

1.7L
92kW E
125PS



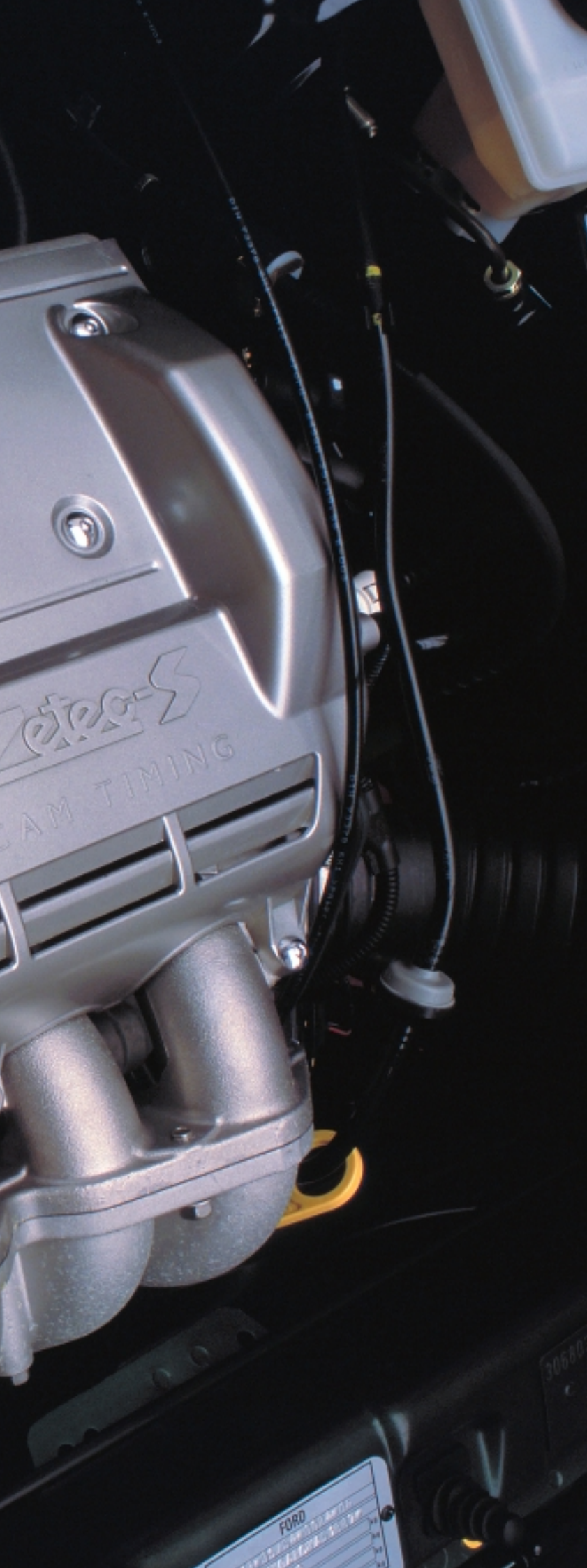
16V Z

VARIABLE

Capítulo 4

Motores

Desde el primer motor de cuatro tiempos, presentado por Nikolas Otto en 1878, durante la Exposición Universal de París, hasta los modernos motores que incorporan los vehículos actuales, se han producido multitud de cambios y mejoras en sus materiales, diseño y construcción. No obstante, el principio de funcionamiento continúa invariable desde los primeros tiempos: aspirar aire, comprimirlo, provocar una combustión y aprovechar la fuerza de los gases resultantes al expandirse.



El motor de cuatro tiempos

Recibe su nombre de los cuatro movimientos que debe realizar el pistón dentro del cilindro para completar un ciclo.

Durante dicho ciclo, el motor debe aspirar aire, comprimirlo, provocar una combustión y expulsar los gases procedentes de dicha combustión para dejar el cilindro listo para un nuevo ciclo. Estas cuatro acciones dan nombre a cada uno de los tiempos: admisión, compresión, explosión y escape.

Cuando el combustible utilizado es gasóleo, hablaremos de motores diesel, y de motores de gasolina, cuando se emplea esta última como combustible.

Los elementos del motor que intervienen en este ciclo son: el **cilindro**, que es la cámara

donde se lleva a cabo el proceso de combustión; la **culata** que, situada sobre el cilindro, dispone de unas válvulas que permiten la entrada y salida del aire y los gases del interior del cilindro; el **pistón**, émbolo que se desplaza por el interior del cilindro; y la **biela**, que transmite el movimiento de subida y bajada del pistón a un eje, denominado **cigüeñal**, al que hace girar. El tiempo de **admisión** comienza con la entrada de aire en el cilindro, a través de la válvula de admisión, provocada por el descenso del pistón en su interior.

Si se trata de un motor tradicional de gasolina, el aire va mezclado con gasolina. Si es un diesel o un motor de gasolina de inyección directa, solamente entrará aire.

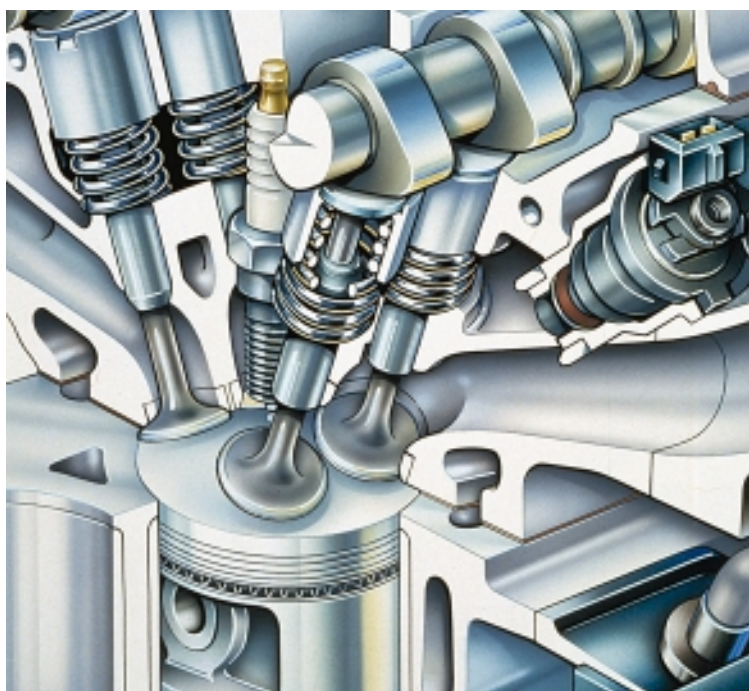
Con el cierre de la válvula de admisión y el ascenso del pistón dentro del cilindro, comienza el tiempo de **compresión**.

