

# MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



Albert Martínez Villegas  
Treball de recerca  
18 – 01 – 2007  
IES Baix Montseny  
Sant Celoni

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN A LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA:</b>	
<b>1.1. Historia.....</b>	1
<b>1.2. Principios básicos.....</b>	7
• Principios termodinámicos.....	7
- Ciclo teórico del motor de combustión interna	
• Principios físicos.....	9
• Motor de 2 tiempos.....	10
- Ciclo Otto de 2 tiempos	
• Motor de 4 tiempos.....	12
- Ciclo Otto de 4 tiempos	
- Motor Diesel	
- Motor Wankel	
• Turbinas de gas y turborreactores.....	16
• Curvas de potencia y par.....	18
<b>2. MOTORES DE 4 TIEMPOS:</b>	
<b>2.1. PARTES DEL MOTOR.....</b>	23
• Bloque motor.....	23
- Partes del bloque motor	
• Culata.....	27
- Partes de la culata	
• Cárter.....	30
- Partes del cárter	
• Arquitectura del motor.....	32
• Dimensiones del motor.....	38
<b>2.2. ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....</b>	41
• Sistema de distribución.....	41
• Alimentación de aire.....	45
• Sistema de alimentación de combustible.....	47

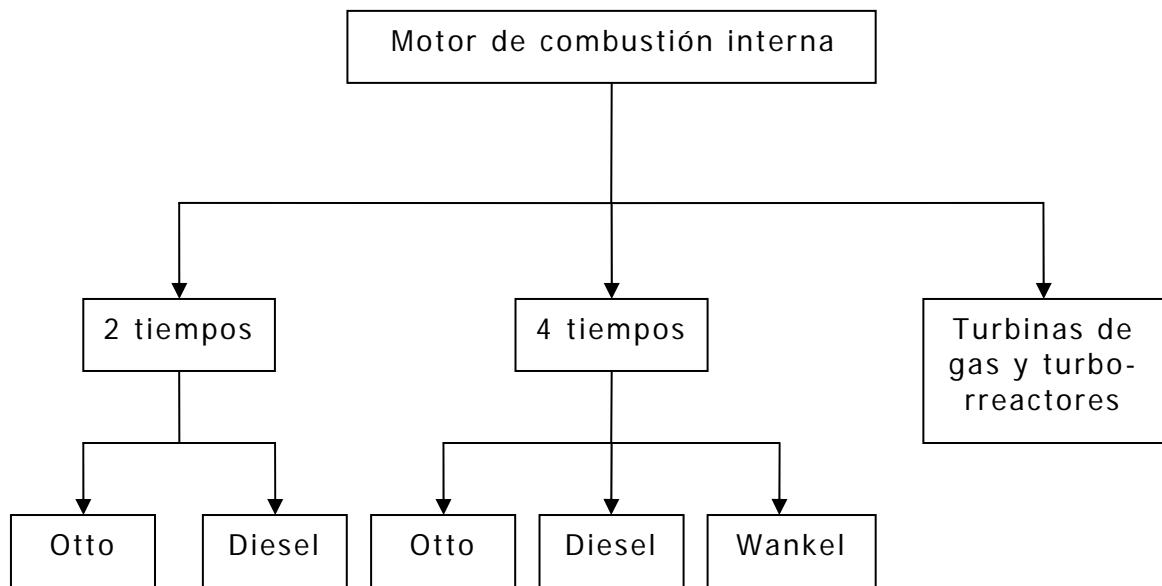
- Alimentación por carburador	
- Sistema de inyección	
• Nuevas tecnologías.....	52
- Distribución variable	
- Colectores variables	
<b>2.3. ENCENDIDO .....</b>	<b>54</b>
• Sistema de encendido en motores de explosión.....	55
- Partes del sistema de encendido	
• Encendido electrónico.....	59
- Encendido con ayuda electrónica	
- Encendido electrónico sin contactos	
- Encendido electrónico integral	
- Encendido electrónico DIS	
<b>2.4. REFRIGERACIÓN Y LUBRICACIÓN .....</b>	<b>64</b>
Refrigeración:	
• Sistema de refrigeración por aire.....	66
• Sistema de refrigeración por agua.....	67
- Partes del sistema de refrigeración	
Lubricación:	
• Lubricación de cárter húmedo.....	74
• Lubricación de cárter seco.....	75
• Partes del sistema de lubricación.....	76
<b>2.5. MANTENIMIENTO .....</b>	<b>79</b>
• Nivel de líquidos.....	79
- Nivel de aceite	
- Nivel de agua	
• Cambio de aceite y filtro.....	82
• Filtro de aire.....	83
• Estado de las bujías.....	85

# INTRODUCCIÓN

El motor de combustión interna ha evolucionado mucho desde los inicios hasta el día de hoy, desde los comienzos de esta tecnología donde nadie apostaba por él, debido a que la máquina de vapor era más competente, hasta el día de hoy donde es el motor más utilizado del mundo para el transporte.

El motor de combustión interna ha mejorado en muchos aspectos, el rendimiento de los motores ha evolucionado desde el orden del 10% que alcanzaban los primeros motores, hasta el 35% o 40% que se alcanzan hoy en día. El rendimiento de los motores no es el único aspecto que se ha mejorado, sino que a base de nuevas tecnologías aplicadas, diversas aplicaciones electrónicas, mejorías en los combustibles, materiales más ligeros y resistentes, etcétera, han conseguido potencias brutales en estos motores térmicos.

Con las nuevas tecnologías se ha mejorado también la duración de estos motores, donde hoy en día con la electrónica se intenta optimizar el motor suprimiendo algunas piezas móviles que pueden causar problemas como averías, también de esta manera conseguimos que el mantenimiento del motor sea reducido considerablemente, haciendo de éstos, máquinas más asequibles y abaratar costes en la producción y en su mantenimiento.



# OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo bibliográfico es el de dar una visión lo más generalizada posible sobre los motores de combustión interna, de su funcionamiento interno y poder apreciar el avance tecnológico de éstos.

Para entender correctamente los motores de combustión interna y su funcionamiento a partir de este trabajo, no hace falta tener conocimientos técnicos ni matemáticos, sino que este trabajo ha sido elaborado para que cualquier persona de cualquier rama académica sea capaz de entenderlo.

El trabajo se centra en los motores de combustión interna de cuatro tiempos, especialmente en los motores Otto y Diesel, ya que son los motores de combustión interna más utilizados hoy en día.

En este trabajo se trata por igual todos los temas, es decir, que todos los temas se extienden por igual dependiendo siempre de la importancia que tienen para entender el resto de apartados.

El trabajo se divide en dos apartados: la introducción, donde se explicará la historia de los motores de combustión interna y se darán los conceptos básicos para entender el funcionamiento del motor de cuatro tiempos. En el segundo apartado se centra en los motores de cuatro tiempos, donde se explican los sistemas principales e imprescindibles para su funcionamiento (partes del motor, alimentación y distribución, encendido, refrigeración y lubricación).

Como último tenemos la práctica del apartado de mantenimiento de un motor, donde se darán las pautas a seguir para el mantenimiento básico de un motor de 4 tiempos de un automóvil.

En este trabajo se va diferenciando en cada apartado el progreso con el tiempo de cada sistema y cada componente del motor, es decir, lo que se utilizaba antiguamente y lo que se utiliza hoy en día. En el final de algunos apartados se explica más concretamente las tecnologías que se utilizan en la actualidad (encendidos electrónicos, distribuciones variables, colectores variables, etcétera) para así poder ver el progreso que han tenido los motores de combustión interna.

# HISTÓRIA DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

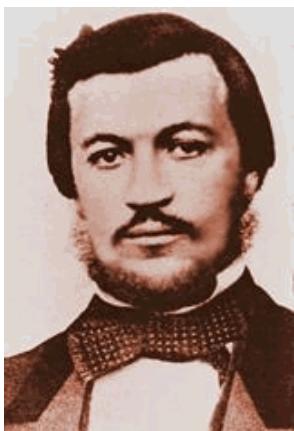
Desde que el inventor francés Denis Papin en el año 1687 construyera su primera máquina de vapor capaz de moverse por si sola, hasta el triunfo del ingeniero James Watt con su otra máquina de vapor con un notable y mejorable rendimiento, hubieron muchas modificaciones, que cada vez mejoraban más esta tecnología, pero había otro competidor que iba a llegar mucho más lejos, el motor de combustión interna.

A mediados del siglo XIX la máquina de vapor funcionaba bien, pero tenía el problema de su gran volumen para la aplicación en vehículos. Se necesitaba un motor que combinase el hornillo, la caldera y el cilindro de la máquina de vapor en una unidad pequeña y ligera. La máquina de combustión interna en la cual el combustible injectado, mezclado con aire, se hace estallar para mover un pistón dentro de un cilindro, resultó ser la solución más adecuada.

La patente más antigua registrada para un motor de explosión se remonta al año 1800, cuando Philippe Lebon propuso e ideó un motor cuya mezcla de aire y gas alumbrado se quemaría dentro de un cilindro con el objetivo de mover un pistón.

Aunque Lebon no llevó a la práctica su idea, ésta fue aprovechada en 1807 por Rivaz. Aunque el motor de Rivaz progresó notablemente, aún no rendía lo suficiente como para llevarlo a la práctica. En 1852, el Francés de origen Belga, Ettiene Lenoir, construyó una máquina equipada con un motor de explosión de dos tiempos con autoencendido capaz de moverse por si sola, el cuál consiguió con éxito un viaje de diez millas entre París y Joinville-le-Port a la pobre velocidad de 3 quilómetros a la hora. Aún así era muy poco potente para competir con la máquina de vapor de Watt. En 1862, Alphonse Beau de Rochas, mejoró notablemente esta máquina, comprimiendo la mezcla antes de su combustión e ideó un ciclo de cuatro tiempos.

La idea de Rochas fue adaptada por esa época por el ingeniero alemán Nikolaus August Otto, quien fabricó eficientes motores fijos de gas, y enunció con claridad sus principios de funcionamiento.



(En la izquierda vemos a Nikolaus August Otto, nombre al que se le da también al motor de explosión, gracias a su aportación sobre los principios básicos y la construcción de motores)

Nikolaus August Otto, que dejó su trabajo como comerciante para dedicarse a los motores de combustión interna, construyó en 1861 un motor de combustión interna, que consumía gas de alumbrado, para su comercialización se asoció con

el industrial Eugen Langen y fundaron juntos una fábrica en Colonia en 1864.

En 1876 perfeccionó el motor construido en 1861 mediante los conocimientos estudiados por Alphonse Beau de Rochas sobre el ciclo de cuatro tiempos.

Este motor, logró superar la eficacia del motor de combustión externa a vapor de Watt, por lo que se empezaban a montar estos motores en la industria. A pesar del éxito económico inicial de sus motores, Otto perdió la patente en 1886, al descubrirse la anterioridad del invento del ciclo de cuatro tiempos por Alphonse Beau de Rochas.

Entre los colaboradores de Otto se encontraba Gottlieb Daimler, quien sería el que sustituyó el motor de gas construido por Otto, por un motor alimentado con gasolina.

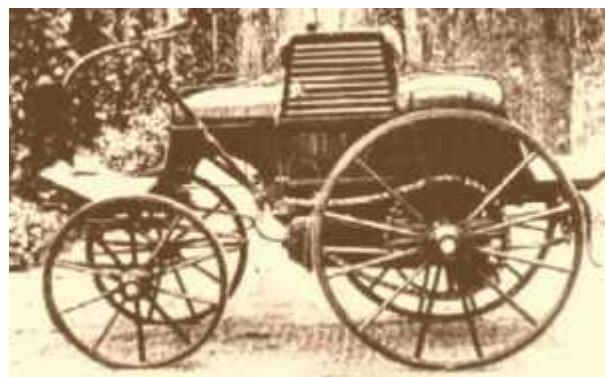
Antes que él, en 1875 el austriaco Siegfried Marcus construyó un motor de gasolina lento de cuatro tiempos con un dispositivo magnético de encendido. Infortunadamente para él y para el progreso de la técnica de esa época, su motor hacía un ruido tan desagradable al funcionar que las autoridades de Viena le prohibieron seguir con sus experimentos.

Siete años mas tarde, en 1883, Daimler, en compañía de Maybach, empezó a ensayar los primeros motores de gasolina. Su construcción era tan compacta que resultaron adecuados para vehículos ligeros, y alcanzaron régimenes de novecientas revoluciones por minuto.

En 1885 fue montado uno de estos motores en una especie de bicicleta de madera, y al año siguiente en un carroaje de cuatro ruedas. En 1889, Daimler, dio otro paso fundamental al construir el motor definitivo para automóvil. Al mismo tiempo, otro alemán, el mecánico Karl Benz, de Mannheim, estaba trabajando en el mismo sentido, y en 1885 patentó un automóvil con un motor de cuatro tiempos y estructura de tubos, lo cual representaba un peso total más conveniente en relación a la capacidad del motor.

Tanto los inventos de Daimler como de Benz llamaron extraordinariamente la atención en Francia, nación que hizo todo lo posible por poseerlos. La patente de Daimler fue comprada por los ingenieros galos René Panhard y Emile Levassor, cuya ambición era construir un auténtico vehículo equipado con un motor de explosión.

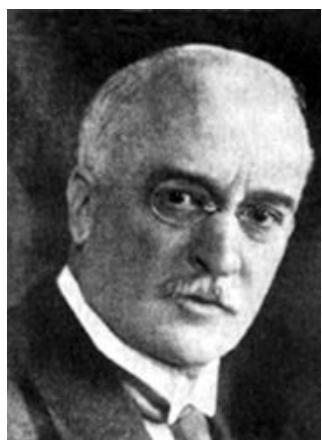
Estos dos hombres empezaron sus primeros ensayos entre 1890 y 1891. Una vez acabado su primer vehículo, realizaron un viaje de ida y vuelta entre la Porte d'Ivry y el viaducto de Auteuil, en Francia, el cuál se realizó con total éxito. Juntos, dieron comienzo entonces a la industria del automóvil con la fundación de la primera empresa de automóviles del mundo, Panhard-Levassor.



*Primer vehículo construido por la primera empresa de automóviles, Panhard-Levassor equipado con un motor de gasolina.*

El motor de gasolina desarrollado por Daimler en aquel entonces era el más eficaz y el que dominaba toda la maquinaria industrial y de la industria automovilística, pero por otra parte, otro ingeniero trabajaba con el fin de superar el motor ideado por Otto.

Ese ingeniero francés, llamado Rudolf Diesel, patentó en 1892, lo que iba a ser la máquina térmica más eficiente de todos los tiempos, el motor Diesel.



Rudolf Diesel nació el 18 de marzo de 1858 en París, hijo de inmigrantes bávaros. En 1870 tuvieron que abandonar Francia al estallar la guerra franco-prusiana, y se dirigieron a Inglaterra. Desde Londres, Rudolf fue enviado a Augsburgo (Alemania), donde continuó con su formación académica hasta ingresar en la Technische Hochschule de Munich, donde estudió ingeniería bajo la tutela de Carl von Linde.

En 1875, a la edad de 17 años, fue discípulo de su antiguo tutor e inventor de la nevera Carl von Linde en Munich, con lo que le dio cierta experiencia a la hora de inventar cosas. Más tarde, regresó a París como representante de la empresa de máquinas frigoríficas de su maestro.

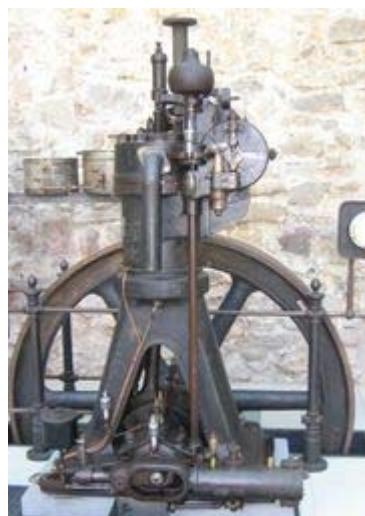
En 1890, se trasladó a Berlín para ocupar un nuevo cargo en la empresa de Von Linde. Allí estudió la idea de diseñar un motor de combustión interna, con la capacidad de superar al motor de Otto, y acercarse lo máximo posible al rendimiento energético teórico ideal enunciado por Carnot.

En 1892, obtuvo la patente alemana de su motor, y un año después publicó, con el título *Theorie und Konstruktion eines rationellen Wäremotors*, una detallada descripción de su motor.

Entre 1893 y 1897 estuvo llevando a cabo en MAN (perteneciente al grupo Krupp), el desarrollo y construcción de sus motores Diesel.

El primer motor que construyó, explotó durante la primera prueba, pero Rudolf sobrevivió y continuó su trabajo, hasta 1897, después de varios estudios y mejoras, cuando construyó un motor Diesel, con una potencia de 25 caballos de vapor y un rendimiento del 10%.

Al año siguiente, mejoró este motor, alcanzando un rendimiento del 18%, donde superó con creces la eficacia del motor de Otto, fue entonces cuando se implementaron sus motores a la industria.



*(Uno de los primeros motores Diesel construido en el año 1906)*

Años más tarde, otro ingeniero alemán, ideó otro tipo de motor de combustión interna, el motor rotativo, aunque años antes ya se había propuesto de hacer, nunca se había llevado a cabo, pero ese ingeniero alemán en 1936, Félix Wankel, patentaría el diseño de un motor rotativo que llevaría su nombre, el motor rotativo Wankel.



Félix Wankel nació el 13 de agosto de 1902 en Lahr, en el bosque negro en Alemania, hijo único de Rudolf Wankel, el cual murió durante la primera guerra mundial.

Wankel salió de la escuela en la edad de 19 años, pero él ganó el reconocimiento académico dentro de su propio tiempo en que le concedieron un grado honorario del Doctorado de Technische Universit 5at Munchen en 1969. Su primer trabajo fue de aprendiz de ventas para un editor en Heidelberg, pero le dedicó

poco esfuerzo, perdiendo el trabajo de las ventas en 1924.

Wankel, que ya dominaba en el estudio de los motores de combustión interna, presentó en 1926 un diseño de un tipo de turbina que quiso patentar, pero no se la concedieron porque ya había sido estudiada en un diseño de Enke en 1886.

Los motores rotativos, ya habían sido ideados desde hacía cientos de años, Agostino Ramelli en 1588 fue el primero, pero no se llevo a cabo en los motores de combustión interna.

También, en 1759 Vatio de James fabricó un motor de vapor de pistón rotatorio, en 1903 Juan Cooley hizo un motor tipo Wankel, y en 1908 Umpleby lo aplicó a la combustión interna, pero nunca se llevó a cabo.

Fue hasta el año 1933 cuando, Félix Wankel, solicitó una patente para un motor rotativo aplicado a la combustión interna, que él recibió en 1936.

En los años siguientes, Wankel trabajó para BMW, DVL, Junker, y Daimler-Benz. Durante este tiempo él desarrolló varios prototipos de motores rotativos y también bombas y compresores rotatorios.

Después al final de la segunda guerra mundial en 1945 en que su desarrollo fue interrumpido, posteriormente ingreso en N.S.U. Esto conduce a la colaboración con Walter Froede, jefe del programa y en 1951 desarrollaron un motor de motocicleta.

El primer motor rotatorio verdaderamente funcional de Wankel se ejecutó en febrero de 1957. Por mayo diseñaron un prototipo capaz de funcionar durante dos horas y producir 21 caballos de vapor. El primer motor rotativo tipo Wankel realmente eficaz y capaz de aplicarlo en la industria se ejecutó el 7 de Julio de 1958.

Finalmente, Felix Wankel murió el 9 de octubre de 1988 en Heidelberg, Alemania.

Desde entonces han trabajado en este motor importantes empresas que adquirieron licencias de aplicación: Curtiss-Wright, en Estados Unidos (en aplicaciones para motores de aviación); en Alemania, Mercedes Benz (para automóviles y aplicaciones Diesel); Fitchels-Sans (para motores de motocicletas) y en Japón Toyo-Kogyo (fabricante de Mazda). Además empresas como Perkins, Rolls-Royce, Fiat, Renault, Citroën y Volkswagen, se interesaron en una u otra forma.

En la actualidad, sigue gobernando los motores de combustión interna ideados por Otto y Diesel, aunque la empresa japonesa Mazda siga fomentando y fabricando motores Wankel, ya que los rotativos tipo Wankel presentan varios inconvenientes a mejorar, que los mantienen lejos de los motores alternativos a pistón.



*Mazda RX-8, vehículo de la actualidad equipado  
con un motor rotativo tipo Wankel.*

# PRINCIPIOS BÁSICOS

En este apartado se darán los conceptos básicos necesarios para entender el funcionamiento físico de los motores de combustión interna, tanto a nivel termodinámico, como a nivel de trabajo final realizado por el motor. En este apartado también explicaremos como funciona el ciclo de cada motor de combustión interna (Otto, Diesel, Wankel y turbina de gas).

## PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS

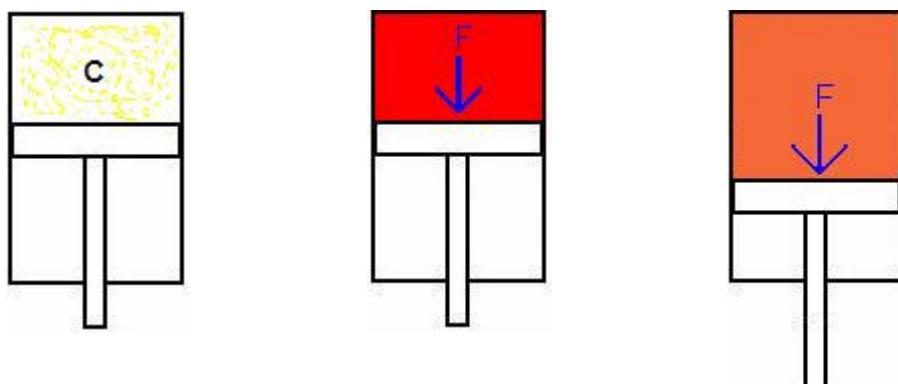
La finalidad de un motor es la de realizar un trabajo lo más eficazmente posible, para eso varias personas idearon el motor de combustión interna que remplazaría a la máquina de vapor, de esta manera optimizarían el mundo del motor.

En el caso de los motores de combustión interna, el trabajo a realizar se consigue gracias a una explosión, esa explosión se consigue gracias a la energía interna del combustible que se enciende.

Todo combustible tiene una energía interna que puede ser transformada en trabajo, entonces, en los motores de combustión interna, la energía utilizada para que el motor realice un trabajo es la energía interna del combustible.

Esta energía interna se manifiesta con un aumento de la presión y de la temperatura (explosión), que es lo que realizará un trabajo.

Supongamos que tenemos un cilindro dentro del cual hay un combustible mezclado con aire repartido por todo su volumen, en el momento que lo calentamos, hacemos reaccionar dicho combustible con el oxígeno del aire y, por tanto, aumenta la presión y la temperatura del gas, expandiéndose y presionando al pistón con una fuerza  $F$  y desplazándolo hacia abajo.



Esa fuerza  $F$  hace desplazar al pistón una distancia, por lo tanto tendríamos un trabajo realizado.

Este sería el funcionamiento básico de un motor de combustión interna, donde un combustible reacciona dentro de un cilindro y hace desplazar un pistón para realizar un trabajo.

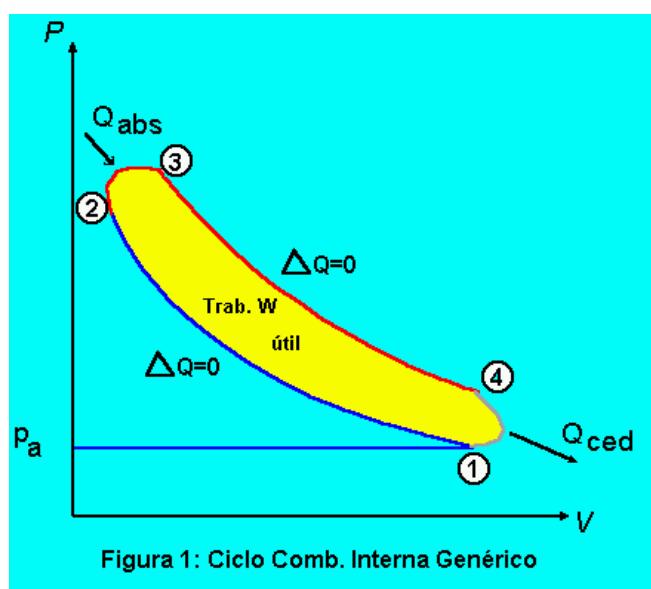
## **CICLO TEÓRICO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Para que ocurra esa explosión, como ya hemos dicho antes tiene que haber un combustible mezclado con aire para que pueda reaccionar y explotar.

