MOTORES DIESEL

Los motores se clasifican en los tres tipos siguientes según la relación del calibre del cilindro (diámetro) y la carrera del pistón.

Motor de Carrera Larga

Es el motor en que la carrera del pistón es mayor que el calibre (diámetro) del cilindro.

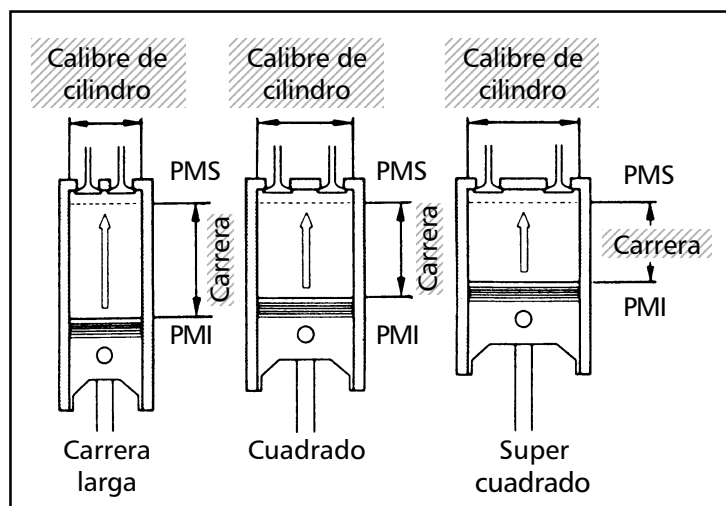
Motor cuadrado

Es el motor cuya carrera es igual al calibre del cilindro.

Motor super cuadrado o chato

Es el motor en el que la carrera del pistón es menor que el calibre del cilindro.

A la misma velocidad (es decir, rpm del cigüeñal) la velocidad del pistón en el motor cuadrado o super-cuadrado es menor que la del motor de carrera larga. Por lo tanto, empleando estos tipos de motores puede reducirse: el desgaste del cilindro, del pistón y de los aros. También se reduce la altura del motor, por lo que estos motores son los que se utilizan más en automóviles y camionetas.



PMS - TDC (Punto Muerto Superior - Top Dead Center)

La posición cuando el pistón ha alcanzado el límite superior en su recorrido por el cilindro.

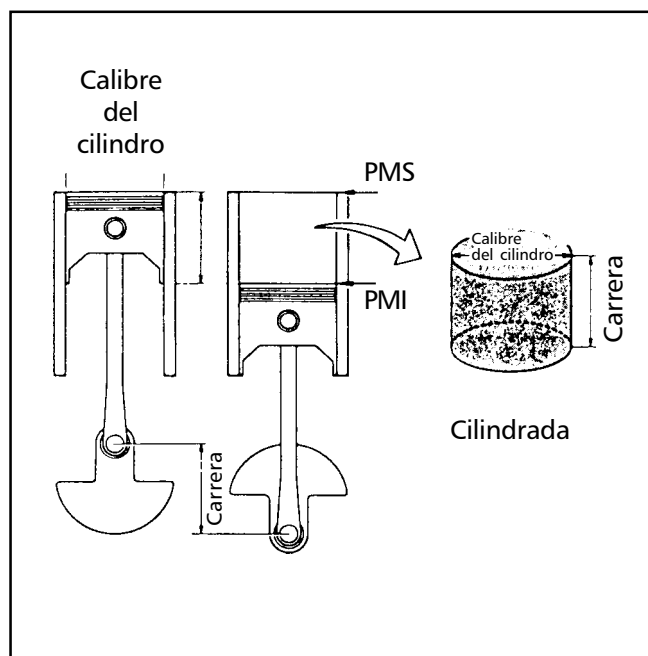
PMI - BDC (Punto Muerto Inferior - Bottom Dead Center)

La posición cuando el pistón ha alcanzado el límite inferior en su recorrido por el cilindro.

LA CILINDRADA

La cilindrada es el volumen total que es desplegado por el pistón en el cilindro a medida que el pistón se mueve de PMS a PMI (si se utilizan varios cilindros, se aplica el desplazamiento total).

Por lo general, cuando mayor es la cilindrada, mayor es la potencia del motor porque puede quemarse más combustible en el cilindro.

