

Inyección de combustible

La inyección de combustible es un sistema de alimentación de motores de combustión interna, alternativo al carburador en los motores de explosión, que es el que usan prácticamente todos los automóviles europeos desde 1990, debido a la obligación de reducir las emisiones contaminantes y para que sea posible y duradero el uso del catalizador a través de un ajuste óptimo del factor λ . El sistema de alimentación de combustible y formación de la mezcla complementa en los motores Otto al sistema de Encendido del motor, que es el que se encarga de desencadenar la combustión de la mezcla aire/combustible.

Este sistema es utilizado, obligatoriamente, en el ciclo del diesel desde siempre, puesto que el combustible tiene que ser inyectado dentro de la cámara en el momento de la combustión (aunque no siempre la cámara está sobre la cabeza del pistón).

En los motores de gasolina actualmente está desterrado el carburador en favor de la inyección, ya que permite una mejor dosificación del combustible y sobre todo desde la aplicación del mando electrónico por medio de un calculador que utiliza la información de diversos sensores colocados sobre el motor para manejar las distintas fases de funcionamiento, siempre obedeciendo las solicitudes del conductor en primer lugar y las normas de anticontaminación en un segundo lugar.



Historia

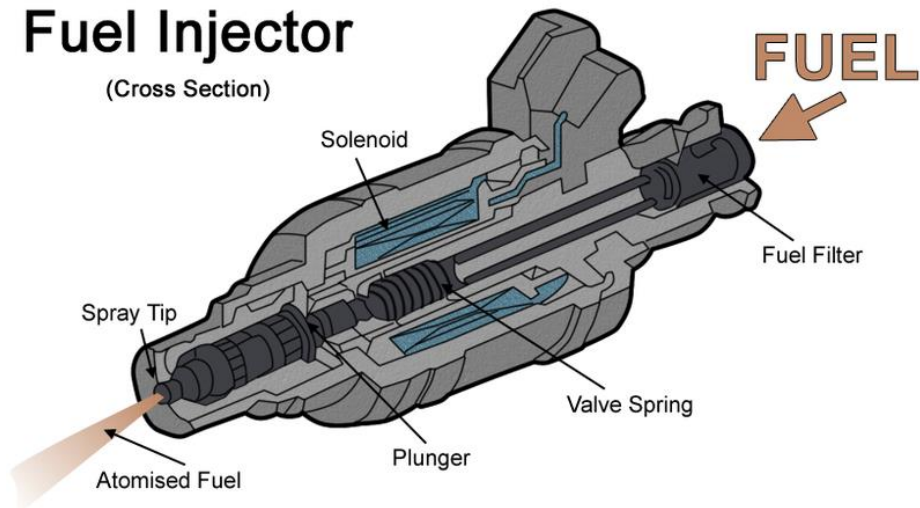
El inyector fue inventado por el francés Henri Giffard en 1858 y se utilizó originalmente para inyectar agua en las calderas de vapor. En este caso el fluido a alta presión es el vapor de la caldera que sale a alta velocidad por la boquilla y se mezcla con agua lo que produce su condensación. El chorro resultante de agua tiene energía cinética suficiente para entrar en la caldera.

Sistema de inyección

En un principio se usaba inyección mecánica pero actualmente la inyección electrónica es común incluso en motores diesel.

Fuel Injector

(Cross Section)



■ Solenoid Components

■ Fuel Injector Assembly

inyector de gasolina (mando electrónico)



inyector diesel (mando electrónico)

Funcionamiento

El combustible procedente de la bomba de inyección se alimenta a una entrada del inyector, este combustible, a través de conductos perforados en el cuerpo del inyector se conduce hasta una aguja en la parte inferior que obstruye el orificio de salida al ser empujada a través de una varilla por un resorte. De esta manera el paso del combustible a la cámara de combustión está bloqueado. Cuando la presión en el conducto de entrada crece lo suficiente por el empuje de la bomba de inyección, la presión puede vencer la fuerza del resorte y levantar la aguja, de esta forma se abre el pequeño conducto de acceso a la cámara, y el combustible sale muy pulverizado por el extremo inferior. La presión del combustible actúa sobre un área pequeña de la parte inferior de la aguja, una vez que la presión vence la fuerza del resorte entra a la cámara donde está la parte cilíndrica de la aguja que tiene mayor área, la fuerza de empuje crece y la aguja es apartada de su asiento de manera abrupta. Este efecto garantiza que la apertura del inyector de haga muy rápidamente lo que es deseable. Un tornillo de regulación sobre el resorte permite comprimirlo en mayor o menor grado y con ello establecer con exactitud la presión de apertura del inyector. Estas presiones en el motor Diesel pueden estar en el orden de hasta más de 400 Kg/cm². Cuando la aguja se abre, la elevada presión actúa en el interior de la tobera, para evitar que el combustible pueda pasar por las holguras entre la aguja y el cuerpo de la tobera. Estas toberas se fabrican con una gran precisión, tanto, que

para un mismo lote de ellas las agujas de unas, pueden no entrar en el cuerpo de otras, o el polvo depositado en la aguja puede impedir que se deslice dentro del cuerpo de la tobera, esto hace que cuando se trabaja con toberas de inyección haya que tener mucho cuidado en no intercambiar las piezas y mantener un ambiente muy limpio. Aun con el gran grado de exactitud con que se fabrican las piezas de la tobera, el combustible poco a poco durante los millones de ciclos de trabajo va pasando lentamente a la cámara encima de la aguja, un conducto de retorno no representado devuelve ese combustible a la entrada de la bomba de inyección.

Tipos de inyectores

Inyectores de Resorte

También conocido como "mecánica" son los más antiguos inyectores tipo de inyector de combustible, y son todavía de uso común hoy en día en muchas aplicaciones industriales. Diesel hace mucho tiempo adoptó a las innovaciones que exige presiones de combustible muy alta y la inyección rápida: turbocompresor e inyección directa del cilindro. Ambos vigor el inyector para funcionar en ambientes de muy alta presión, que la fuerza aérea de nuevo si no en el inyector de combustible para esas presiones muy altas. Inyectores mecánicos tienen válvulas de resorte de acción muy rápida dentro de ellos. Una vez que el suministro de combustible de la bomba de presión suficiente para que el inyector del cilindro, la válvula de resorte se traba de combustible abierto y chorros en el motor. Estos inyectores de asegurar que el combustible siempre sale a la misma presión, en el mismo plazo y frecuencia. Sin estas válvulas de primavera, el aumento y la caída de presión de combustible que "goteo" de combustible en el motor en lugar de chorro de ella.

Inyectores de solenoide

Utilizado en motores diesel son casi idénticas a las utilizadas en los motores de gas. Inyectores de solenoide utilizar una serie de electroimanes para abrir la válvula, cuando la computadora envía la electricidad al inyector, los imanes de energía y tire de la válvula de inyección fuera de la sede de la válvula. Cuando el imán se apaga, un pequeño resorte cierra la válvula.

Inyectores Piezoeléctricos

La piezoelectricidad es un fenómeno increíble, pero poco conocido-electro-mecánicos. Los materiales piezoeléctricos pueden cambiar de forma cuando la electricidad se aplica, o puede emitir energía eléctrica cuando se someten a la fuerza súbita. Muchos materiales muy comunes presentan una cierta cantidad de piezoelectricidad, incluyendo seda, caña de azúcar, el cuarzo y el hueso seco. Golpear un trozo de seda sobre un yunque con un martillo y se producen en realidad un pequeño pero medible corriente eléctrica. Inyectores piezoeléctricos trabajo sobre el principio opuesto, la electricidad aplicada al cristal o de cerámica en el interior del inyector hace que se expanda un poco. Esta expansión se abre la válvula de inyección, lo que le permite pulverización del combustible. Inyectores piezoeléctricos puede abrir y cerrar muy rápidamente y se encuentran entre los más precisos.

Inyector de accionamiento hidráulico

Introducido por Caterpillar diesel, heui la (de accionamiento hidráulico, control electrónico de la unidad de inyección) utiliza la presión del aceite a la prensa sobre una membrana en el

interior del inyector. Este diafragma empuja la pequeña cantidad de combustible dentro del inyector, de presurización a la masiva entre 3.000 y 21.000 psi necesario para la inyección directa. Debido a que los inyectores se actúan para presurizar el combustible, los sistemas de heui pueden prescindir de las bombas de combustible de gran alcance que hacen otros sistemas de pesado, caro, peligroso y difícil de controlar. Esto es una bendición enorme para motores diesel ferroviarios controlados por computadora común, que el ferrocarril de combustible a presión es esencialmente una bomba a punto de estallar.

Bomba de inyección

Es un aparato mecánico de elevada precisión que tiene la función principal en el sistema de inyección Diesel, consistente en elevar la presión del combustible a los valores de trabajo del inyector en el momento y con el ritmo y tiempo de duración adecuados y dosificar con exactitud la cantidad de combustible que será inyectado al cilindro de acuerdo a la voluntad del conductor y regular las velocidades máximas y mínimas del motor.



Funcionamiento

Recibe el movimiento desde el motor generalmente a través de un acoplamiento flexible, de forma tal que gira sincronizada con él. Tiene la desventaja con respecto a otros tipos de bombas que es más pesada, voluminosa y que no puede girar a altas revoluciones, no obstante es la más utilizada en los motores Diesel de equipos pesados y camiones de carga cuyos motores no son muy rápidos, por su robustez, vida útil y estabilidad.

Es en esencia una bomba de pistones colocados en fila, cada uno de los cuales es de caudal variable, con un émbolo por cada uno de los cilindros del motor, es decir para alimentar cada inyector.

Estos émbolos se mueven en la carrera de compresión del combustible accionados por una leva de un árbol de levas común que tiene una leva exactamente igual para cada uno, pero desplazada en ángulo de giro de acuerdo a la diferencia de ángulo de cada pistón del motor para que cada inyección corresponda en tiempo, al momento adecuado de cada pistón del motor.

La carrera de admisión de nuevo combustible de los pistones-bomba se realiza por el empuje en sentido contrario a la carrera de bombeo por un resorte. Todos los pistones de alimentan de un conducto común elaborado en el cuerpo de la bomba presurizado con combustible por la bomba de trasiego.

Diferencias entre la carburación y la inyección

En los motores de gasolina, la mezcla se prepara utilizando un carburador o un equipo de inyección. Hasta ahora, el carburador era el medio más usual de preparación de mezcla, medio mecánico. Desde hace algunos años, sin embargo, aumentó la tendencia a preparar la mezcla por medio de la inyección de combustible en el colector de admisión. Esta tendencia se explica por las ventajas que supone la inyección de combustible en relación con las exigencias de potencia, consumo, comportamiento de marcha, así como de limitación de elementos contaminantes en los gases de escape. Las razones de estas ventajas residen en el hecho de que la inyección permite una dosificación muy precisa del combustible en función de los estados de marcha y de carga del motor; teniendo en cuenta así mismo el medio ambiente, controlando la dosificación de tal forma que el contenido de elementos nocivos en los gases de escape sea mínimo.

Además, asignando una electroválvula o inyector a cada cilindro se consigue una mejor distribución de la mezcla.

También permite la supresión del carburador; dar forma a los conductos de admisión, permitiendo corrientes aerodinámicamente favorables, mejorando el llenado de los cilindros, con lo cual, favorecemos el par motor y la potencia, además de solucionar los conocidos problemas de la carburación, como pueden ser la escarcha, la percolación, las inercias de la gasolina.

El carburador al basar su funcionamiento en un sistema exclusivamente mecánico, al no brindar una mezcla exacta a la necesitada en diferentes marchas presenta irregularidades en éstas, principalmente en baja. Esto determina un consumo excesivo de combustible además de una mayor contaminación.

Ventajas de la inyección

Consumo reducido

Con la utilización de carburadores, en los colectores de admisión se producen mezclas desiguales de aire/gasolina para cada cilindro. La necesidad de formar una mezcla que alimente suficientemente incluso al cilindro más desfavorecido obliga, en general, a dosificar una cantidad de combustible demasiado elevada. La consecuencia de esto es un excesivo consumo de combustible y una carga desigual de los cilindros. Al asignar un inyector a cada cilindro, en el momento oportuno y en cualquier estado de carga se asegura la cantidad de combustible, exactamente dosificada.

Mayor potencia

La utilización de los sistemas de inyección permite optimizar la forma de los colectores de admisión con el consiguiente mejor llenado de los cilindros. El resultado se traduce en una mayor potencia específica y un aumento del par motor.

Gases de escape menos contaminantes

La concentración de los elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/gasolina. Para reducir la emisión de contaminantes es necesario preparar una mezcla de una determinada proporción. Los sistemas de inyección permiten ajustar en todo momento la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra en el motor.

Arranque en frío y fase de calentamiento

Mediante la exacta dosificación del combustible en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consiguen tiempos de arranque más breves y una aceleración más rápida y segura desde el ralentí. En la fase de calentamiento se realizan los ajustes necesarios para una marcha redonda del motor y una buena admisión de gas sin tirones, ambas con un consumo mínimo de combustible, lo que se consigue mediante la adaptación exacta del caudal de éste.

Clasificación de los sistemas de inyección

Se pueden clasificar en función de cuatro características distintas:

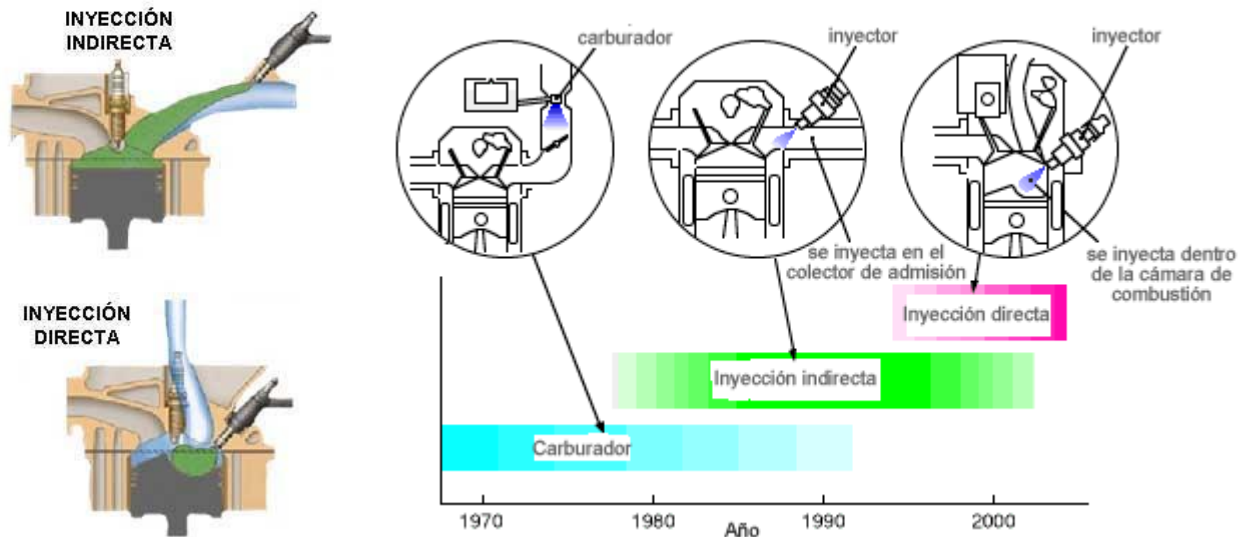
1. Según el lugar donde inyectan.
2. Según el número de inyectores.
3. Según el número de inyecciones.
4. Según las características de funcionamiento.

A continuación especificamos estos tipos:

1. Según el lugar donde inyectan:

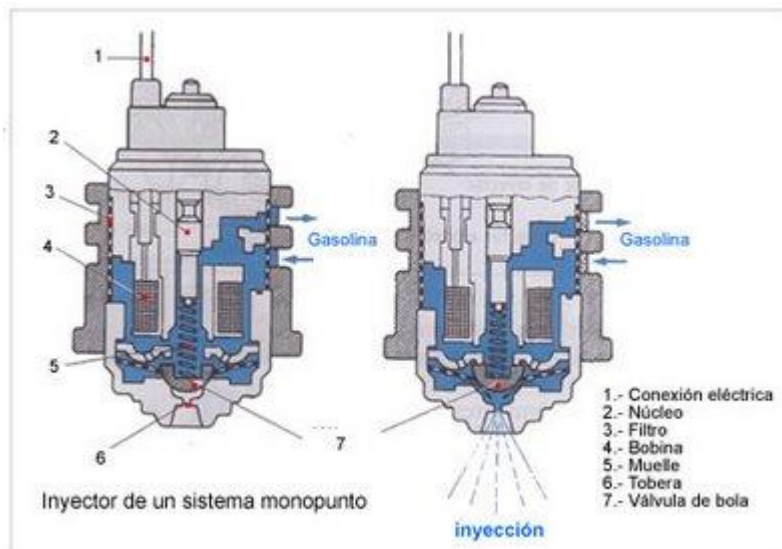
INYECCION DIRECTA: El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión. Este sistema de alimentación es el más novedoso y se está empezando a utilizar ahora en los motores de inyección gasolina como el motor GDi de Mitsubishi o el motor IDE de Renault.