Por lo tanto, no solo basta con un proceso de explosión del combustible, sino que hace falta un proceso de admisión para que este carburante (aire y combustible) entre en el cilindro. También para poder realizar el ciclo hace falta un proceso de escape, para poder vaciar el cilindro y que pueda volver a entrar el carburante.

Con estos tres procesos ya podemos seguir un ciclo (admisión – expansión – escape). Aunque fue Alphonse Beau de Rochas quién optimizó notablemente el motor de combustión interna añadiendo otro proceso al ciclo, el proceso de compresión.

Con el proceso de compresión conseguimos que el aumento de presión en el momento de la explosión sea mucho mayor, ya que antes de explotar, los gases reactivos ya están presionados. Así se ha quedado el ciclo del motor de combustión interna hasta hoy, con 4 procesos por ciclo (admisión – compresión – expansión – escape).

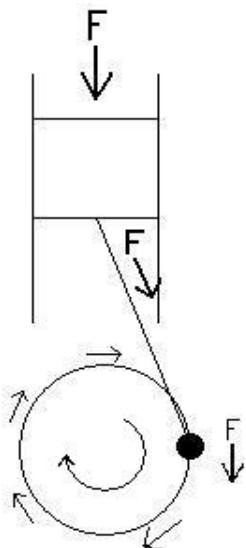


Como vemos en la figura, podemos ver el ciclo teórico del motor de combustión interna. En 1 tenemos el proceso de admisión ya acabado, con una presión inicial ( $P_a$ ). De 1 a 2 vemos el proceso de compresión donde el supuesto pistón se desplaza para reducir el volumen y aumentar la presión del carburante. De 2 a 3 es el momento donde ocurre la explosión del gas, el sistema absorbe calor y aumenta la presión y la temperatura del gas. Ese gas

a alta presión y temperatura se expande y desplaza el pistón realizando un trabajo útil (3 a 4). Finalmente de 4 a 1 los gases quemados salen del cilindro dejando a este limpio para volver a empezar el ciclo.

## **PRINCIPIOS FÍSICOS**

Para poder seguir el ciclo, hace falta un mecanismo capaz de producir cuatro carreras de pistón para realizar los cuatro procesos del ciclo, el mecanismo biela-manivela utilizado también en la máquina de vapor es el más adecuado.



En la imagen observamos en que se basa el mecanismo biela-manivela. En el proceso de expansión es cuando realizamos el trabajo del ciclo, en este instante los gases empujan al pistón con una fuerza  $F$  hacia abajo, esa fuerza del pistón es transmitida a la biela, que es la pieza encargada de convertir el movimiento rectilíneo del pistón en rotativo. La biela le da la fuerza al cigüeñal, que es la pieza que girará sobre si mismo regido a la fuerza que le suministra la biela.

La fuerza suministrada al cigüeñal que esta en movimiento realiza un trabajo. El trabajo que realiza el motor por cada vuelta que el cigüeñal da sobre si mismo lo definimos como par motor.

Por tanto, el par motor es proporcional a la fuerza de la explosión, ya que no intervienen las vueltas del cigüeñal por unidad de tiempo.

Donde si que intervienen las vueltas del cigüeñal es en la potencia desarrollada, que la definimos como la cantidad de trabajo (par motor) por unidad de tiempo.

La potencia es proporcional al par motor y las vueltas que da el cigüeñal por unidad de tiempo (rpm):

$$\text{Potencia} = \text{Par motor} \times \text{rpm}$$

El par motor como ya hemos dicho depende de la fuerza de la explosión. La fuerza de la explosión no es constante para cada velocidad del motor. En una cierta velocidad del motor tenemos el punto de máximo par, que es donde se consigue la máxima fuerza suministrada y por

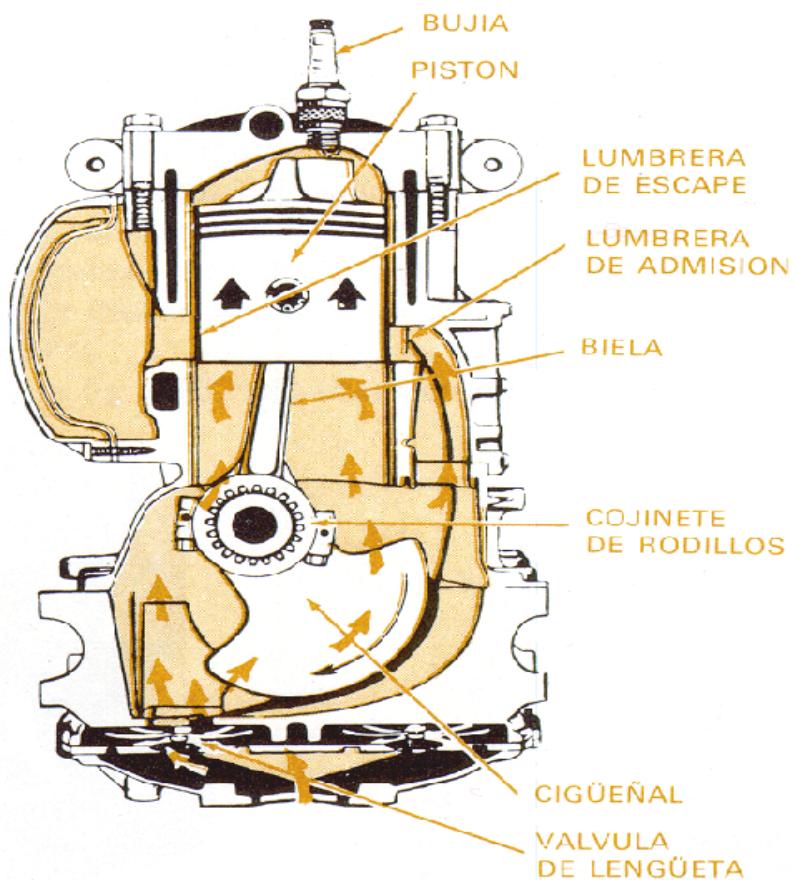
tanto la máxima aceleración del vehículo. Por eso, interesa mantener el par motor lo más alto y constante posible.

La potencia se ve reflejada en la aceleración media máxima y en la velocidad punta, es decir, contra más potencia menos tiempo para alcanzar una velocidad y una velocidad máxima mayor del vehículo.

## **MOTOR DE 2 TIEMPOS**

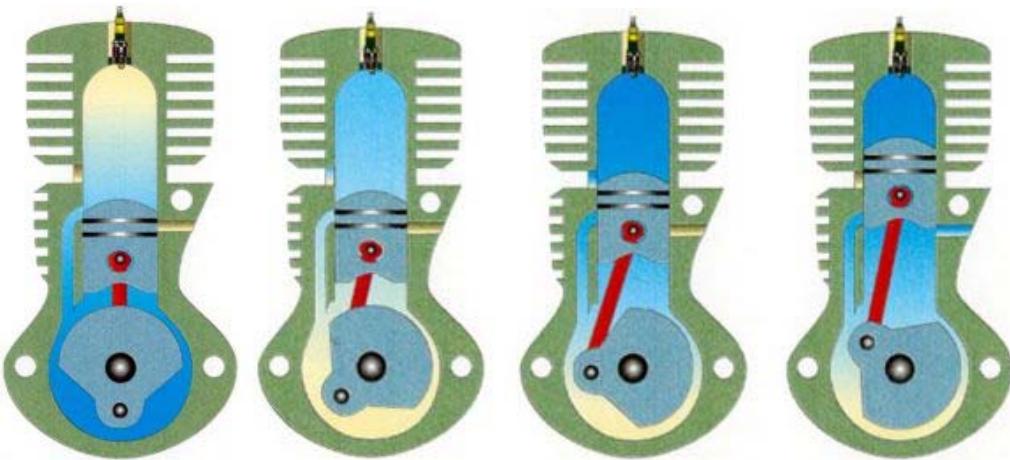
El motor de dos tiempos fue el primer motor de combustión interna que se construyó. La fabricación, mantenimiento y funcionamiento es mucho más sencillo que el motor de cuatro tiempos, a continuación explicaremos sus partes básicas y el ciclo de funcionamiento.

Para la construcción de un motor de dos tiempos nos podemos basar en dos ciclos, el Otto y el Diesel. En este apartado solo citaremos el motor de dos tiempos de Otto, ya que el Diesel no se utiliza hoy en día.

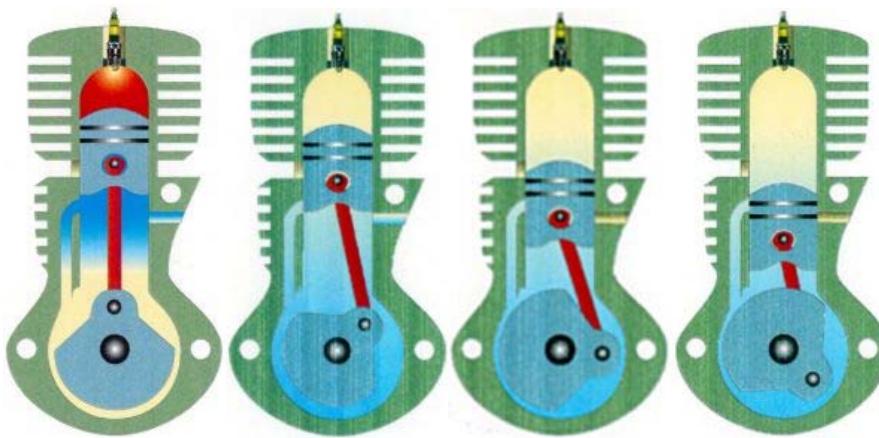


*(Motor de 2 tiempos: Aquí vemos la estructura básica de un motor de dos tiempos con el nombre de todas las piezas básicas del motor)*

### Ciclo Otto de 2 tiempos:



**1er tiempo: Admisión – compresión:** Cuando el pistón está en el punto más bajo, es decir en el Punto Muerto Inferior (PMI), empieza el proceso de admisión. La lumbrera de admisión deja pasar el carburante (aire y combustible) hacia el cilindro. Una vez aspirado el carburante el pistón va ascendiendo mientras comprime la mezcla.



**2º tiempo: Expansión - escape de gases:** En el momento que el pistón está en el punto más alto, es decir, el Punto Muerto Superior (PMS), la bujía (en caso del ciclo Otto) hace saltar una chispa que enciende la mezcla, incrementando la presión en el cilindro y hace desplazar al pistón hacia abajo. Cuando está a la altura de la lumbrera de escape, la propia presión de los gases tiende a salir del cilindro, dejando al cilindro vacío para volver a empezar un nuevo ciclo.

Este motor como podemos observar hace un trabajo en cada revolución, es decir una explosión en cada vuelta del cigüeñal. Esto crea una mayor potencia frente a los motores de cuatro tiempos que hacen una explosión cada dos vueltas del motor. También, el motor de dos tiempos incorpora menos piezas móviles como las válvulas, levas, árbol de levas, etc, y su funcionamiento es más sencillo. En contrapartida el motor de

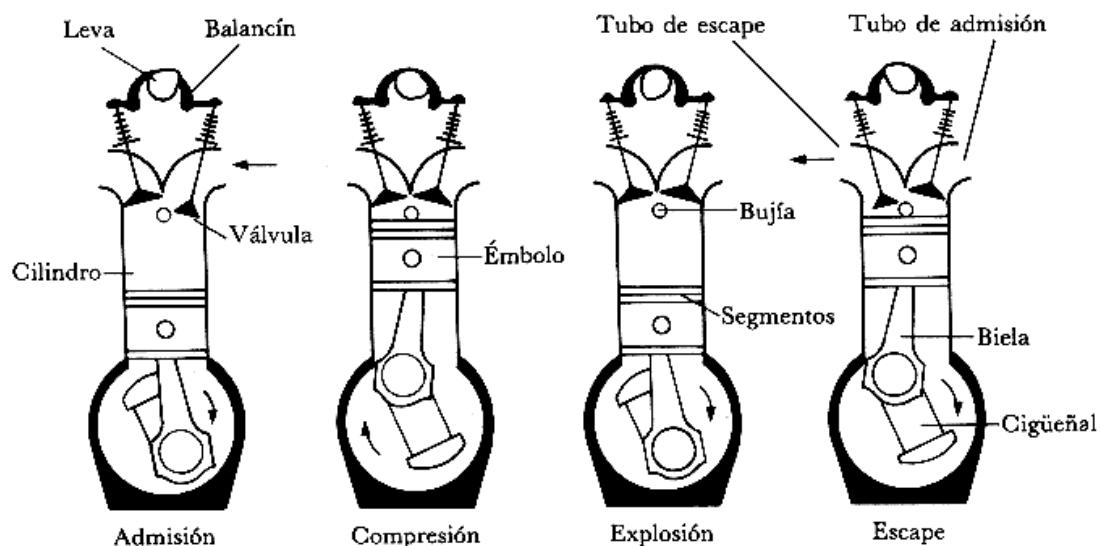
cuatro tiempos hay más facilidades a la hora de modificarlo, rinde mucho más, consumiendo mucho menos y contaminando menos.

Este tipo de motor, hoy en día aún se utiliza, aunque siempre en motores de pequeña cilindrada como: ciclomotores, cortacésped, motosierras, etc.

El combustible utilizado en el motor Otto de dos tiempos, al igual que en el ciclo Otto de cuatro tiempos es la nafta o llamado comúnmente gasolina.

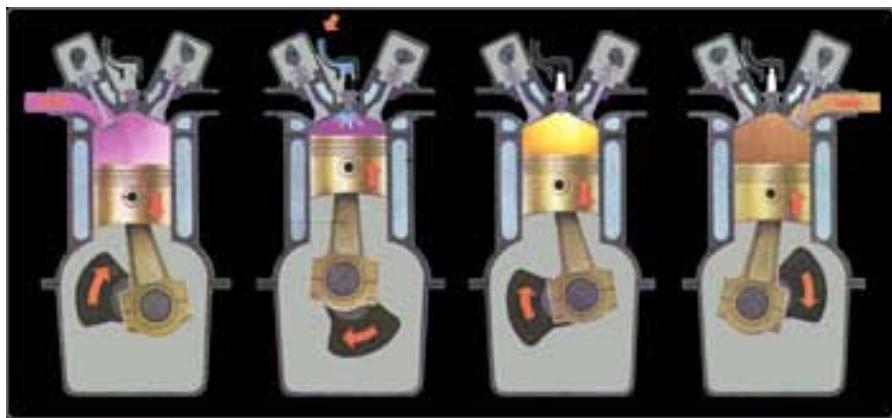
## **MOTOR DE 4 TIEMPOS**

El motor de 4 tiempos fue toda una revolución en el mundo del motor, desde que Alphonse Beau de Rochas ideó este ciclo y más tarde Nikolaus August Otto lo mejoró, ha habido muchos más cambios que han mejorado su rendimiento y hasta hoy en día es utilizado. A continuación explicaremos en qué se basa el ciclo de 4 tiempos.



*(Motor de 4 tiempos: Aquí vemos la estructura básica de un motor de cuatro tiempos con el nombre de todas las piezas básicas del motor)*

## Ciclo Otto de 4 tiempos



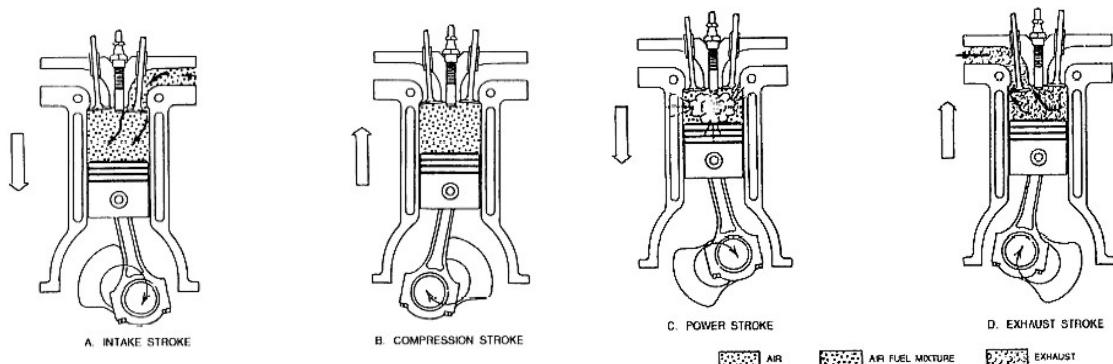
**1er tiempo: Admisión:** En el momento que el pistón está en el punto más alto (PMS), la válvula de admisión se abre y el propio pistón por el vacío que se crea dentro del cilindro aspira la mezcla (aire y combustible) hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI).

**2º tiempo: Compresión:** Despues del ciclo de admisión, el pistón se encuentra en el punto más bajo (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo la mezcla hasta llegar al punto más alto del cilindro (PMS)

**3er tiempo: Expansión:** Una vez que en la carrera de compresión se ha comprimido la mezcla, la bujía hace saltar una chispa y enciende la mezcla, aumentando la presión en el cilindro y haciendo descender el pistón hacia el punto más bajo (PMI). En esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil.

**4º tiempo: Escape de gases:** Cuando el pistón llega al punto más bajo (PMI), se abre la válvula de escape y el pistón empieza a ascender empujando los gases quemados hacia el exterior. En el momento que llega al punto más alto (PMS) la válvula de escape se cierra.

## Ciclo Diesel de 4 tiempos



**1er tiempo: Admisión:** En el momento que el pistón está en el punto más alto (PMS), la válvula de admisión se abre y el pistón aspira aire fresco (a diferencia del ciclo Otto de 4 tiempos) hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI).

**2º tiempo: Compresión:** Despues del ciclo de admisión, el pistón se encuentra en el punto más bajo (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo el aire hasta llegar al punto más alto del cilindro (PMS)

**3er tiempo: Expansión:** Una vez que en la carrera de compresión se ha comprimido la mezcla, el inyector se encarga de inyectar el combustible dentro del cilindro. La propia presión del aire enciende la mezcla, aumenta la presión en el cilindro y desciende el pistón hacia el punto más bajo (PMI). En esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil.

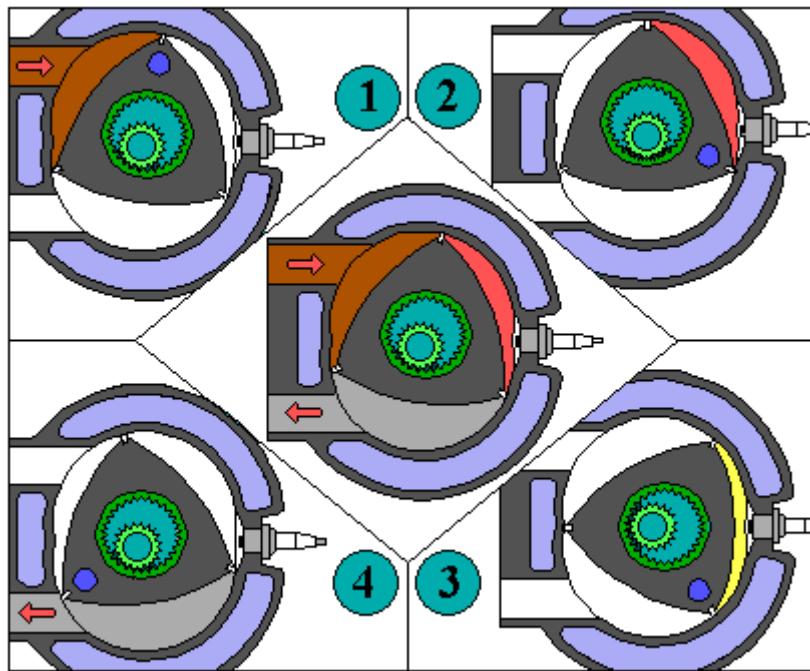
**4º tiempo: Escape de gases:** Cuando el pistón llega al punto más bajo (PMI), se abre la válvula de escape y el pistón empieza a ascender empujando los gases quemados hacia el exterior. En el momento que llega al punto más alto (PMS) la válvula de escape se cierra.

El motor Diesel de 4 tiempos es la máquina térmica más eficiente de todos los tiempos, superando al ciclo Otto con creces. Ese rendimiento tan alto se consigue que al entrar solo aire, la carrera de compresión puede ser mucho más eficaz comprimiendo mucho más sin problemas de detonación y realizando más trabajo. En contrapartida la velocidad máxima del motor está muy limitada, ya que para que se encienda la mezcla hace falta un volumen mínimo de aire.

El combustible utilizado en el motor Diesel es el aceite pesado o más comúnmente llamado gasoil.

### **Ciclo Wankel de 4 tiempos**

El ciclo Wankel es un proceso muy similar al motor Otto de 4 tiempos, aunque en este caso la única pieza móvil dentro del motor (sin contar válvulas) es el rotor, es una pieza con forma de triángulo equilátero que va girando constantemente (a diferencia del motor a pistón que tiene puntos muertos) y por lo tanto es la pieza que realiza el trabajo.

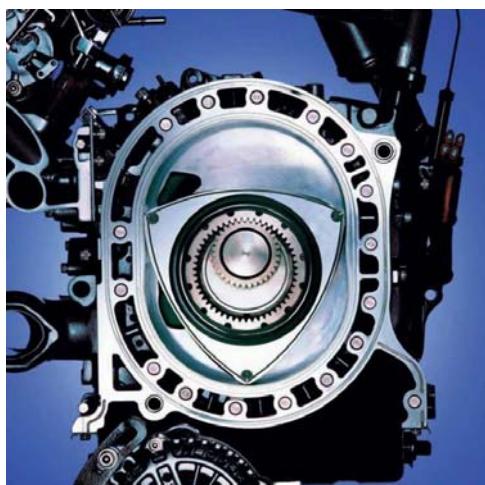


**1er tiempo: Admisión:** La entrada de admisión permanece constantemente abierta. Cuando cualquiera de los tres lados del rotor pasa por esa apertura, éste aspira la mezcla de carburante.

**2º tiempo: Compresión:** La parte del estator donde ocurre el proceso de compresión (lugar donde ocurren los procesos) es más estrecha que todas las demás. El rotor trae la mezcla que ha cogido en el proceso de admisión donde aquí al ser más estrecho se comprimirá.

**3er tiempo: Expansión:** Una vez comprimida la mezcla, la bujía hace saltar una chispa que empujará el rotor para que siga su recorrido. En este tiempo de expansión es donde se realizará el trabajo útil.

**4º tiempo: Escape de gases:** Aquí, al igual que en el tiempo de admisión, la apertura de escape permanece constantemente abierta. Una vez que ha explotado la mezcla, los gases están a alta presión. Entonces al encontrar esta apertura los gases quemados salen por su propia presión. A partir de aquí vuelve a empezar el ciclo.



El rotor de este motor como vemos es idéntico en todas sus partes, la única pieza que no es de forma igual es el estotor o carcasa. Por lo tanto, como el rotor es simétrico, los cuatro procesos (admisión, compresión, expansión y escape) ocurren tres veces en cada revolución. Esto quiere decir que da tres explosiones por revolución a diferencia del motor Otto o Diesel de 4 tiempos que solo da una explosión cada dos revoluciones.

Este motor además de tener como ventaja frente al motor Otto o Diesel de 4 tiempos, 3 explosiones por revolución, dando una potencia mucho más elevada para la misma capacidad, tiene otras muchas ventajas como: 40% menos de piezas, la mitad de volumen con un peso similar a los motores de pistón, un diseño más simple, con pocas vibraciones y no hay problemas de disipación de calor.

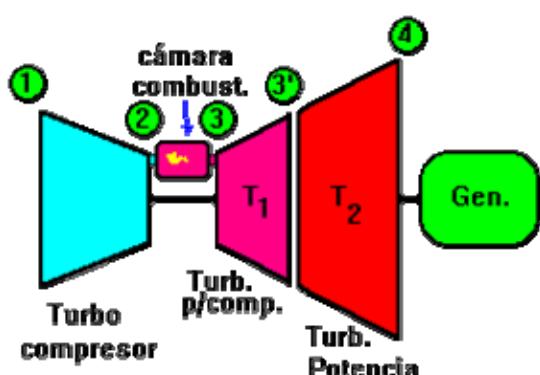
En contrapartida el motor Wankel tiene desventajas muy importantes como son los problemas de estanqueidad que presenta en la parte saliente del rotor, pudiendo compartir gases de diferentes fases y esto provoca un gran problema que lo hacen estar lejos de los motores alternativos a pistón. También como contrapartida tiene un diferencial de temperatura muy grande. La parte donde ocurre la admisión y compresión son fases frías donde la temperatura no pasa de los 150°C, en cambio las fases de expansión y escape llegan a sobrepasar temperaturas de 1000°C, creando esta diferencia de temperatura y es un problema a la hora de refrigerar.