Cuando el pistón sube, comprimiendo los gases, el espacio entre pistón y culata queda reducido a un volumen muy pequeño; esta relación entre el volumen en el cilindro cuando el pistón está en el punto inferior del recorrido (punto muerto inferior) y el punto superior (punto muerto superior), es lo que se denomina relación de compresión. La relación de compresión en los motores de gasolina está situada en torno 10 a 1. En los motores diesel esta relación de compresión puede ser incluso superior a 20:1.

Cuando el pistón alcanza la parte más alta de su recorrido, se provoca el salto de una chispa en una bujía, que ocasiona una **explosión**, que da nombre al tercer tiempo del ciclo, empujando los gases resultantes al pistón nuevamente hacia abajo.

Tratándose de motores diesel, la chispa es sustituida por una pulverización de combustible y la explosión se produce espontáneamente, debido a la temperatura alcanzada por la alta presión creada por el pistón en el interior del cilindro.

Los motores de gasolina de **inyección directa** reciben su nombre de la pulverización de combustible realizada directamente en el interior del cilindro, precisando, al igual que los de gasolina normales, de una chispa para que se produzca la explosión.

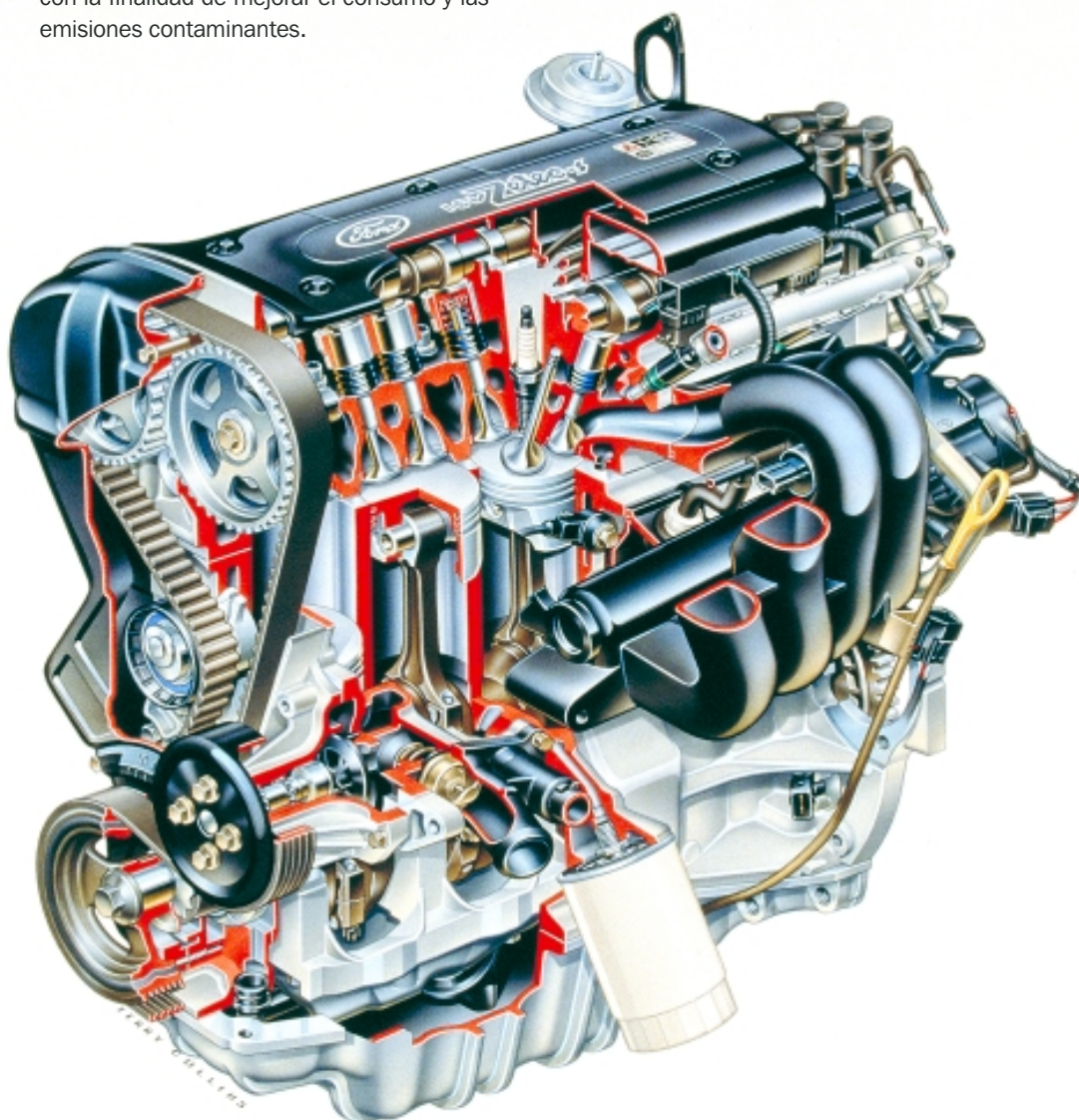


Este es el tiempo en el que el motor genera la energía que mueve el vehículo, ya que en los otros tres (admisión, compresión y escape), el pistón se desplaza por la inercia del cigüeñal y la energía generada en otros cilindros si se trata de un motor pluricilíndrico.

Cuando el pistón inicia nuevamente su ascenso por el cilindro, la válvula de escape de la culata se abre, expulsándose los gases producidos durante la combustión. Este es el cuarto tiempo del ciclo, denominado de **escape**.

Los motores de los automóviles actuales del mercado europeo varían entre cuatro, cinco, seis, ocho, diez y hasta doce cilindros. También han surgido motores de tres cilindros, con la finalidad de mejorar el consumo y las emisiones contaminantes.

Por lo general, los motores con cilindradas (capacidad máxima de los cilindros de un motor) entre 1.000 y 2.000 cm³ son de cuatro cilindros, que es la solución más equilibrada y extendida hoy en día. No obstante, existen también bastantes vehículos con motores de cinco y seis cilindros, generalmente para mayores cilindradas. Ford ha optado por motores de cuatro cilindros para sus modelos de hasta 2.000 cm³, **Zetec y Endura**, y por el motor de 6 cilindros en V para los motores de 2.500 cm³, **Duratec**, o superiores como el del Explorer de 4.000 cm³.