INYECCION INDIRECTA: El inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión, que no tiene por qué estar necesariamente abierta. Es la más usada actualmente.

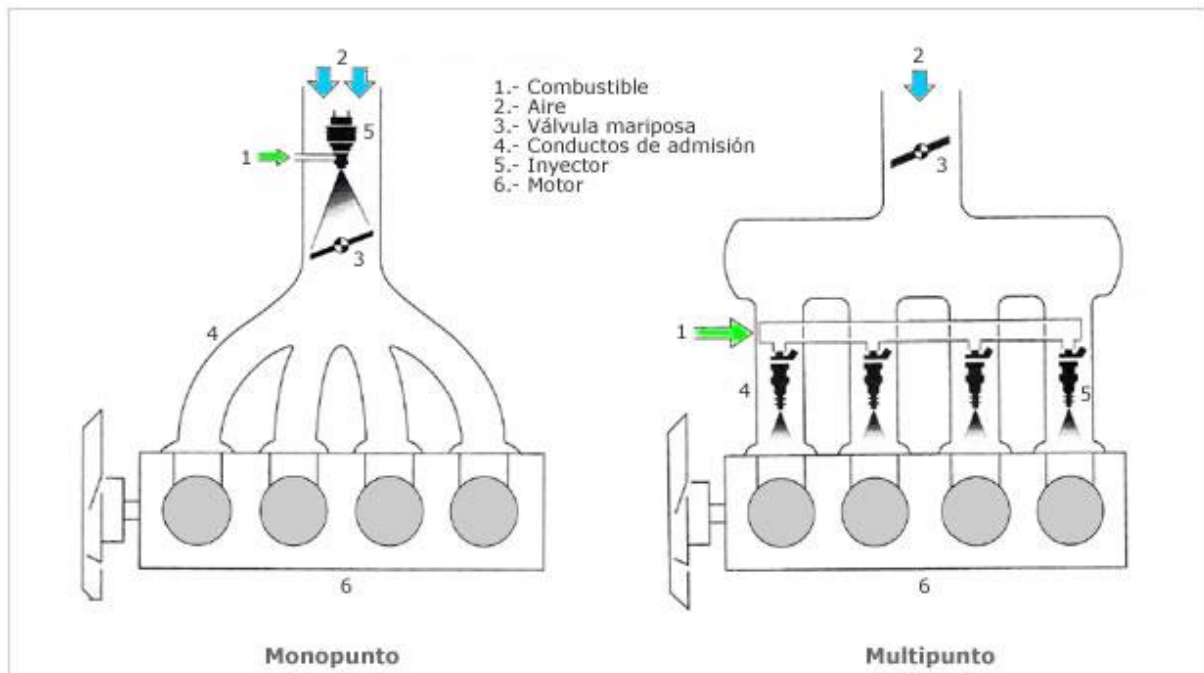


2. Según el número de inyectores:

INYECCION MONOPUNTO: Es el sistema más barato, solo lleva un inyector, situado a la entrada del colector de admisión (en donde introduce el combustible) después de la mariposa de gases, justo donde se encontraría el carburador si fuera de carburación. La gasolina inyectada por este único inyector, se distribuye por cada uno de los 4 conductos de admisión en función de la aspiración de cada cilindro. Es la más usada en vehículos turismo de baja cilindrada que cumplen normas de anti polución.



INYECCION MULTIPUNTO: Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo "inyección directa o indirecta". Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada, con anti polución o sin ella.



3. Según el número de inyecciones:

INYECCION CONTINUA: Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.

INYECCION INTERMITENTE: Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:

- **SECUENCIAL:** El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.
- **SEMISECUENCIAL:** El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.
- **SIMULTANEA:** El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.

4. Según las características de funcionamiento:

INYECCIÓN MECANICA (K-jetronic)

INYECCIÓN ELECTROMECHANICA (KE-jetronic)

INYECCIÓN ELECTRÓNICA (L-jetronic, LE-jetronic, motronic, Dijijet, Digifant, etc.)

Todas las inyecciones actualmente usadas en automoción pertenecen a uno de todos los tipos anteriores.

Ventajas y Desventajas

El sistema monopunto es relativamente sencillo y no causa muchos problemas, pero no tiene las ventajas que tiene un sistema multipunto o secuencial.

La inyección de combustible secuencial (donde la abertura de cada inyector es controlada de manera independiente por la computadora y de acuerdo a la secuencia de encendido del motor) mejora la potencia y reduce emisiones a la atmósfera. Por todo esto, podemos concluir que existen razones muy fuertes para utilizar inyección de combustible.

Los sistemas MPFI son más caros debido a la cantidad de inyectores pero al tener inyectores independientes para cada cilindro representa una diferencia considerable en desempeño. El mismo motor con sistema MPFI producirá de 10 a 40 caballos de fuerza (HP) más que con el sistema TBI debido a su mejor distribución de combustible entre cilindros.

La inyección electrónica de combustible también se integra con mayor facilidad a los sistemas de control computarizado que un carburador mecánico. La inyección de combustible multipunto (donde cada cilindro tiene su propio inyector) entrega una mezcla de aire y gasolina mejor distribuida a cada uno de los cilindros, lo cual mejora la potencia y desempeño.

Inyectores Diesel



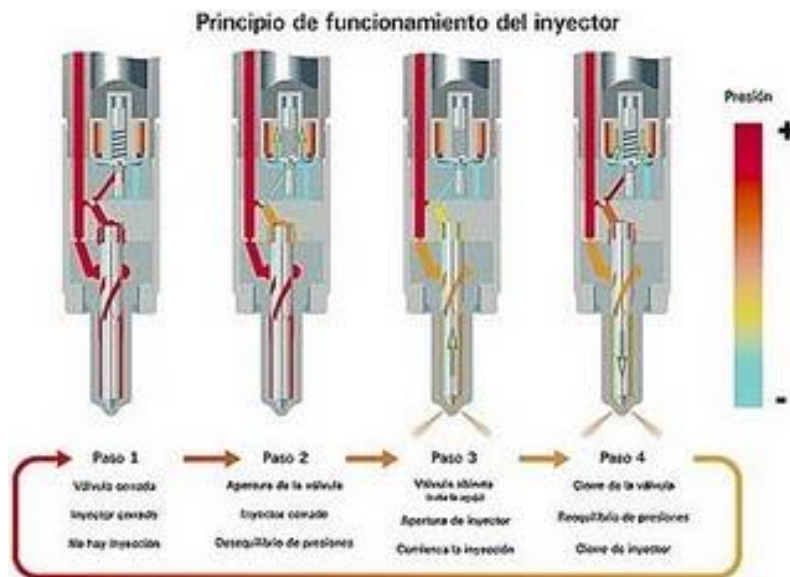
La misión de los inyectores es la de realizar la pulverización de la pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión.

Debemos distinguir entre inyector y porta-inyector y dejar en claro desde ahora que el último aloja al primero; es decir, el inyector propiamente dicho está fijado al porta-inyector y es este el que lo contiene además de los conductos y racores de llegada y retorno de combustible.

Destaquemos que los inyectores son unos elementos muy solicitados, lapeados conjuntamente cuerpo y aguja (fabricados con ajustes muy precisos y hechos expresamente el uno para el otro), que trabajan a presiones muy elevadas de hasta 2000 aperturas por minuto y a unas temperaturas de entre 500 y 600 °C.

Principio de Funcionamiento

El combustible suministrado por la bomba de inyección llega a la parte superior del inyector y desciende por el canal practicado en la tobera o cuerpo del inyector hasta llegar a una pequeña cámara tórica situada en la base, que cierra la aguja del inyector posicionado sobre un asiento cónico con la ayuda de un resorte, situado en la parte superior de la aguja, que mantiene el conjunto cerrado.



El combustible, sometido a una presión muy similar a la del tarado del muelle, levanta la aguja y es inyectado en el interior de la cámara de combustión.

Cuando la presión del combustible desciende, por haberse producido el final de la inyección en la bomba, el resorte devuelve a su posición a la aguja sobre el asiento del inyector y cesa la inyección.

Tipo de Inyectores

Existe gran variedad de inyectores, dependiendo estos del sistema de inyección y del tipo de cámara de combustión que utilice cada motor, aunque todos tienen similar principio de funcionamiento.

Fundamentalmente existen dos tipos

- Inyectores de orificios, generalmente utilizados en motores de inyección directa.
- Inyectores de espiga o de tetón (que pueden ser cilíndricos o cónicos) para motores de inyección indirecta. Dentro de este tipo, existe una variante, que se denomina inyectores de estrangulación, con los que se consigue una inyección inicial muy pequeña y muy pulverizada y que en su apertura total consigue efectos similares a los inyectores de tetón cónico.

Injectores

El inyector es una válvula de retención, que solamente se abre a partir de unos valores de presión muy precisos y altos, en cuyo momento es capaz de introducir una cantidad determinada de combustible, enviada por la bomba, al interior de la cámara de combustión.

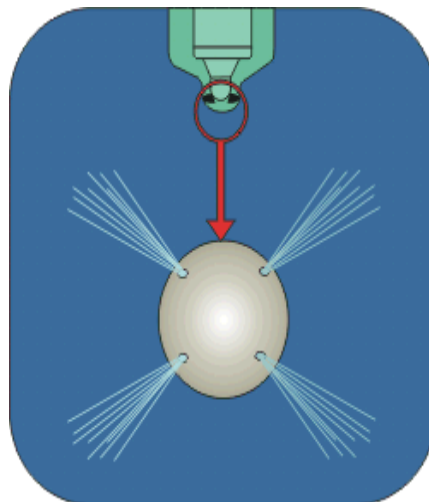
Los inyectores se llaman también toberas en forma genérica. En algunos casos, el cuerpo del inyector se llama también porta tobera, en donde va colocada la tobera o copa por la cual se atomiza el combustible. Se utilizarán los términos porta tobera y tobera.



Los inyectores deben cumplir, de la mejor manera posible, los cinco puntos siguientes:

Pulverización

El combustible aportado debe entrar en la cámara lo más dividido posible en partículas muy pequeñas, porque ello facilitará de una manera muy importante la oxidación rápida de todo el caudal. Es lo que también se conoce con el nombre de atomización del combustible.

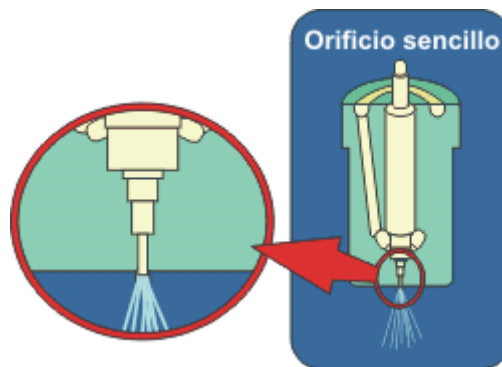


Patrón de atomización

La forma de la descarga en los orificios de la tobera del inyector se llama patrón de atomización. El diseño de la cámara de combustión determina el patrón de atomización requerido.

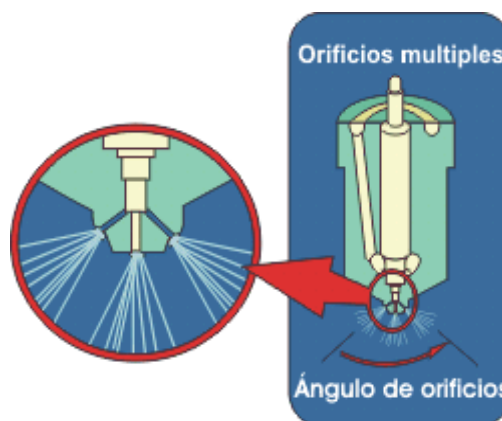
En la figura se muestra el patrón de atomización de una tobera de cuatro orificios. En la cual se descarga el combustible, por cuatro orificios pequeños del mismo tamaño ubicados en la punta de la tobera para producir cuatro atomizaciones de tamaño uniforme.

Toberas de un solo orificio



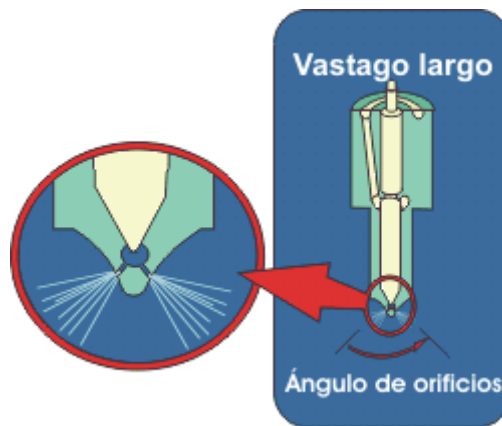
Estas toberas, tienen un solo orificio taladrado en su extremo, cuyo diámetro puede ser de 0.2mm o mayor. La tobera con punta cónica y un solo orificio tiene éste taladrado en ángulo de acuerdo con el motor en que se instalará. Son las más adecuadas para los motores provistos de pre cámaras de combustión de turbulencia las cuales no precisan de una pulverización tan fina como los motores de inyección directa en los que se emplean casi siempre los inyectores con orificios. Estos inyectores también reciben el nombre de inyectores de tetón.

Toberas de orificios múltiples



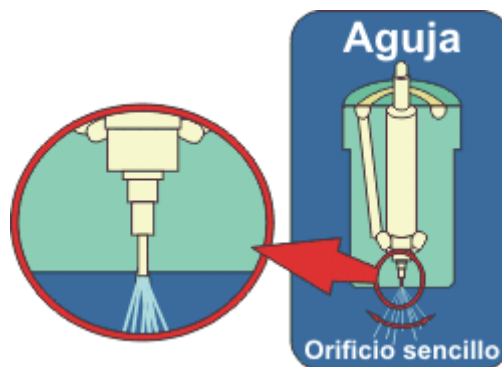
Los inyectores de orificio se han construido para aquellos motores que necesitan disponer de un chorro de inyección altamente fragmentado con el fin de lograr una más rápida oxidación del combustible. Son pues, los inyectores más adecuados para los motores de combustión directa. Estas toberas tienen dos o más orificios taladrados en el extremo. El número, tamaño y posición de los orificios dependen de los requerimientos del motor.

Toberas de vástago largo



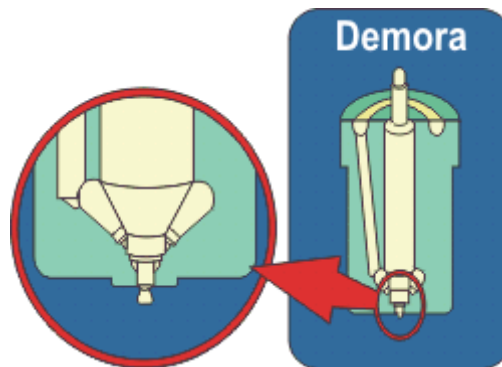
Estas toberas, tienen un vástago largo que es una prolongación de la parte inferior de la tobera. Los orificios normales y el asiento de la válvula están en el extremo del vástago largo, que permite que la parte de la tobera que tiene holguras muy precisas, entre la aguja y la tobera, quede separada de la cámara de combustión a fin de que puedan funcionar en una parte de la culata que está algo más fría.

Toberas de aguja



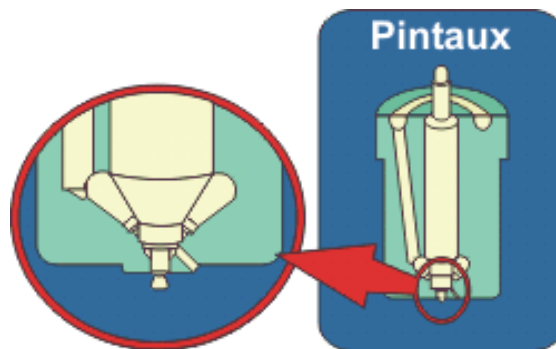
Estas toberas tienen un orificio mucho más grande y la punta de la aguja está reducida para formar una especie de alfiler que sobresale en el orificio. Con la modificación de la forma y el tamaño de la aguja, se pueden tener inyectores con diversos patrones de atomización, que puede variar desde un cono hueco pequeño hasta un cono hueco con un ángulo de 60°. Las toberas de aguja se emplean en motores de inyección indirecta, es decir los que tienen cámaras de combustión tipo celda de aire, de turbulencia o de pre combustión.