El motor rotativo Wankel aunque por el momento no está en auge, hay algunas marcas que utilizan sus motores para la venta al usuario e incluso equipan sus motores en competiciones muy importantes como las *24 horas de Le Mans*. Esta marca que patrocina tanto este motor es Mazda.

El combustible utilizado en este motor es el mismo que se utiliza en el motor Otto o motor de explosión, la nafta o comúnmente llamada gasolina.

## Turbinas de gas y turborreactores

Las turbinas de gas y los turborreactores son también considerados motores de combustión interna. Este motor es mucho más sencillo que cualquier otro motor de combustión interna y su funcionamiento también lo es. Es considerado un motor de combustión interna porque la combustión ocurre dentro del motor y porque las fases son parecidas a los demás motores.



Primeramente el compresor recoge el aire del exterior (fase 1 de admisión). El compresor (movido por la turbina 1 -T1-) presiona el aire para meterlo en la cámara de combustión (fase 2 de compresión). Despues se enciende el combustible mezclado con aire que ha enviado el compresor y esos gases se expanden por la primera turbina y más tarde por la segunda turbina. La presión de esos

Primeramente el compresor recoge el aire del exterior (fase 1 de admisión). El compresor (movido por la turbina 1 -T1-) presiona el aire para meterlo en la cámara de combustión (fase 2 de compresión). Despues se enciende el combustible mezclado con aire que ha enviado el compresor y esos gases se expanden por la primera turbina y más tarde por la segunda turbina. La presión de esos

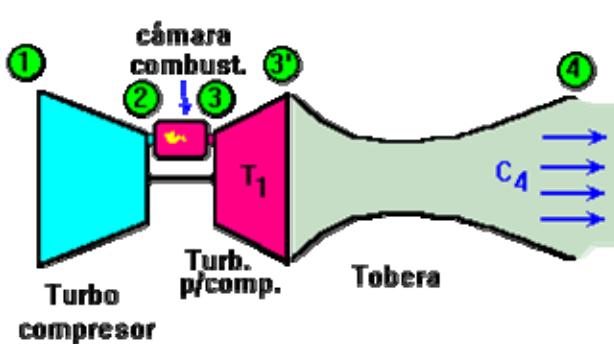
gases hace mover a las dos turbinas y éstas últimas mueven un cigüeñal o eje motor (fase 3 de expansión). Finalmente los gases salen al exterior (fase 4 de escape de gases).



El funcionamiento de la turbina de gas es idéntico a los turbo-compresores utilizados en los motores alternativos a pistón para comprimir el aire de admisión. La turbina de gas tiene un alto rendimiento térmico, es decir con poco combustible es capaz de entregar una gran potencia. Con una pequeña turbina de gas podemos entregar potencias mucho mayores que cualquier otro motor de combustión interna. En contrapartida, la turbina de gas para que entregue esa gran potencia, necesita un régimen de giro muy alto, por lo tanto en arrancadas es un motor muy débil. También a estas turbinas les cuesta mucho cambiar de régimen lo que no dejaría efectuar grandes aceleraciones a pequeñas velocidades. Eso la deja lejos del mercado de los en automóviles.

Es utilizada para mover hélices en la antigua aviación, actualmente se utilizan para la propulsión de aviones a reacción, es decir para impulsar el avión antes de volar. En automoción se han hecho algunos prototipos como el Volvo ECC, aunque no se llevo a la venta. Donde más se utilizan estos motores es en generadores de corriente en centrales térmicas.

Otro tipo de motor de combustión interna es el turborreactor, donde su funcionamiento es muy parecido a la turbina de gas.



Primeramente, al igual que en la turbina de gas, el compresor recoge el aire del exterior (fase 1 de admisión). El compresor (movido por la turbina 1 -T1-) presiona el aire para entrarlo en la cámara de combustión (fase 2 de compresión). Después se enciende el combustible mezclado con aire que ha enviado el compresor y esos

gases se expanden parcialmente por la primera turbina. La turbina al moverse hace mover al compresor que va fijado a ella mediante un eje, esto provoca poder seguir con la compresión. Los gases cuando salen de la turbina se acaban expandiendo en el exterior, transformando esa energía en energía cinética de los gases que provocará una gran potencia de reacción (fases de expansión y de escape).

El principio de funcionamiento del turborreactor es el famoso fenómeno físico de acción – reacción, es decir, al salir los gases de la turbina se expanden en el exterior provocando una fuerza contraria de igual de módulo que la que ellos hacen, por lo tanto impulsan el avión.

Los turborreactores o motores a reacción son los motores que se utilizan hoy en día en la aviación, sobretodo en aviones supersónicos, es decir aviones capaces de traspasar la velocidad del sonido.



## **CURVAS DE POTENCIA Y PAR**

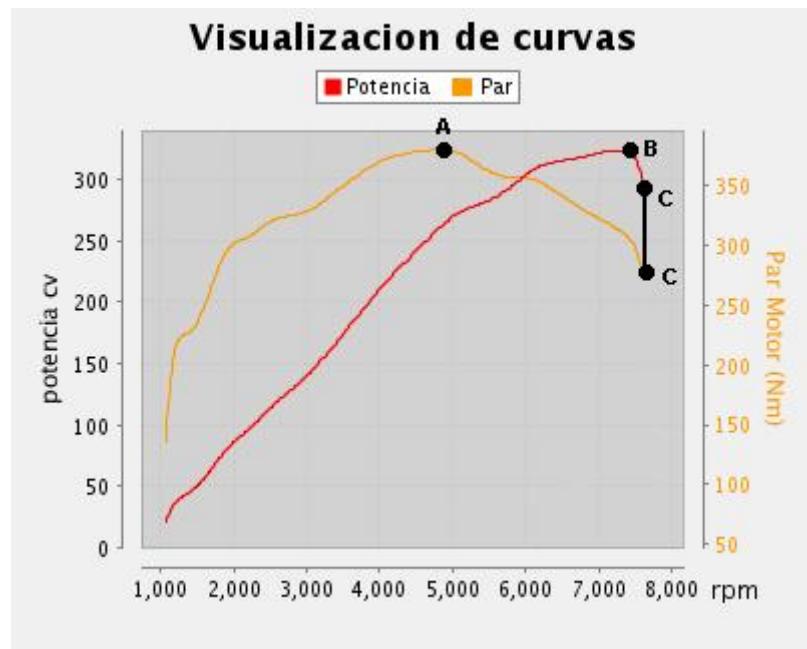
En el momento de construir un motor, es muy importante hacer una estimación del comportamiento de este motor en diferentes regímenes, de esta manera a partir de las características de cada motor podemos deducir el comportamiento que tendrá y lo podremos ajustar lo más posible al trabajo que haya de realizar o al mercado del usuario (en caso de automóviles).

El comportamiento del motor en diferentes regímenes se representa en las curvas de potencia y par, por lo tanto, dicho de otra manera, las curvas representan la potencia y el par que da para cada régimen que en cada motor es distinta.

Estos gráficos se obtienen en ensayos prácticos en un banco de potencia. Se utiliza un método donde al motor se le implanta una resistencia a vencer (resistencia al freno) y a partir del comportamiento del motor contra una resistencia a vencer se dibujan estas gráficas.

Las curvas de potencia y par, están representadas por tres parámetros distintos: la potencia generada, generalmente en caballos de vapor (Cv) o Kilowatts (Kw), el par motor o trabajo realizado por vuelta del motor en kilogramos fuerza por metro (kgm) o Newton por metro (Nm), y por último tenemos las revoluciones o vueltas por minuto del motor (rpm).

Los dos gráficos representados son: la curva de potencia (curva roja) y la curva de par motor (curva amarilla). Las revoluciones del motor (rpm), es el parámetro por el cual podemos ver como evoluciona el par motor y la potencia.

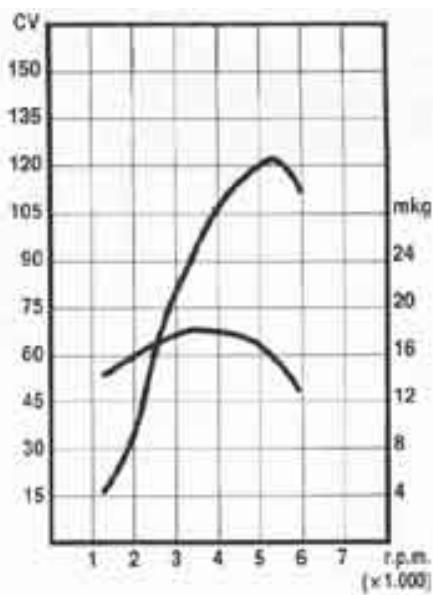


Tal y como vemos en la gráfica, podemos distinguir 3 puntos distintos, A, B y C:

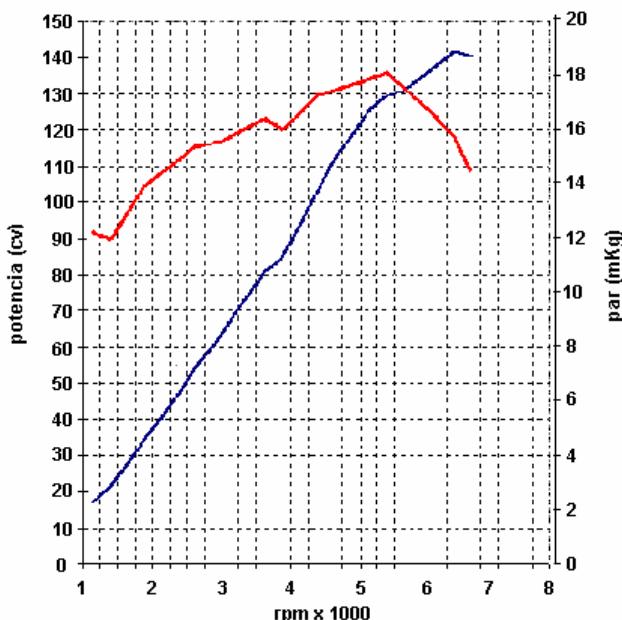
- El punto A representa el máximo par de este motor (BMW M3 3.0 V6 343 cv) y podemos observar que lo obtiene alrededor de las 5000 rpm. El máximo par como hemos citado en el apartado anterior, se obtiene por el máximo rendimiento volumétrico del motor (llenado del cilindro), por lo tanto la explosión es más violenta y la fuerza transmitida al pistón y al cigüeñal se efectúa con más fuerza. Éste será el punto de máxima aceleración del vehículo.
- El punto B representa la máxima potencia del motor, podemos observar que la potencia máxima se obtiene a altas rpm del motor ya que esta va en función del par motor y de las rpm. La potencia es la cantidad de par motor (trabajo) que realiza por rpm (tiempo).
- El punto C representa la máxima revolución de este motor. Este punto viene dado porque el par decrece tanto que la potencia también empieza a decrecer. Si pasásemos de esta velocidad del motor no solo la aceleración del vehículo sería mucho menor sino que, el consumo sería muy elevado (dado que el rendimiento es mucho menor) y sería muy fácil averiar el motor.

Normalmente el usuario al comprar un vehículo únicamente tiene en cuenta la potencia máxima del motor, pero ahora veremos como estas curvas representan muy bien que la potencia máxima del motor no es lo único que hay que tener en cuenta a la hora de comprar un automóvil.

Como evoluciona la curva de potencia es lo que realmente importa, ha de ser una evolución lo más lineal posible, es decir, sin cambios bruscos de pendiente. Esto se consigue a partir de la curva de par, donde interesa que sea constantemente lo más próxima a su máximo. Los motores utilizados en vehículos (4 tiempos), pueden tener 3 comportamientos diferentes:

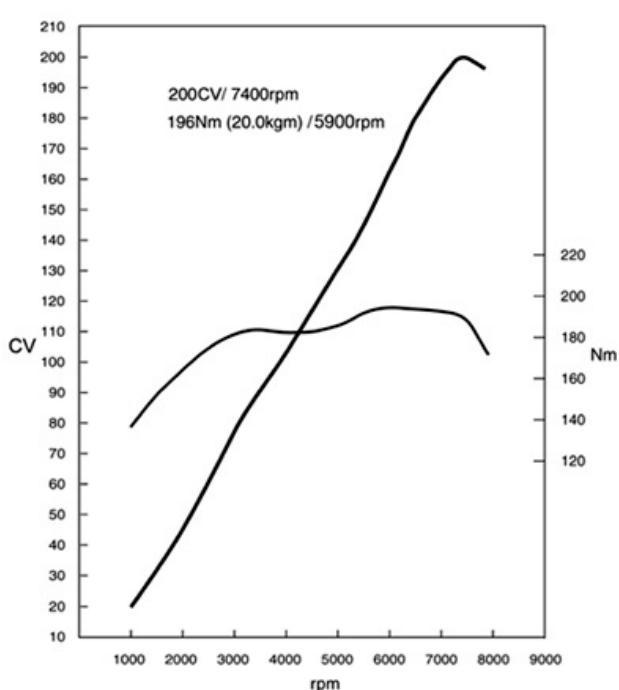


Este comportamiento es el más común en motores de vehículos de 4 tiempos, esta gráfica en concreto pertenece a un Seat Ibiza GTi, con un motor de explosión de 4 cilindros de 2 litros de cilindrada y de 2 válvulas por cilindro. Podemos observar en esta gráfica donde el máximo par se obtiene en un régimen medio (18,4 Kgm a 3400 rpm) y el incremento de potencia es muy elevado desde las 2000 rpm hasta las 4000 rpm, donde a 4000 rpm ya obtiene 105 cv de potencia. A partir de ahí, la potencia y el par empieza a decrecer considerablemente hasta llegar a las 5400 rpm que es donde se obtiene 120 cv, su máxima potencia. A partir de ahí el par, y por lo tanto la potencia decrecen demasiado hasta alcanzar su máximo régimen a las 6100 rpm. Esto significa que este motor es un motor preparado para trabajar a un régimen medio, donde no vale la pena subirlo de las 4000 rpm. De esta gráfica también podemos deducir que el máximo rendimiento volumétrico lo obtiene a regímenes más bien bajos. Este comportamiento es producto de diferentes características del motor (válvulas por cilindro, características del colector, etc) que se explicarán en los próximos temas.



Esta gráfica de potencia y par pertenece al motor equipado por el Peugeot 206 GTI, con un motor de explosión de 4 cilindros, de 2 litros de cilindrada y de 4 válvulas por cilindro. Esta gráfica, a diferencia de la otra, podemos observar que el máximo par (18 kgm) lo obtiene a un régimen muy elevado, alrededor de las 5500 rpm. Antes de ese número de vueltas, el motor se queda algo escaso de potencia por debajo de las 4000 rpm (90 cv a 4000 rpm). Se puede observar como este motor es un motor preparado para trabajar a altas rpm, el par

es muy bajo por debajo de las 4000 rpm y se mantiene bien hasta las 5500 rpm. A partir de ahí el par empieza a decrecer hasta las 6500 rpm donde el par ya decrece muy rápido y alcanza la máxima potencia del motor (140 cv a 6500 rpm). A partir de ahí la potencia y el par decrecen considerablemente hasta alcanzar su máximo régimen a las 6800 rpm. A partir de esta gráfica podemos deducir que el llenado de los cilindros a bajo y medio régimen es muy pobre, aunque a altas rpm el rendimiento volumétrico es efectivo. Esto significa que al trabajar bien a alto régimen, posiblemente equipará más de 2 válvulas por cilindro (efectivamente este en concreto equipa 4 válvulas por cilindro), colectores de gran diámetro y de corta longitud.



Esta gráfica pertenece a un Honda Civic Type R, equipado con un motor de explosión de 4 cilindros con 2 litros de cilindrada y de 4 válvulas por cilindro. Este comportamiento es el comportamiento que más se acerca a la máxima efectividad para cualquier motor de combustión interna, donde podemos observar que el par es casi constante desde las 3000 rpm hasta las 7400 rpm. Esto quiere decir, que el trabajo realizado por el motor será potente y constante en regímenes bajos, medios y altos. Podemos ver que el

máximo par lo obtiene a las 5900 rpm (20 kgm), aunque lo obtenga a un número alto de rpm, lo mantiene muy bien hasta las 7400 rpm que es donde obtiene su máxima potencia (200 cv). A partir de ahí el par y la potencia empiezan a decrecer considerablemente hasta alcanzar el máximo régimen de revoluciones que es capaz de alcanzar (8000 rpm). A partir de esta gráfica también podemos deducir las características técnicas del motor: para mantener el par desde regímenes bajos hasta altos va equipado con un sistema de distribución variable (2 válvulas por cilindro para bajas rpm y 4 válvulas para altas rpm) y posiblemente equipe un sistema de colectores variables (varia la longitud y diámetro del colector).

Hemos comparado 3 motores de explosión de cilindradas iguales (2000 cm<sup>3</sup>) y hemos analizado como puede variar el comportamiento del motor a partir de modificar diferentes parámetros (válvulas por cilindro, colectores, etc) y de que manera se comportarán.

Hemos observado que el Honda Civic Type R para el mismo motor (2 litros de cilindrada) es capaz de generar 200 cv de potencia con un par máximo de 20 kgm. Este par tan elevado frente a los otros motores lo obtiene porque tiene un gran rendimiento volumétrico gracias al sistema muy logrado de distribución y alimentación. No solo el par es más elevado que los otros motores, sino que la potencia es muy superior, lo consigue gracias al incremento de rpm que tiene respecto al ibiza y al 206.

Con todo esta comparación lo que quiero llegar a dar a entender es que en un motor no solo importa su capacidad cúbica o cilindrada que pueda llegar a tener, sino que depende de muchos más factores como en este caso muy claro es el número de válvulas por cilindro.

## PARTES DEL MOTOR

En el motor de combustión interna, tanto en los motores de 2 tiempos y 4 tiempos, la finalidad de cada sistema general de alimentación, distribución, encendido, refrigeración y lubricación es acabar en una de las 3 partes siguientes:

- Bloque motor
- Culata
- Cárter

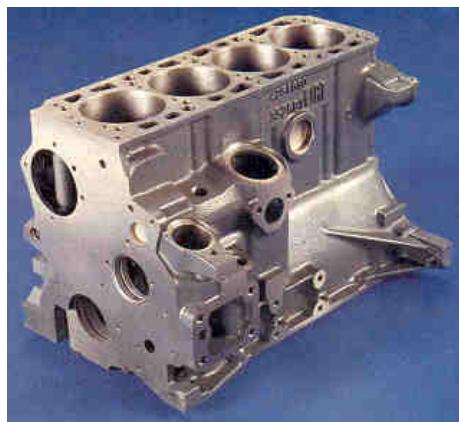
Estas tres partes del motor, son las partes vitales, porque como ya hemos dicho antes, cualquier sistema su objetivo es acabar aquí para realizar su función.

### **BLOQUE MOTOR**

El bloque es la parte más grande del motor, en el se instalan los cilindros donde aquí los pistones suben y bajan. También por aquí se instalan los espárragos de unión con la culata y pasa el circuito de lubricación y el circuito de refrigeración.

Los materiales utilizados para la construcción del bloque han de ser materiales capaces de resistir las altas temperaturas, ya que aquí se realizan también los procesos de expansión y escape de gases.

Generalmente el bloque motor está construido en aleaciones de hierro con aluminio, con pequeñas porciones de cromo y níquel. Con esta aleación conseguimos un material de los cilindros nada poroso y muy resistente al calor y al desgaste.



## **PARTES DEL BLOQUE MOTOR**

En el bloque motor se encuentran los distintos componentes:

- Junta de culata
- Cilindros
- Pistones
- Anillos
- Bulones
- Bielas

### **1. Junta de culata**



La junta de culata es la encargada de sellar la unión entre la culata y el bloque de cilindros. Es una lámina muy fina fabricada generalmente de acero aunque también se le unen diversos materiales como el asbesto, latón, caucho y bronce.

La junta de culata posee las mismas perforaciones que el bloque motor, la de los pistones, los espárragos de sujeción con la culata y los conductos de refrigeración y lubricación, para poder enviar a éstos a la culata.

### **2. Cilindros**

En los cilindros es donde los pistones realizan todas sus carreras de admisión, compresión, expansión y escape. Es una cavidad de forma cilíndrica.

En el interior de los cilindros las paredes son totalmente lisas y se fabrican con fundiciones de acero aleadas con níquel, molibdeno y cobre. En algunos casos se les alea con cromo para una mayor resistencia al desgaste.

En el cilindro se adaptan unas camisas colocadas a presión entre el bloque y el cilindro, la cual es elemento de recambio o modificación en caso de una reparación. De esta manera conseguimos que el bloque esté más separado del calor y podemos utilizar materiales más ligeros como el aluminio para la su construcción.

### **3. Pistones**

El pistón es el encargado de darle la fuerza generada por la explosión a la biela, para que ella haga el resto.

Debido a los esfuerzos tanto de fricción como de calor a los que está sometido el pistón, se fabrica de materiales muy resistentes al calor y al esfuerzo físico pero siempre empleando materiales lo más ligeros

posibles, para así aumentar su velocidad y poder alcanzar regímenes de rotación elevados. Los pistones se acostumbran a fabricar de aleaciones de aluminio-silicio, níquel y magnesio en fundición.

Para mejorar el rendimiento del motor y posibles fallos y averías, se construyen pistones sin falda, es decir, se reduce el rozamiento del pistón con el cilindro gracias a que la parte que roza es mucho menor.



(Pistón convencional)



(Pistón sin falda)

#### 4. Anillos

Los anillos van montados en la parte superior del cilindro, rodeando completamente a éste para mantener una buena compresión sin fugas en el motor.

Los anillos, también llamados segmentos, son los encargados de mantener la estanqueidad de compresión en la cámara de combustión, debido al posible escape de los vapores a presión tanto de la mezcla como de los productos de la combustión.

También se monta un anillo de engrase, para poder lubricar el cilindro correctamente.

Los anillos o segmentos suelen fabricarse de hierro aleado con silicio, níquel y manganeso.



## 5. Bulones

Es el elemento que se utiliza para unir el pistón con la biela, permitiendo la articulación de esa unión.

El bulón normalmente se construye de acero cementado y templado, con proporciones de carbono, cromo, manganeso y silicio. Para que el bulón no se salga de la unión pistón/bielas y ralle la pared del cilindro, se utilizan distintos métodos de fijación del bulón.



(Bulón)

(Conjunto de pistón, anillos y bulón)

## 6. Bielas

La biela es la pieza que está encargada de transmitir al cigüeñal la fuerza recibida del pistón.

Las bielas están sometidas en su trabajo a esfuerzos de compresión, tracción y también de flexión muy duros y por ello, se fabrican con materiales muy resistentes pero a la vez han de ser lo más ligeros posibles. Generalmente están fabricadas de acero al cromo-molibdeno con silicio y manganeso, acero al cromo-vanadio o al cromo-níquel o también podemos encontrar bielas fabricadas de acero al carbono aleado con níquel y cromo.

Aunque es una sola pieza en ella se diferencian tres partes pie, cuerpo y cabeza. El pie de la biela es el que la une al pistón por medio del bulón, el cuerpo asegura la rigidez de la pieza y la cabeza gira sobre el codo del cigüeñal.

Generalmente las bielas están perforadas, es decir, se les crea un conducto por donde circula el aceite bajo presión desde la cabeza hasta el pasador, con el fin de lograr una buena lubricación.



(Biela)



(Unión pistón / biela)

## **CULATA**

La culata es la parte superior del motor en donde se encuentran las válvulas de admisión y de escape, el eje de levas, las bujías y las cámaras de combustión. En la culata es donde encontramos todo el sistema de distribución, aunque antiguamente el eje de levas se encontraba en la parte inferior del motor.

La culata también tiene conductos de refrigeración y lubricación al igual que el bloque motor, para que por aquí pasen los correspondientes líquidos.

La culata es la parte estática del motor que más se calienta, por eso su construcción ha de ser muy cuidadosa. Una culata debe ser resistente a la presión de los gases, ya que en la cámara de combustión se producen grandes presiones y temperaturas, poseer buena conductividad térmica para mejorar la refrigeración, ser resistente a la corrosión y poseer un coeficiente de dilatación exactamente igual al del bloque motor.

La culata, al igual que el bloque motor, se construye de aleaciones de hierro con aluminio, con pequeñas porciones de cromo y níquel.