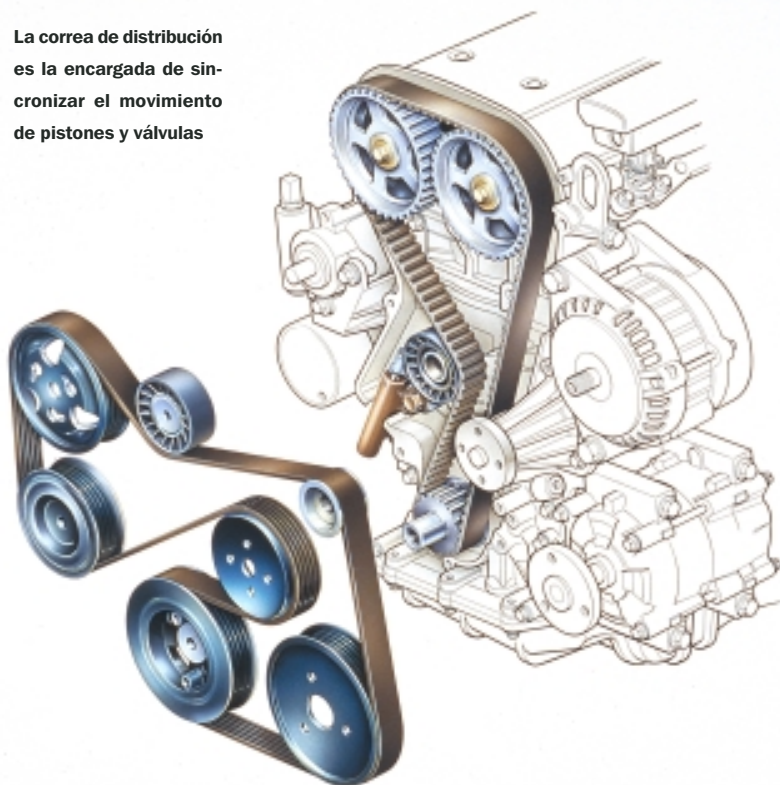
Los motores Ford Zetec incorporan las últimas innovaciones en motores de gasolina

Distribución

Lógicamente, el movimiento de pistones y válvulas en un motor debe estar precisamente sincronizado, de forma que los cuatro tiempos se sucedan uno tras otro en todos los cilindros del motor. El mecanismo que se encarga de producir tal sincronización entre el movimiento de los pistones y la apertura de las válvulas se denomina distribución. La distribución se realiza uniendo mecánicamente el piñón del cigüeñal con un eje que produce la apertura de las válvulas al girar, denominado **árbol de levas**. Como en el motor de cuatro tiempos la renovación de gases en el cilindro es cada dos vueltas de cigüeñal, y el árbol de levas abre cada válvula una vez por vuelta, el árbol de levas debe girar a la mitad de velocidad que el cigüeñal, es decir, el piñón del árbol de levas debe tener el doble de diámetro que el piñón del cigüeñal.

En un motor real, la apertura y cierre de válvulas no coincide exactamente con lo descrito anteriormente, sino que existen unos ángulos de desfase entre las aperturas y cierres y los pasos del pistón por el PMS y el PMI.

La correa de distribución es la encargada de sincronizar el movimiento de pistones y válvulas



De este modo, la válvula de admisión se abre unos grados antes de que el pistón alcance el PMS (**avance a la apertura de admisión. AAA**), con el fin de que comience a entrar aire antes y se consiga un mejor llenado del cilindro.

Cuando el pistón alcanza el PMI, la válvula de admisión no se cierra, sino que permanece abierta unos grados más de giro de cigüeñal (**retraso al cierre de admisión. RCA**) para permitir una mayor entrada de aire.

Por su parte, la válvula de escape se abre unos grados antes de que el pistón alcance el PMI en su carrera motriz (explosión). Este ángulo que se adelanta a la apertura de la válvula de escape se denomina **avance a la apertura de escape (AAE)**.

Tampoco la válvula de escape se cierra cuando el pistón alcanza el PMS, sino que permanece abierta unos grados más. Este ángulo de desfase se designa como **retraso al cierre de escape (RCE)**. La finalidad de estos dos ángulos es conseguir una mejor limpieza del cilindro. Todos estos ángulos, llamados **cotas de distribución**, son característicos para cada motor.

La unión entre cigüeñal y árbol de levas se puede realizar mediante engranajes, correa dentada o cadena, siendo las dos últimas –especialmente la correa dentada– las más usadas hoy en día. La correa dentada presenta como ventaja, frente a la cadena, el bajo ruido que origina; la ventaja de la cadena reside en el bajo mantenimiento que necesita. Ford emplea la distribución por correa dentada en sus motores de gasolina Zetec, una distribución mixta de correa y cadena en el motor Endura-DI diesel y por cadenas en el Duratec.

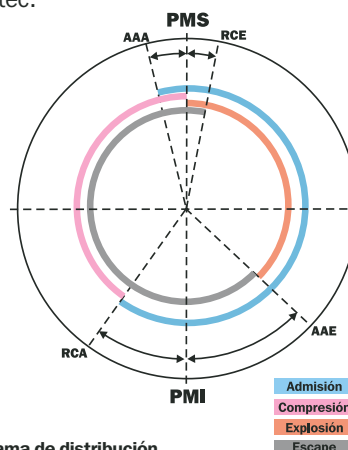


Diagrama de distribución

Sistema de refrigeración

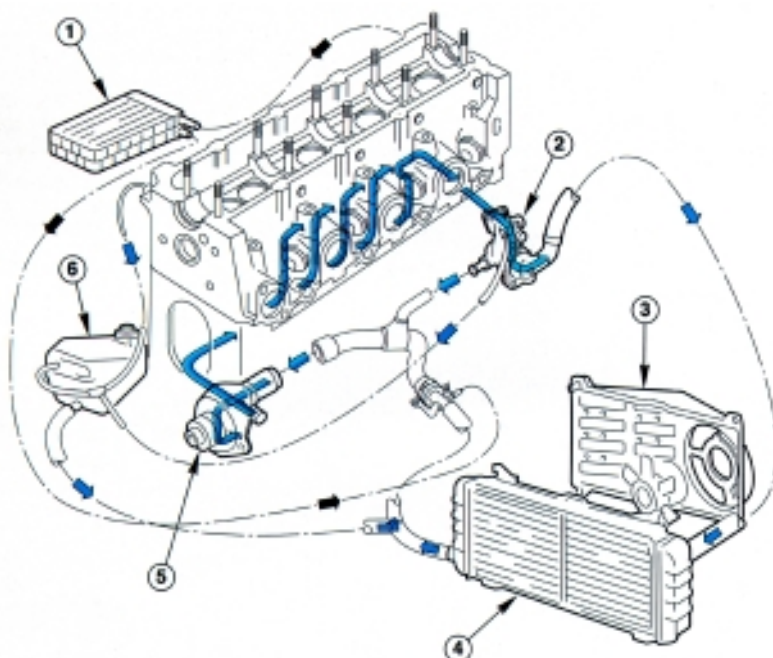
Durante el funcionamiento del motor se produce una gran cantidad de calor que es necesario evacuar, con el fin de no comprometer la resistencia mecánica de las piezas, evitar la combustión del aceite de engrase del cilindro y fenómenos de detonación o autoencendido de la mezcla. Por ello, se hace necesaria la refrigeración forzada de elementos tales como la culata, las paredes de los cilindros y las válvulas. Dicha refrigeración puede obtenerse por aire directamente, o mediante un elemento refrigerante intermedio entre las piezas y el aire.