Toberas de demora



Son toberas de aguja modificadas, en las que se ha cambiado la forma de la aguja para disminuir la cantidad de inyección al principio de la entrega. Esto reduce la cantidad de combustible en la cámara cuando empieza la combustión y también reduce el "cascabeleo".

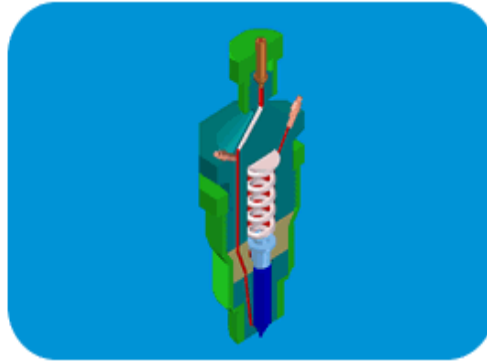
Tobera pintaux



Es una modificación (Ver figura) de la tobera de aguja. Tiene un agujero auxiliar para atomización en la tobera, a fin de facilitar el arranque con el motor frío. A las RPM de arranque del motor, la válvula de aguja no se levanta lo suficiente para que el agujero para la aguja descargue combustible, sino que el agujero auxiliar produce una atomización más fina que se requiere para el arranque del motor en frío. A velocidades normales de funcionamiento, las presiones en el sistema de combustible son más altas y la válvula de aguja se eleva más para que se despeje su barreno, que descarga la mayor parte del combustible.

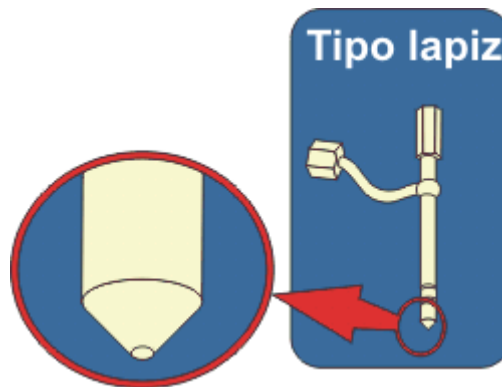
Tipos de inyectores

Inyectores tipo cápsula



Los inyectores tipo cápsula se utilizan en algunos motores Caterpillar. La tobera tiene la forma de una cápsula que incluye el resorte y la válvula. No se puede desarmar ni ajustar.

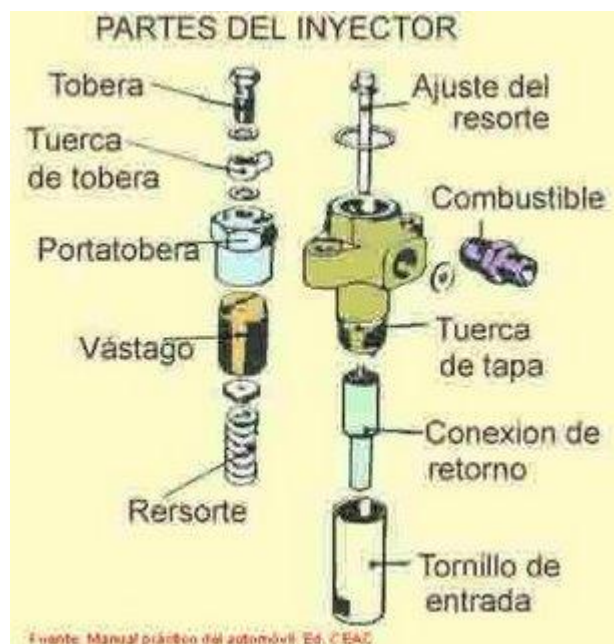
Inyectores de tipo lápiz

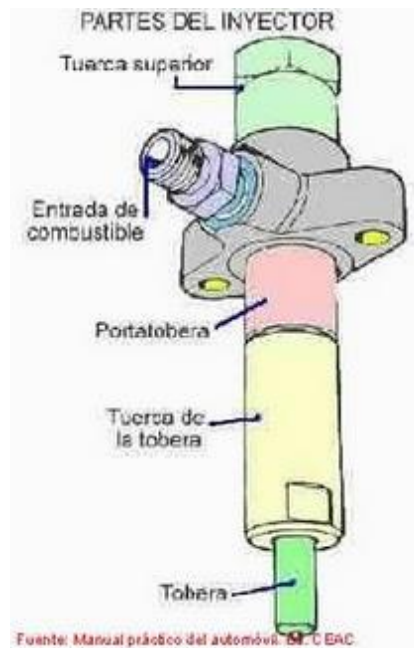


Es del tipo largo y delgado, por comparación con la mayor parte de los otros inyectores. Recibe el nombre de inyector tipo lápiz porque tiene más o menos esa forma; su marca de fábrica es Roosa Master. Este inyector largo permite que sus piezas funcionales estén lejos del calor de la cámara de combustión.

Un inyector está constituido por las siguientes partes:

1. Tubo de entrada de combustible.
2. Canalización interna.
3. Porta inyector.
4. Canalización reducida.
5. Porta tobera postizo (Anillo de unión).
6. Cuerpo de unión con la culata.
7. Racord de acople con la tubería.
8. Orificio de retorno.
9. Arandela de ajuste.
10. Resorte de calibrado.
11. Perno de presión.
12. Inyector o tobera





Inyectores inyección diesel

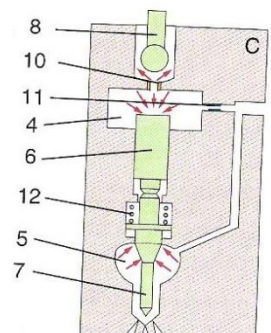
Los inyectores tienen la misión de inyectar el gasoil, su control es por la UCE mediante dos etapas de potencia. La cantidad inyectada depende de; nº y diámetro de los taladros, de la presión del combustible, la velocidad de apertura y duración de la excitación.

La inyección se realiza en 3 ciclos:

- Preinyección: consigue limitar las emisiones sonoras y el inicio de la combustión es más suave.
- Inyección principal: el combustible inyectado está en función de las solicitudes.
- Postinyección: consigue que se disminuyan las emisiones contaminantes.

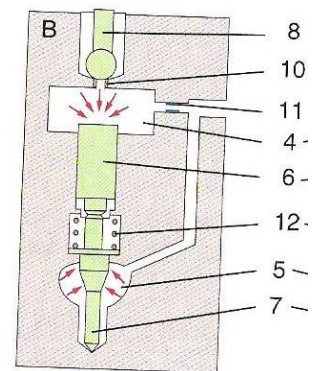
Inyectores electromagnéticos:

Inyector en reposo: la UCE no alimenta al bobinado de la electroválvula, por lo que el combustible ejerce la misma presión en la cámara de control y en la cámara de presión. El pistón de control permanece sobre la aguja del inyector.



Principio de apertura: la UCE alimenta a la bobina, el campo magnético de esta provoca que se levante la aguja de la electroválvula, lo que provoca una caída de presión en la cámara de control y así perdiendo el equilibrio de presiones entre esta y la de presión. Esto hace que la presión de combustible levante la aguja del inyector y por tanto el combustible es pulverizado e introducido en el cilindro.

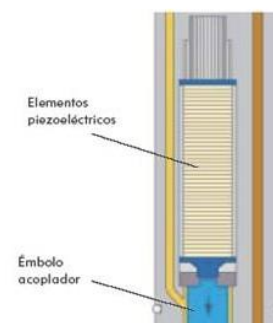
Principio de cierre: la UCE corta la alimentación a la electroválvula, el muelle cierra la aguja de esta con lo que ya no fuga combustible, así aumenta la presión en la cámara de control y la aguja del inyector es impulsada hacia abajo por el pistón de control y cerrando la salida de combustible por los orificios.



El control de la electroválvula es en dos fases:

- Activación: se alimenta con una tensión de 90 V y 20 A, durante 0'3ms.
- Mantenimiento: el resto del tiempo se alimenta con una tensión de 50 V y 12 A.

Inyectores piezoeléctricos: estos inyectores son excitados por un actuador piezoeléctrico, con lo que



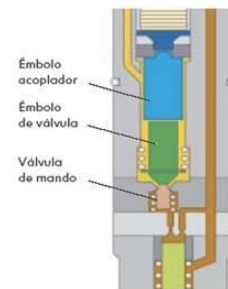
se consigue que la velocidad de conmutación sea 4 veces mayor que en los electromagnéticos.

Tienen las ventajas de:

- Breves tiempos de conmutación
- Posibilidad de realizar varias inyecciones
- Cantidades inyectadas mas exactas

Actuador piezoeléctrico: tiene la función de gestionar el inyector, y está controlado por la UCE. Este elemento está formado por una serie de elementos piezoeléctricos.

Funcionamiento: al aplicar una tensión al elemento piezoeléctrico este sufre una variación de la longitud. La variación de longitud es de 0'03mm, y la tensión aplicada al actuador piezoeléctrico es de 110-148 V.



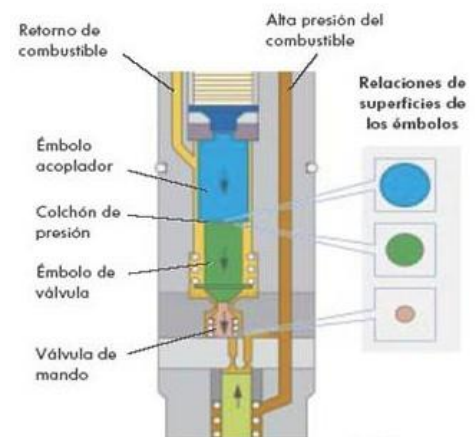
S351_018

Modulo acoplador: está formado por dos émbolos; el acoplador y el de válvula, además de una válvula de mando.

Funcionamiento: el embolo acoplador se desliza por la dilatación de actuador piezoeléctrico. El embolo acoplador al tener mayor superficie que el embolo de válvula, con lo que el colchón hidráulico (10 bares) transmite la fuerza al embolo de válvula y aumenta la distancia de desplazamiento. Al moverse el embolo de válvula se abre la válvula de mando y efectúa la inyección.

Ventajas:

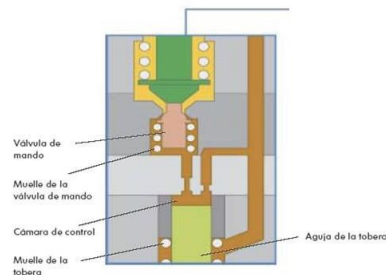
- Reducidas fuerzas de fricción
- Amortiguación de los componentes
- Compensación de las variaciones de longitud



S351_108

- Sin efecto de fuerza mecánica sobre la aguja

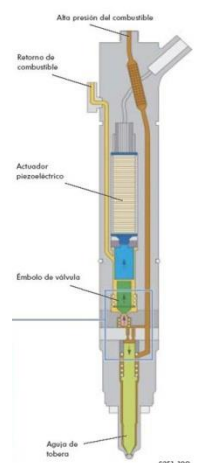
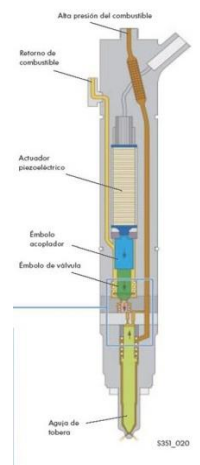
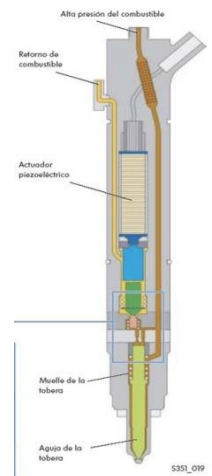
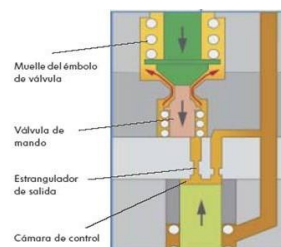
Inyector en reposo: el inyector está cerrado. En la cámara de control esta aplicada la alta presión cerrando así la válvula de mando, y separando de esta manera el retorno y la parte de alta. La aguja del inyector está cerrada porque la alta presión es ejercida sobre ella en la cámara de control y por la fuerza del muelle de la tobera. En la



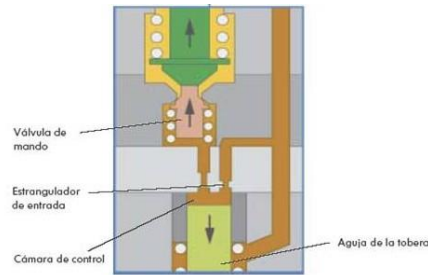
zona de retorno la presión esta a 10 bares, controlada por la válvula mantenedora.

Comienzo de inyección: la UCE excita el actuador piezoeléctrico, lo que provoca que se dilate y transmite el movimiento al embolo acoplador. El descenso del embolo acoplador, esto produce presión hidráulica en el modulo acoplador y actúa el embolo de válvula, el cual abre la válvula de mando.

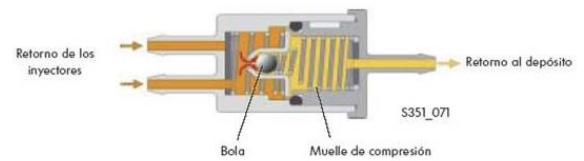
Al abrirse la válvula de mando, el combustible de alta va hacia retorno; al caer la presión en la cámara de control, la alta presión levanta a la aguja del inyector produciéndose la inyección.



Fin de inyección: la UCE deja de actuar el actuador piezoeléctrico, y lo descarga devolviéndolo a su posición de reposo. Ambos émbolos se desplazan hacia arriba y la válvula de mando es oprimida contra su asiento y se cierra el retorno de combustible, con esto aumenta la presión en la cámara de control y así se cierra la aguja del inyector.



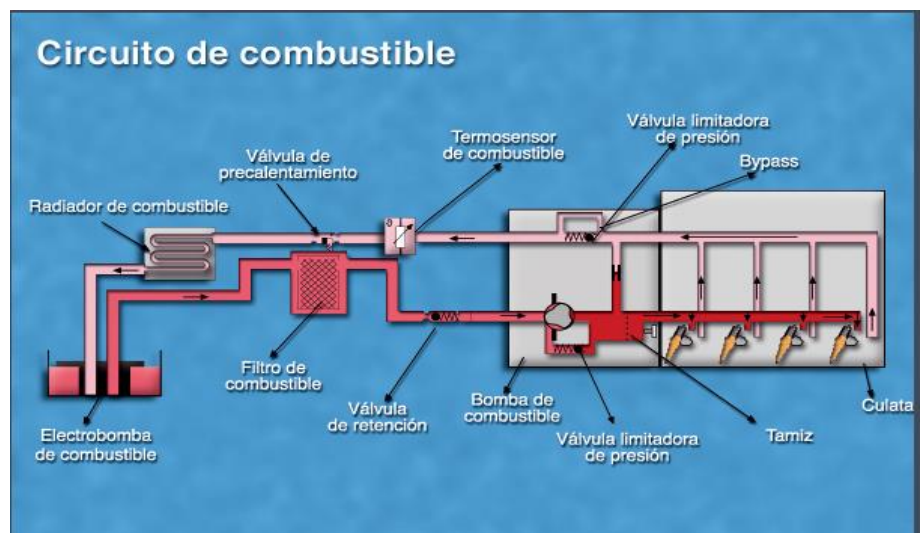
Válvula mantenedora de la presión: es una válvula mecánica; está instalada en los retornos de los inyectores. Tiene la misión de mantener la presión en 10 bares en el retorno de los inyectores, siendo necesaria esta presión para el funcionamiento de los inyectores piezoeléctricos.



Funcionamiento: si la presión supera los 10 bares, se vence la fuerza del muelle y se levanta la bola con lo que el combustible retorna al depósito.

Sistema inyector-bomba

En este sistema se eliminan las tuberías de

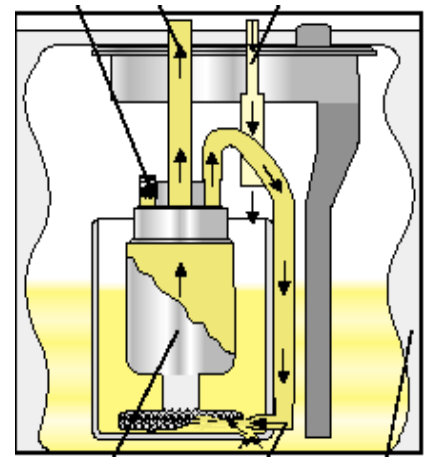
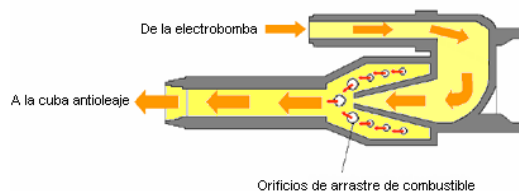


alta presión, los inyectores van colocados en la culata. El inyector bomba es un elemento que realiza la función de bomba de inyección con una electroválvula de control y la de un inyector.