(Culata: vista exterior motor)



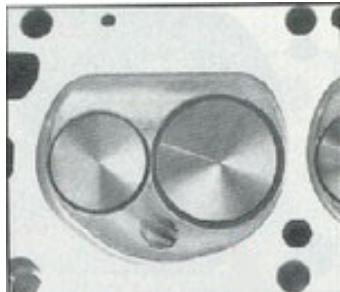
(Culata: vista interior motor)

## **PARTES DE LA CULATA**

En la culata encontramos los siguientes componentes:

- Cámara de combustión
- Válvulas
- Guias y asientos de válvulas
- Árbol de levas
- Bujías

### **1. Cámara de combustión**



Es un espacio vacío que está ubicado en la culata donde tiene lugar la combustión de la mezcla de aire y combustible.

En la cámara de combustión también van ubicadas las válvulas de admisión y escape, la bujía y en algunos casos el inyector de combustible (en caso de inyección directa).

Las temperaturas alcanzadas en la cámara de combustión son muy elevadas, por eso mismo se ha de mantener siempre bien refrigerada.

El volumen de la cámara de combustión tiene que venir determinado por la relación de compresión, es decir, la relación entre el volumen del cilindro y el volumen de ésta.

### **2. Válvulas**



Las válvulas van ubicadas en la cámara de combustión y son los elementos encargados de abrir y cerrar los conductos por donde entra la mezcla (válvulas de admisión) y por donde salen los gases de escape (válvulas de escape).

Normalmente la válvula de admisión suele ser de mayor diámetro que la de escape, debido a que la dificultad que hay en entrar los gases de admisión es más elevada que evacuar al exterior los gases de escape.

Debido a las altas temperaturas que alcanzan las válvulas (sobre todo las de escape), se fabrican de materiales muy resistentes al calor como aceros al cromo-níquel, al tungsteno-silicio o al cobalto-molibdeno. En válvulas de admisión, debido a que no alcanzan temperaturas tan elevadas se utilizan aceros al carbono con pequeñas proporciones de cromo, silicio y níquel.

### **3. Guias y asientos de las válvulas**

Las guías son casquillos en forma alargada, introducidos en los agujeros realizados en la culata para alojarlas, dentro de los cuales se deslizan las válvulas. Los asientos es donde se coloca la válvula en el momento que está cerrada para que haya una buena estanqueidad.

Generalmente están fabricadas de acero al cromo-vanadio o al cromo-níquel. La construcción de las guías de las válvulas suele ser de forma cónica, de esta manera no se acumula el aceite que puede ser introducido por error dentro del cilindro.

### **4. Árbol de levas**

El árbol de levas o también llamado eje de levas es el elemento encargado de abrir y cerrar las válvulas en el momento preciso.

El Árbol de levas se construye de hierro fundido aleado con pequeñas proporciones de carbono, silicio, manganeso, cobre, cromo, fósforo y azufre.

En el apartado de sistema de distribución, se darán más detalles de él y de su funcionamiento.



### **5. Bujías**



La bujía es la pieza encargada de dar una chispa alcanzar la temperatura suficiente para encender el carburante (solo en motores Otto).

La bujía va situada en la cámara de combustión muy cerca de las válvulas. En el apartado de sistema de encendido se darán más detalles de ésta.

## CÁRTER

El cárter es la parte inferior del motor donde se encuentra el cigüeñal, los cojinetes del cigüeñal y el volante de inercia.

En el cárter está depositado el aceite del sistema de lubricación, y en su parte inferior tiene un tapón para el vaciado de éste. El cárter generalmente está provisto de aletas en su parte externa para mejorar la refrigeración de éste y mantener el aceite a una buena temperatura de funcionamiento, que oscila generalmente entre los 80°C y los 90°C.

El cárter debido a que no se calienta demasiado, debe de tener una buena refrigeración para mantener el aceite a una temperatura óptima como ya hemos dicho antes, por eso se construye de materiales muy ligeros pero con una buena conductividad térmica. El material más utilizado es el aluminio, aunque se le mezclan pequeñas porciones de cobre y de zinc.



## PARTES DEL CÁRTER

En el cárter encontramos los siguientes componentes:

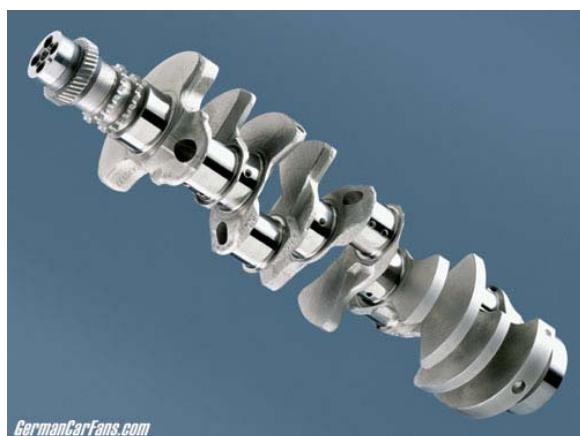
- Cigüeñal
- Cojinetes
- Volante motor

## 1. Cigüeñal

El cigüeñal es el encargado de transformar el movimiento de la biela en movimiento rotatorio o circular. Junto con el pistón y la biela, se considera la pieza más importante del motor.

El cigüeñal es un eje, provisto de manivelas y contrapesos, dentro de los cuales generalmente se encuentran orificios de lubricación.

El cigüeñal es una pieza que ha de soportar grandes esfuerzos, por eso se construye de materiales muy resistentes para que puedan aguantar cualquier movimiento sin romperse. Los cigüeñales normalmente se fabrican de acero al Cromo-Molibdeno con cobalto y níquel.



*GermanCarFans.com*

## 2. Cojinetes



Los cojinetes son los encargados de unir la biela con el cigüeñal para evitar que haya rozamiento entre ellos, para evitar perdidas de potencia y averías.

Tienen forma de media luna y se colocan entre el cigüeñal y la cabeza de las bielas. Normalmente se fabrican de acero, revestidos de un metal antifricción conocido como metal Babbitt.

Los cojinetes tienen que estar construidos con gran exactitud, cualquier poro o mala construcción de éste puede hacer funcionar mal el motor, por eso en caso de avería se ha de cambiar inmediatamente.

### **3. Volante motor**



El volante motor o volante de inercia es el encargado de mantener al motor estable en el momento que no se acelera.

En el volante motor se suelen acoplar distintos elementos del motor para recibir movimiento del motor mediante correas o cadenas (árbol de levas, bomba de agua y aceite, etc).

El volante motor es una pieza circular que ofrece una resistencia a ser acelerado o desacelerado. En el momento en que el motor no se acelera, es decir (fase de admisión, compresión y escape) se ha de mantener la velocidad del motor para que no haya una caída de rpm.

El volante motor puede estar construido de materiales distintos, dependiendo si queremos un volante motor muy pesado o ligero. El volante motor pesado mantendrá mejor la velocidad del motor, pero perderemos algo de aceleración. Si el volante motor es más ligero, tendrá a caer más de rpm, pero la aceleración del mismo será más rápido, por eso los volantes ligeros se montan en motores con un número considerable de cilindros.

## **ARQUITECTURA DEL MOTOR**

A la hora de construir un motor de combustión interna de cilindros, hay que diseñar primero como será la construcción del motor.

En ese diseño se han de tener en cuenta muchos factores, los factores internos del motor, el comportamiento de este, etc. Aunque no solo se han de tener en cuenta estos últimos, sino que se han de tener en cuenta como van a ir colocadas todas las piezas y de que forma, para así poder ahorrar espacio en su colocación.

La colocación de las piezas influirá en el comportamiento del motor, sobretodo en las vibraciones y ruidos que éste dará.

Un factor muy importante a la hora de construir un motor es la disposición de los cilindros cuando queremos construir un motor de varios cilindros.

La disposición de los cilindros es la manera de como estarán colocados estos mismos. Los cilindros pueden estar colocados en linea, opuestos, en V, en W o en estrella. A continuación citaremos los tipos de disposiciones para la colocación de los cilindros y más adelante algunos factores que se han de tener muy en cuenta a la hora de diseñar un motor.

### **Cilindros en Línea:**

La disposición de los cilindros en línea se basa en montar un único cigüeñal, donde todos los cilindros están en el mismo plano vertical uno al lado de otro.

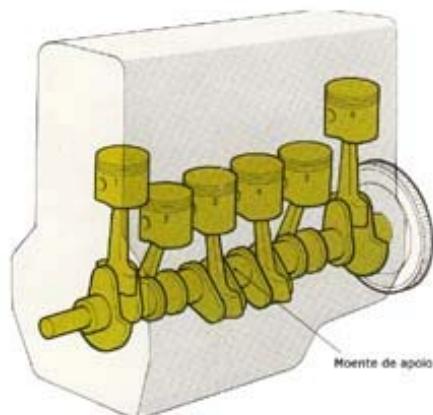
Esta disposición es la más utilizada hoy en día en los motores de 4 tiempos de los turismos. Normalmente solo se utiliza esta disposición con motores de 2 a 4 cilindros.

Ventajas:

- Bajo coste de construcción y producción.
- Tamaño reducido
- Simplicidad de construcción
- Posibilidad de instalar elementos externos (turbos, etc) fácilmente.

Desventajas:

- El motor vibra considerablemente
- El motor no funciona tan suavemente



*(Motor de 6 cilindros en linea)*

### **Cilindros opuestos:**

La disposición de los cilindros opuestos, también llamados Boxer, se basa en montar un único cigüeñal, como en la disposición en línea, donde todos los cilindros están colocados horizontalmente y opuestos.

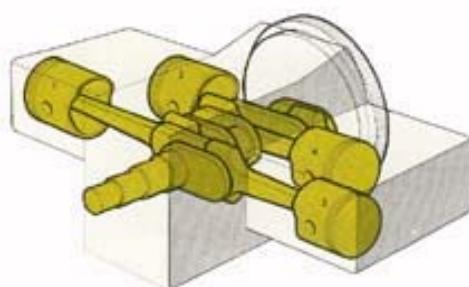
Esta disposición de cilindros no es muy utilizada, aunque lo utilizan algunas marcas de turismos (Subaru, Porsche...), aunque no es uno de los más utilizados. También se utilizan en algunas motocicletas de dos cilindros.

Ventajas:

- Excelente refrigeración del motor
- Ausencia de vibraciones
- Ruido del motor muy peculiar

Desventajas:

- Es más difícil y costoso realizar alguna reparación
- Construcción más costosa que los motores en linea



(Motor de 4 cilindros opuestos)

### Cilindros en V:

La disposición de los cilindros en V se basa en montar un único cigüeñal, con todos los cilindros en este mismo cigüeñal. Cada dos cilindros forman una V entre ellos.

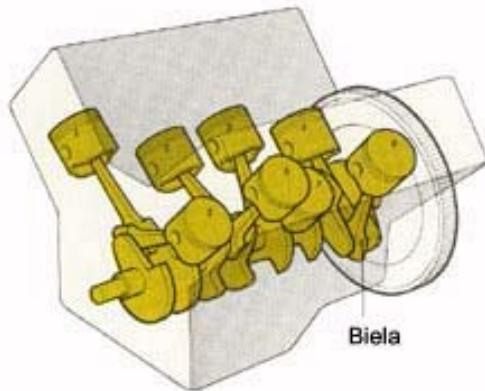
En la actualidad, se utiliza mucho esta disposición para vehículos deportivos, tanto en turismos como en vehículos de competición. Esta disposición de los cilindros la podemos encontrar en motores de 5 cilindros hasta los 12 cilindros.

Ventajas:

- Ahorro en espacio para motores de más de 4 cilindros
- Suavidad
- Baja sonoridad
- Pocas vibraciones
- El par motor a bajas rpm es muy alto, debido a las fuerzas conjuntas que actúan en el cigüeñal

Desventajas:

- El peso es mayor que en la disposición en linea
- Construcción más costosa que los motores en linea



(Motor de 8 cilindros en V)

### Cilindros en W:

La disposición de los cilindros en W se basa en montar un único cigüeñal, con todos los cilindros en este mismo. Se montan 4 cilindros conjuntos en el mismo plano formando un W.

Este motor se está empezando a utilizar en algunos turismos de grandes cilindradas con un número alto de cilindros. Esta disposición se utiliza en motores de 8 a 16 cilindros.

#### Ventajas:

- Es un motor muy compacto y robusto
- Comportamiento muy parecido a los motores en V, aunque son más progresivos y con mejoras de par en bajas rpm

#### Desventajas:

- Cuenta con 4 árboles de levas, lo que hace que sean más costosos y con un mayor peso.
- Anchura del bloque excesiva
- Bloque motor muy complejo



(Motor de 12 cilindros en W)

### Cilindros en estrella:

La disposición en estrella, también llamada radial, se basa en un número de cilindros colocados en estrella todos en el mismo cigüeñal.

Esta disposición ya no se monta actualmente. Se montó mucho en los aviones utilizados en la Segunda Guerra Mundial, o en barcos equipados con un motor Diesel. Permite disposiciones de 5 cilindros o más.

#### Ventajas:

- Buena refrigeración debido a que todos los cilindros están colocados en el mismo plano
- Ocupa poco espacio de profundidad
- Grandes cifras de par motor en bajas vueltas

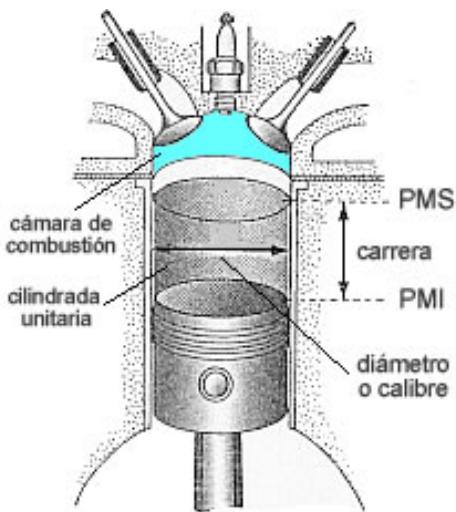
#### Desventajas:

- Sus dimensiones son demasiado grandes (excepto la profundidad) para ser montado en algún turismo
- No permite montar fácilmente ningún tipo de sobrealimentación como un turbo-compresor



(Motor de 6 cilindros en estrella)

## Cilindrada



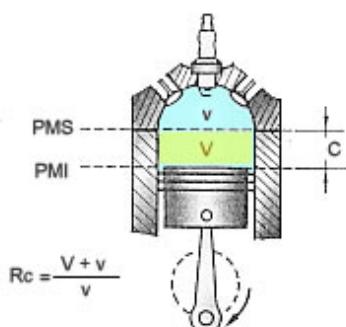
La cilindrada la definimos como el volumen del cilindro, es decir, el volumen de gases que podemos meter en el interior del cilindro.

La cilindrada de un motor viene dada por el diámetro del cilindro y la carrera de éste, es decir, las dimensiones del motor. La carrera del cilindro, es decir, la superficie por donde se desplaza el pistón se mide desde el PMI al PMS.

La cilindrada en motores de varios cilindros, es la suma de cilindradas de todos los cilindros.

Si construimos un motor con más cilindrada, podremos meter más aire en el cilindro, y por consiguiente podremos meter más combustible y las presiones generadas serán mayores. De esta manera podremos alcanzar índices de par y de potencia mayores.

## Relación de compresión



La relación de compresión la definimos como la relación que hay entre el volumen total del motor (cilindrada + cámara de combustión) y el volumen de la cámara de combustión.

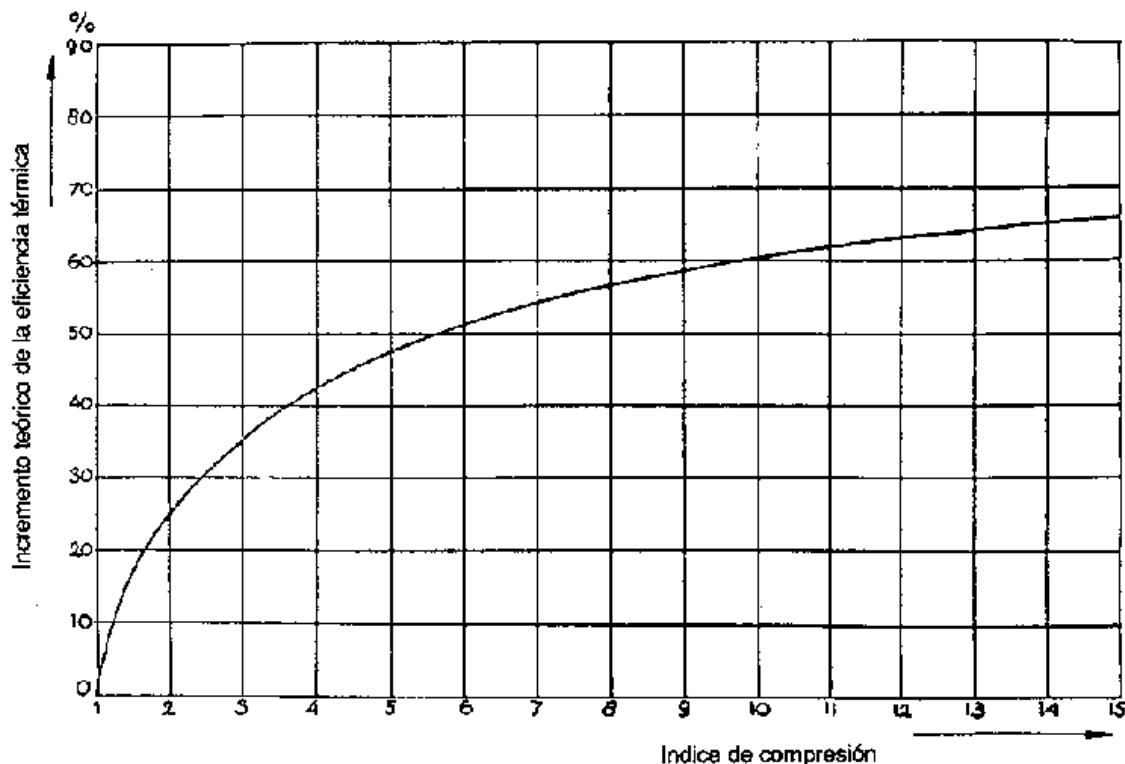
Es un factor muy importante a la hora de construir un motor. Aumentando ésta, mejoramos la potencia y el par del motor gracias a que la explosión es más potente y aumentamos el rendimiento, es decir, aumentamos la potencia sin aumentar el consumo.

Esta relación de compresión se puede aumentar sin sofisticación ninguna, aunque no se puede elevar indefinidamente, ya que puede llegar a ser un problema si se aumenta demasiado.

En motores Otto aumentando demasiado la relación de compresión si el combustible utilizado no es de un octanaje muy elevado (capacidad antidescompostura) podemos causar la detonación, causando problemas muy graves. La relación de compresión en motores Otto suele ser de hasta 12:1.

Por eso los motores Diesel tienen un rendimiento muy alto, debido a que tienen relaciones de compresión muy altas (hasta 30:1). Este motor no tiene el problema de detonación, aunque no se puede aumentar más

debido a otros impedimentos en el sistema de alimentación y el posible sobrecalentamiento.



(En esta imagen podemos ver como aumenta el rendimiento del motor - barra vertical- con la relación de compresión en un motor Otto)

## **DIMENSIONES DEL MOTOR**

Como ya hemos citado antes, la cilindrada se define a partir de las dimensiones del diámetro del cilindro y de su carrera.

Si nos fijamos una cierta cilindrada ( $2000 \text{ cm}^3$  por ejemplo), para variar las dimensiones del motor solo podemos operar con el diámetro del cilindro y con la carrera del pistón.

Si ponemos una carrera del cilindro de más larga longitud que el diámetro del cilindro, estamos hablando de un "motor alargado". Sin embargo, si la carrera del cilindro es corta que el diámetro estamos hablando de un "motor supercuadrado". En el caso que la longitud de la carrera corresponde con el diámetro estamos ante un "motor cuadrado".

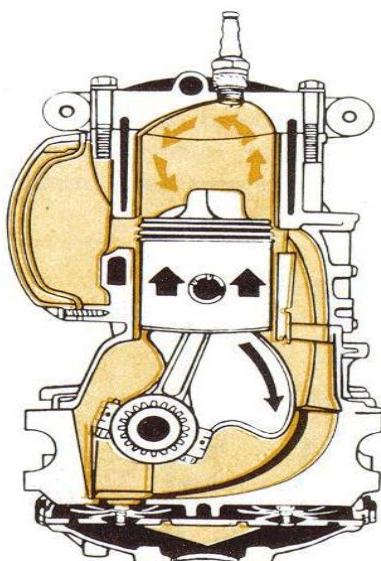
La potencia y el par desarrollados tanto en un motor para las mismas dimensiones alargado y otro supercuadrado, son muy parecidas, aunque uno frente a otro tiene distintas ventajas. A continuación las diferenciaremos:

Los motores cuadrados o supercuadrados ofrecen las siguientes ventajas frente a los motores alargados:

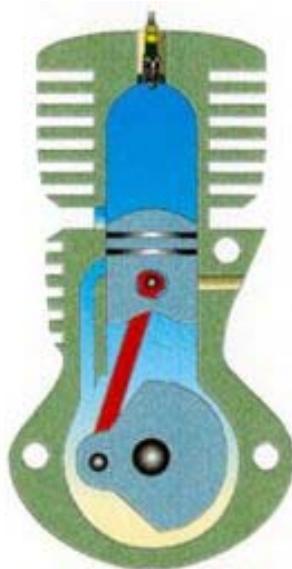
- Posibilidad de colocar más válvulas de admisión y escape y de ampliar su diámetro para mejorar el llenado y la evacuación de gases.
- Bielas más cortas, por lo tanto más rígidas.
- Disminuye el rozamiento entre el pistón y el cilindro debido a que se reduce la velocidad media del pistón (respecto al motor alargado) y la carrera es más corta. Esto también provoca que la cabeza de la biela no sufra tanto en el momento que llega al PMS.
- Codos del cigüeñal más cortos, es decir, menos salientes, lo que provoca que sea más rígido y que se reduzcan las fuerzas de inercia.
- Se reducen todas las fuerzas centrífugas del motor, eliminando vibraciones.

Los motores alargados presentan las siguientes ventajas frente a los motores cuadrados o supercuadrados:

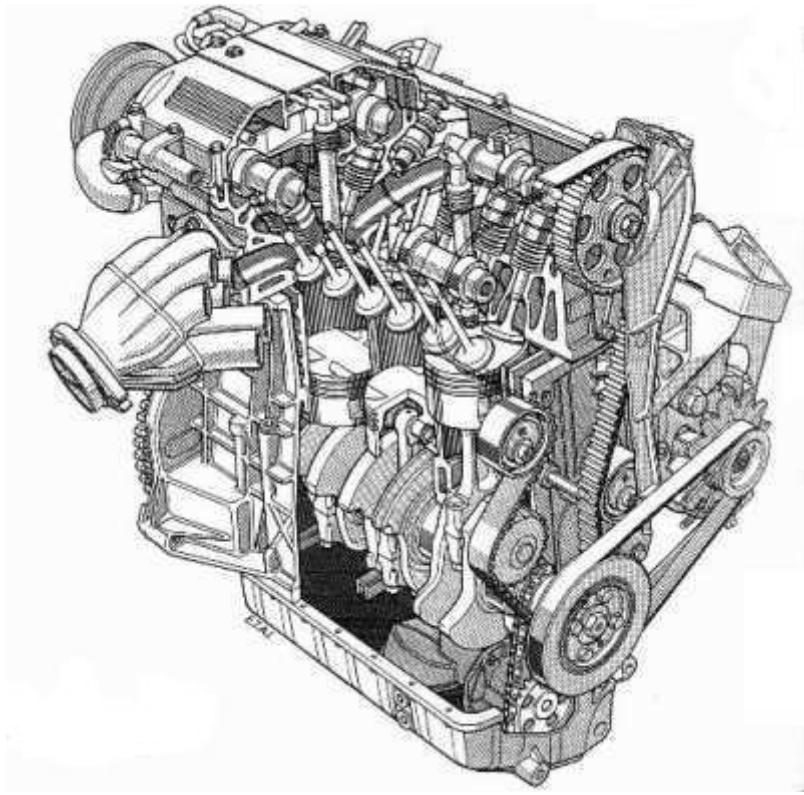
- La combustión se realiza de una forma más perfecta, lo que ocasiona menos gases tóxicos de la combustión.
- Más capacidad de disipación del calor, debido a la mayor superficie exterior del cilindro.