La refrigeración por aire consiste en dirigir el flujo de aire generado por la marcha del vehículo y por un ventilador hacia el motor, mediante canalizaciones. Hoy en día se halla prácticamente en desuso.

La refrigeración por agua es la que más se utiliza en la actualidad, debido a que cumple requisitos fundamentales como un bajo nivel de ruidos, consumo contenido, limitaciones en el nivel de gases de escape emitidos y mayor duración de la mecánica.

Como medio refrigerante, aunque se denominan sistemas de refrigeración por agua, se emplean líquidos refrigerantes. Estos líquidos, aparte de ejercer una acción de protección contra la corrosión, tienen un punto de congelación más bajo que el agua y,

Esquema de un circuito de refrigeración



El nivel del refrigerante puede comprobarse en el vaso de expansión

a la vez, un punto de ebullición más alto, con lo que poseen un margen de trabajo, que va desde varios grados centígrados bajo cero hasta más de 100 grados.

Ford utiliza sistemas presurizados, lo que permite trabajar con temperaturas superiores sin que se produzca ebullición, para un mejor rendimiento térmico del motor.

En estos sistemas, el motor está provisto interiormente de cavidades y conductos por los que circula el refrigerante, que permiten que se encuentre en contacto con el lado exterior de las paredes de los cilindros y la culata. El líquido circula mediante una **bomba** (5) accionada por el motor con los engranajes apropiados.

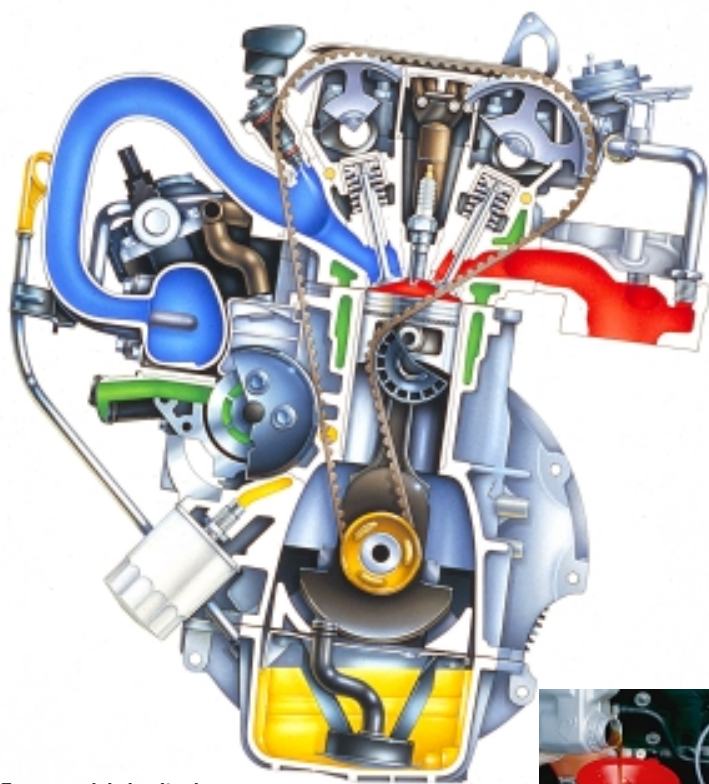
El sistema de refrigeración precisa, además, de un **radiador** (4) para enfriar el refrigerante, por el cual se hace pasar el aire que genera la marcha del vehículo.

Para la refrigeración a bajas velocidades, se dispone un **ventilador** accionado, por lo general, eléctricamente. Sin embargo, para vehículos de grandes dimensiones, no resulta rentable este tipo de accionamiento, por lo que se recurre a un ventilador accionado por correa, aprovechando el giro del motor.

En el sistema se debe instalar también un regulador de la temperatura del refrigerante, ya que, en caso contrario, el margen de variación de ésta sería muy amplio, pudiendo afectar al desgaste de las piezas, al consumo de combustible y a la composición de los gases de escape.

La función de regulador la cumple normalmente un **termostato** (2), que acciona una válvula que regula el paso de refrigerante por el radiador, consiguiendo mantener una temperatura constante y elevada del refrigerante (en torno a 90 °C) a la salida del radiador (después del enfriamiento). Esta condición es también necesaria para obtener un buen funcionamiento de la **calefacción** (1) del vehículo.

En los motores que equipan el Ford Focus y el Ford Cougar, se ha dispuesto un sensor de temperatura del motor directamente sobre la culata, en lugar de sobre el líquido refrigerante. Esto tiene la ventaja de que la información de temperatura es más directa y la unidad de control del motor puede tomar las medidas necesarias para evitar el sobrecalentamiento de manera automática.



Esquema del circuito de engrase de un motor (en amarillo)



Una buena lubricación es vital para prolongar la vida del motor

Sistema de lubricación

En un motor existen una serie de piezas metálicas sometidas a fricción durante su funcionamiento. Esta fricción provoca sobre ellas calentamiento y desgaste. Por las condiciones de funcionamiento de un motor, el calentamiento de las piezas es tan elevado que llegarían a fundirse, produciéndose lo que se conoce como *gripado*. Para que esto no ocurra, es necesario reducir el rozamiento mediante aceite de lubricación.

El aceite de lubricación se distribuye, a través del sistema de lubricación, a todos los puntos del motor que es necesario mantener engrasados. En los primeros motores de explosión se usaba el engrase por barboteo, que consistía en aplicar el lubricante por el motor, haciendo que las bielas, al sumergirse en el cárter, repleto de aceite, provocaran salpicaduras que llegaban al resto del motor. Hoy en día, prácticamente todos los motores emplean un sistema de lubricación a presión, en el cual el aceite se distribuye a través de un sistema de conductos trazados en el interior del bloque motor.