Elementos del circuito de inyector-bomba

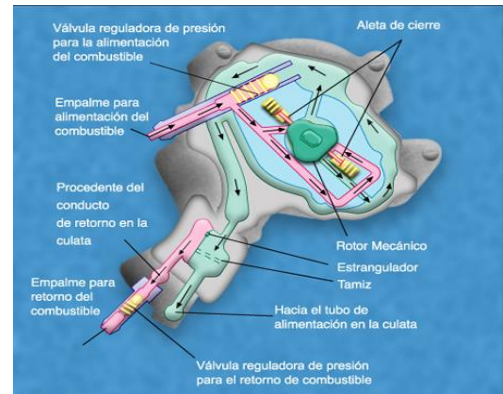
Electrobomba de combustible: tiene la misión de elevar el combustible hasta la bomba situada en la culata.

La bomba puede llevar acoplado el eyector; este es un sistema para evitar que se vacíe la cuba antioleaje, parte del caudal de la electrobomba va hasta el eyector que provoca aceleración de este combustible haciendo que se succione combustible del depósito.



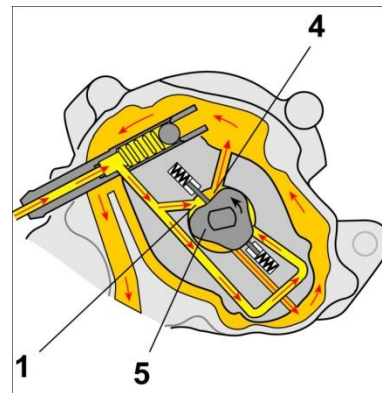
Válvula de retención: esta válvula evita el retorno del combustible al depósito al parar el motor. Si el sistema lleva electrobomba de combustible, esta incorpora dicha válvula.

Bomba de combustible: esta bomba va situada en la culata es movida por el eje del árbol de levas. Detrás de la bomba de combustible esta la bomba de vacío.

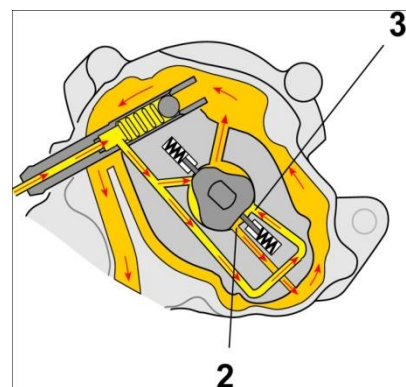


Funcionamiento:

- Aumenta el volumen de la cámara 1, con lo que se succiona combustible; mientras el volumen de la cámara 4 disminuye impulsando el combustible hacia los inyectores.



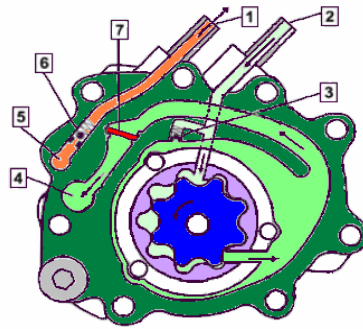
- El combustible es aspirado en la cámara 3 y está siendo impulsado hacia los inyectores en la cámara 2.



La bomba incorpora además una válvula de sobrepresión tarada a 7'5 kgs, que si se sobrepasa esta presión descarga el combustible a la admisión de la bomba.

La misión es mandar caudal de combustible a las unidades de inyector-bomba.
Presión generada; entre 1'5-7'5 bares.

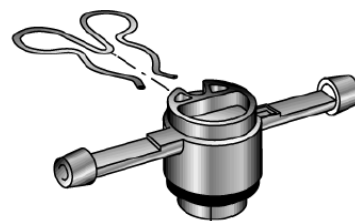
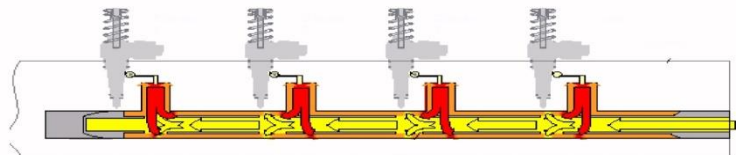
En otros montajes se utilizo una bomba de rotores interiores, la presión generada estaba entre 3'5 y 11'5 bares. La válvula de sobrepresión esta tarada a 11'5 bares.



- 1-Retorno al depósito
- 2-Alimentación del depósito
- 3-Válvula reguladora de presión (alimentación)
- 4-Alimentación a los inyectores
- 5-Retorno de los inyectores
- 6-Válvula reguladora de presión (retorno)
- 7-Tamiz

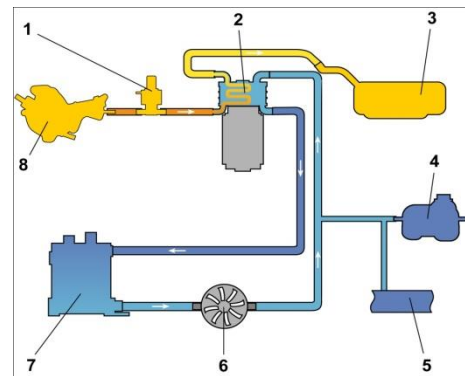
Las bombas de alimentación incorporan además una válvula reguladora de la presión, la cual mantiene el retorno a 1 bar de presión.

Tubo distribuidor: tiene la misión de alimentar con la misma masa de combustible a todos los inyectores, y retornar el combustible. Están colocados en la culata.



Válvula de calentamiento: va colocada en el retorno, e impide que el gasoil retorne al depósito de combustible hasta no haber alcanzado la Tª de funcionamiento.

Enfriador: evita que el combustible coja excesiva T° y pueda dañar el depósito o el aforador. El calor es evacuado por la circulación de refrigerante del motor, siendo este impulsado por una bomba comandada por la UCE y activada a partir de los 70°C de T° del combustible.

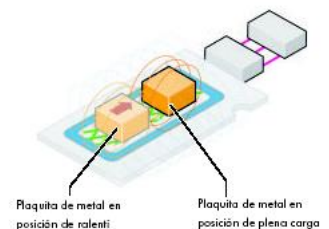


Caudalimetro: sirve para calcular la cantidad a inyectar y la cantidad de gases de recirculación.

MAP: mide la presión de sobrealimentación.

Interruptor de embrague y freno: sirve para el corte de inyección y para regular la cantidad a inyectar en el cambio de marchas. El sensor de embrague puede ser un sensor hall.

Sensor de posición del acelerador: sirve para el cálculo de la cantidad a inyectar. Puede llevar micros de ralentí y kick-down. El sensor puede ser de tipo potenciométrico o de tipo hall.



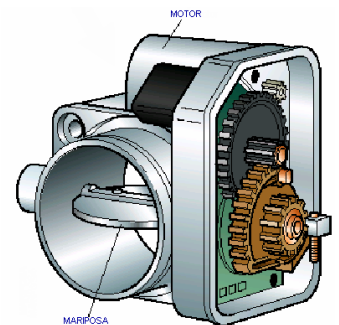
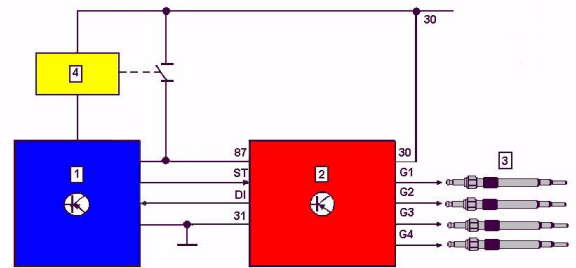
Sensor de altitud: informa para la corrección de la presión de sobrealimentación y la recirculación de gases.



Sistema de calentamiento:

- Precalentamiento: lo realiza cuando la T^a del motor es inferior a 9°C .
- Postcalentamiento: se realiza después de cada arranque durante 4 minutos y se interrumpe al superar 2500 rpm.

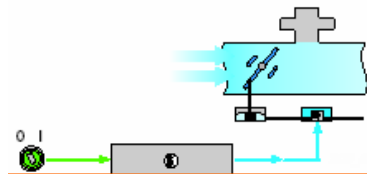
Otros sistemas realizan el calentamiento comandados por una UCE de calentamiento; esta UCE alimenta a las bujías durante con una corriente pulsatoria, el inicio con 11 v durante 2 seg y después con 5 v los mantiene funcionando. Otro modo de funcionamiento es encender de uno en uno los calentadores para realizar un menor consumo.



Válvula de mariposa: va colocada en el colector de admisión, y tiene la función de interrumpir la entrada de aire al motor y suavizar la parada. El accionamiento de la mariposa puede ser

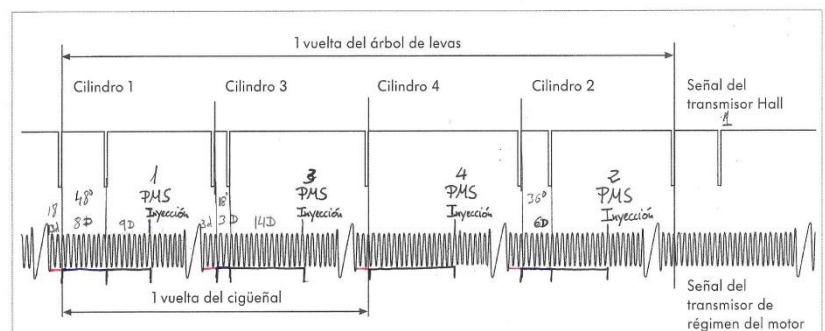
por medio de un pulmón eléctrico.

de vacío o por un motor



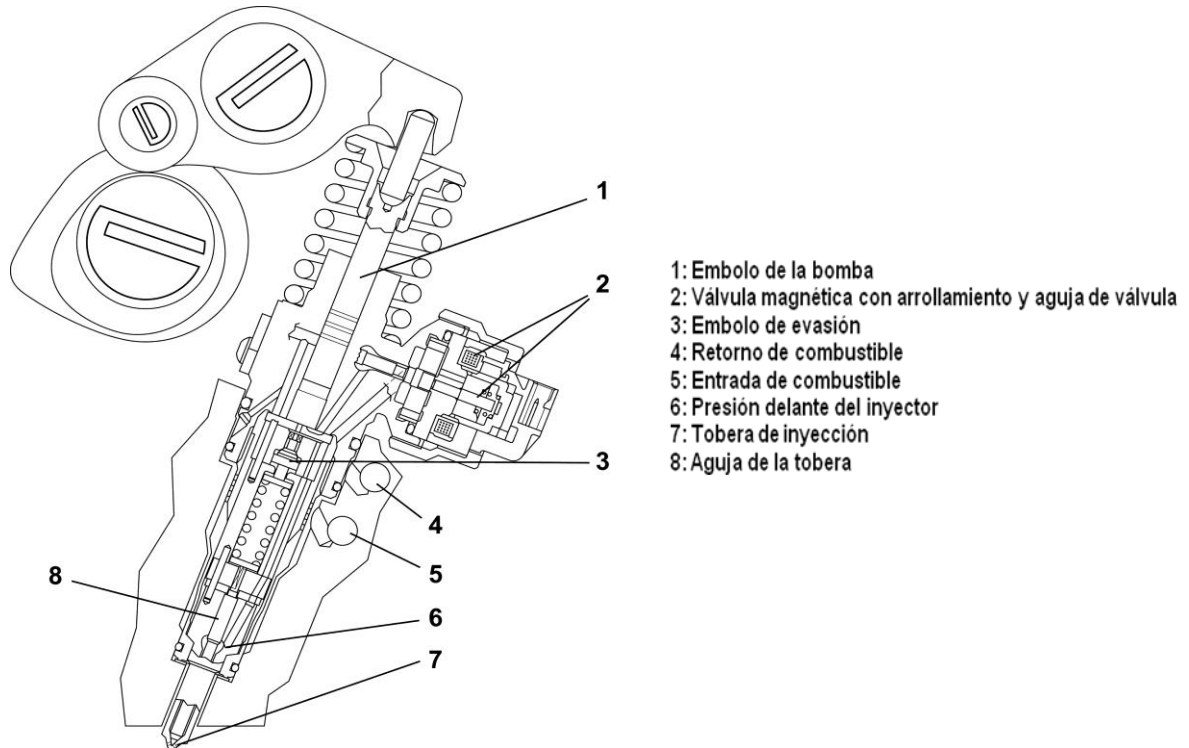
Sensor de fase y rpm:

estas dos señales combinadas sirven para conocer el momento exacto de inyección.



inyector-bomba

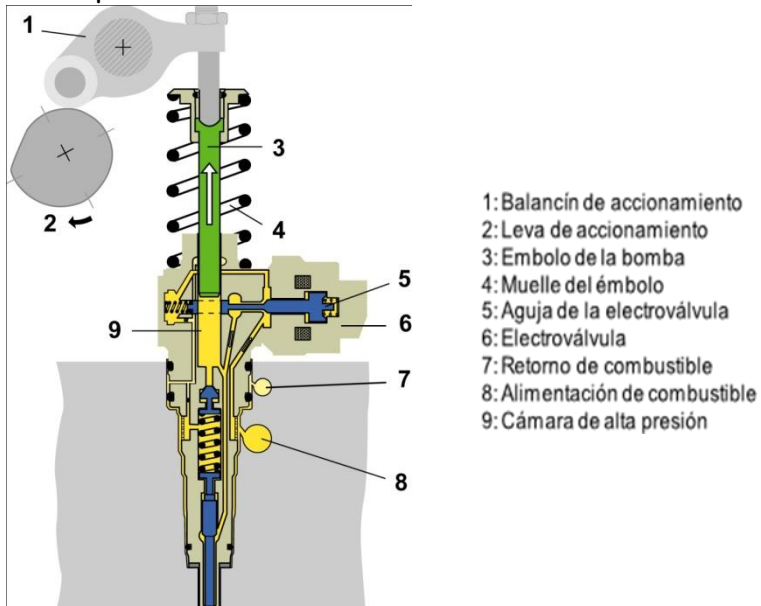
El inyector bomba está formado por una parte que genera la alta presión, otra que controla la inyección y otra que realiza la inyección. Esta colocado en la culata, uno por cada cilindro y están accionados por una tercera leva que lleva el árbol de



levas.

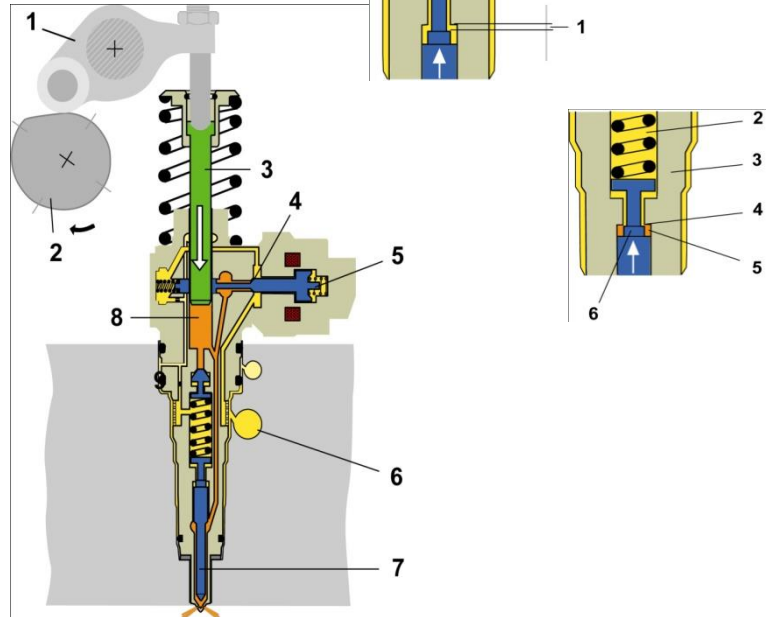
Funcionamiento:

- Llenado cámara de alta presión: el embolo de la bomba se desplaza hacia arriba por la acción del muelle, aumentando de esta manera el tamaño de



la cámara de alta. La electroválvula esta desactivada y por tanto su aguja se encuentra en reposo, comunicando la cámara de alta con la zona de alimentación y realizando el llenado de esta+++.

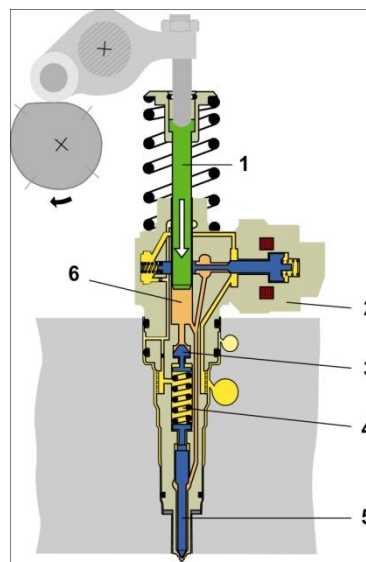
- Inicio preinyección: la UCE activa la electroválvula desplazando la aguja y cerrando el paso hacia la cámara de alta, el embolo está descendiendo porque la leva acciona el balancín y empieza a aumentar la presión. Cuando la presión llega a 180 bares se abre la aguja del inyector y comienza la



preinyección.