(Motor cuadrado o supercuadrado)



(Motor alargado)



*(Motor de un Peugeot 309 1.9 GTi, consta de un motor de 4 cilindros en linea con todos sus componentes ya citados)*

# **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y ALIMENTACIÓN**

Los sistemas de distribución y alimentación son los encargados de enviar el aire y el combustible al interior del cilindro correctamente y en el momento que se precise.

El fin de los sistemas de distribución y de alimentación del aire es la de entrar la mayor cantidad de aire posible, a partir de ahí podremos quemar más combustible, y por tanto la potencia del motor será mayor.

Estos dos sistemas han de tener una estructura muy precisa. Para hacer llegar el aire y el combustible en el cilindro podríamos utilizar sistemas muy sencillos, aunque la complejidad de estos hace aumentar el rendimiento del motor considerablemente, lo que los sistemas de distribución y de alimentación nos deja una puerta abierta para modificaciones para aumentar la potencia del motor.

Estos dos sistemas van relacionados, el sistema de alimentación se encarga de suministrar el combustible necesario, de enviar la cantidad de aire al cilindro y de conducir los gases quemados hacia el exterior, y el sistema de distribución es el que se encarga de entrar el aire y el combustible en el cilindro y evacuar los gases quemados en el momento que se requiera; a continuación explicaremos como funcionan estos dos sistemas.

## **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

El sistema de distribución es el encargado de accionar las válvulas de admisión y escape en el momento preciso para dejar entrar el aire dentro del cilindro y evacuar los gases quemados.

El sistema de distribución solo lo encontramos en los motores de combustión interna de cuatro tiempos Otto y Diesel, mientras que en los motores de dos tiempos la entrada de aire fresco y la evacuación de los gases quemados se efectúa mediante unas lumbreras o orificios en el motor.

La válvula de admisión se ha de accionar en el momento que empieza la admisión, es decir, cuando empieza el ciclo después de la fase de escape y el pistón está en el PMS. La válvula de escape se acciona en el momento que se acaba la expansión y empieza la carrera de escape, el pistón se encuentra en el PMI.

Para mejorar el rendimiento del motor, se utilizan sistemas de avance de admisión y de escape que explicaremos a continuación.

## **Avance de admisión y escape**

El avance de admisión es un sistema que adelanta la apertura de la válvula de admisión para mejorar el llenado de los cilindros y por tanto aumentar el rendimiento del motor.

En el momento que el motor está efectuando la carrera de escape, la válvula de escape está abierta para evacuar los gases. Cuando el pistón está a punto de llegar al PMS, es decir, ha evacuado casi todos los gases quemados y el volumen y la presión de éstos es mínimo, entonces se abre a la vez la válvula de admisión. Estos gases frescos van entrando en el cilindro mientras que los de escape se van evacuando de él sin interferir entre ellos, a esto se le llama avance de admisión o cruce de válvulas.

Con esto conseguimos que la válvula de admisión esté abierta un mayor tiempo, ya que no solo está abierta en la carrera de admisión sino que también está abierta parte de la carrera de escape como hemos citado en el párrafo anterior. De esta manera el llenado del cilindro es mucho más eficaz y podemos conseguir potencias y regímenes de giro superiores.

Para evacuar los gases de escape de una manera más eficaz se utiliza un avance de escape. Este principio es el mismo que para el avance de admisión, es decir, se regula la apertura de la válvula.

Cuando realiza la carrera de expansión y está a punto de llegar al PMI se abre la válvula de escape para que empiecen a salir los gases quemados.

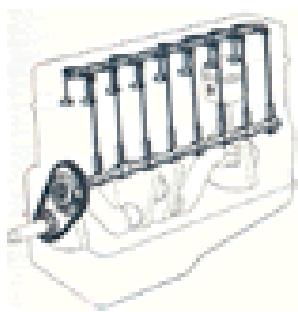
De esta manera conseguimos un mayor tiempo para la salida de gases de escape, mejorando esto conseguimos que la entrada de gases frescos en la admisión sea más eficaz.

## **Disposición del árbol de levas**

Como ya hemos dicho antes, el sistema de distribución se encarga de comandar las válvulas de admisión y escape mediante un eje de levas accionado directamente por el motor.

El árbol de levas lo podemos encontrar situado en dos lugares distintos:

- Árbol de levas en bloque
- Árbol de levas en culata



Antiguamente el árbol de levas estaba situado en el bloque. De esta el sistema ocupaba menor espacio debido a que estaba situado en un puesto donde no hay grandes piezas, mientras que en la culata nos encontrábamos con el carburador. En contrapartida, para poder accionar las levas desde el eje situado en el bloque, hacia falta unos empujadores y unos balancines que hacían a este sistema más costoso de construir.



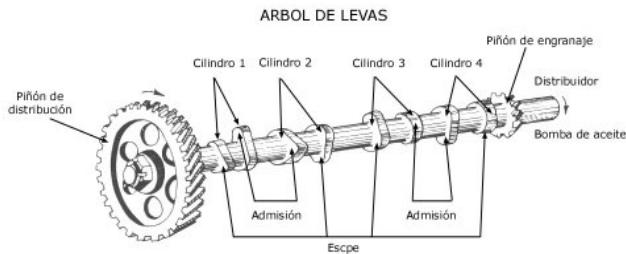
Hoy en día, el eje de levas está situado en la cabeza de la culata (de ahí la denominación árbol de levas en cabeza), lo que supone una mayor sencillez de funcionamiento y construcción y un mejor acceso al árbol de levas. Este sistema hoy en día no tiene ninguna desventaja debido a que en la cabeza de la culata hay espacio suficiente, ya que se utilizan sistemas de alimentación de

combustible por inyección y se prescinde de un carburador. En motores de más de dos válvulas por cilindro se montan dos árboles de levas como vemos en la imagen, a este sistema se le denomina DOHC.

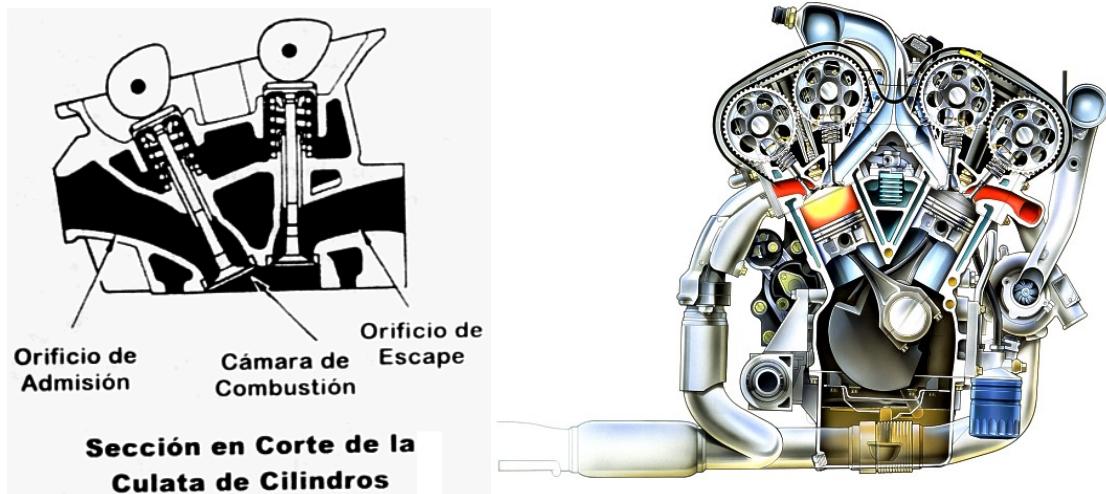
### Funcionamiento de la distribución

Primeramente, el motor acciona el árbol de levas (con relación a dos vueltas del motor, una vuelta el eje de levas) mediante una correa o una cadena engranada entre ellos, en este eje van situadas las levas de admisión y escape. Estas levas en el momento que su saliente choca con la válvula, la acciona, y éstas son las que dejarán pasar los gases frescos (en caso de las de admisión), y evacuarán los gases quemados (en caso de las de escape).

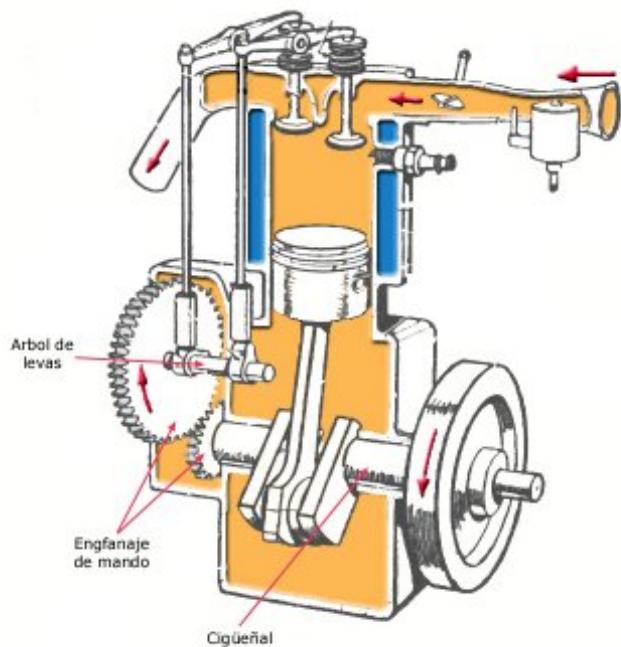
En el caso de que el árbol de levas esté situado en el bloque, las levas accionan primeramente unos empujadores verticales, estos últimos accionarán unos balancines, y éstos finalmente accionarán las válvulas de admisión y escape.



(Disposición de las levas fijadas en el eje)



(Accionamiento de las válvulas en un sistema de distribución con el árbol de levas en la culata)



(Accionamiento de las válvulas en un sistema de distribución con el árbol de levas en el bloque)

## ALIMENTACIÓN DE AIRE

El sistema de alimentación de aire es el encargado de coger el aire de la atmósfera y conducirlo hasta el cilindro.

La base de cualquier motor térmico, y en este caso, del motor de combustión interna alternativo de 4 tiempos a pistón, es la de mezclar el aire exterior con el combustible, para que el oxígeno existente del aire reaccione con el combustible. Por lo tanto el objetivo del sistema es el de llenar lo máximo posible los cilindros, para así quemar más combustible. Por esto, este sistema es muy simple y muy poco extendido pero es realmente importante.

La estructura de este sistema es realmente importante, esto es debido a que la configuración de este sistema puede afectar mucho al rendimiento y a la potencia del motor.

La alimentación del aire está regulada básicamente por los siguientes dispositivos.

- Filtro de aire
- Válvula de mariposa
- Colector de admisión

### **1. Filtro de aire**

El filtro de aire es el encargado de limpiar el aire que proviene del exterior quitandole todas las impurezas que puedan haber en la atmósfera (polvo, arena, etc).

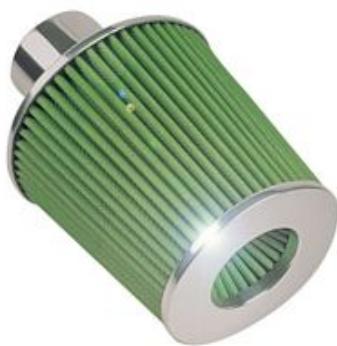


El filtro de aire consta de una lámina generalmente fabricada de papel que deja pasar el aire pero no las partículas líquidas y sólidas.

Con esto conseguimos que al motor solo le llegue aire puro, y de esta manera conseguiremos un funcionamiento del motor más limpio, duradero y factible.



Cuando el motor aspira el aire de la atmósfera, ese aire que entra directamente de un tubo que proviene del exterior, pasa por el filtro de aire como podemos apreciar en la imagen, donde éste, como hemos dicho antes limpiará las impurezas existentes. Ese aire que ha pasado por el filtro, será enviado al colector de admisión comandado siempre por la válvula de mariposa.



El inconveniente del filtro de aire es que obstruye la fluidez del paso del aire, con lo cual, a ese aire que proviene del exterior le cuesta más ser chupado por el motor, ya que está el filtro que impide que se efectue tan rápidamente. Por esto, se fabrican filtros que obstruyen mínimamente el paso del aire, con lo que aumentaremos ligeramente la potencia del motor debido a que aumentamos el llenado de los cilindros, como contrapartida, estos filtros de aire no quitan tantas impurezas en el aire con lo que es ligeramente más perjudicial para el motor.

## 2. Válvula de mariposa

La válvula de mariposa de gases es el componente que se encarga de regular el volumen de aire que va entrar dentro del cilindro.



La válvula de mariposa consta de una lámina fina que permite girar sobre el eje del centro para abrir o cerrar el conducto de aire. Esta pieza regula el caudal de aire que entrará en el cilindro, por tanto es la pieza que accionamos nosotros en el momento que pisamos el acelerador, para que entre más aire o menos.

En los motores de 4 tiempos Diesel esta válvula no hace falta equiparla, ya que siempre está abierta completamente, el acelerador no actúa para la entrada de aire en el motor sino que, actúa simplemente en la inyección de combustible.

En los motores Otto con carburación, está lámina está situada en la entrada del carburador igual que como vemos en la imagen, sin embargo, en los motores con inyección de gasolina la mariposa de gases se sitúa en el colector de admisión.

## 3. Colector de admisión



El colector de admisión es el componente que se encarga de distribuir el aire a cada uno de los cilindros por igual, va fijado en la culata tocando con el cilindro y las válvulas de admisión fluyen por el interior de él.

Este componente tiene que estar perfectamente diseñado, ya que su función básica es la de enviar el aire de admisión a cada uno de los cilindros y a todos por igual. Para eso se requiere una arquitectura del colector simétrica, sin grandes curvas siguiendo siempre recorridos lo más cortos posibles para mejorar el llenado de los cilindros.

El colector de admisión puede tener una estructura para trabajar optimamente en bajas/medias revoluciones, o en medias/altas revoluciones. Para motores donde la potencia máxima no importa se utiliza la primera estructura (bajas/medias). Éste consta de colectores de larga longitud con un diámetro del turbo no muy elevado. Sin embargo, para motores rápidos o motores de competición se utilizan colectores de corta longitud y grandes diámetros de tubo.

Toda esta misma estructura de los colectores de admisión también es válida para la estructura de los colectores de escape, es decir, los encargados de evacuar los gases quemados hacia el tubo de escape.

## **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**

El sistema de alimentación de combustible es el que tiene como objetivo trasladar el combustible hasta el cilindro y mezclar el aire y el combustible en las proporciones adecuadas.

Sin este sistema de alimentación de combustible, además de que no podríamos enviar el combustible al cilindro, la mezcla de aire y combustible no estaría medida, por lo que afectaría al rendimiento del motor y al consumo, y provocaría un mal funcionamiento del motor en conjunto.

Para mezclar el aire con el combustible en las porciones necesarias se utilizan dos sistemas distintos:

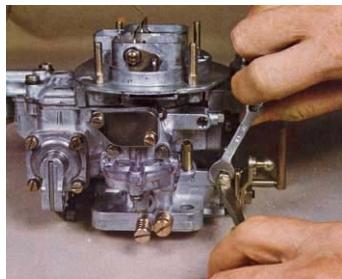
- Alimentación por carburador
- Sistemas de inyección

### **ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR**

Este sistema de alimentación es puramente mecánico, se basa básicamente en un componente mecánico llamado carburador. El carburador es el encargado de mezclar el aire y el combustible en las porciones necesarias.

Este sistema solo es utilizado en los motores Otto, debido a que en los motores Diesel la relación de mezcla aire/combustible no es constante

porque la cantidad de aire que entra al cilindro siempre es la máxima posible.

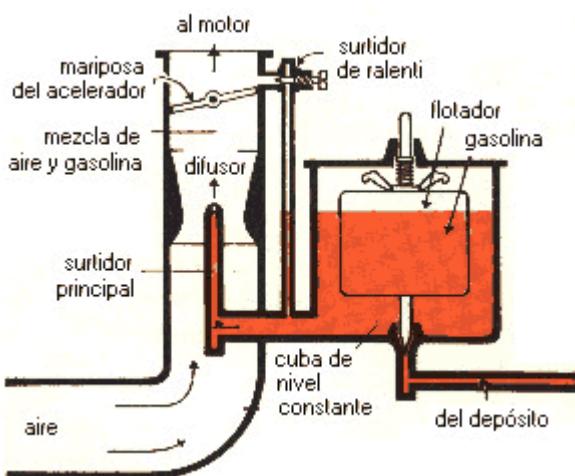


El fin del carburador es de pulverizar el combustible y de llegar a mezclarlo con el aire con una proporción de 14,7 Kg aire por cada 1 Kg de gasolina, o lo que es lo mismo 10000 litros de aire por cada 1 litro de gasolina, para tener una buena relación estequiométrica en la reacción de combustión y optimizar el funcionamiento del motor.

Para el arranque en frío se utiliza una mezcla más rica, es decir, para la misma cantidad de aire se mezcla más gasolina, permitiendo que la mezcla se encienda más fácilmente y vencer el problema. Esta mezcla más rica también se utilizan en motores de competición para desarrollar potencias más elevadas, aunque como contrapartida los gases son más contaminantes y se eleva el consumo.

A continuación explicaremos el funcionamiento básico del carburador y como actúa en el sistema de alimentación del motor.

El carburador consta básicamente de la cuba, el surtidor y el difusor. La cuba es un pequeño depósito donde almacena gasolina que proviene del depósito principal para enviarselo al surtidor principal. Esta cuba tiene un flotador que será el que regule su nivel de almacenamiento.



La *mariposa del acelerador* está controlada por el acelerador, es decir, regulará la cantidad de aire que pasará al motor. Supongamos que aceleramos, entonces la mariposa se abre y el motor aspira aire. El aire aspirado por el motor que viene del filtro de aire pasa por el estrechamiento (*difusor*), creando un efecto "Venturi", es decir, aumenta la velocidad del aire debido al estrechamiento y aspira la gasolina que hay en el interior del surtidor pulverizándola, y por tanto mezclándose aire y combustible. Una vez que está mezclado el aire con la gasolina, puede fluir hasta el colector de admisión y de ahí, al motor.



Los carburadores más sofisticados se utilizan dos entradas de aire con dos surtidores de gasolina, entonces en el momento que el motor está trabajando en bajas rpm, solo funciona una entrada. En cambio, cuando el motor sube de vueltas se abre la otra entrada entregando mucho más volumen de aire y por tanto más gasolina. Este tipo de carburador es conocido como "carburador de doble cuerpo", o también "carburador Weber".

## **SISTEMA DE INYECCIÓN**

El sistema de inyección, al igual que el carburador, es el encargado de mezclar el aire con la gasolina en las proporciones adecuadas. El nombre de inyección viene dado porque el combustible es inyectado por un inyector para que sea mezclado con el aire.

Este sistema se utiliza desde el comienzo de los motores Diesel, ya que estos no pueden alimentarse mediante el carburador, necesitan un sistema de inyección para funcionar.

Los motores de gasolina que funcionan con carburador, contaminan mucho y consumen mucho debido a que el carburador no es estable, es decir, la mezcla no es del todo constante y el funcionamiento va variando según la demanda del motor.

Por eso, en la década de los 90' los motores de gasolina se vieron también obligados a utilizar sistemas de alimentación por inyección, que mejoraría mucho en tema de consumos, contaminación, rendimiento y por supuesto, mayores potencias.

En la actualidad los sistemas de inyección se ven positivamente afectados por la electrónica, con lo que han conseguido rendimientos mucho mayores.

### **Inyección en motores Diesel**

La inyección en los motores Diesel es imprescindible en estos motores, con lo que ha ido avanzando mucho en los últimos años.

El sistema de inyección puede ser de dos formas distintas:

**Inyección directa:** El inyector está situado en la culata en contacto con el cilindro. Está situado en el mismo sitio donde se ubica la bujía en un motor de explosión. De esta manera en el momento que se inyecta el combustible (gasoil) entra en contacto con el aire y empieza la reacción. Este sistema se utiliza en motores que trabajan a bajas rpm, es decir, motores lentos, aunque hoy en día este sistema está muy avanzado.

**Inyección indirecta:** El inyector está situado en una precámara de combustión, donde aquí se consigue homogenizar el aire con el combustible antes de la combustión. Este sistema de inyección se utiliza en motores más rápidos, el combustible se quema más eficientemente y con menores gases contaminantes, en contrapartida, la temperatura en la precámara es muy elevada. Este sistema hoy en día ya no se utiliza tanto debido a que las inyecciones directas han avanzado mucho.



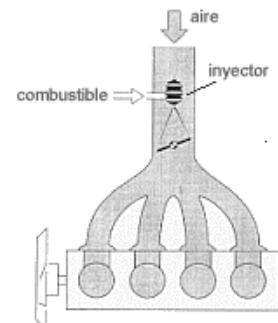
con antecámara o cámara de preencendido  
(Mercedes-Benz)

### Inyección en motores de gasolina

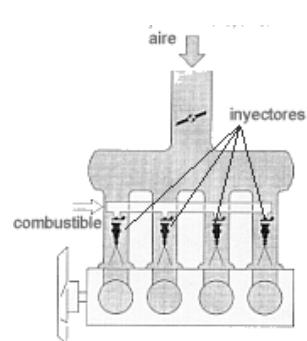
La inyección de gasolina es un sistema muy reciente, donde antes de los años 90' solo se utilizaban estos sistemas en motores de grandes prestaciones y en motores de competición, aunque ha ido avanzando mucho día a día.

Los sistemas utilizados son dos: la inyección monopunto y la inyección multipunto:

**Inyección monopunto:** En la inyección monopunto el inyector va situado en la entrada del colector. En el momento que se inyecta el combustible el aire recoge la gasolina y la mezcla se distribuye por cada parte del colector dependiendo el número de cilindros que tenga. Este sistema es más simple que el multipunto, pero en contrapartida no rinde tan bien como el multipunto debido a que la mezcla no se distribuye tan factiblemente.



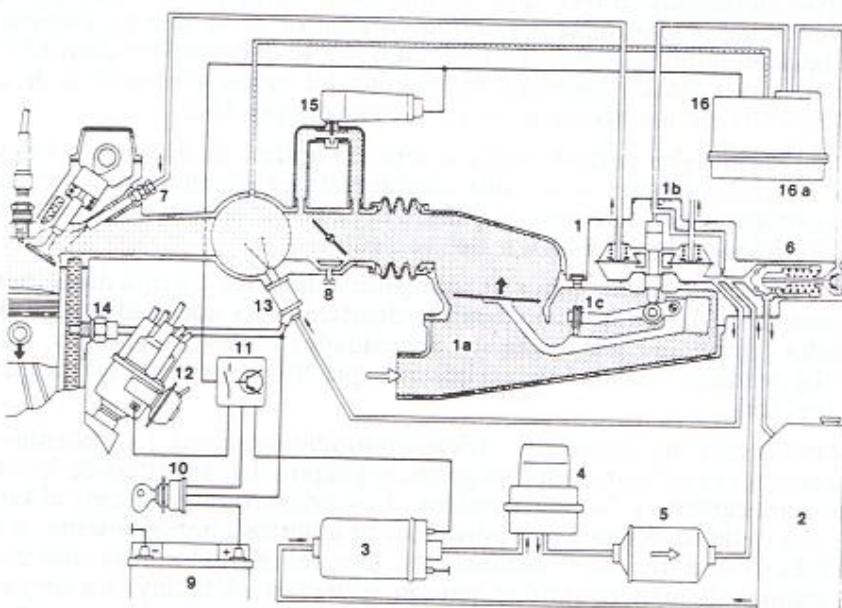
**Inyección multipunto:** En la inyección multipunto los inyectores están situados en la entrada de cada cilindro, es decir, está fijado en la culata cerca de la válvula de admisión. En este sistema hay un inyector por cilindro, con lo que el propio inyector puede estar más cerca del cilindro. En el momento que el inyector inyecta la gasolina, esta se mezcla con el aire entrando en el cilindro. Este sistema rinde mucho más que el sistema multipunto, debido a



que la mezcla es más homogénea y la distribución para cada cilindro se efectúa por igual. En contrapartida, este sistema es más costoso de fabricar.

En la actualidad, se está investigando los sistemas de inyección directa para motores Otto, que rinden mucho mejor, incluso ya hay muchos motores que lo incorporan.