En un circuito de lubricación a presión, ésta se consigue mediante una bomba accionada por el cigüeñal del motor. Esta bomba succiona el aceite del cárter y, tras hacerlo pasar por un filtro, lo impulsa, a presión, a través de los diferentes conductos de lubricación. Desde ellos, el aceite vuelve de nuevo al cárter por gravedad, donde se almacena y refrigera, tras haber pasado por las zonas más calientes del motor, en las que, además de cumplir la misión de lubricante, desempeña la de refrigerante.

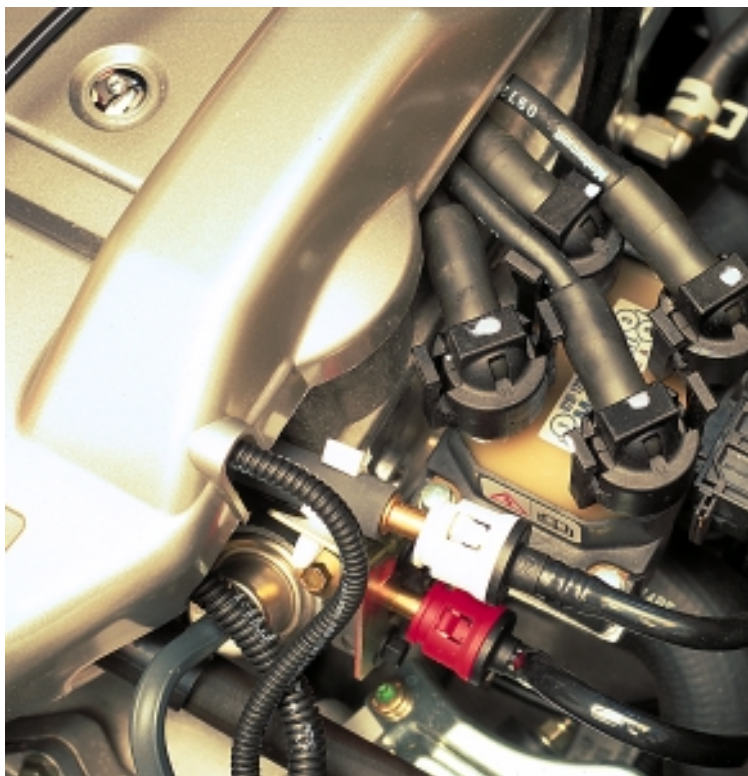
En algunos vehículos no es suficiente el enfriamiento que sufre el aceite en el cárter y es necesario disponer un radiador auxiliar en el circuito.

Aparte de las funciones ya mencionadas de lubricación y refrigeración, el aceite debe procurar la estanqueidad necesaria entre las piezas, mediante una fina película que se interponga entre ellas; por ejemplo, entre el cilindro y el pistón.

Asimismo, el aceite también debe ser capaz de arrastrar una serie de impurezas que se generan durante la combustión, partículas extrañas, combustible sin quemar, y llevarlas hasta el filtro de aceite para que queden allí retenidas.

Motores de gasolina

El motor de gasolina, a pesar de la revolución tecnológica experimentada en los últimos años en torno al diesel, continúa siendo el tipo de motor más utilizado. La revolución tecnológica también le ha afectado, pasando de los sistemas de carburador de hace años a los actuales modelos con gestión electrónica de inyección y encendido, así como a los últimos desarrollos de inyección directa de gasolina.



En los motores actuales se ha sustituido el tradicional distribuidor por sistemas de encendido estáticos

Sistema de encendido

Para que tenga lugar la combustión de la mezcla de aire y gasolina en los motores que utilizan este tipo de combustible, es necesario aportar una energía externa que la inicie. Esta energía se obtiene de una chispa eléctrica, que se hace saltar en el momento oportuno entre los electrodos de una **bujía**. El conjunto de mecanismos que generan la alta tensión necesaria para el salto de la chispa y de sincronizarla con el movimiento de los pistones se conoce como sistema de encendido.

Desde hace algunos años, Ford ha simplificado este sistema, eliminando elementos mecánicos e integrando en el calculador electrónico la gestión del sistema de inyección y encendido. Con ello, aparte de incrementar el rendimiento y la eficacia del sistema, se distancian más las operaciones de mantenimiento y se reducen las posibilidades de avería.

En este nuevo sistema, es la unidad electrónica la encargada de determinar cuándo y en qué cilindro debe saltar la chispa provocada por la bujía.

La energía necesaria para conseguir la chispa se obtiene de la batería del vehículo. Dado que ésta proporciona una tensión de sólo 12 voltios, es necesario un elemento que eleve dicha tensión: un transformador de tensión, conocido como **bobina de encendido**.

Para aprovechar al máximo la energía que se libera durante la combustión, la chispa debe saltar en la bujía un poco antes de que el pistón alcance el punto más alto de su recorrido. Esto es lo que se conoce como **avance del encendido**. Para poder determinar correctamente este avance, la unidad electrónica tendrá en cuenta factores como el número de revoluciones del motor, la posición del acelerador y la temperatura del motor.

Sistema de inyección

Ford ha sustituido los antiguos sistemas de alimentación por carburador, por modernos sistemas de inyección de gasolina gestionados electrónicamente, fundamentalmente porque aportan las siguientes ventajas:

- Consumo más reducido
- Menos emisiones contaminantes
- Mayor potencia

Estas prestaciones que ofrecen los sistemas de inyección se obtienen gracias a su mayor precisión a la hora de preparar la mezcla aire-gasolina, consiguiendo adaptarla siempre a las necesidades del motor, mediante la información que recibe la unidad electrónica de control, a través de diversos sensores, distribuidos estratégicamente por el motor.

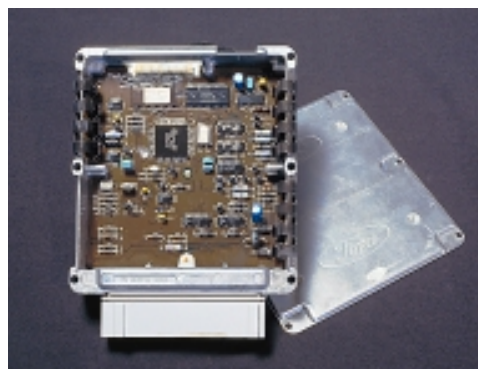
Los **inyectores** son los elementos que pulverizan el combustible en el colector de admisión para mezclarse con aire y formar la mezcla que será quemada en el interior del cilindro. La proporción aire-gasolina de esta mezcla vendrá controlada por la unidad electrónica, que determinará el tiempo de apertura de los inyectores, en función de las prestaciones demandadas al motor. Igualmente, el calculador electrónico debe decidir el momento en el que se produce la apertura del inyector, para poderlo sincronizar con la apertura de la **válvula de admisión** (que permite la entrada de la mezcla al cilindro), durante la fase de admisión del motor.