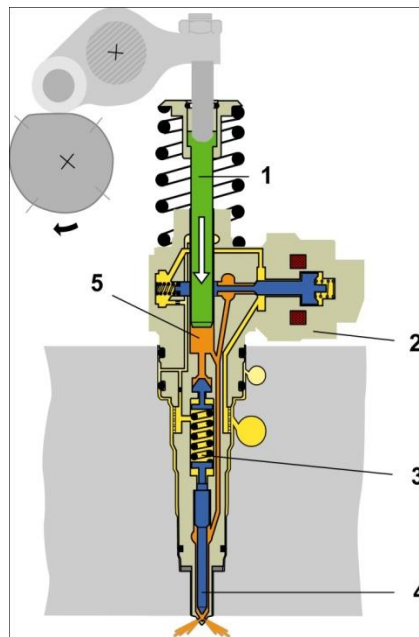
El primer tercio de la carrera de la aguja se abre sin amortiguación. Cuando el embolo amortiguador penetra en el orificio de la carcasa, el combustible solo puede ser desalojado por las ranuras de fuga hacia la cámara del muelle; así se crea un amortiguador hidráulico para limitar la carrera de la aguja.

- Fin preinyección: la UCE sigue excitando la electroválvula. La presión

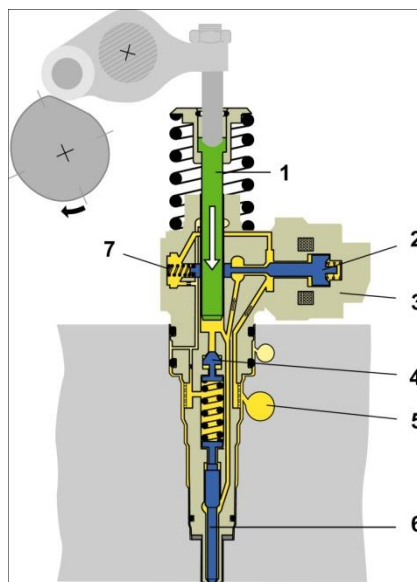


sigue aumentando, y debido a ello el embolo de evasión se desplaza hacia abajo aumentando el volumen de la cámara y provocando un descenso momentáneo de la presión y cerrando así la aguja.

- Comienzo inyección principal: la electroválvula sigue actuada. La presión en la cámara de alta sigue aumentando, y al alcanzarse 300 bares se supera la fuerza del muelle pretensado con lo que se vuelve a abrir la aguja y se realiza la inyección principal. La presión sigue aumentando hasta 2050 bares, esto se produce debido a que se desplaza mucho caudal y los orificios de inyección son pequeños.



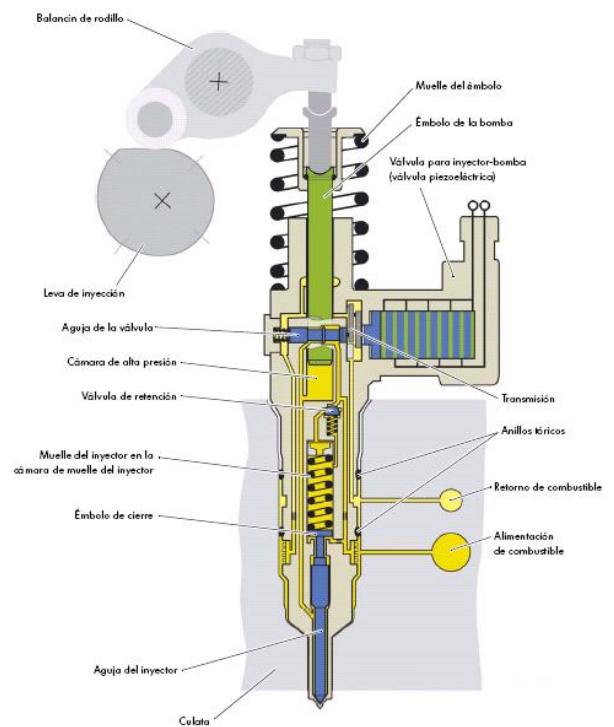
- Fin inyección principal: la UCE deja de alimentar la electroválvula, y el muelle abre la aguja. La presión en la cámara de alta cae y el combustible se descarga en la alimentación, debido al descenso de presión el muelle cierra la aguja del inyector y además empuja al embolo de evasión a posición de reposo.



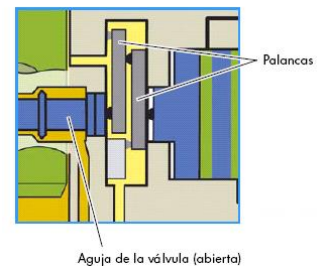
- **Retorno:** el retorno de combustible sirve para refrigerar la unidad inyector-bomba, evacuar combustible desplazado por el embolo de la bomba y separar burbujas de vapor por el tubo distribuidor hacia retorno.

Inyector-bomba piezoeléctrico

Estos inyectores basan su funcionamiento en el efecto piezoeléctrico inverso. Su velocidad de actuación es mayor que en los electromagnéticos y por tanto se puede realizar 2 preinyecciones, la inyección principal y 2 postinyecciones.



Válvula piezoeléctrica: está formada por una aguja con su muelle de retroceso, el paquete de elementos piezoeléctrico y un juego de palancas.

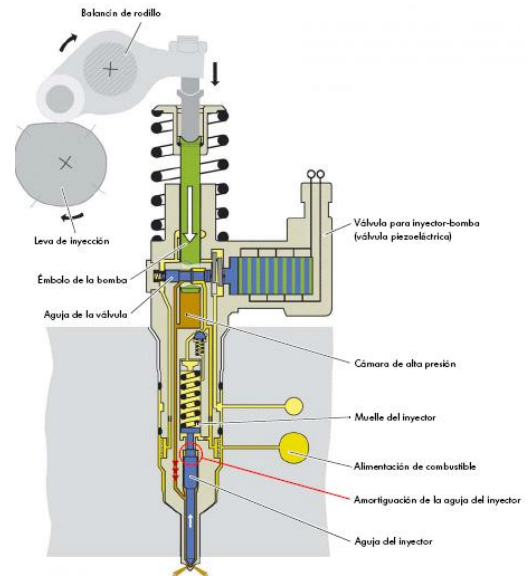


Funcionamiento: al someter una tensión a los elementos piezoeléctricos estos sufren una dilatación de 0'04 mm, esto provoca un desplazamiento de las palancas y a consecuencia provocan que la aguja se desplace

0'1 mm y cierre el paso de combustible. La tensión de excitación de los inyectores es de entre 100 y 200 v.

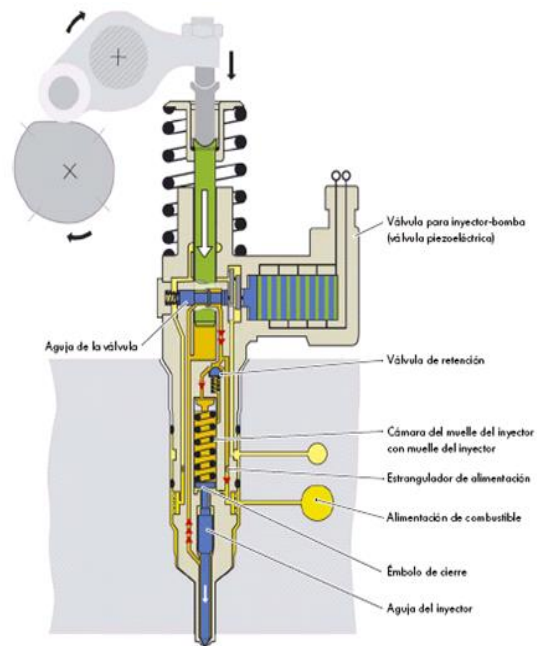
Fases de funcionamiento del inyector

- Llenado de la cámara de alta presión: la bomba de alimentación llena el cilindro de alta y las canalizaciones hasta la aguja del inyector. El embolo se desplaza hacia arriba y la electroválvula esta desactivada.



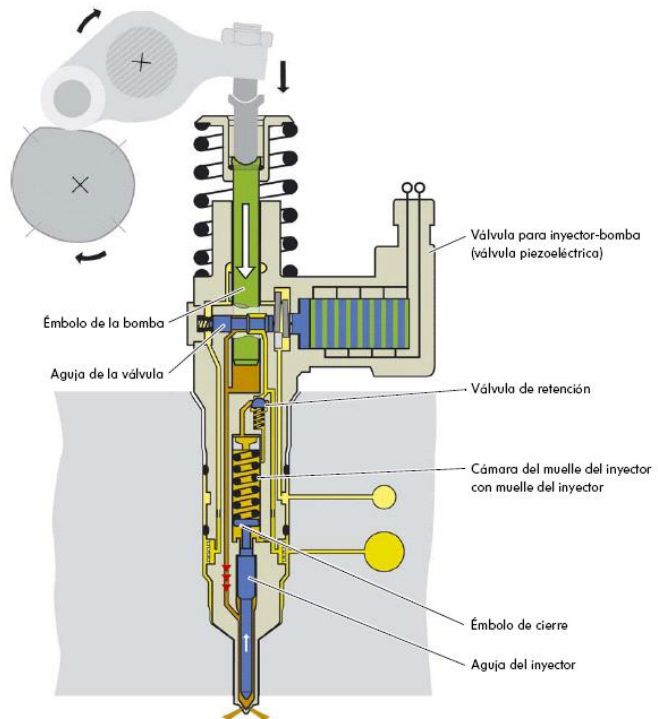
- Inicio preinyección: el embolo comienza a descender. La UCE activa la válvula piezoeléctrica y la aguja cierra el paso a la parte de alta presión; al alcanzarse la presión de 130 bares se supera el tarado del muelle y se realiza la preinyección.

- Fin preinyección: la UCE desactiva la electroválvula piezoeléctrica, y la aguja de la válvula se abre. La presión en la aguja del inyector cae y por tanto se cierra. El embolo continua bajando y el gasoil que desplaza lo impulsa por la canalización de alimentación; la presión vence y abre a la válvula de retención con lo que la presión en la cámara del muelle ayuda al

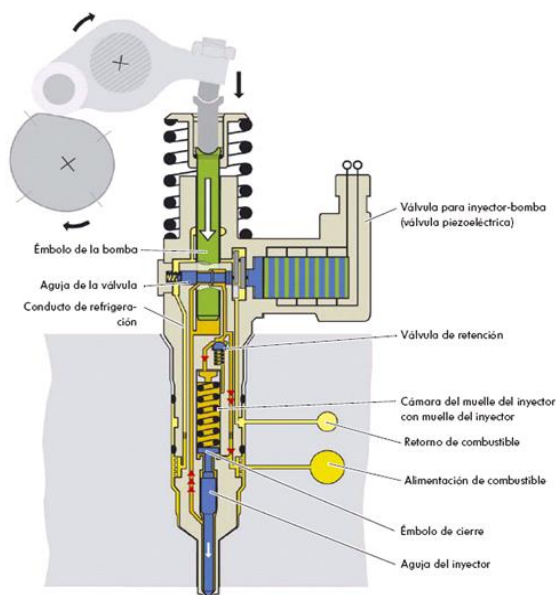


cierre de la aguja y da una pretensión al muelle.

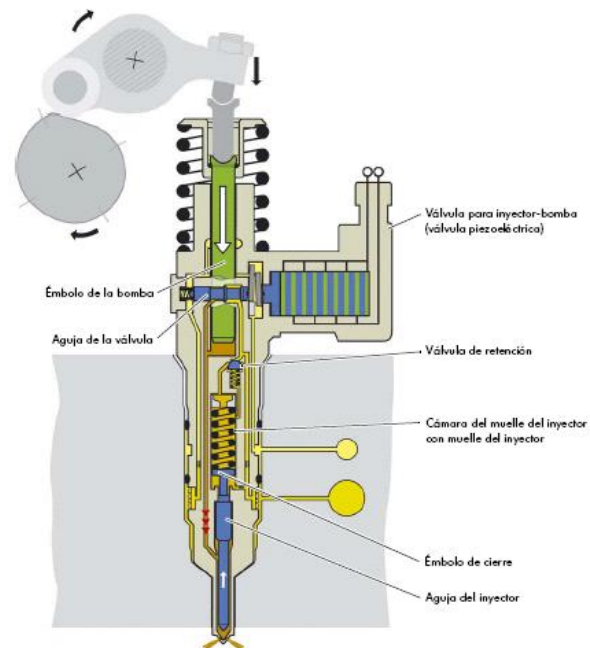
- Inicio inyección principal: el embolo continua con su descenso. La UCE conecta la electroválvula, con lo que se vuelve a generar presión en la parte de alta. La presión vencerá a la presión del muelle antes pretensado y comenzara la inyección principal, aumentando la presión hasta 2200 bares.



- Fin inyección principal: la UCE desactiva la electroválvula; con lo que la presión cae y la aguja del inyector se cierra. El embolo de la bomba sigue bajando y el gasoil va por la alimentación; la presión vence a la válvula de retención con lo que ayuda al cierre de la aguja del inyector y le da una pretensión al muelle.

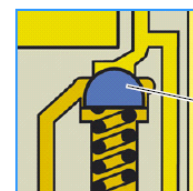
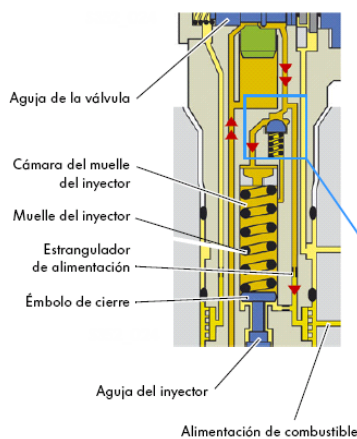


- **Inicio Postinyeccion:** la Postinyeccion se realiza igual que la inyección principal, pero con un menor tiempo y por tanto con menor presión y menor caudal.
- **Fin Postinyeccion:** la Postinyeccion finaliza cuando la UCE desactiva la electroválvula. La aguja del inyector se cierra por efecto del muelle.

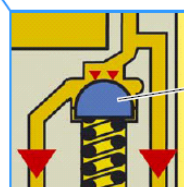


Funcionamiento cámara del muelle y válvula de retención: al abrirse la aguja de la válvula y el gasoil ser impulsado por el conducto de alimentación; vence y abre la válvula de retención entrando el gasoil a presión en la cámara del muelle, lo que ayuda al cierre del inyector y a dar un pretensado al muelle, por la presurización de dicha cámara, para la inyección principal y para la postinyeccion.

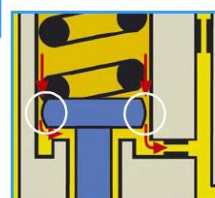
Tras estas fases la cámara es despresurizada por un orificio calibrado mientras el inyector esta en reposo, para realizar la preinyección sin ninguna presión en la cámara del muelle y que la presión sea 130 bares.