### Funcionamiento del sistema de inyección



- |                                   |  |                                      |
|-----------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1 Regulador de mezcla             | 5 Filtro                               | 12 Distribuidor de encendido         |
| 1a Caudalímetro                   | 6 Regulador de presión de alimentación | 13 Inyector para el arranque en frío |
| 1b Dosificador - distribuidor     | 7 inyector                             | 14 Termocontacto temporizado         |
| 1c Tornillo de riqueza de ralentí | 8 Tornillo de velocidad de ralentí     | 15 Mando de aire adicional           |
| 2 Depósito de combustible         | 9 Batería                              | 16 Regulador de calentamiento        |
| 3 Bomba de combustible            | 10 Interruptor de encendido            |                                      |
| 4 Acumulador                      | 11 Relé de mando                       |                                      |

La *bomba de combustible* (3) envía el combustible que se almacena en el *depósito de combustible* (2) hacia el *dosificador-distribuidor* (1b), pasando primero por el *acumulador* (4) que estabilizará la presión de alimentación y el *filtro* (5) que filtrará el combustible quitandole de impurezas. De ahí el combustible irá directamente a los *inyectores* (7).

El *regulador de mezcla* (1) es el que se encarga de comandar la riqueza de la mezcla y el momento que la gasolina ha de ser inyectada. Este regulador consta de un *caudalímetro* (1a) y del *dosificador-distribuidor* (1b). Cuando el aire de admisión entra al colector, el *caudalímetro* (1a) capta la cantidad de aire que ha entrado y envía una señal al dosificador, que éste comandará la cantidad de combustible a inyectar dependiendo de la cantidad de aire que haya captado el caudalímetro.

El principio del sistema de inyección es mucho más complejo y sofisticado que el carburador, aunque a la vez más eficaz.

Este sistema de inyección pertenece a un sistema de inyección mecánica multipunto, exactamente al sistema Bosch K-Jetronic, una de las inyecciones mecánicas más utilizadas.

## **NUEVAS TECNOLOGÍAS**

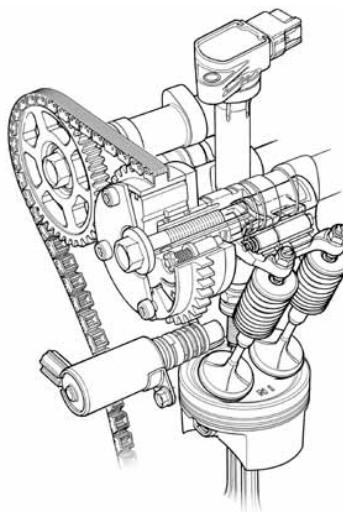
En los últimos años la aplicación de la electrónica en los motores de 4 tiempos en la automoción ha sido muy importante, con lo que la tecnología de los motores ha podido crecer y crecer hasta llegar a motores con un alto rendimiento, bajo consumo y potencias brutales. En este apartado se explicarán dos sistemas que se están empezando a utilizar en la actualidad.

### **Distribución variable**

En la distribución de los motores de cuatro tiempos, se pueden equipar con dos válvulas por cilindro, una de admisión y escape. Esto provoca que el motor trabaje muy bien a bajas vueltas del motor, lo que ganaremos algo de par en revoluciones bajas y medias, mientras que en altas rpm el motor pierde mucha potencia.

Muchos fabricantes prefieren equipar a sus motores con 4 o más válvulas por cilindro, dos de admisión y dos de escape generalmente. Esto quiere decir el motor trabajará muy bien en altas vueltas, y tendrá un gran par y potencia en altas rpm del motor, mientras que en bajas rpm le faltará algo de fuerza.

Para solucionar este problema de elección del tipo de distribución, en la actualidad se montan sistemas de distribución variable, es decir, dos válvulas por cilindro para bajas rpm y cuatro para altas rpm.



El sistema de distribución variable consta de un mecanismo mecánico-hidráulico que funciona con aceite que acciona las dos válvulas que no funcionan en bajas rpm en el momento necesario. Este sistema también gestiona el alzado de las válvulas para mejorar el rendimiento, es decir, que la apertura de la válvula sea mayor metiéndose más adentro del cilindro para mejorar el llenado en altas rpm, mientras que en bajas, la válvula se abre menos.

Con la ayuda de la electrónica se gestiona el sistema notablemente mejor, pudiendo controlar también el avance de admisión y escape.

Hay varios motores que utilizan este sistema, ya no solamente motores de altas prestaciones, sino que cada vez se utiliza más en automóviles de pequeño usuario.

Los sistemas de distribución más conocidos son los sistemas VTEC (Variable valve Timming and valve Electronic Control) montados por Honda o el sistema VANOS que monta BMW.

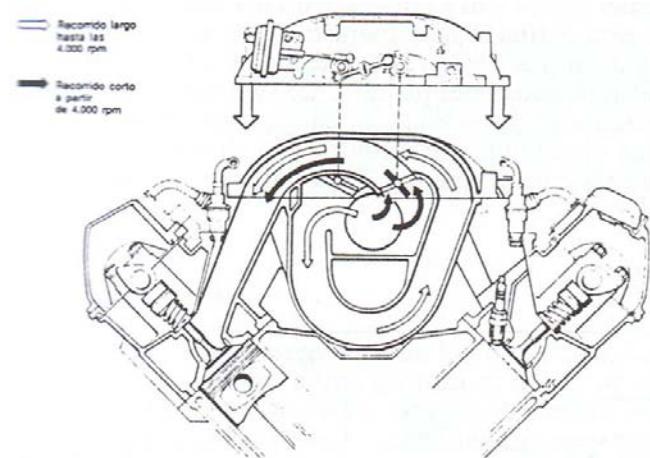
### **Colectores variables**

Al igual que sucede con el sistema de distribución, los fabricantes de motores tienen un gran dilema en el momento de fabricar los colectores de admisión y escape.

Un colector largo y de un diámetro reducido hace que el llenado del cilindro y por tanto la potencia sea la correcta en regímenes bajos, mientras que en altas rpm la potencia se queda algo escasa, al igual pasa con la evacuación de los gases. Este colector también hará que la distribución de los gases a los cilindros sea igual para cada cilindro en bajas rpm, mientras que en altas rpm la distribución será algo desigualdad.

Si el fabricante se decanta por construir un colector corto y de un diámetro superior el motor funcionará mucho mejor en altas rpm, aumentando el llenado del cilindro en regímenes altos, mientras que en bajas el par quedará algo reducido. La distribución del aire a los cilindros queda también alterada, pero en este caso al contrario que con un colector largo, la distribución no es del todo igual en bajas rpm.

Para solucionar este problema se ha inventado un sistema de colector variable, para que en bajas rpm el aire pase por un colector largo y de un diámetro reducido y en altas rpm el aire pase por otro tubo más corto y de un diámetro superior.



En bajas rpm el aire que proviene del filtro pasa por el colector largo hasta el motor (flecha blanca). En altas rpm, se abre una mariposa de gases controlada electrónicamente que deja pasar el aire (flecha negra) hacia el motor.

Este sistema no es tan utilizado como la distribución variable, aunque ahora se está empezando a montar combinado con la distribución variable, haciendo de los motores verdaderas máquinas térmicas de alto rendimiento.

# ENCENDIDO

El sistema de encendido es el encargado de encender la mezcla de aire y de combustible en el momento que se precise.

En este apartado de sistemas de encendido explicaremos los sistemas que se llevan a cabo para encender el combustible, tanto en los motores de gasolina como en los motores Diesel.

En caso de los motores de gasolina, la mezcla se enciende gracias a la bujía que proporciona una chispa lo suficiente potente como para emprender la reacción. Sin embargo, en los motores diesel no hay ningún sistema mecánico que encienda la mezcla, las propias presiones en el cilindro son lo suficientemente potentes como para encender el combustible.

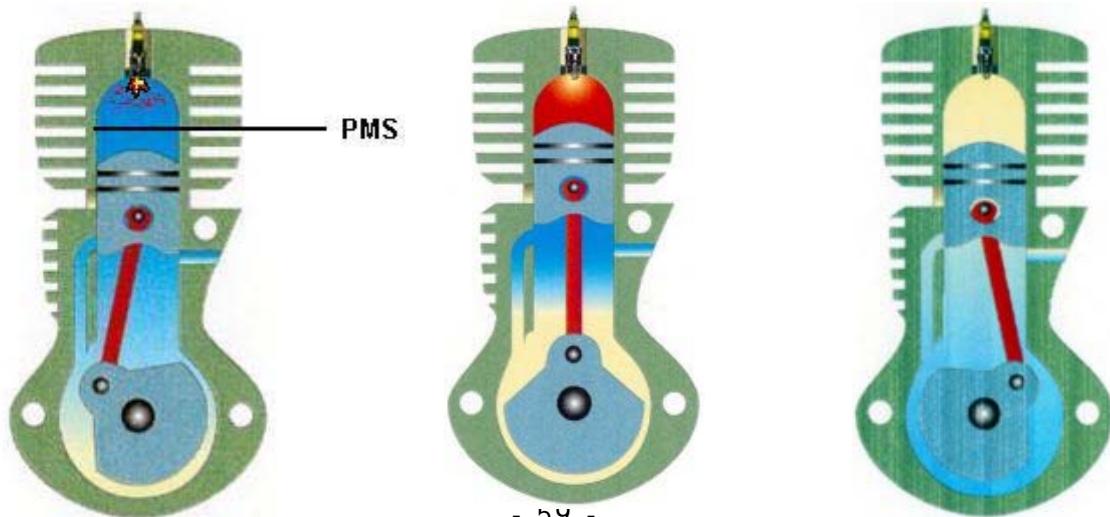
El propio sistema de encendido tiene que controlar el momento en el que la chispa ha de saltar para que se encienda la mezcla y sea lo más eficaz y factible posible. La combustión se ha de realizar en el momento que el pistón está en el punto más alto (PMS), aunque para que la combustión sea más factible se utiliza un avance de encendido que explicaremos a continuación.

## Avance de encendido

Al igual que el cruce de válvulas existente para los avances de admisión y de escape para que la entrada y salida de gases sea más eficiente, este avance también influye en el momento de quemar la mezcla.

El avance de encendido se utiliza porque la combustión del carburante no es instantánea, es decir, tarda un tiempo en empezar a reaccionar.

En la figura podemos observar como la chispa de la bujía se efectúa antes de que el pistón llegue al Punto Muerto Superior (PMS). De esta manera la mezcla se empieza a encender parcialmente pero sin producir una fuerza ni una gran presión. En el momento que el pistón llega al PMS, la presión de los gases ahora si que es elevada.



Antiguamente, este avance era producido por un conjunto neumático y estaba fijado por una distancia entre el pistón y el PMS, pero debido a que esa distancia de avance varía por el régimen de giro y la cantidad de gases que entran, se vieron obligados a diseñar sistemas electrónicos que calcularan aproximadamente a partir de el régimen de giro y la carga de gases que entrará, el avance de encendido que habrá, avanzando o retrasando el encendido en cada momento en caso de fallo.

### **Combustión en los motores Diesel**

La combustión en los motores Diesel no es efectuada por ninguna chispa como ya hemos citado antes, sino que la combustión se efectúa a medida que entra el combustible en el cilindro.

Este combustible reacciona con el aire sin ninguna fuente externa de calor como por ejemplo una bujía, sino que el combustible reacciona con el aire debido a las altas presiones que están sometidos los motores diesel (más de 30 atmósferas).

Antiguamente los motores Diesel eran muy difíciles de arrancar cuando el motor estaba frío, esto era debido a que el aire aunque estuviese muy presionado no cogía la suficiente temperatura como para encender el gasoil.

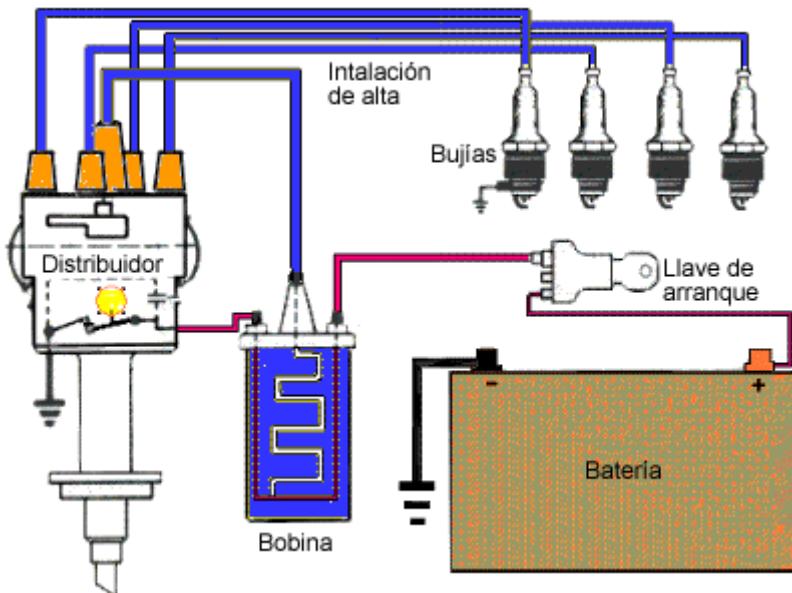
Para esto se inventaron los calentadores o bujías de precalentamiento. Son dispositivos calentados eléctricamente que se ponen incandescentes que se dedican a calentar el aire que va entrar en el motor para elevar la temperatura del sistema en el momento del arranque.



### **SISTEMA DE ENCENDIDO EN MOTORES DE EXPLOSIÓN**

Como ya hemos dicho antes, para encender el carburante en el motor de gasolina, se necesita hacer saltar una chispa entre los dos electrodos de la bujía para producir la temperatura necesaria para que la mezcla se encienda.

Para que esa chispa salte en la bujía, debido a su material de construcción y las altas presiones en el cilindro, se necesitan tensiones muy altas. A continuación explicaremos el proceso de encendido.



En el momento que ponemos en contacto la *llave de arranque*, se cierra el circuito y la *batería* empieza a entregar un voltaje. Ese voltaje es demasiado bajo (12 voltios) para hacerlo saltar entre los electrodos de las bujías, entonces la *bobina* con la ayuda del *ruptor* consigue cambiar ese voltaje bajo (12 voltios) a voltajes muy altos (30000 voltios). Esa corriente de alta tensión generada en la bobina es enviada al delco, donde ahí se encuentra un *distribuidor* giratorio que reparte la tensión a la *bujía* correspondiente.

### **PARTES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO**

El sistema de encendido en motores de gasolina se basa de los siguientes componentes:

- Alternador
- Batería
- Bobina
- Ruptor
- Distribuidor
- Bujías

## 1. Alternador



Es un dispositivo accionado directamente por el motor que se encarga de generar una corriente para cargar la batería. Este alternador va cargando la batería para que ésta no se agote. Al estar directamente accionado por el motor, si subimos las revoluciones del motor también aumentamos la corriente generada y cargaremos antes la batería en caso de que esté a punto de agotarse.

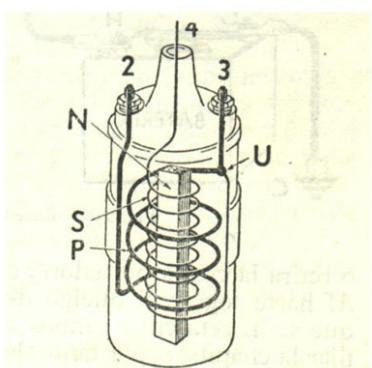
## 2. Batería



La batería es la encargada de suministrar la energía eléctrica para que circule de camino a la bujía. Es un grupo de dos o más elementos acumuladores de energía eléctrica, conectados entre sí. Esta energía eléctrica viene dada por la reacción química del plomo y ácido sulfúrico, que son las baterías utilizadas en vehículos.

Para aumentar su vida útil, es decir, que su tiempo de descarga aumente casi indefinidamente, ésta se mantiene en carga constante por medio del alternador, que le proporciona la energía eléctrica necesaria para que no se agote.

## 3. Bobina

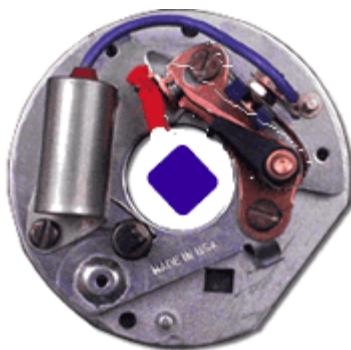


La bobina es el dispositivo eléctrico que se encarga de transformar la baja tensión que proviene de la batería en una corriente suficientemente alta para hacer saltar la chispa entre los electrodos de la bujía. Ésta consta de dos filamentos enrollados en un elemento metálico.

El primario (filamento) cuando recibe la corriente de la batería, el ruptor le interrumpe la corriente que pasa por este filamento, entonces al secundario se le induce una corriente mucho más alta capaz de hacer saltar la chispa entre los electrodos de la bujía y encender la mezcla. Esto es debido a la diferencia de espiras entre ellos.

Además de generar alta tensión para el encendido de la mezcla, la bobina cumple otras funciones que son: enviar esa alta tensión sin retraso con respecto al momento preestablecido por la apertura del ruptor, crear un chispa con energía suficiente para iniciar el encendido, funcionar de forma regular al variar la velocidad del motor y poseer la capacidad de resistir el corto circuito cuando se deja al contacto de arranque cerrado, es decir, se deja en acción el arranque del motor.

#### 4. Ruptor



El ruptor está situado dentro del distribuidor y se encarga de interrumpir periódicamente la corriente en el filamento primario de la bobina para que la corriente sea inducida en el secundario.

motor de 4 tiempos).

Esta interrupción se logra por la apertura de dos contactos, los cuales son comandados por una leva, accionada por y a la misma velocidad que el árbol de levas (en caso de

Al ruptor también se le suele llamar "platinos", esto es debido a que antiguamente estos contactos estaban hechos de este material debido al esfuerzo que tienen que soportar.

#### 5. Distribuidor



Este elemento es el encargado de repartir la alta tensión a cada bujía en cada momento. Por eso solo es necesario en motores de más de un cilindro.

El distribuidor es una parte móvil, también llamado pipa giratoria o escobilla que toma la corriente de un contacto central y la distribuye a las terminales de las bujías.

El distribuidor va situado en el delco, donde aquí también se sitúa el ruptor y los reguladores de avance de encendido.

La velocidad de rotación es exactamente la misma que el ruptor, es decir, que el árbol de levas en caso de ser un motor de 4 tiempos.

## 6. Bujías



La bujía es el elemento que se encarga de hacer saltar la chispa por sus electrodos para así encender la mezcla de aire y gasolina. La bujía además de constar de los electrodos, está recubierta de un aislante para disipar el calor generado en la cámara de combustión ya que está en contacto directo con las explosiones.

Hay dos tipos de bujías, las bujías frías y las bujías calientes. A la hora de montar una bujía, se ha de mirar siempre la más adecuada para tu motor. Las bujías frías se utilizan para motores que trabajan duramente y a altas temperaturas ya que disipan el calor muy rápido. Sin embargo, las bujías calientes se utilizan en motores que trabajan a bajas temperaturas porque la disipación del calor es muy lenta.



Para mejorar la eficacia y la rapidez a la hora de encender la mezcla, se utilizan bujías constituidas por más de un electrodo como la bujía de la imagen, siempre respetando el único electrodo central y varios electrodos de masa.

## ENCENDIDO ELECTRÓNICO

El encendido convencional puramente eléctrico que acabamos de explicar presenta algunos inconvenientes. En la década de los 90, gracias al gran progreso que tuvo la electrónica, se pudieron implementar varias ideas al encendido de los motores de combustión interna.

El encendido convencional presenta los siguientes inconvenientes:

- El sistema no es capaz de proporcionar más de 20000 chispas por minuto, lo que impide montar motores con gran número de cilindros y grandes régimenes.
- El ruptor es un sistema mecánico que en algunos casos puede fallar debido a rebotes entre los contactos por la gran velocidad a la que funciona, grandes voltajes que pasan entre los contactos, etc.

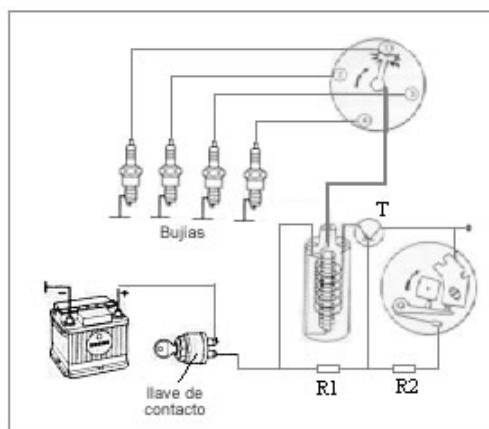
- El distribuidor giratorio es otro sistema mecánico que puede desgastarse, fallar y se ha de substituir temporalmente.
- El avance de encendido se produce mecánicamente y su eficacia es muy baja.

Para mejorar los distintos inconvenientes que presenta el encendido convencional se recudió a la electrónica, donde con ella conseguiríamos crear un sistema de encendido sin problemas de averías, más simple, barato, limpio y eficaz.

A continuación explicaremos los distintos sistemas que se han ido implementando en el encendido y veremos que influencia tuvieron hasta el sistema utilizado actualmente.

### **Encendido con ayuda electrónica**

Para eliminar los inconvenientes que producía que el ruptor fuese el encargado de cortar la corriente en el primario de la bobina y que por el pasasen grandes tensiones se recurrió a un sistema electrónico donde ahora ya no es el encargado de cortar esa tensión, simplemente se encarga de dar la señal en el momento que hay que entregar una chispa a la bujía para que un componente electrónico (transistor) la corte.

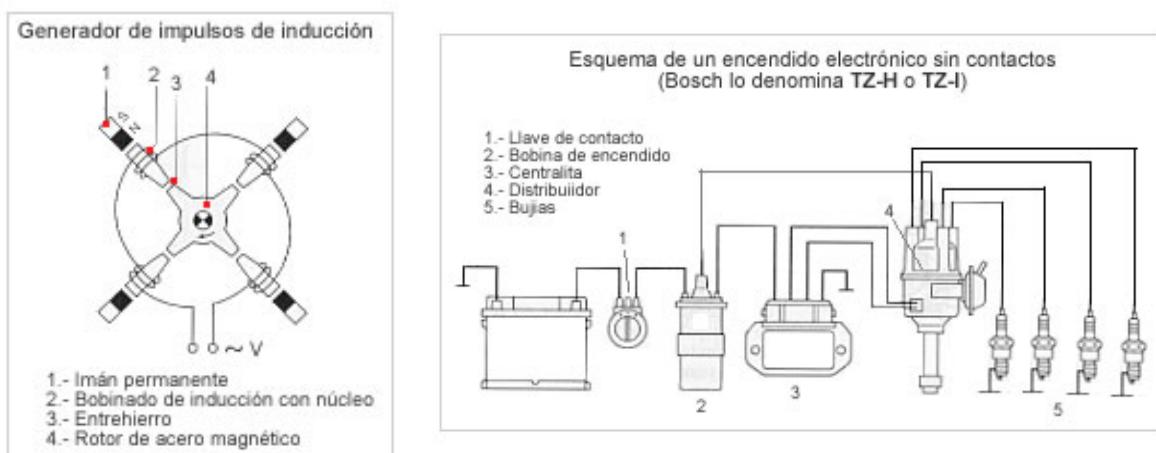


Con esta ayuda electrónica que es la implementación de un transistor para comandar el corte de corriente en la bobina se consiguió que el ruptor no estuviese expuesto a unos trabajos mecánicos tan exigentes, por lo tanto reducimos el mantenimiento de éste. También se consiguió una mayor tensión disponible en las bujías especialmente en grandes regímenes del motor, mejorando el encendido de la mezcla. Ahora el sistema es capaz de entregar 24000 chispas por minuto.

## Encendido electrónico sin contactos

En esta mejora electrónica de encendido se consiguió eliminar completamente el ruptor mecánico, por un sistema totalmente electrónico.

Con la mejora electrónica citada en el apartado anterior se consiguió que el ruptor simplemente comande el momento en el que se envía la chispa a alguna de las bujías. En esta mejora electrónica se substituyó el ruptor por un "generador de impulsos", es decir, una especie de rotor giratorio que comanda un impulso al transistor en el momento que se ha de enviar una corriente a alguna de las bujías.



Con esta mejora electrónica conseguimos tensiones en las bujías aún mayores para encender el carburante. Ahora el sistema es capaz de entregar 30000 chispas por minuto.