Estos dos tiempos, controlados por la unidad electrónica, vienen determinados por la información aportada por los diferentes sensores localizados en el motor: cantidad de aire aspirada por el motor, revoluciones de giro, temperatura, posición del acelerador, etc. No obstante, anteriormente, una bomba extrae el combustible del depósito, enviándolo a presión a los inyectores, de forma que, cuando éstos se abren, la gasolina se inyecta pulverizada en forma de cono, lo que proporciona una mezcla mucho más homogénea.

En función del número de inyectores existentes, los sistemas de inyección pueden ser:

- **Inyección monopunto.** Existe un único inyector para todos los cilindros, pulverizando la gasolina al principio del colector de admisión, debiendo recorrer ésta, por lo tanto, todo este colector antes de llegar al cilindro.
 - **Inyección multipunto.** Existe un inyector por cilindro, que pulveriza la gasolina delante de la válvula de admisión.
- Actualmente, existen motores de inyección directa de gasolina, que pulverizan el combustible al interior del cilindro.

Los sistemas de inyección sustituyen el carburador por inyectores



Las unidades están dotadas de un complejo sistema electrónico, basado en microprocesadores

Sistema de escape

Se denomina escape, o **tubo de escape**, al conducto utilizado en los motores de combustión interna para expulsar los gases resultantes de la combustión al exterior. El sistema de escape no consta sólo del tubo, sino que incorpora también los siguientes elementos: conductos desde el interior de la culata, colectores, tubo de escape y silenciadores. El empleo de los sistemas de escape es obligatorio en los automóviles para reducir en lo posible dos tipos de contaminación: la acústica y la producida por los gases nocivos del escape. Si el **silencioso de escape** es

obligatorio, desde hace tiempo, para disminuir la emisión de ruidos, al aumentar las exigencias legales desde el punto de vista medioambiental, los sistemas de escape precisan diseños más avanzados y la incorporación de nuevos elementos, como el **catalizador**.

El catalizador es un dispositivo que, por medio de reacciones químicas con los gases de escape, sintetiza su composición, impidiendo la emisión a la atmósfera de los más tóxicos y transformándolos en elementos inocuos como agua, dióxido de carbono y nitrógeno.

Para que el catalizador funcione eficazmente, es necesario que alcance una temperatura de, al menos, 350°C. Por ello, en los automóviles modernos, la tendencia es colocar el catalizador lo más cerca posible del colector de escape para que se caliente rápidamente. Otro requisito que debe cumplirse para el correcto funcionamiento del catalizador es que la proporción de la mezcla aire-gasolina sea lo más cercana posible a la llamada *proporción estequiométrica*; es decir, 14.7 partes de aire por cada parte de gasolina, que es donde se consigue una mejor combustión. Para ello, es necesario que el control electrónico de inyección sea muy preciso e incorpore un sistema de regulación, en función de la composición de los gases de escape.

Los sistemas de escape actuales se diseñan de forma que reducen la contaminación acústica y ambiental



El interior del catalizador está formado por un sustrato cerámico o metálico en forma de panal



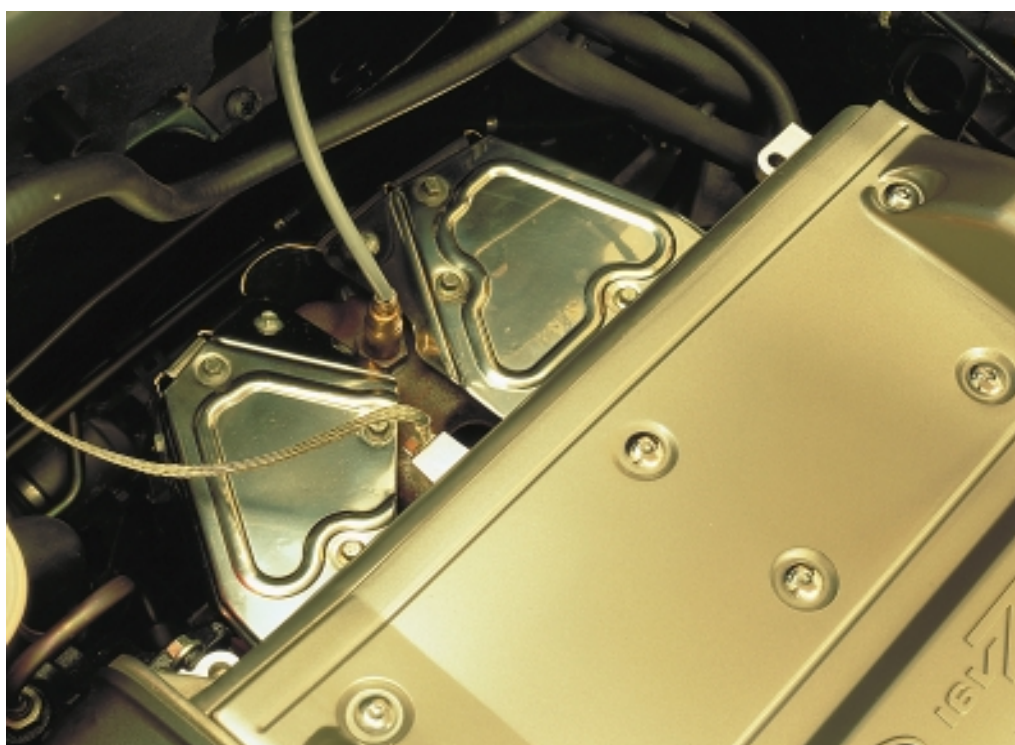
Esta regulación se basa en la información que envía un sensor de oxígeno, colocado en el tubo de escape, llamado **sonda lambda**, a la unidad electrónica de control. En función de esa señal, el sistema aumenta o disminuye el tiempo de inyección, para conseguir mantenerse en la proporción estequiométrica. Un exceso de oxígeno en el escape indica la existencia de una mezcla pobre, por lo que el sistema deberá aumentar la gasolina que se introduce en el motor. Un déficit de oxígeno indica mezcla rica, y se reduce la cantidad de gasolina que se inyecta. Este sistema se conoce como *sistema de regulación en bucle cerrado*.