Válvula de retención (cerrada)



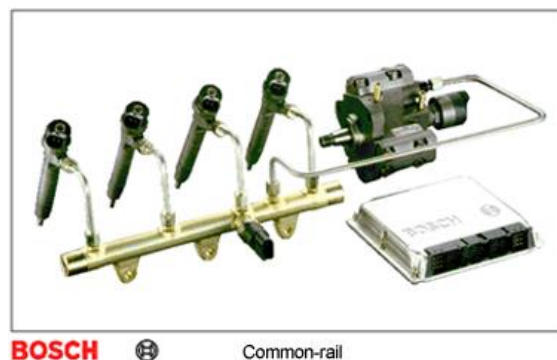
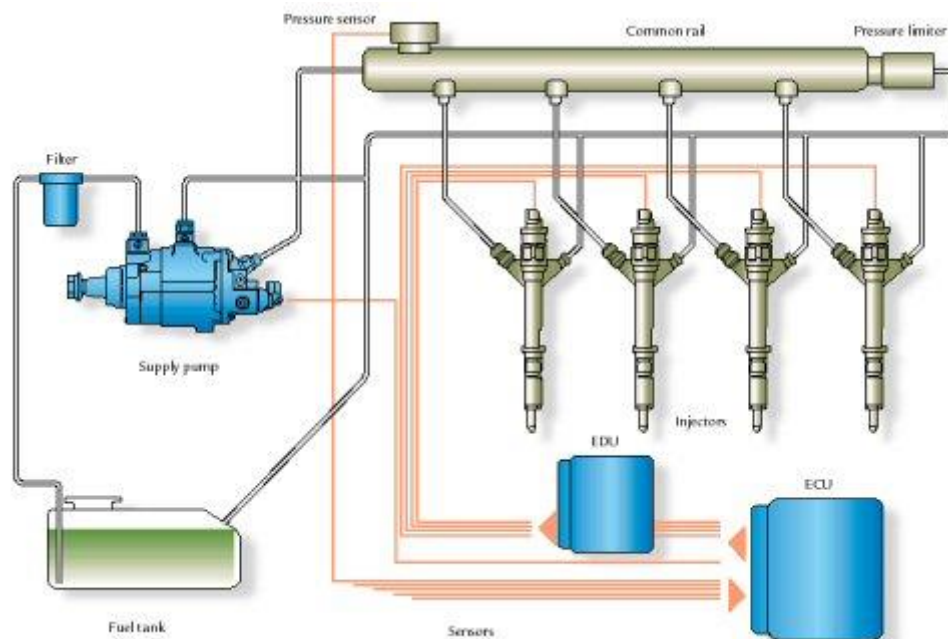
Válvula de retención (abierta)



Common-Rail

El Common Rail es un sistema de inyección de combustible para motores diesel, en que el combustible es aspirado desde el estanque y es enviado por una bomba a alta presión hacia un conductos común del que salen los inyectores. Como las toberas que inyectan el diesel en el cilindro son de menor tamaño y el combustible va a una mayor presión, la pulverización de éste es mucho mayor, lo que facilita la combustión espontánea. El control electrónico es el encargado de variar la presión y cantidad de combustible que es enviado a los cilindros.

El sistema fue aplicado y desarrollado por primera vez por Fiat con la colaboración de Magneti Marelli. El proceso de construcción lo llevó a cabo Bosh, y el primer auto donde fue aplicado fue el Alfa Romeo 156, con motor JTD, el año 1997.

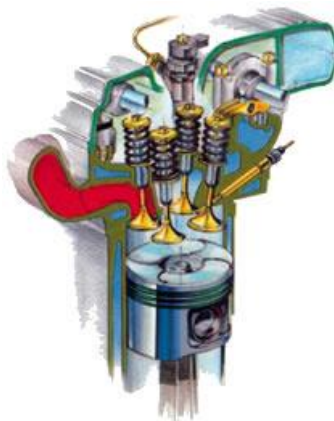
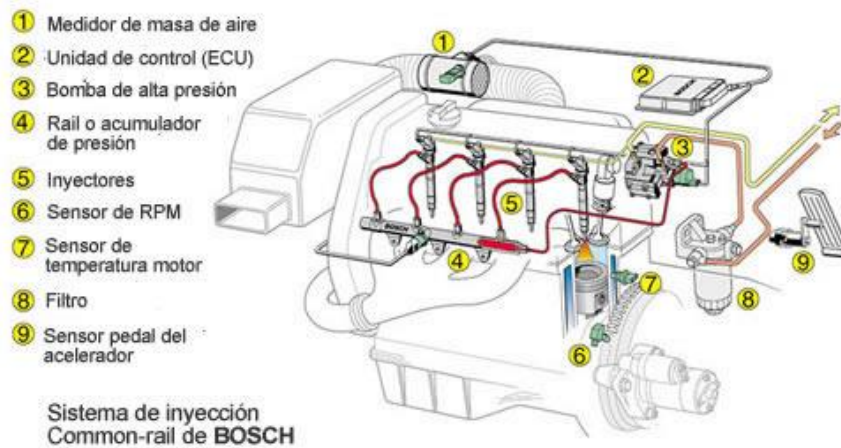


Concepto

La idea esencial que rige el diseño es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el gasoil, principio básico del ciclo Diesel. Para ello se recurre a hacer unos orificios mucho más pequeños, dispuestos radialmente en la punta del inyector (tobera), compensando esta pequeña sección de paso con una presión mucho mayor.

Es esencialmente igual a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la que también hay un conducto común para todos los inyectores, con la diferencia de que en los motores diesel se trabaja a una presión mucho más alta.

El funcionamiento del sistema es el siguiente: el diesel que está en el estanque es aspirado por una bomba, la que lo envía a otra bomba de alta presión. Esta segunda bomba envía el diesel al tubo de distribución, que es de donde sale cada inyector para cada cilindro. El diesel es inyectado a presiones de entre 300 y 1600 bar (los motores Toyota inyectan hasta a 2000 bar, y para tener una comparación, la inyección en motores a gasolina no pasa de los 5 bar) al cilindro, y como las toberas de inyección son más pequeñas, el resultado es que entra al cilindro el diesel mucho más pulverizado (así como un rocío muy fino) lo que facilita la combustión espontánea. La presión de inyección, así como la posibilidad de preinyecciones antes de la inyección principal, son controladas por el computador a bordo, para optimizar la potencia, consumo y el ruido de motor, de acuerdo a la carga y necesidad de potencia que necesita éste.



Sistema MultiJet, de Fiat

La consecuencia de tener preinyecciones de diesel antes de la principal dentro del cilindro, es que se controlan el nivel de ruido y mejoran las prestaciones del motor. Fiat es quien lleva más avanzado este sistema, con su tecnología denominada *MultiJet*, que envía hasta 5 inyecciones previas de diesel al cilindro antes de la principal, mejorando el control sobre la mezcla, y aumentando la presión y temperatura dentro del cilindro.

Los mayores fabricantes en la actualidad de este sistema son Bosch, Denso, Siemens y Delphi.

Funcionamiento

El gasoil almacenado en el depósito de combustible a baja presión es aspirado por una bomba de transferencia accionada eléctricamente y enviado a una segunda bomba, en este caso, de alta presión que inyecta el combustible a presiones que pueden variar desde unos 300 bar hasta entre 1500 y 1600 bar al cilindro, según las condiciones de funcionamiento. Hoy en los motores diesel de Toyota se inyecta el combustible con una presión de 2000 bar.

La bomba de transferencia puede ir montada en la propia bomba de alta presión, accionada por el mecanismo de distribución y sobre todo en el interior del depósito de combustible. El conducto común es una tubería o "rampa" de la que parte una ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La principal ventaja de este sistema es que nos permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar hasta 5 pre-inyecciones antes de la inyección principal con lo que conseguimos preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

Ventajas del common-rail

La principal ventaja de este sistema es que se puede regular la presión en los inyectores en función de la carga motor, de una manera muy precisa, con que se obtiene una regulación del caudal óptima. Por ejemplo al circular el vehículo subiendo a 2000 rpm por una ligera pendiente, la necesidad de par motor y por tanto de potencia = $\text{par motor} \times \text{rpm}$ es mayor que cuando el vehículo circula a las mismas 2000 rpm cuando baja la pendiente. En los sistemas mecánicos anteriores de inyección por bomba, la presión era prácticamente la misma y había que variar el caudal mediante variación del tiempo de inyección actuando sobre el tiempo de compresión de la bomba inyectora.

Valores típicos de presión son 250 bar a ralentí, hasta 2000 bar a plena carga (no necesariamente a revoluciones máximas).

La óptima atomización del combustible por parte de los inyectores hidráulicos de mando electrónico, controlados por una centralita de inyección electrónica, y la alta presión a la que trabaja el sistema hacen que se aumente el par y por tanto la potencia en todo el rango de revoluciones, se reduzca el consumo de combustible y se disminuya la cantidad de emisiones contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Al no haber un mecanismo mecánico que rijan cuándo se debe inyectar el combustible se puede elegir libremente cuándo inyectar, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo.

Esto permite la preinyección que se produce justo antes de la principal, aumentando la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los diesel.

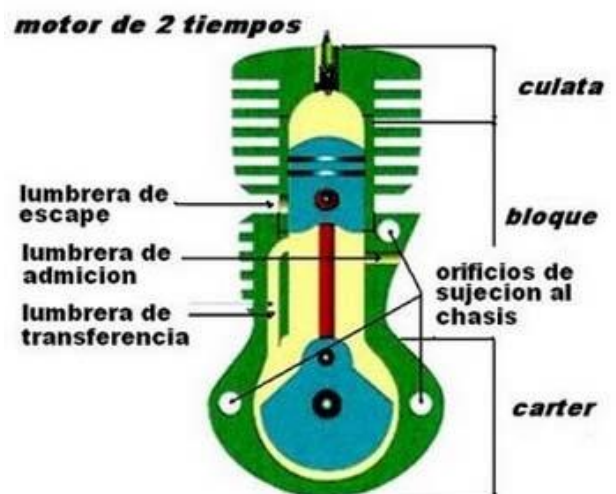
Common-rail en la actualidad

Actualmente, casi todos los automóviles nuevos fabricados en Europa con motor diesel incorporan common-rail identificados bajo distintas siglas según el fabricante (CRDI, CDTI, HDI, JTD, DCI, DTI, HDi TDCI, actualmente se empieza a incorporar en todos los TDI,). Bosch, Siemens, Delphi y Denso son los fabricantes más importantes de estos sistemas. Entre sistemas mencionados existen diferencias considerables en cuanto a la regulación de la presión y el funcionamiento eléctrico de los inyectores, pero básicamente se rigen por la misma forma de trabajo mecánico.

Desde 2003, los automóviles comercializados por Fiat Group Automóviles disponen de una variante más sofisticada del sistema common-rail denominada MultiJet. Esta tecnología permite un mejor control de la mezcla -con hasta cinco inyecciones diferentes por ciclo-, lo que conlleva mejoras en los consumos, prestaciones y menor impacto ambiental. En 2009 se comenzaron a comercializar automóviles con MultiJet II, una segunda versión de este sistema con hasta 8 inyecciones, mejorando todos los parámetros de la anterior.

Motores de 2 tiempos

El motor de dos tiempos, también denominado motor de dos ciclos, es un motor de combustión interna que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, explosión y escape) en dos movimientos lineales del pistón (una vuelta del cigüeñal). Se diferencia del más conocido y frecuente motor de cuatro tiempos de ciclo de Otto, en el que este último realiza las cuatro etapas en dos revoluciones del cigüeñal. Existe tanto en ciclo Otto como en ciclo Diesel.



Funcionamiento

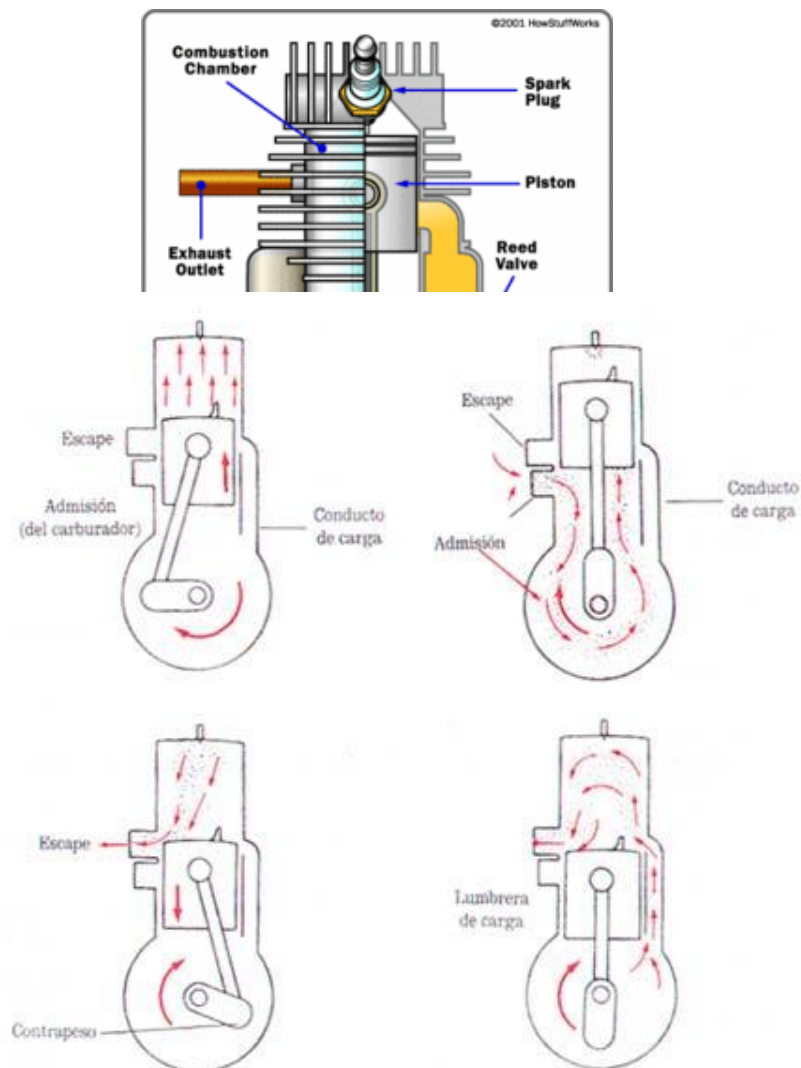
Fase de admisión-compresión

El pistón se desplaza hacia arriba (la culata) desde su punto muerto inferior, en su recorrido deja abierta la lumbrera de admisión. Mientras la cara superior del pistón realiza la compresión en el cárter, la cara inferior succiona la mezcla de aire y combustible a través de la lumbrera. Para que esta operación sea posible el cárter tiene que estar sellado. Es posible que el pistón se deteriore y la culata se mantenga estable en los procesos de combustión.

Fase de explosión-escape

Al llegar el pistón a su punto muerto superior se finaliza la compresión y se provoca la combustión de la mezcla gracias a una chispa eléctrica producida por la bujía. La expansión de los gases de combustión impulsan con fuerza el pistón que transmite su movimiento al cigüeñal a través de la biela.

En su recorrido descendente el pistón abre la lumbrera de escape para que puedan salir los gases de combustión y la lumbrera de transferencia por la que la mezcla de aire-combustible pasa del cárter al cilindro. Cuando el pistón alcanza el punto inferior empieza a ascender de nuevo, se cierra la lumbrera de transferencia y comienza un nuevo ciclo.



Partes que lo componen

Carter

Es la parte metálica del motor que encierra todos los sistemas móviles. El cárter forma la base del motor, es utilizado en las etapas de admisión.

El cárter interviene en la admisión, por tanto, no es posible utilizarlo como depósito de aceite, y es obligado su perfecto sellado y estanqueidad.

El cilindro

El cilindro es la guía del pistón, ajusta con él lo más perfectamente posible, se apoya y sujeta al cárter y se cierra superiormente por la tapa.

Dentro del cilindro se tallan las lumbreras y los transfers, las lumbreras de transferencia que son los responsables del verdadero funcionamiento del motor de 2T.

El carburador

Es el sistema que alimenta al motor con la mezcla de aire-gasolina-aceite. Para ello dosifica la gasolina y la pulveriza en el aire que el motor aspira por el filtro del aire.

El funcionamiento del carburador se basa en el principio de VENTURI, el cual afirma que si una masa de aire se hace pasar por un estrechamiento a una velocidad concreta, dicha masa aumenta la velocidad en dicho estrechamiento y de esta forma el caudal sea constante. Es justamente en este estrechamiento donde el carburador añade la mezcla (gasolina-aceite) al flujo de aire, creando al final de estrechamiento una mezcla de aire-gasolina-aceite pulverizada. El "Cebador" no es más que una tapa que cierra la entrada de aire por la zona de admisión del carburador, de esta forma se enriquece la mezcla.

La tapa

La tapa tiene como misión cerrar el cilindro por arriba y albergar la bujía de encendido. La tapa configura, junto con la cabeza del pistón, la cámara de combustión.

La cámara de combustión que se forma entre la cabeza del pistón y el diseño de la tapa es muy importante y decisiva para el rendimiento del motor. Una forma apropiada facilita el aprovechamiento de la energía liberada en la combustión, facilita el correcto llenado de la mezcla y es eficaz en la eliminación de los gases quemados.

El cigüeñal

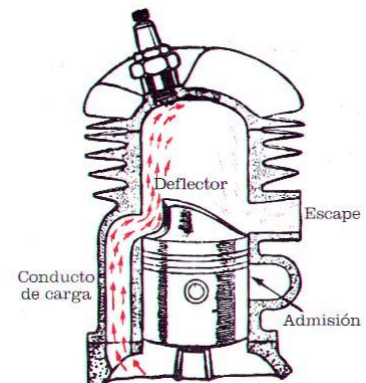
Es un elemento móvil del motor de dos tiempos que se encarga de transformar en movimiento circular, el movimiento de subida y bajada del pistón por dentro del cilindro. Se encuentra dentro del cárter que participa en el proceso de admisión, por tanto es imposible su lubricación desde el exterior ya que el cárter debe ser estanco total.