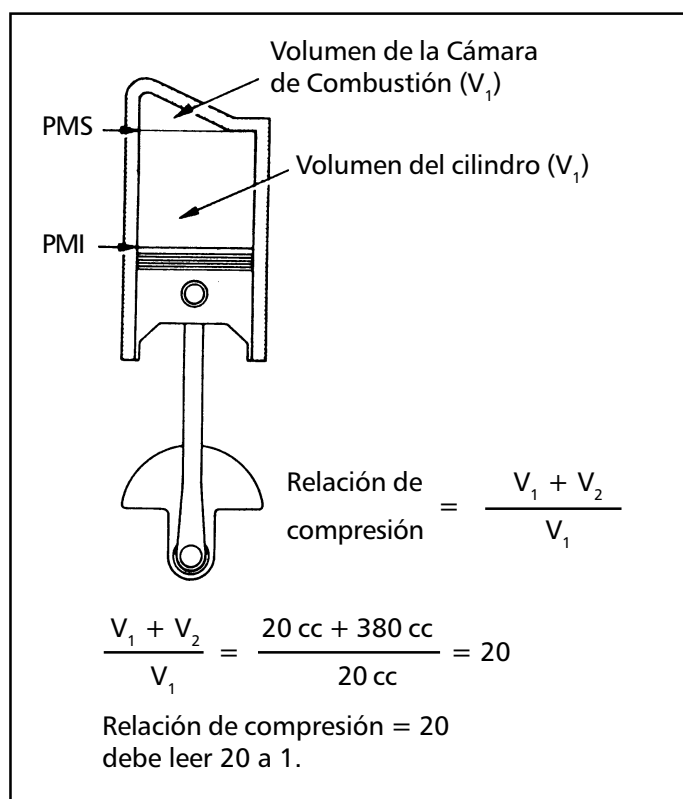


RELACIÓN DE COMPRESIÓN

La relación de compresión indica hasta que punto se comprime el aire aspirado durante la admisión al cilindro al final de la carrera de compresión.

En otras palabras, es la relación existente entre el volumen de la cámara de combustión y el cilindro con el pistón en el PMI (V_2) y el volumen de la carrera de compresión con el pistón en el PMS (V_1).

Este valor se calcula del modo siguiente:



Hasta cierto punto, cuanto mayor es la relación de compresión, mayor es la presión del gas comprimido ocasionando una mayor potencia.

Por lo general, la relación de compresión es entre 8 y 11: 1 en los motores a gasolina, de 16 a 20:1 o más en los motores diesel.

TORSIÓN DEL MOTOR

La torsión del motor es el valor que indica la fuerza de rotación del eje del motor (cigüeñal). Este valor puede expresarse en newton-metros (N.m) y debe encontrarse mediante la siguiente ecuación.

$$T = N \times r$$

T = Torsión.

N = Fuerza.

r = Distancia.

Un newton es una unidad de medida de fuerza y tiene la siguiente relación con KgF. (kilogramo-fuerza)

$$1 \text{ KgF} = 9,80665 \text{ N}$$

POTENCIA DEL MOTOR

La potencia del motor es la capacidad del motor para realizar cierto trabajo en una unidad de tiempo. Una unidad común es el kilowatt (KW), aunque otras unidades como HP (caballos de fuerza) y PS (caballos de fuerza-sistema alemán), son también comunmente utilizados. Estas medidas tienen la siguiente relación con el kilowatt.

$$1 \text{ PS} = 0,7355 \text{ Kw}$$

$$1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ Kw}$$

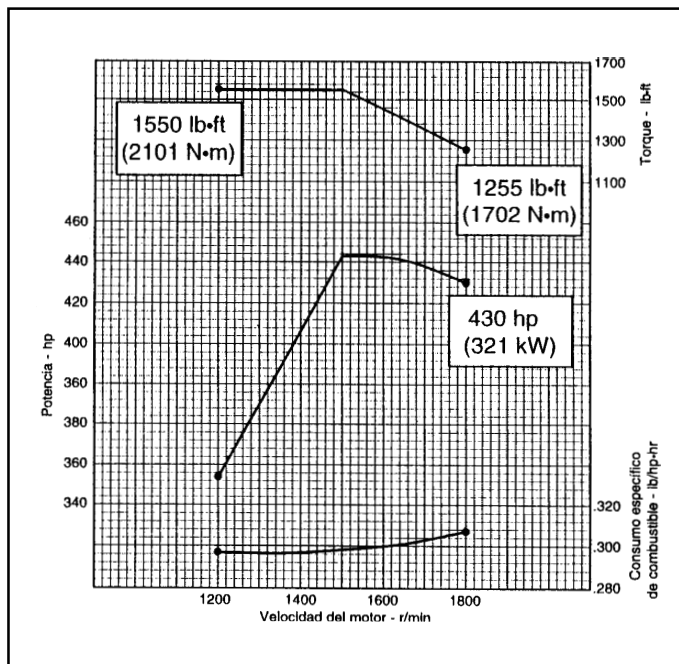
CURVA DE RENDIMIENTO DEL MOTOR

La curva de rendimiento del motor es una gráfica, que muestra el rendimiento general del motor. Este tipo de gráfica indica la torsión de salida de un motor, (medida en un dinamo) y los caballos de fuerza del motor, cal-

MOTORES DIESEL

culados según la velocidad del motor (rpm). Téngase presente que estos valores no indican el rendimiento de motor cuando se utiliza para impulsar un vehículo sino solamente el rendimiento comparativo del motor en sí.

La gráfica muestra la curva de rendimiento para cierto motor hipotético. En este ejemplo, la potencia de salida es de 321 KW cuando la velocidad del motor (expresado en rpm) es 1.500. La torsión del motor es alrededor de 2101 Nm a una velocidad del motor de 1,500 rpm.



Los valores que expresan la potencia del motor (caballos de fuerza y torsión) pueden variar dependiendo de los métodos utilizados para medirlos (esto es, dependiendo de las condiciones estándares, bajo las cuales fueron realizadas las pruebas).

En la actualidad hay varios sistemas en uso por el mundo, siendo los más conocidos el sistema SAE (Society of Automotive Engineers) y el sistema DIN (Deutsches Institut für Normung).

Los valores encontrados usando estos sistemas no pueden ser comparados directamente entre sí.