Todos los modelos Ford incorporan **catalizadores de tres vías**, que actúan sobre los tres elementos más perjudiciales de los gases de escape (monóxido de carbono, hidrocarburos y óxido de nitrógeno) eliminándolos casi completamente. En el caso del motor Duratec se incorporan adicionalmente dos precatalizadores, asegurando, de esta manera, la ausencia de gases tóxicos a la salida del escape.

Otro sistema que permite mejorar la calidad de los gases emitidos a la atmósfera, y que incorporan algunos motores Ford como el Zetec y Duratec, es la recirculación de gases de escape (EGR).

Mediante este sistema, una válvula controlada electrónicamente reconduce parte de los gases de escape nuevamente a la admisión. Esto, junto con una adecuada dosificación de combustible, permite reducir la temperatura de las combustiones en el interior del cilindro, ayudado también por el vapor de agua presente en los gases de escape, logrando una importante reducción en la generación de óxidos de nitrógeno (NOx).

La sonda lambda se coloca lo más cerca posible de la salida de gases del motor para que se caliente y sea eficaz rápidamente



Motores diesel

El motor diesel, por su modo de funcionamiento, presenta una serie de ventajas frente a los motores de gasolina, como un menor consumo y una emisión de gases contaminantes también menor. Estas ventajas, sin embargo, no eran suficientes para popularizar este tipo de motores, que tenían un campo de aplicación limitado a los vehículos industriales, todoterreno y a aquellos usuarios que recorrieran gran número de kilómetros al año, debido a la lentitud, mayor peso, ruidos, y mayor coste de fabricación de este tipo de vehículos. Sin embargo, durante los últimos años, se ha producido una fuerte evolución de estos motores, principalmente gracias a la incorporación de la gestión electrónica, que ha permitido desarrollar motores más rápidos, que compiten en prestaciones y buen funcionamiento con los de gasolina, conservando, sin embargo, unos consumos reducidos.

La principal diferencia entre los motores de gasolina y diesel, aparte del combustible, consiste en que los motores diesel son de *encendido por compresión*, mientras que los de gasolina son de *encendido por chispa*.

En los motores de encendido por compresión, la combustión de la mezcla se obtiene gracias a la elevada temperatura que alcanza ésta durante la compresión. Para conseguirlo, la relación de compresión de estos motores ha de ser superior a la existente en los de gasolina.

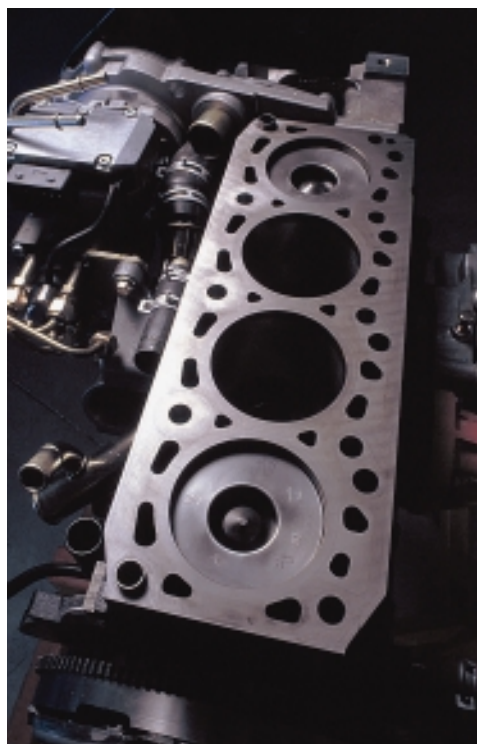
Aunque el motor diesel no necesite chispa de encendido, sí requiere unas bujías especiales, conocidas como **calentadores**, que sirven para aumentar la temperatura de la cámara de combustión del cilindro y del gasoil durante el arranque en frío.

Otra diferencia reside en los tiempos del motor, que, aunque son cuatro como en el motor de gasolina, no son exactamente iguales. El motor diesel, durante la admisión, aspira solamente aire, que, durante la compresión, alcanza una elevada temperatura. Un poco antes de alcanzar su punto superior, se produce la inyección del gasoil, que se inflama de forma espontánea por las condiciones de la cámara de combustión. Por último, se produce la expansión de los gases y su posterior expulsión al exterior.

Ford ha incorporado la tecnología diesel de inyección directa y control electrónico en el motor Endura-DI



Pistón de un motor diesel de inyección directa

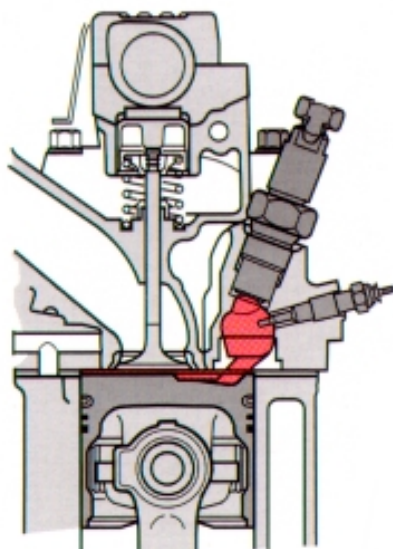


Sistema de inyección

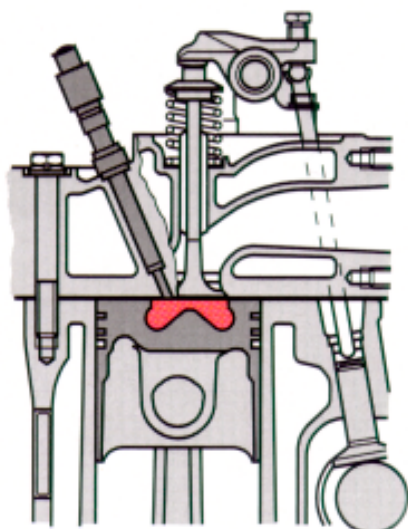
En los motores diesel, el gasóleo llega al cilindro por inyección a través de los inyectores de alimentación tradicionales. En función de dónde pulvericen los inyectores el combustible, los motores diesel se dividen en dos tipos:

Por un lado, los **motores de inyección indirecta**, en los cuales el gasoil se inyecta en una precámara, situada antes de la cámara de combustión del cilindro.

Por otra parte, los **motores de inyección directa**, en los que el gasoil se inyecta directamente en el cilindro, consiguiendo una combustión más completa.