La biela

La biela transmite al cigüeñal el movimiento de subida y bajada del pistón. No suelen ser desmontables, suelen ser más largas ya que debido al sistema de abertura y cierre de lumbreras, el pistón necesita más carrera a lo largo del cilindro.

Pistón

Se encarga de bombear gases frescos y quemados, se desplaza por el interior del cilindro en un movimiento de subida y bajada a lo largo de su carrera, controla la distribución y aprovecha la energía liberada en la combustión. La cabeza del pistón suele ser plana o ligeramente abombada.



Aros

Los aros se integran en el pistón y son los que sufren la fricción con las paredes del cilindro. Por lo general los aros son dos y de sección rectangular. Deben de ser instalados de forma que sus puntas no puedan engancharse con las lumbreras, por lo general se suelen colocar en la parte de la admisión, salvando en su carrera las ventanas de las lumbreras y los transfers.

El tubo de escape

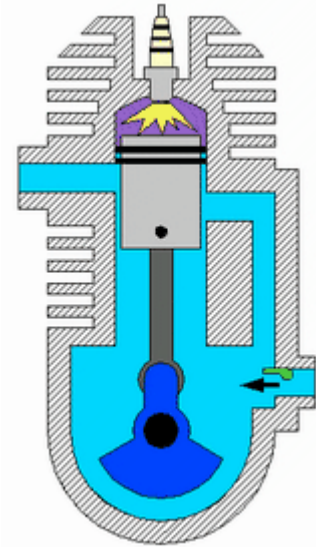
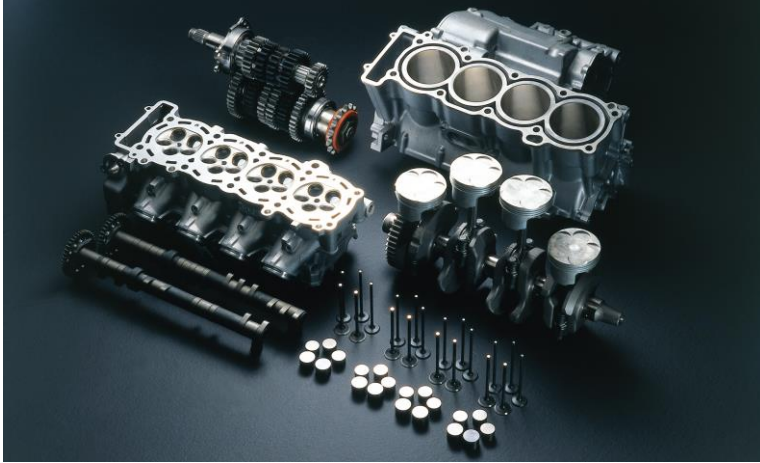
El motor de 2 tiempos está en desventaja frente al de 4 tiempos por la casi falta de control sobre la admisión y escape de gases en el cilindro. Esto le restaría potencia, por la falta de aprovechamiento al 100% de la mezcla si no fuera por el escape, este debe tener una forma que permita generar ondas de depresión y presión en el momento adecuado. Compensando las presiones y depresiones que ese generan con los desplazamientos del pistón. Cada tubo de escape está pensado específicamente para cada motocicleta y no se puede cambiar por otro modelo.

Características y diferencias entre los dos y los cuatro tiempos

El motor de dos tiempos se diferencia en su construcción, del motor de cuatro tiempos Otto en las siguientes características:

- Ambas caras del pistón realizan una función simultáneamente, a diferencia del motor de cuatro tiempos en el que únicamente esta activa la cara superior.
- La entrada y salida de gases al motor se realiza a través de las lumbreras (orificios situados en el cilindro). Este motor carece de las válvulas que abren y cierran el paso de los gases en los motores de cuatro tiempos. El pistón dependiendo de la posición que ocupa en el cilindro en cada momento abre o cierra el paso de gases a través de las lumbreras.
- El cárter del cigüeñal debe estar sellado y cumple la función de cámara de precompresión. En el motor de cuatro tiempos, por el contrario, el cárter sirve de depósito de lubricante.

- La lubricación, que en el motor de cuatro tiempos se efectúa mediante el cárter, en el motor de dos tiempos se consigue mezclando aceite con el combustible en una proporción que varía entre el 2 y el 5 por ciento. Dado que esta mezcla está en contacto con todas las partes móviles del motor se consigue la adecuada lubricación.



Ventajas y desventajas

Ventajas

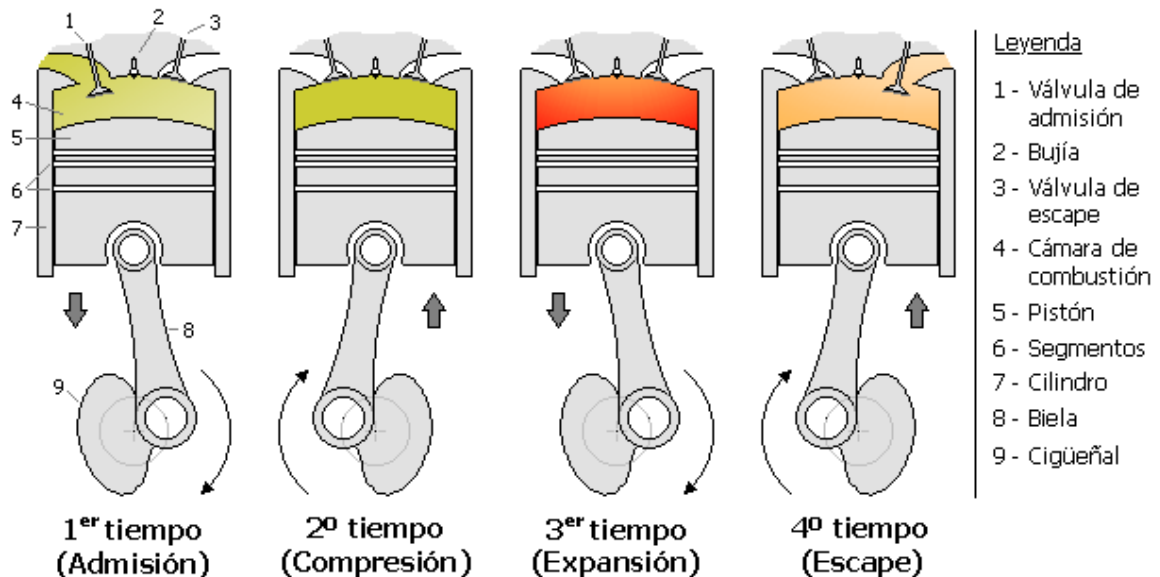
- El motor de dos tiempos no precisa válvulas de los mecanismos que las gobiernan, por lo tanto es más liviano y de construcción más sencilla, por lo que resulta más económico.
- Al producirse una explosión por cada vuelta del cigüeñal, desarrolla más potencia para una misma cilindrada y su marcha es más regular.
- Pueden operar en cualquier orientación ya que el cárter no almacena el lubricante.

Desventajas

- El motor de dos tiempos es altamente contaminante ya que en su combustión se quema aceite continuamente, y nunca termina de quemarse la mezcla en su totalidad.
- Al no quemarse la mezcla en su totalidad en el interior de la cámara de explosión y debido al barrido de los gases de escape mediante la admisión de mezcla, no se aprovecha completamente todo el combustible utilizado y esto genera un rendimiento menor. Por ello, aunque tiene una carrera de trabajo en cada vuelta de cigüeñal, a diferencia de un motor de 4 tiempos que tiene una carrera de trabajo cada dos vueltas, no alcanza a tener el doble de potencia que un motor de cuatro tiempos de la misma cilindrada.
- Al ser un motor cuyo régimen de giro es mayor, sufre un desgaste mayor que el motor de 4 tiempos.

Motores de cuatro tiempos

Se denomina motor de cuatro tiempos al motor de combustión interna alternativo tanto de ciclo Otto como ciclo del diesel, que precisa cuatro carreras del pistón o émbolo (dos vueltas completas del cigüeñal) para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son:



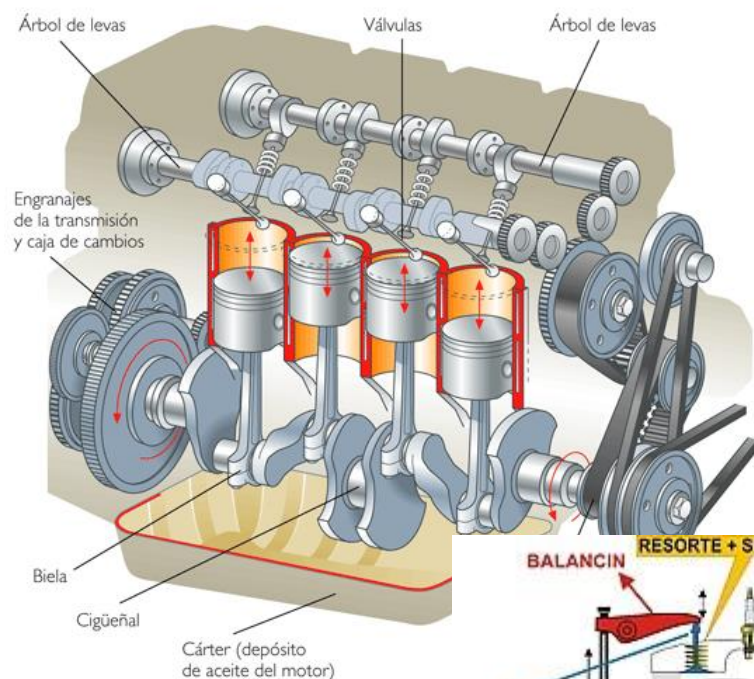
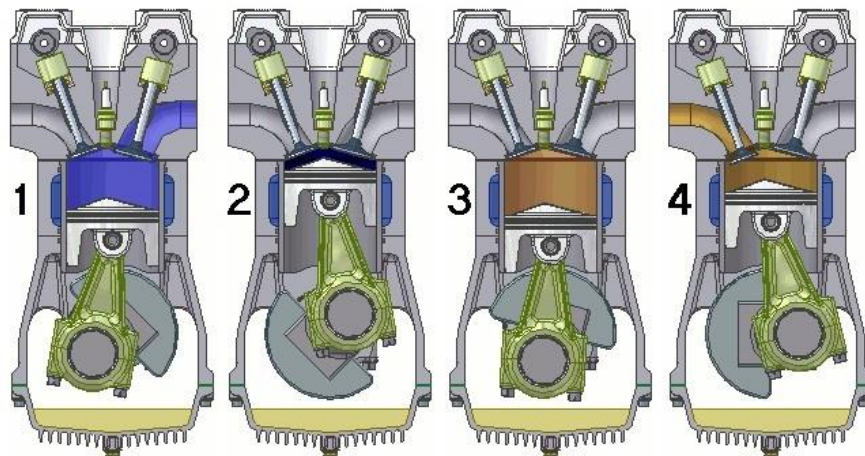
Tiempos del ciclo

Aquí se detallan los diferentes tiempos (actividades realizadas durante el ciclo) y sus características.

- **Primer tiempo o admisión:** en esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado o el aire en motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas da 90° y la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.
- **Segundo tiempo o compresión:** al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180°, y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.
- **Tercer tiempo o explosión/expansión:** al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diesel, se inyecta a través del inyector el combustible muy pulverizado, que se autoinflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° mientras que el árbol de levas da una vuelta, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.

- **Cuarto tiempo o escape:** en esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta.

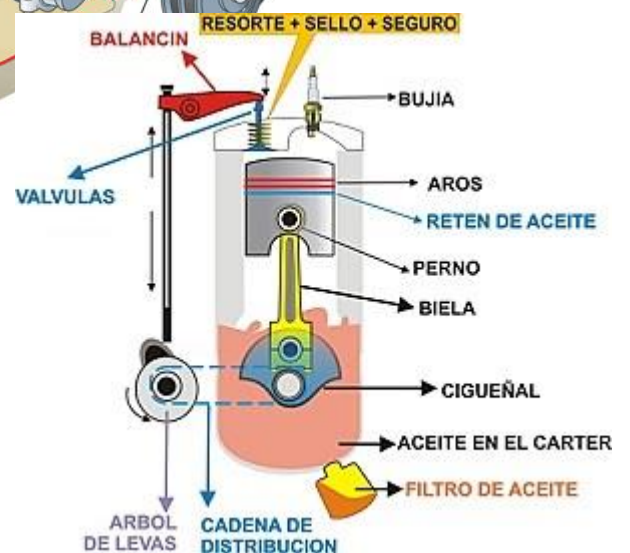
Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de 90°.



Levas

La apertura y cierre de una válvula de un cilindro se consigue mediante un operador muy sencillo, la leva. Una leva es una rueda de forma irregular, que tiene uno o varios salientes redondeados. La leva gira gracias a un eje y se encuentra en contacto con la pieza que tiene que mover.

Como en un motor hay muchas válvulas, hay que conseguir que todas ellas se muevan



coordinadamente. Esto se logra uniendo todas las levas necesarias en un eje, el llamado árbol de levas. En el árbol, las levas están situadas con diferente inclinación. Esto hace que, cuando el árbol gira, las diferentes levas abran o permitan el cierre de válvulas diferentes, con una secuencia determinada.

Naturalmente, el árbol de levas tiene que estar coordinado con el cigüeñal, y también con el mecanismo que controla el orden de encendido de las bujías.



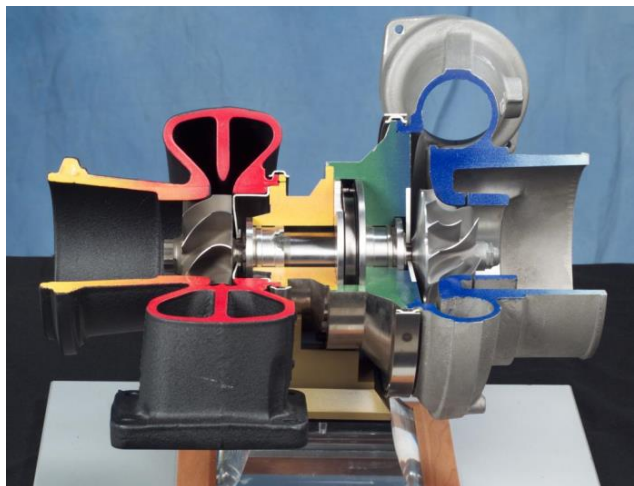
Turbocompresor

Sistema de sobrealimentación que usa una turbina centrífuga para accionar, un compresor centrífugo para comprimir gases. Este tipo de sistemas se suele utilizar en motores de combustión interna alternativos, especialmente en los motores diesel.

Funcionamiento

Consiste en una turbina accionada por los gases de escape del motor de explosión, en cuyo eje se fija un compresor centrífugo que toma el aire a presión atmosférica después de pasar por el filtro de aire y luego lo comprime para introducirlo en los cilindros a mayor presión que la atmosférica.

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

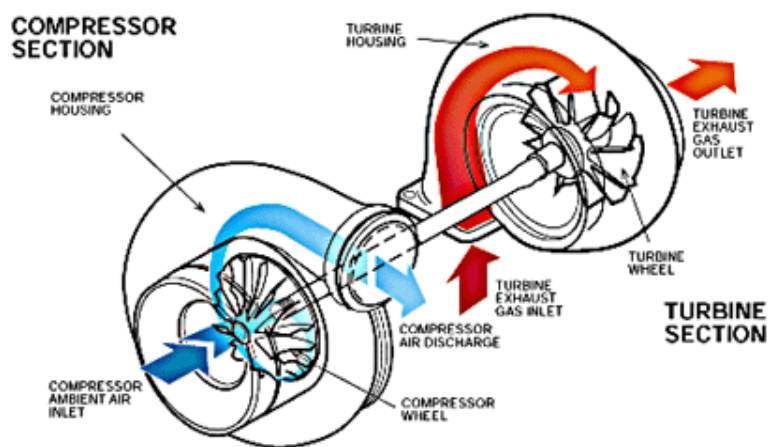


El aire entra al compresor axialmente, saliendo radialmente, con el efecto secundario negativo de un aumento de la temperatura. Este efecto se contrarresta en gran medida con el intercooler.

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

En los diesel la masa de aire no es proporcional al caudal de combustible, siempre entra aire en exceso al carecer de mariposa, por ello es en este tipo de motores en donde se ha encontrado su máxima aplicación (motor turbodiesel).

Como la energía utilizada para comprimir el aire de admisión proviene de los gases de escape, que se desecha en un motor atmosférico, no resta potencia al motor cuando el turbocompresor está trabajando, tampoco provoca pérdidas fuera del rango de trabajo del turbo, a diferencia de otros, como los sistemas con compresor mecánico (sistemas en los que el compresor es accionado por una polea conectada al cigüeñal).