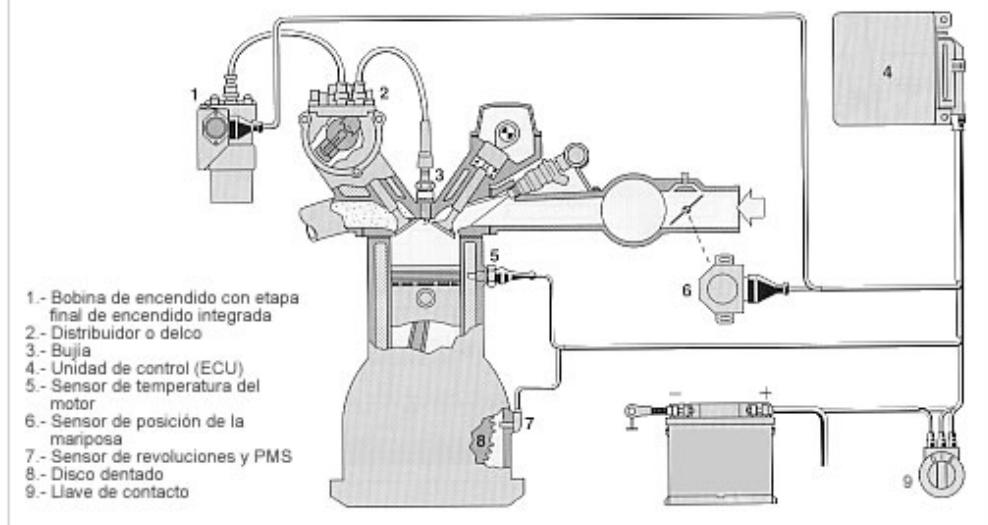
Con este sistema electrónico hemos eliminado un componente mecánico (ruptor) al sistema de encendido por uno electrónico (generador de impulsos) que no da problemas, reduciendo fallos y el mantenimiento del sistema.

## Encendido electrónico integral

El sistema electrónico integral utiliza el mismo sistema que el sistema de encendido electrónico sin contactos pero con una mejoría más, el avance de encendido es controlado electrónicamente.

En el encendido convencional, el avance del encendido mecánico no era muy efectivo, ya que simplemente variaba en función del número de vueltas del motor. En cambio en el encendido electrónico integral tiene la ayuda de los sensores de temperatura, de rpm y de la posición de la mariposa de gases que hace que podamos incrementar la eficiencia y el rendimiento del motor.

Esquema de un sistema de encendido electrónico integral, Bosch lo denomina EZ



Con el sistema de encendido electrónico integral, nos libramos de otro componente mecánico más, el regulador del avance de encendido.

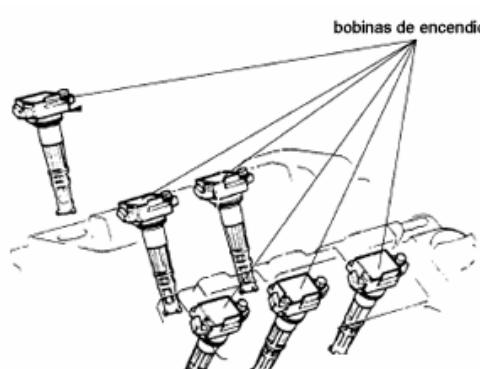
Con este sistema, en todo el sistema de encendido nos queda un dispositivo mecánico, la pipa giratoria, que más adelante fué suprimida.

### Sistema de encendido electrónico DIS

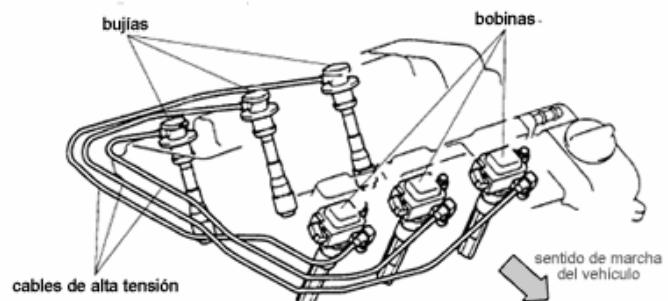
El sistema de encendido electrónico DIS (Direct Ignition System) se basa en utilizar más de una bobina de encendido en el sistema.

Hay dos tipos de sistemas DIS, el sistema independiente y el simultáneo.

En el sistema independiente hay una bobina por cada cilindro, es decir, por cada bujía. Sin embargo en el sistema simultáneo hay una bobina por cada dos cilindros.



(Sistema DIS independiente)



(Sistema DIS simultáneo)

El sistema normalmente utilizado es el independiente, porque permite que cada bujía tenga su bobina correspondiente, pudiendo trabajar sin sobrecargas.

Sin embargo, cuando un motor con 8 cilindros tiene 2 explosiones en cilindros distintos al mismo tiempo, podemos utilizar una bobina cada dos cilindros como en un sistema DIS simultáneo, ya que la chispa va a saltar en el mismo momento.

Con este sistema también conseguimos que la bobina trabaje en intervalos de tiempo más largos pudiendo generar campos magnéticos más potentes y quemar el carburante más eficazmente.

Este sistema de encendido electrónico DIS elimina por completo todo elemento mecánico, en este caso el distribuidor, librando al sistema de averías mecánicas y mantenimientos en el sistema de encendido.

# **REFRIGERACIÓN Y LUBRICACIÓN**

Estos dos sistemas, tanto el sistema de refrigeración, como el sistema de lubricación son los encargados de mantener en el motor un funcionamiento estable y seguro.

Sin estos dos sistemas, un motor podría funcionar, aunque su vida útil sería muy escasa, ya que el mal funcionamiento del motor nos daría averías irreversibles.

Por esta causa se inventaron estos dos sistemas. Son realmente sistemas muy sencillos pero a la vez imprescindibles; a continuación los explicaremos más detalladamente.

## **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

El sistema de refrigeración es el encargado de retirar el calor en exceso que genera el motor.

Cualquier máquina térmica, es decir, cualquier máquina que utilice el calor para realizar un trabajo, se calienta. Si ese calor generado llega a un exceso, el funcionamiento del motor no será el adecuado y podría ser perjudicial para el motor en muchos casos.

En un motor de combustión interna, la parte del motor que más se calienta es en el lugar donde se produce la combustión, por eso en los motores Otto y Diesel la culata es la parte del motor que mejor ha de estar refrigerada, ya que aquí se encuentran los componentes más cercanos al foco de calor y que alcanzan las mayores temperaturas (cámara de combustión, válvula de escape, pistón y paredes interiores del cilindro).

Entre otros, los problemas que solucionamos con el sistema de refrigeración son los siguientes:

- Dilatación excesiva de las piezas del motor ya sean móviles o estáticas
- Deterioro y desgaste prematuro de los componentes del motor
- Problemas de autoencendido

**1.** La dilatación de los componentes del motor puede llegar a ser un problema, cuando esa es excesiva. La mayoría de las piezas de un motor, están construidas a medida, incluso en algunos componentes el margen de error ha de ser extremadamente pequeño, y que estos componentes se dilaten puede resultar un problema para muchos casos.

En el momento de construir un motor, se tiene en cuenta el problema de la dilatación, aunque no es un factor extremadamente importante hasta cierto punto. En el momento que la dilatación es excesiva empiezan los problemas.

El problema más común de exceso de dilatación es el conocido "gripado del motor", esto ocurre porque el pistón desliza por el cilindro y entre ellos hay una separación muy pequeña, al dilatarse excesivamente el pistón, la separación entre ellos ahora es extremadamente pequeña, incluso nula, desmejorando la lubricación y la refrigeración del sistema y quedándose clavado en el cilindro o incluso fundido en él.

También, la dilatación provoca que el desgaste de las piezas sea mucho más elevado, como por ejemplo de las paredes del cilindro en el momento que el pistón se ha dilatado más de lo permitido.

**2.** El calor en exceso provoca un aumento de la temperatura de todos los componentes del motor. Cualquier material pierde propiedades y se deteriora con un aumento excesivo de temperatura, por lo tanto conviene mantener una óptima temperatura del motor para su correcto funcionamiento y para mejorar la vida útil de sus componentes.

**3.** El problema de autoencendido o detonación (picado de biela en el argot) es un problema que solo sucede en los motores tipo Otto. Sigue por un calentamiento excesivo de las piezas internas del motor (pistón, cámara de combustión, válvula de escape, bujía, etc).

En el ciclo de compresión, la gasolina está mezclada con el aire, esta se enciende por la chispa que crea la bujía cuando llega al PMS, o un poco antes si hay avance de encendido, pero cuando esta parte del motor está muy caliente, este calor que desprende y la compresión existente en el momento es lo suficientemente alto como para hacer arder a la mezcla cuando el pistón aún está subiendo antes de que la bujía haga saltar la chispa, provocando dos fuerzas contrarias (la fuerza de la explosión hacia abajo y la propia inercia del pistón hacia arriba).

Toda esta fuerza recae sobre la biela donde se caracteriza por un ruido agudo metálico por esta parte del motor provocando el deterioro o rotura de ésta. La biela no es la única parte del motor que sufre en éste mal funcionamiento, todo este conjunto hace calentar aún más esta parte del motor deteriorando pistones, válvulas, cilindro, cámara de combustión, etc.

Antiguamente era un problema que sucedía bastante, aunque si sucede en exceso no es un problema muy grave. Actualmente los motores gestionados electrónicamente incorporan un "sensor de picado" que atrasa el encendido en el momento que se encuentra detonación espontánea para así regular la detonación.

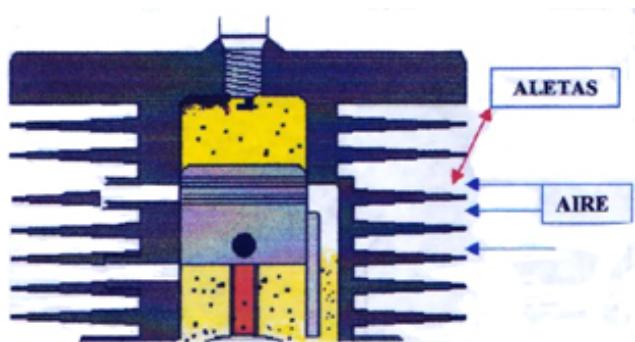
Un motor se puede refrigerar por dos fluidos distintos, por aire o por agua, a continuación los diferenciaremos.

## **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AIRE**

Los sistemas de refrigeración por aire son más sencillos y económicos que los sistemas de refrigeración por agua, pues estos últimos requieren un radiador y todo un conjunto de conductos, mecanismos de impulsión de agua (bombas) y recipientes para contener el agua, los cuales ocupan un espacio y tienen un costo adicional.

Por lo general este tipo de motores son mas ruidosos pues las ondas sonoras provocadas por la combustión salen rápidamente sin ser amortiguadas por otros componentes debido a la sencillez de los motores.

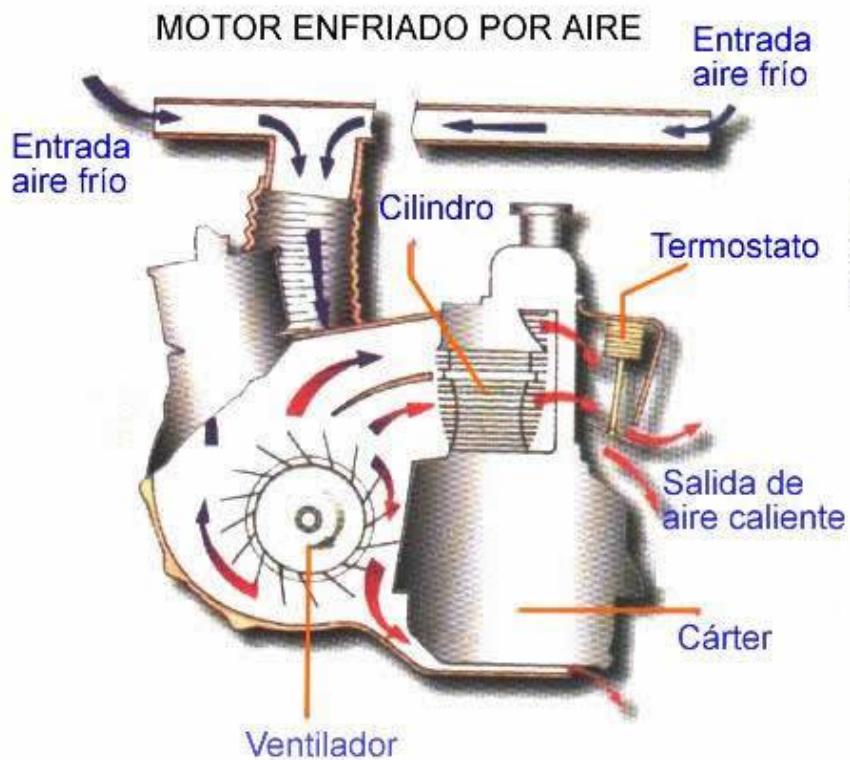
Para que el aire pueda refrigerar correctamente el motor, se necesita que el bloque y la culata estén fabricados con materiales con propiedades de alta transferencia de calor, es decir, metales con una buena conductividad térmica (aleaciones de aluminio). El cilindro y la culata tiene una estructura de aletas como podemos ver en la figura 1 para que el aire penetre y tenga más superficie de contacto, por lo tanto haya una buena refrigeración.



(Fig 1. Cilindro de un motor de 2 tiempos refrigerado por aire)

El principio de funcionamiento de este sistema es hacer pasar el aire frío de la propia atmósfera por las aletas de la culata y del cilindro, de esta manera conseguir refrigerarlos.

Este aire es impulsado por la propia velocidad del automóvil, aunque solo se utiliza en motocicletas porque como bien sabemos el capó puede entorpecer su paso, entonces en los automóviles se utiliza un ventilador para impulsar el aire.



(Fig 2. Funcionamiento del sistema de refrigeración por aire)

En la figura 2 podemos ver el funcionamiento de un motor enfriado por aire, donde entra el aire exterior por la *entrada de aire frío*, entonces el *ventilador* movido por el propio motor o por un motor eléctrico impulsa el aire frío hacia las paredes exteriores del *cilindro*, pasando por las aletas y refrigerándolo. Ese aire, una vez calentado pasa por el *termostato*, este mide la temperatura del aire en la salida y en función de este regula la velocidad del ventilador para enfriar más o menos. Finalmente ese aire sale por la *salida de aire caliente* hacia el exterior.

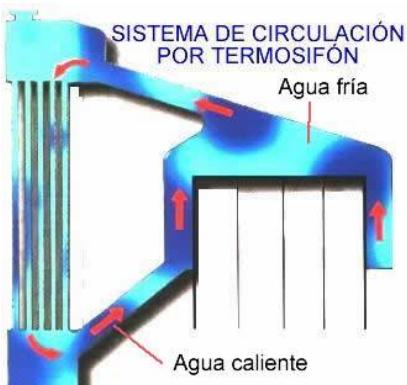
Este sistema actualmente es escasamente utilizado, lo incorporan algunas máquinas para la construcción, algunas motocicletas, etc.

## SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AGUA

Los motores refrigerados por agua poseen conductos y otros elementos que convierten este en un sistema de mayor complejidad que el de un motor enfriado por aire. El calor generado en la culata del cilindro es absorbido por el agua que circula por los conductos y se disipa a la atmósfera cuando pasa por el radiador.

Para llevar a cabo el proceso de refrigeración, el líquido refrigerante debe circular por el circuito, para ello existen tres métodos de circulación que citaremos y explicaremos a continuación:

## Circulación por termosifón



Este método no utiliza dispositivos mecánicos de circulación sino que aprovecha las propiedades físicas y químicas del líquido refrigerante para circular, especialmente la densidad. El líquido empieza a circular a medida que se va calentando, el líquido frío al tener una densidad superior al caliente, cae por su propio peso y empieza a circular, una vez el líquido se ha calentado al enfriar el motor, al tener una densidad menor tiende a subir y pasa por el radiador, entonces este lo vuelve a enfriar para que pueda seguir el ciclo correctamente.

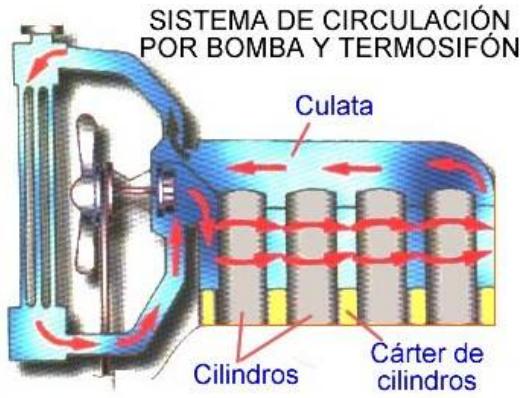
El líquido de refrigeración no comienza a circular a medida que se llena el tanque, ni tampoco cuando se pone en funcionamiento el motor. Se pone en funcionamiento a medida que aumenta la temperatura en el cilindro del motor. Esto conlleva a que puede prescindir de un termostato y tenemos un sistema de refrigeración muy sencillo, aunque contrapartida la velocidad de evacuación del líquido es muy lenta.

## Circulación por bomba



Este método utiliza un sistema de impulso del líquido mecánico, lo hace mediante una bomba accionada directamente por el motor. La bomba se coloca entre el radiador y el motor en un punto bajo del circuito. Esta misma coge el agua que se ha enfriado en el radiador y la impulsa hacia el motor, donde allí lo enfriará. La velocidad de evacuación se puede medir y caracterizar según la capacidad de la bomba y la capacidad de refrigeración también depende de esta.

## Circulación por termosifón y bomba

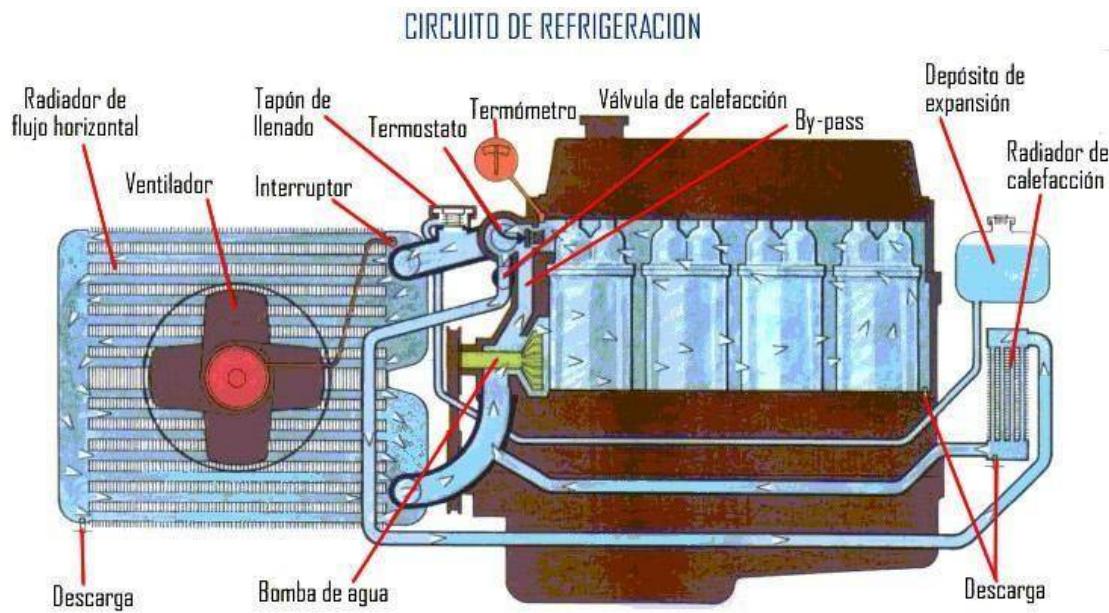


Este sistema combina los dos anteriores, funciona por termosifón pero con ayuda de una bomba accionada por el motor que mejora la circulación del líquido refrigerante.

La bomba puede estar fija sobre la culata o sobre el bloque de cilindros, aunque generalmente está situada en la salida del líquido frío y dirigido

hacia el bloque de cilindros. El líquido frío es impulsado por la bomba hacia el circuito, una vez que ha circulado y está de nuevo caliente, la bomba impulsa el líquido caliente hacia el radiador también ayudado por su propia densidad (sistema termosifón). Este es el sistema más factible y seguro, la bomba le hace tener un buen funcionamiento y en caso de fallo de la bomba la circulación del líquido se efectúa completamente por el sistema de termosifón. Es el sistema más utilizado actualmente de los tres.

## Funcionamiento del circuito



En el momento que ha de empezar a circular el líquido, la *bomba de agua* coge el agua fría existente en el *radiador*, esta bomba la impulsa hacia los cilindros y todos los componentes a refrigerar, una vez refrigerados el agua está caliente, entonces pasa por un *termómetro* que mide la temperatura del líquido (normalmente alrededor de 90°C).

Este termómetro está conectado a un *termostato* que varia su apertura en función de la temperatura del líquido para así variar el caudal de agua para refrigerar más o menos. En ese momento el líquido caliente se encuentra con dos caminos a seguir, uno que conlleva al *radiador de calefacción* para que el agua lo caliente y haga su función, y otro conlleva al *radiador* principal para que éste, mediante el ventilador consiga enfriar el líquido. En el paso al radiador, nos encontramos un conducto que lleva al vaso o *depósito de expansión*, donde éste será el encargado de regular en buen funcionamiento del circuito eliminando las burbujas existentes.

## **PARTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

El sistema de refrigeración por agua se compone básicamente de las siguientes partes:

- Bomba de agua
- Radiador
- Mangueras de conexión
- Camisas de cilindros
- Ventilador
- Termostato
- Vaso de expansión
- Líquido de refrigeración

### **1. Bomba del agua**



La bomba de agua es la encargada de hacer circular el líquido de refrigeración por el circuito. Es una bomba centrífuga accionada por el motor mediante una correa. La capacidad de la bomba de agua debe ser suficiente para proporcionar la circulación del refrigerante. Consta de un rotor accionado por el motor que impulsa el líquido.

### **2. El radiador**



El radiador es el encargado de disipar el calor del motor enfriando el líquido de refrigeración que éste ha cogido del motor, de esta manera el líquido podrá volver a circular una vez frío. El radiador es enfriado por el flujo de aire que le da el ventilador o la propia velocidad del vehículo.

Un radiador consiste en dos tanques metálicos o de plástico (según el caso), que están conectados uno contra otro por medio de un núcleo (malla de tubos delgados y aletas). Las mangueras se utilizan para unir el radiador al motor dando elasticidad al conjunto, estas se sujetan con abrazaderas metálicas a los tubos que salen de ambos elementos. El

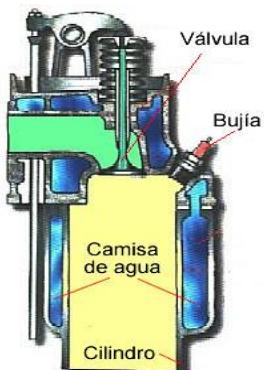
refrigerante fluye desde el tanque de entrada a través de los tubos al tanque de salida siempre que esté abierto el termostato en el motor. Mediante las aletas se disipa el calor hacia la atmósfera enfriando el líquido.

### 3. Mangueras de conexión

Las mangueras de conexión son todo el conjunto de tuberías de caucho que unen los diferentes componentes de un circuito de refrigeración por agua.

Las mangueras del radiador pueden ser rectas, moldeadas y flexibles y se pueden acomodar según las necesidades. El constante uso de las mangueras generan su deterioro; una manguera deteriorada afecta el buen funcionamiento del sistema, provocando fugas y anomalías en su funcionamiento, es necesario cambiarla en caso de avería.

### 4. Camisa de los cilindros



Las camisas de los cilindros son las que transfieren el calor desde el interior de los cilindros hasta el exterior. Tienen un contacto directo con el cilindro y de esa manera el calor se transfiere rápidamente y eficacemente. Estas camisas pueden ser húmedas es decir que permiten que el líquido refrigerante circule alrededor de los cilindros para lograr un mejor enfriamiento.

Las camisas de agua o llamadas también húmedas no solo rodean el cilindro sino también la cámara de combustión, los asientos de las bujías, los asientos y guías de las válvulas y las partes en contacto con los gases producto de la combustión.

### 5. El Ventilador



El ventilador es el encargado de impulsar el aire a gran velocidad hacia el radiador para enfriar a éste. Lo hace absorbiendo el aire de la atmósfera y haciéndolo pasar por el núcleo del radiador.

El ventilador es accionado por el motor mediante un acople en el eje de la bomba de agua y se impulsa con una correa desde la polea del cigüeñal. Algunos ventiladores incorporan un embrague para controlar las velocidades respecto con las demandas de enfriamiento.

La capacidad del ventilador depende del número de aspas, el diámetro total y velocidad. El paso o ángulo de las aspas del ventilador también

afecta su capacidad. Las aspas mas planas mueven menos aire que las aspas con mayor ángulo. Los ventiladores con ángulo variable tienen aspas flexibles que tienden a ser menos planas a medida que se incrementa la velocidad del motor. Las aspas son curvas en las puntas y con frecuencia se encuentran espaciadas de manera no uniforme para reducir el nivel de ruido. La cubierta del ventilador evita una recirculación de aire alrededor de las puntas de las aspas.