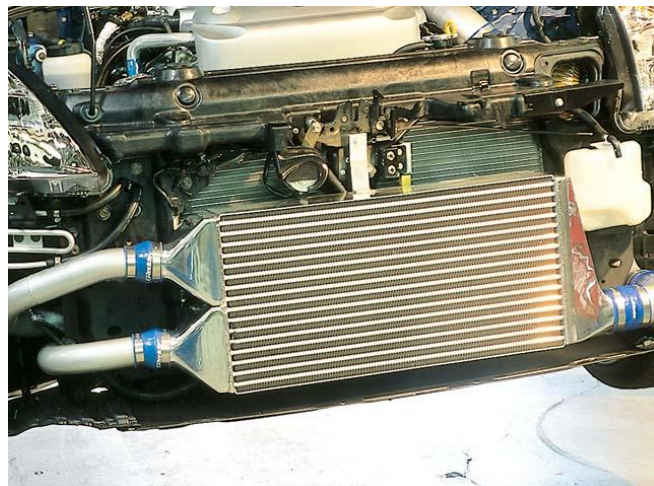


Turbo Intercooler

El aire, al ser comprimido, se calienta y pierde densidad; es decir, en un mismo volumen tenemos menos masa de aire, por lo que es capaz de quemar menos combustible y, en consecuencia, se genera menos potencia. Además, al aumentar la temperatura de admisión aumenta el peligro de detonación y se reduce la vida útil de muchos componentes por exceso de temperatura, y sobreesfuerzos del grupo térmico.

Para disminuir esta problemática se interpone entre el turbocompresor y la admisión un "intercambiador de calor" o "intercooler". Este sistema reduce la temperatura del aire, con lo que se aumenta la densidad de éste.

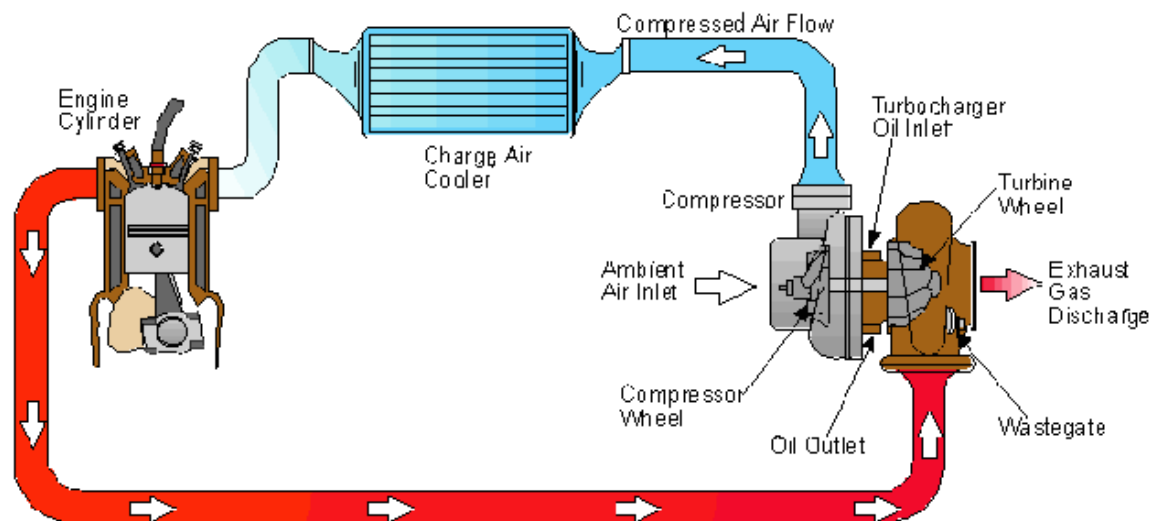
Los intercambiadores de calor provocan una caída de presión, por lo que se disminuye la densidad del aire, aunque en muchos casos es necesario



instalar uno para evitar la detonación o auto ignición.

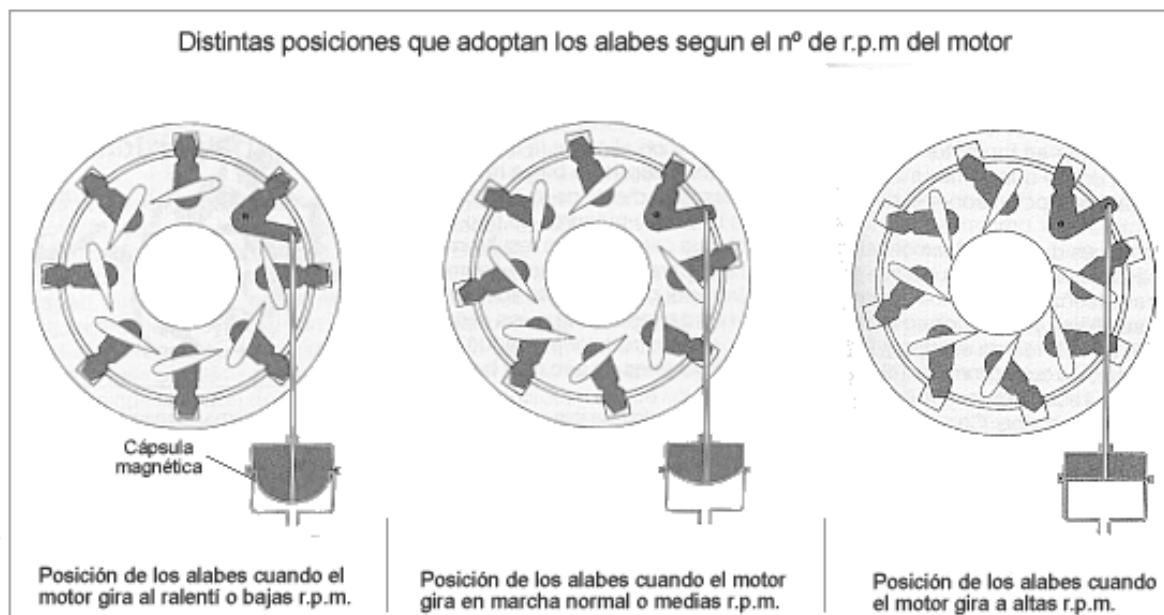
Tipos de intercoolers:

1. Aire/aire: en estos el aire comprimido intercambia su calor con aire externo.
2. Aire/agua: el aire comprimido intercambia su calor con un líquido que puede ser refrigerado por un radiador o, en algunas aplicaciones, con hielo en un depósito ubicado en el interior del coche.
3. Criogénicos: se enfría la mezcla mediante la evaporación de un gas sobre un intercambiador aire/aire.



Turbocompresor de geometría variable VTG

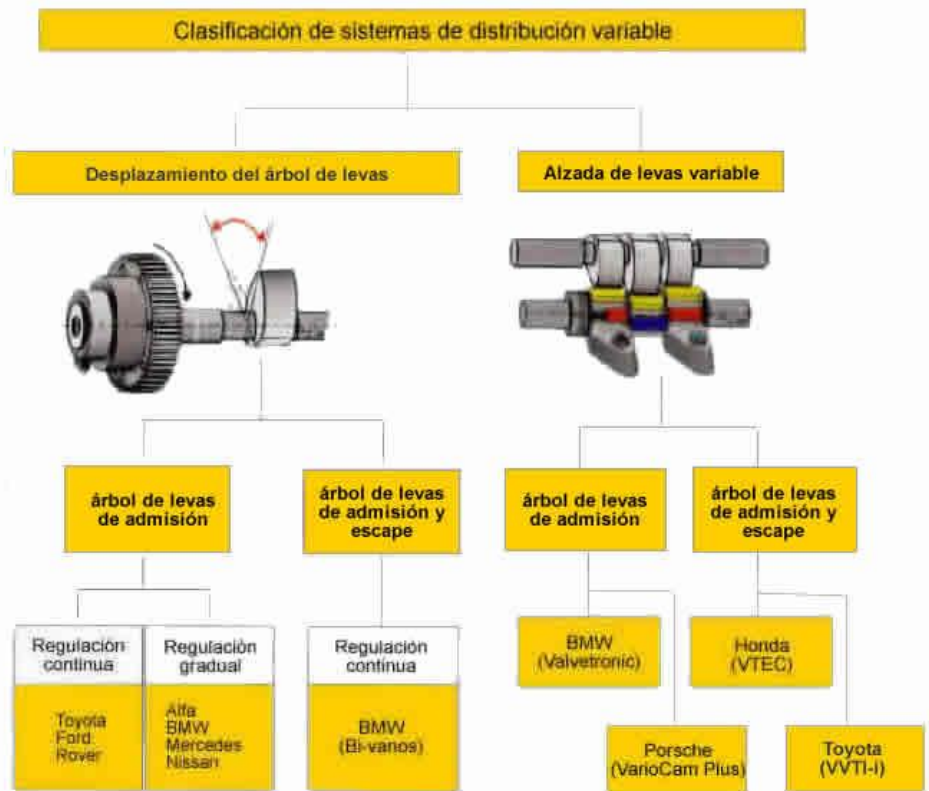
Consiste en un turbocompresor que tiene un mecanismo de "aletas" llamadas álabes móviles que se abren y cierran haciendo variar la velocidad de los gases de escape al entrar en la turbina, a menor caudal de gases de escape (bajas revoluciones) se cierra el paso entre los álabes provocando que los gases aumenten la velocidad al entrar en la turbina, a mayor caudal



(altas revoluciones) necesitamos más paso y estos se abren. Esto nos permite tener una presión de trabajo muy lineal en todo el régimen de trabajo del turbocompresor.

Sistemas de distribución variable

Sistema que permite modificar los ángulos de apertura de las válvulas para aumentar el tiempo de llenado y vaciado del cilindro cuando el motor gira alto de vueltas y el tiempo disponible para ello es menor. Estos sistemas permiten utilizar el tiempo óptimo de apertura y cierre de las válvulas a cualquier régimen de giro del motor. Según el fabricante del sistema, se utilizan diferentes soluciones que modifican el calado de los árboles de levas, hacen actuar otra leva a altas revoluciones o modifican por medio de excéntricas la posición del árbol de levas sobre sus apoyos.



Hay dos sistemas fundamentales a la hora de variar la distribución:

- Variación de la alzada de válvula, con ello se consigue modificar simultáneamente el avance y cierre de la válvula, además de disminuir el área de paso de los gases frescos.
- Desplazamiento del árbol de levas con respecto al cigüeñal.

De la combinación de estos dos movimientos es posible ajustar cada uno de los ángulos de manera independiente al valor deseado.

Vehículo híbrido

Un vehículo híbrido es un vehículo de propulsión alternativa combinando un motor movido por energía eléctrica proveniente de baterías y un motor de combustión interna.

A nivel mundial en 2009 ya circulaban más de 2,5 millones de vehículos híbridos eléctricos livianos, liderados por Estados Unidos con 1,6 millones, seguido por Japón (más de 640 mil) y Europa (más de 235 mil). A nivel mundial los modelos híbridos fabricados por Toyota Motor Corporation sobrepasaron la marca histórica de 2 millones de vehículos vendidos en agosto de

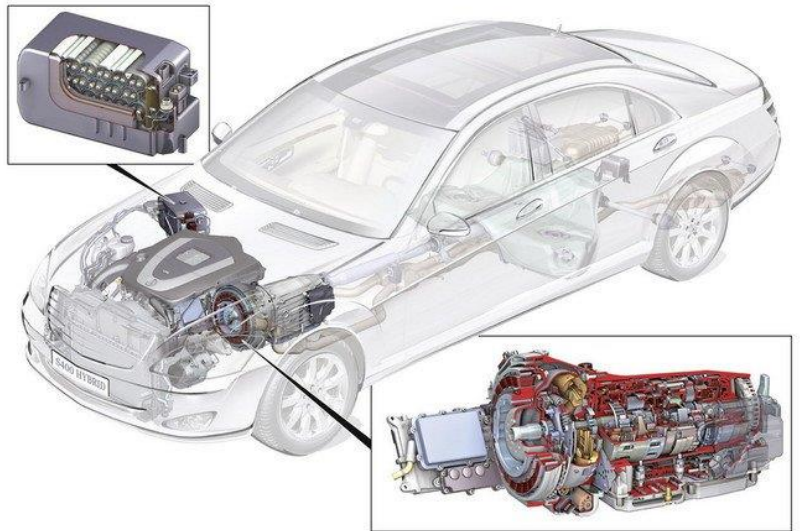
2009, que es seguida por Honda Motor Co., Ltd. con más de 300 mil híbridos vendidos hasta enero de 2009, y Ford Motor Corporation, con más de 122 mil híbridos vendidos hasta finales de 2009.

Constitución básica

- Un motor térmico MT, en un extremo del grupo motopropulsor
- Un motor eléctrico MG1 situado a continuación de MT
- Un motor eléctrico MG2 en el extremo opuesto a MT
- Un mecanismo de tracción basado en un tren epicycloidal y una cadena de arrastre situado entre MG1 y MG2

Funcionamiento

- MG1 carga la batería de alto voltaje y pone en marcha al motor térmico MT
- MG2 es el que arrastra el vehículo en todas las circunstancias, bien solo o bien cooperando con MT, y hace la función de generador durante la frenada. Su alimentación es alterna trifásica. Transmite su par a la corona del tren epicycloidal, la cual es solidaria con el piñón de arrastre de la cadena.



Ventajas y desventajas

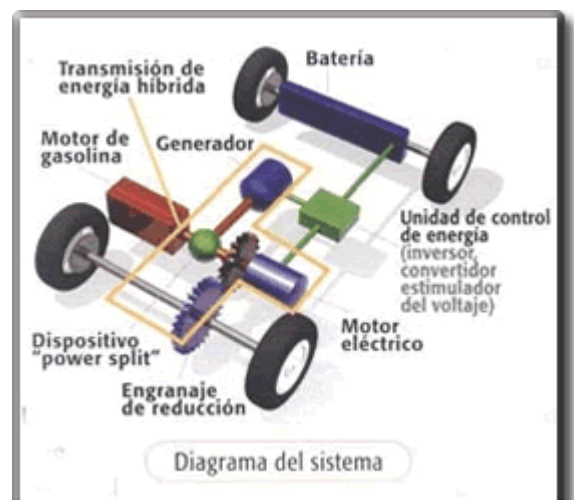
Desventajas

- Toxicidad de las baterías que requieren los motores eléctricos.
- Utilización importante de materias escasas (neodimio y lantano en el caso del Prius).
- Mayor peso que un coche convencional (hay que sumar el motor eléctrico y, sobre todo, las baterías), y por ello un incremento en la energía necesaria para desplazarlo.
- Más complejidad, lo que dificulta las revisiones y reparaciones del mismo.
- Por el momento, también el precio.

Ventajas

- Mayor eficiencia en el consumo de combustible
- Reducción de las emisiones contaminantes

- Menos ruido que un motor térmico.
- Más par y más elasticidad que un motor convencional.
- Respuesta más inmediata.
- Recuperación de energía en desaceleraciones (en caso de utilizar frenos regenerativos).
- Mayor autonomía que un eléctrico simple.
- Mayor suavidad y facilidad de uso.
- Recarga más rápida que un eléctrico (lo que se tarda en llenar el depósito).
- Mejor funcionamiento en recorridos cortos y urbanos.
- En recorridos cortos, puede funcionar sin usar el motor térmico, evitando que trabaje en frío y disminuyendo el desgaste.
- El motor térmico tiene una potencia más ajustada al uso habitual. No se necesita un motor más potente del necesario por si hace falta esa potencia en algunos momentos, porque el motor eléctrico suple la potencia extra requerida. Esto ayuda además a que el motor no sufra algunos problemas de infrautilización como el picado de bielas.
- Instalación eléctrica más potente y versátil. Es muy difícil que se quede sin batería por dejarse algo encendido. La potencia eléctrica extra también sirve para usar algunos equipamientos, como el aire acondicionado, con el motor térmico parado.
- Descuento en el seguro, por su mayor nivel de eficiencia y menor grado de siniestralidad.
- En algunos países como México, adquirir un auto híbrido trae consigo beneficios fiscales, como la deducibilidad en el Impuesto sobre la Renta y tasa 0% en el Impuesto de la tenencia o uso de vehículos.



Videos

Motores de dos tiempos:

<http://www.youtube.com/watch?v=e9-kRh1s18Y>

Motores de cuatro tiempos:

<http://www.youtube.com/watch?v=HJbSKmdUT50&feature=related>

Motor rotativo:

<http://www.youtube.com/watch?v=eo1MSH4aTQs&feature=related>

Sistema distribución variable

<http://www.youtube.com/watch?v=6I53liuuhc4>

Turbocompresor de geometría variable

<http://www.youtube.com/watch?v=hzCyjSaDsuE>

Turbocompresor

<http://www.youtube.com/watch?v=ojhRVMnFRXU>

Vehículos híbridos

<http://www.youtube.com/watch?v=6dwqzBD-kUs>