Con el aumento de velocidad del vehículo se crea un flujo de aire suficiente, que incluso puede llegar a pararse porque con el propio aire provocado por la velocidad es suficiente para enfriar el radiador.

## 6. El termostato



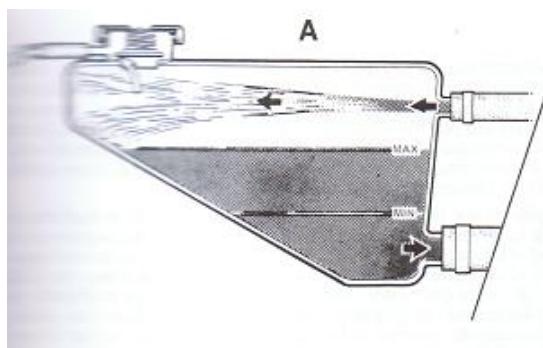
El termostato es el encargado de regular la cantidad de líquido refrigerante que pasará por el circuito. Es una válvula sensible al calor ubicada en la parte superior delantera del motor. Cuando se arranca un motor frío, el termostato cierra el flujo del refrigerante, para dejar calentar el motor correctamente, una vez que la máquina está caliente, se abre el termostato y permite que el refrigerante atrapado fluya por todo el circuito.

Algunos termostatos funcionan bajo el principio de dilatación de una espiral metálica la cual abre o cierra una válvula en función de la temperatura necesaria para esa dilatación.

Existen otros termostatos, los de válvula de mariposa y de válvula de cabezal los cuales tienen un elemento de cera el cual está expuesto al líquido refrigerante del motor. Cuando la cera se calienta se expanden forzando una varilla que sale.

Cuando la cera se enfria se contrae cerrando la válvula por medio de un muelle y la varilla regresa a la posición inicial de esta manera deja o no pasar el líquido refrigerante.

## 7. Vaso de expansión



El vaso de expansión o desgaseador es el encargado de mantener un buen funcionamiento en el circuito de refrigeración y mantener una presión constante y óptima.

Este buen funcionamiento lo consigue gracias a que actúa como desgaseador, es decir, elimina

todas las burbujas que se crean en el circuito. Las burbujas obstruyen el paso del líquido, calentando el motor y creando un mal funcionamiento del circuito en conjunto.

También, el vaso de expansión está equipado con un tapón con una válvula que mantiene el gas expulsado del circuito a una presión, de esta manera la temperatura de ebullición del líquido es más elevada. De esta manera conseguimos que el líquido de refrigeración se haya de cambiar por las perdidas físicas y químicas, no porque se evapore.

Si el líquido refrigerante se calienta y se expande lo suficiente como para causar que la presión del sistema se eleve por encima de la presión de diseño de la tapa, la válvula de presión se abre y permite que el gas sobrante se escape al exterior hasta que el sistema se vuelve a estabilizar.

## 8. Líquido refrigerante



El líquido refrigerante es el medio que se utiliza para absorber el calor del motor para disipar este calor hacia el exterior utilizando el sistema de refrigeración.

El agua es el líquido más utilizado, pero debido a algunas de sus propiedades (bajo punto de ebullición y congelación) requiere de algunos aditivos que mejoran sus características.

Estos aditivos pueden subir el punto de ebullición o de congelación, evitar la corrosión, lubricar partes del sistema, retardar la formación de sedimentos o mejorar otras propiedades.

Existen varios tipos de aditivos e inhibidores especiales a base de silicatos los cuales se agregan para prevenir la corrosión de partes de aluminio, como las cabezas de cilindros, termostato o radiador.

El más común (agua - etileno glicol) utilizando una mezcla de 50:50, esto quiere decir 50% de agua y 50% de etileno glicol como (anticongelante). Esta relación de agua y etileno glicol proporciona protección para el sistema hasta -37 °C y un punto de ebullición de 130°C.

## SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación es el encargado de bañar en aceite todas las piezas móviles del motor (pistón, biela, cigüeñal, cojinetes, árbol de levas, etc) para que éstas, entre otras cosas, puedan moverse libremente y no sean dañadas.

Como ya hemos dicho, el sistema de lubricación se encarga de bañar en aceite el motor para que cuando se muevan haya poco rozamiento, de esta manera, si hay poco rozamiento, también conseguimos un rendimiento mayor y una mayor potencia.

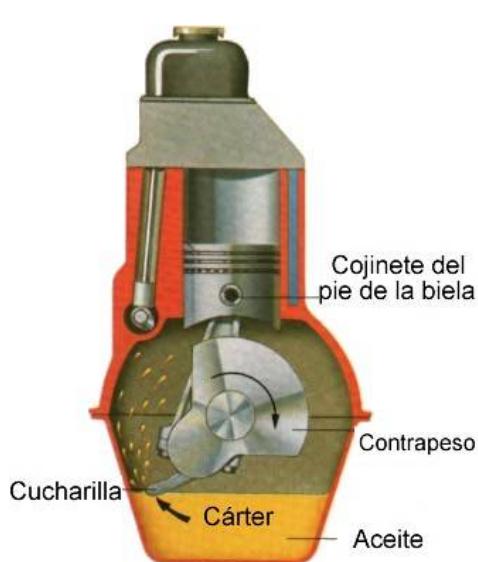
El líquido utilizado es el aceite. El aceite está más frío mientras fluye por todas las piezas del motor, de esta manera también actúa como refrigerante del motor.

En los motores de 4 tiempos se utilizan los sistemas que vamos a explicar a continuación, sin embargo, en los motores de 2 tiempos la lubricación se efectúa mediante la mezcla de aceite con el combustible (generalmente 5% aceite - 95% combustible). Este sistema tiene un problema con el que hay que tener cuidado, por ejemplo cuando la velocidad del motor es muy elevada y la apertura del acelerador es mínima, la cantidad de combustible y por lo tanto de aceite también es mínima, por lo tanto la lubricación es insuficiente y podemos agarrotar el motor.

El sistema de lubricación es casi imprescindible, sin él la vida del motor sería escasa, provocando averías irreversibles como agarrotarse (griparse comúnmente). A continuación diferenciaremos los dos tipos de sistemas que existen para lubricar un motor, que son:

- Lubricación de cárter húmedo.
- Lubricación de cárter seco.

### Lubricación de cárter húmedo



En el sistema de lubricación de cárter húmedo el aceite se ubica en el cárter, de ahí el nombre del sistema (cárter húmedo) y hay una bomba de aceite que reparte el aceite por todas las demás partes móviles del motor.

Como vemos en la figura el aceite se deposita en el cárter. El aceite es repartido en buena parte del motor por salpicadura, es decir, el contrapeso del cigüeñal salpica ese aceite para que se impregne en dos de las piezas más

críticas a la hora de lubricar, la biela y el cigüeñal con sus correspondientes cojinetes y rodamientos.

Por otro lado, el pistón es lubricado mediante unos conductos que pasan por el bloque motor y entran en el interior del cilindro.

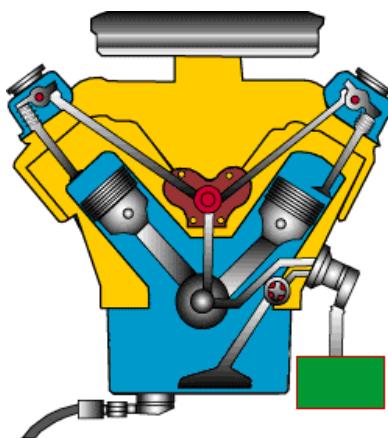
El árbol de levas tambien es un punto que hay que tener un cuidado especial a la hora de lubricar, en algunos motores el aceite entra al eje de levas por medio de un conducto central, de modo que lubrica directamente los cojinetes y asientos.

Para completar el sistema debe tenerse en cuenta la lubricación en el eje de balancines y el tren de válvulas la cual se lleva a cabo mediante goteo directo.

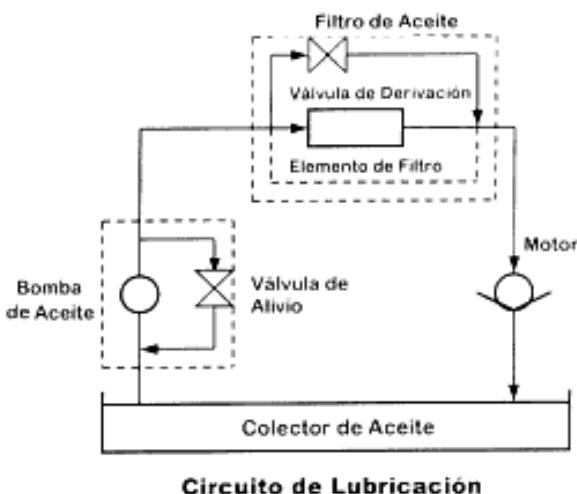
## **Lubricación de cárter seco**

En los motores de alta competición la lubricación de cárter húmedo es insuficiente debido a los cambios bruscos de aceleración, curvas y frenada; en estos motores se utiliza la lubricación de cárter seco.

En este sistema el aceite se encuentra en un depósito separado, hay dos bombas una de las cuales se encarga de suministrar el aceite a las partes del motor que se van a lubricar, la segunda bomba se utiliza para retornar el aceite que cae al cárter y se envía al depósito separado del mismo.



## Funcionamiento del circuito



El aceite está ubicado en el *colector de aceite*, es decir, en el cárter en el caso de ser un sistema de cárter húmedo o en un depósito independiente en el caso de un sistema de cárter seco. La *bomba de aceite* recoge el aceite y la válvula de alivio o regulador de presión discrimina el exceso de aceite si lo hay. Seguidamente la bomba de aceite envía el aceite al *filtro de aceite*, donde ahí libraremos al aceite de impurezas. En el caso de que el filtro este obstruido, el aceite pasará por la válvula de derivación para poder seguir el ciclo. Por último el aceite va al *motor* para lubricar todas sus partes y de ahí el aceite volverá al colector de aceite.

## PARTES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación se basa de las diferentes partes:

- Bomba de aceite
- Regulador de presión
- Filtro de aceite
- Válvula de derivación
- Cárter de aceite
- Enfriador de aceite
- Aceite

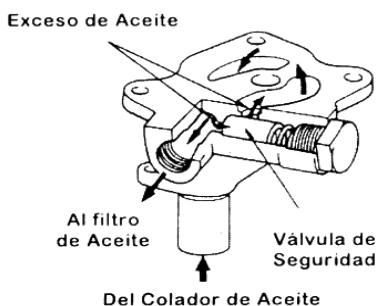
### 1. Bomba de aceite



La bomba de aceite es la encargada de enviar el aceite almacenado en el cárter de aceite, hacia todas las partes a lubricar del motor.

La bomba de aceite es accionada por el motor, entonces esto explica que cuando el motor empieza a subir su velocidad de rotación, ésta también y el caudal entregado será mayor.

## 2. Regulador de presión



### Construcción del Regulador de Presión

El regulador de presión del aceite o válvula de alivio es el encargado de discriminar el aceite en exceso cuando el caudal de la bomba es muy elevado. Cuando la velocidad del motor es muy elevada como ya hemos dicho antes, la de la bomba también lo es, entonces la cantidad de aceite que entrega la bomba es muy superior. Si ese caudal que entrega es demasiado alto, el regulador de presión discrimina el exceso de aceite enviandolo de nuevo a su depósito.

## 3. Filtro de aceite



A medida que se utiliza el aceite del motor, este se contamina con partículas de metal, carbón, suciedad aerotransportada, etc. Si las piezas del motor que están en movimiento fueran lubricadas por dicho aceite sucio, ellas se desgastarían rápidamente y como resultado el motor podría agarrotarse. Para evitar esto, se monta un filtro de aceite en el circuito de aceite que elimine esas sustancias indeseables. El filtro de aceite es montado a la mitad del camino del circuito de lubricación. Este filtra y elimina las partículas de metal desgastadas de las piezas del motor por fricción, así como también la suciedad, carbón y otras impurezas del aceite. Si el elemento del filtro de aceite (papel filtrante), el cual remueve las impurezas, llega a obstruirse, la válvula de derivación será la encargada de hacer pasar al aceite por otro camino para que llegue a lubricar al motor.

## 4. Válvula de derivación

La válvula de derivación es la encargada de hacerle pasar al aceite por otro camino antes de que llegue al filtro cuando este está saturado por las impurezas que ha llegado a filtrar. En estas circunstancias, la válvula de derivación se abre y permite el ingreso de aceite sin filtrar al motor, manteniendo el flujo de aceite requerido por el motor.

Esta operación que se cumple en funcionamiento del motor, evita que el filtro de aceite se colapse y provoque un mayor daño al sistema.

## 5. Cárter de aceite



aceite.

El cárter de aceite recolecta y almacena el aceite de motor. Muchos carters de aceite son hechos de láminas de acero prensado, con una zona hueca profunda y montan un colador de aceite para filtrar las impurezas de mayor tamaño. Además, un tapón de vaciado está situado en la parte inferior del cárter de aceite para vaciar el aceite usado cuando sea necesario efectuar un cambio de aceite.

En el caso de tener un sistema de lubricación seco, el depósito de aceite esta situado en el exterior del cárter.

## 6. Enfriador de aceite



En algunos motores donde las condiciones de trabajo son muy reñidas, la temperatura del aceite se eleva considerablemente perdiendo muchas de sus propiedades. Para evitar que ese aumento de la temperatura ocurra, se monta un radiador o enfriador de aceite que se encarga de enfriar el aceite para que su temperatura no sea muy elevada.

El enfriador de aceite se monta después de pasar por el filtro de aceite donde será enviado al resto del motor.

## 7. Aceite



El aceite del motor es el líquido que lubrica todas las partes móviles del motor para mantenerlas limpias y seguras de cualquier avería.

Hay varios tipos de aceite como el mineral (generalmente utilizado para las transmisiones mecánicas) el sintético que es el más utilizado y el semi-sintético.

# MANTENIMIENTO

El mantenimiento del motor se le denomina a toda aquella acción periódica que se dedica a revisar las piezas del motor, limpiarlas y en caso de avería sustituirlas por otras nuevas.

Todo motor necesita unas buenas condiciones de trabajo para que siga funcionando correctamente. Cuando el motor es nuevo, todas las piezas también son nuevas y por tanto las condiciones de trabajo son excelentes. Esas piezas se desgastan con el tiempo y se necesita revisarlas y cambiarlas para que el motor siga funcionando correctamente.

Revisar y cambiar las piezas desgastadas es lo que se dedicará este apartado. Se realizará una práctica con un motor de 4 tiempos y podremos ver todos los pasos a seguir para realizar un correcto mantenimiento.

Las acciones más comunes y que más frecuentemente se realizan son:

- Nivel de líquidos
- Cambio de aceite y filtro
- Filtro de aire
- Estado de las bujías

Antiguamente, se realizaban otras muchas operaciones para el mantenimiento de un motor, pero hoy en día, con los avances electrónicos se han suprimido muchas operaciones, como por ejemplo, la puesta a punto del motor.

Estas prácticas se realizarán en un motor Otto de 4 tiempos, que consta de un motor de 4 cilindros en línea con  $1600 \text{ cm}^3$  de cilindrada, que pertenecen al motor equipado por el Peugeot 309 1.6 SR de 94 cv de potencia.

Cuando se revisa un motor, siempre se ha de realizar con el motor en frío, ya que puede ser peligroso para el motor y para la misma persona que realiza la práctica.

## NIVEL DE LÍQUIDOS

Lo primero que se tiene que efectuar a la hora de revisar el estado de un motor es el nivel de los líquidos, es decir, el estado del líquido lubricante (aceite) y el estado del líquido de refrigeración (agua).

Estos líquidos se van agotando ya que se pierden por el escape (en el caso del aceite) o se evaporan (en el caso del agua), aunque lo principal por lo que se cambian es que pierden muchas de sus propiedades con lo cual ya no hacen bien su función, a continuación explicaremos como se revisan estos niveles.

## **NIVEL DE ACEITE:**

El aceite, como ya hemos dicho antes, se va agotando poco a poco, ya que parte del aceite va a parar al cilindro. Este cilindro está sometido a muy altas temperaturas, con lo que el aceite se quemará y saldrá por el escape. Esto provoca que el aceite se consuma progresivamente.

A continuación explicaremos como revisar el nivel de aceite:



**1.** Primeramente se localiza la varilla del aceite, que es una varilla que llega hasta el cárter (depósito del aceite), y se saca para ver el nivel del aceite.

**2.** Una vez sacada la varilla, se limpia con un trapo. Se tiene que limpiar debido a que como este aceite ha estado caliente, se ha dilatado, y puede que esté marcando más de lo que contiene el propio depósito. Una vez que la varilla está limpia, se inserta en su sitio para que vuelva a impregnarse de aceite.



**3.** Una vez que la varilla se ha vuelto a impregnar de aceite, se saca y se mira su nivel entre dos marcas que hay en la varilla. En el caso del 309 el nivel de aceite es el óptimo, está en su máximo.

**4.** Finalmente se vuelve a limpiar la varilla y se vuelve a colocar en su lugar.

## **NIVEL DE AGUA**

El agua de refrigeración, como ya dijimos anteriormente, sigue un circuito a lo largo del motor y se calienta. Cuando parte del agua se evapora, esos gases van a parar al vaso de expansión o desgaseador, donde éste evacuara el vapor de agua hacia el exterior.



- 1.** Primeramente localizaremos el depósito del agua, es decir, el vaso de expansión.
- 2.** Una vez localizado, se abre el tapón. Hay que vigilar en caso que el motor esté caliente, ya que esta válvula retiene el vapor una presión, con lo que liberando a los gases, nos podríamos quemar.



- 3.** Una vez abierto el tapón, se localiza el nivel de agua, ha de estar entre el máx. y min. como vemos en la fotografía.
- 4.** Si el nivel de agua es bajo, se rellena con líquido refrigerante hasta llegar a su nivel máximo. Por último, se cierra el depósito

## **CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO**

El aceite y el filtro de aceite se han de mantener en perfectas condiciones para que hagan correctamente su función. Debido al desgaste del aceite se cambia muy tempranamente, cada 5000 o 10000 km. El filtro también se cambia en el momento que cambiamos el aceite.



**1.** Primero seleccionaremos las herramientas necesarias para la operación: llave de filtro, llave para el tapón del cárter y aceite lubricante.

**2.** Nos situamos debajo del vehículo y alcanzamos el tapón de vaciado del cárter, lo vaciamos y ponemos un recipiente debajo para almacenar el aceite usado.



**3.** Una vez que el cárter está libre de aceite, buscamos el filtro de aceite.

**4.** Una vez encontrado, cogemos la llave de filtro, y la ajustamos a éste para sacarlo.



5. Cogemos el filtro de aire nuevo y lo insertamos en el mismo sitio y de la misma manera que hemos quitado el antiguo.
6. Buscamos el tapón de llenado de aceite y lo desenroscamos.



7. Por último, cogemos el aceite lubricante y llenamos de nuevo el cárter de aceite por el tapón que acabamos de desenroscar. Se ha de poner la cantidad de aceite justa, es decir, la cantidad que hemos vaciado del cárter más la capacidad del filtro de aceite (0,5L aprox.).  
Por último, verificamos el nivel de aceite mediante la varilla.

## **FILTRO DE AIRE**

El filtro de aire como ya hemos explicado en otros temas, es el encargado de limpiar el aire para que entre en el motor sin impurezas, de esta manera la duración del motor es más elevada, y manteniendo el filtro limpio no tendremos pérdidas de potencia.

El filtro de aire antiguamente duraba muchos quilómetros, ya que cada vez que se revisaba se limpiaba, en cambio, hoy en día cada vez que se revisa el filtro de aire, se cambia. Hoy en día, el filtro de aire se cambia cada 15000 o 20000 km.



**1.** Primero de todo, escogemos las herramientas. En este caso utilizaremos una llave fija, una llave de tubo y un destornillador, para sacar la tapa del filtro.



**2.** Una vez escogidas las herramientas necesarias, buscamos la tapa del filtro. El filtro es la primera pieza por donde pasa el aire, por tanto es de fácil acceso.



**3.** Empezamos a desenroscar la tapa del filtro con la llave fija, la de tubo y el destornillador.



**4.** Una vez quitados todos los tornillos estiramos de la tapa sacarla.



5. Cuando tenemos la tapa quitada, observamos el estado del filtro y lo limpiamos mediante un compresor o lo cambiamos en caso de un desgaste excesivo.



6. Una vez que el filtro ya está limpio, lo volvemos a meter y volvemos a insertar la tapa.



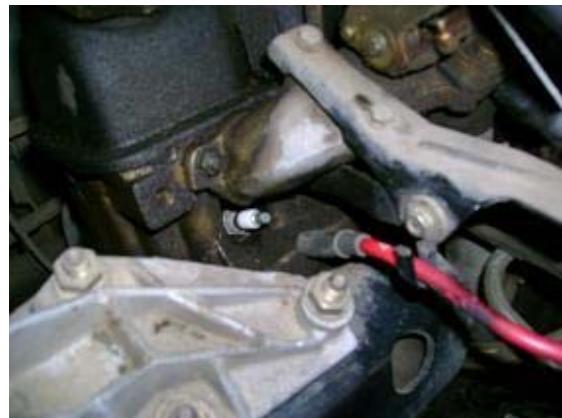
7. Una vez que hemos encajado la tapa, encajamos los respiraderos del carburador (en caso de motor a carburación) en la tapa del filtro.

8. Finalmente encajamos los tornillos que al empezar hemos sacado y los apretamos.

### **ESTADO DE LAS BUJÍAS**

Las bujías son las encargadas de encender la mezcla en el momento necesario. Éstas están sometidas a grandes temperaturas y grandes presiones con lo que se desgastan considerablemente y se ensucian mucho debido a los residuos de la combustión.

Las bujías se suelen cambiar dependiendo de su estado, aunque normalmente se cambian cada 30000 km.



**1.** Primero escogemos las herramientas necesarias que son: llave de bujía para desenroscar la bujía, y un juego de galgas, para observar su estado.



**2.** Buscamos la ubicación de las bujías y le sacamos la pipeta o capuchón.



**3.** Cogemos la llave de bujía y la desenroscamos, siempre vigilando no forzar la llave antes de encajar bien la bujía.



**4.** Una vez que hemos sacado la bujía observamos su estado y limpiamos la suciedad con un trapo.



**5.** Cogemos el juego de galgas y galgamos la distancia entre los electrodos. La distancia ha de ser entre 0,6 y 0,8 mm.

**6.** Finalmente cambiamos la bujía si es necesario, si no lo es, volvemos a apretar la bujía y le ponemos la pipeta.



# **CONCLUSIÓN**

Los motores de combustión interna es una de las tecnologías más utilizadas del mundo, por esto, se ha estudiado mucho para mejorarl.

Con el paso del tiempo han ido implementando tecnologías nuevas que han mejorado el rendimiento de este motor, pero el verdadero cambio importante fue la implementación de la electrónica en los motores. Con la electrónica se consiguió mejorar no solo el rendimiento del motor sino que también se consiguió reducir el mantenimiento periódico del motor.

Como contrapartida, encuentro que la sofisticación de algunos sistemas hacen que el motor sea más vulnerable a averías, como por ejemplo el sistema de distribución variable, que consta de un conjunto de mecanismos dinámicos que pueden ser propensos a averiarse.

Una buena parte del avance de esta tecnología se le debe a los fabricantes de automóviles de competición, que son los que ingenian nuevos sistemas, para más adelante implementarlos en los vehículos civiles.

Personalmente opino que se debe seguir estudiando esta tecnología para mejorarl, olvidando que el combustible utilizado para estos motores, el petróleo, se agota. Con el estudio de estos motores también podemos inventar y avanzar nuevas tecnologías que substituyan a este motor para aplicarlo al transporte, pero nunca olvidando el gran avance tecnológico que nos dio en su día la invención del motor de combustión interna.

# BIBLIOGRAFÍA

Tecnologías avanzadas del automóvil – Autor: José Manuel Alonso

<http://www.google.es/>

<http://www.wikipedia.org>

<http://fisicarecreativa.net/inventos/tema07.html>

<http://www.biografiasyvidas.com>

<http://espanol.geocities.com/flukacs/contenido.htm>

[http://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap\\_10/cap\\_10.htm#general](http://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap_10/cap_10.htm#general)

<http://zeus.uamerica.edu.co/motores/d1/>

<http://www.coches.net/>

<http://www.forocoches.com>

<http://www.arpem.com/>

<http://mecanicavirtual.iespana.es/>