Inyección indirecta diesel



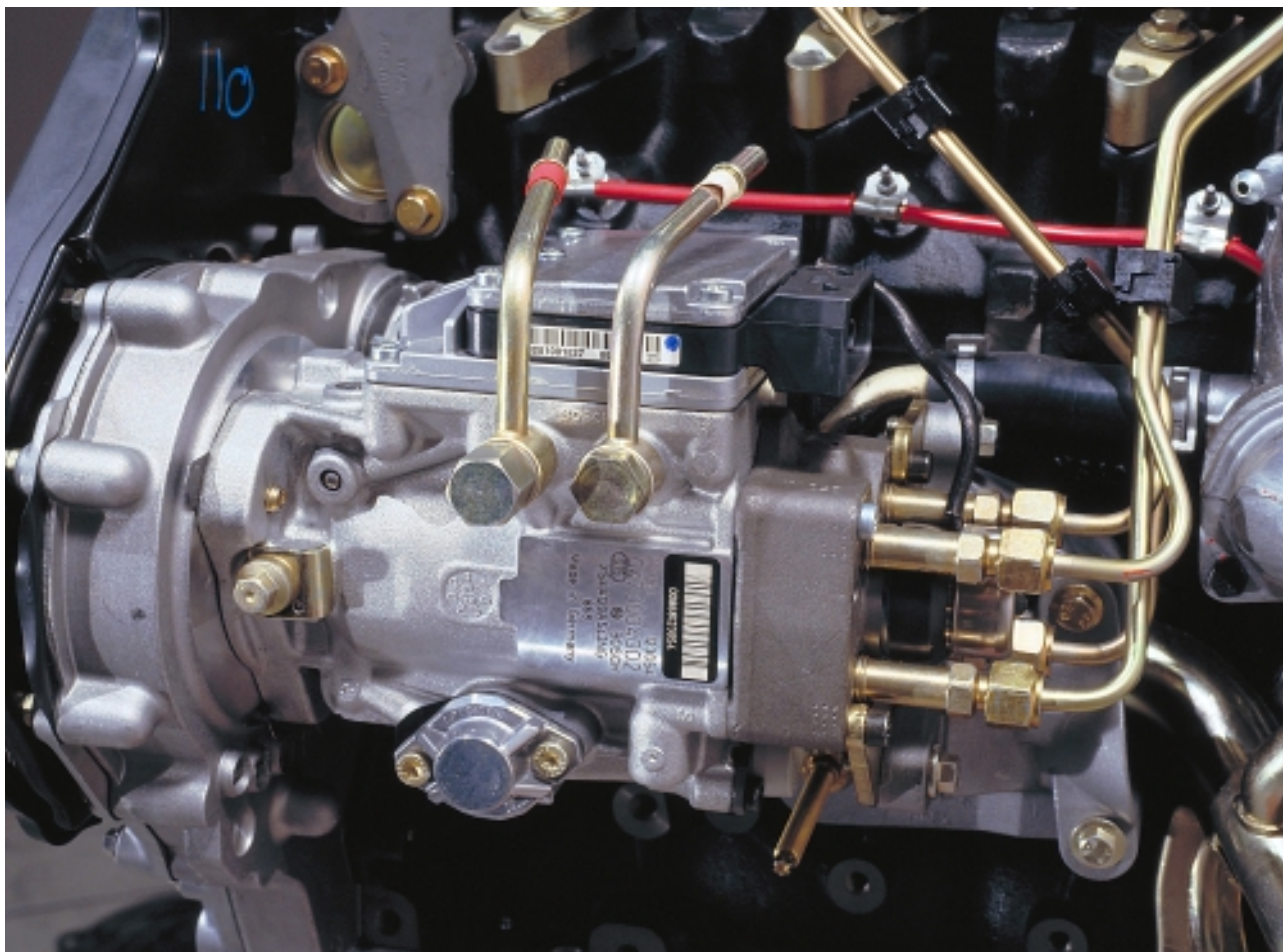
Inyección directa diesel

Hasta hace unos años, en los turismos se empleaban motores de inyección indirecta, principalmente por la suavidad de funcionamiento. Hoy en día, sin embargo, se ha extendido el uso de motores de inyección directa también para turismos, limitados hasta hace poco a los vehículos industriales.

Este cambio se ha producido fundamentalmente por el menor consumo, mejores prestaciones y arranque menos dificultoso de los motores de inyección directa. A este tipo pertenece el nuevo motor **Endura-DI**, desarrollado por Ford para su modelo Focus.

Tanto si la inyección de combustible es directa como si es indirecta, el motor diesel necesita, para su funcionamiento, un sistema que dosifique el combustible y lo inyecte en el cilindro correspondiente en el instante adecuado, según los requerimientos del motor en cada momento.

Hasta hace poco tiempo, se utilizaba una bomba de inyección accionada por la correa de la distribución (mecanismo del vehículo que regula y dispone la apertura y cierre de válvulas en los cilindros), y comandada por el pedal del acelerador mediante un cable y por el número de revoluciones del motor mediante unos contrapesos. La incorporación de la electrónica ha permitido optimizar el funcionamiento de estos sistemas, al ser posible tener en cuenta otras variables y controlar conjuntamente diferentes elementos, como el turbocompresor. Estos sistemas disponen de una unidad electrónica de control, que recoge la información de diversos sensores sobre temperatura del motor, del gasoil, del aire de admisión, régimen de giro del motor, posición del acelerador, etc. Todo ello, con la finalidad de determinar la cantidad de gasoil y el instante de la inyección necesario en cada momento.



La bomba de inyección diesel con control electrónico mejora las prestaciones y emisiones contaminantes del motor

La unidad electrónica que incorporan los nuevos modelos de Ford dispone de una función de autodiagnóstico, mediante la cual puede registrarse cualquier fallo que se produzca en el sistema y guardarlo en memoria, facilitando de esta manera los trabajos de reparación. De esta forma, en caso de detectarse alguna anomalía, la unidad de control pone en marcha un programa de emergencia, que permite seguir circulando a un régimen limitado hasta llegar al taller. La última evolución en sistemas de alimentación de gasoil es la del **raíl común** y el **inyector-bomba**.

El sistema de raíl común es muy similar a un sistema de inyección multipunto de gasolina. En él, una bomba, movida por la correa de la distribución, se encarga de mantener el gasoil a alta presión (hasta 1350 bares) en un conductor denominado *raíl común*, que da

nombre al sistema. La inyección se produce cuando la unidad electrónica da orden de apertura a los inyectores, que, en este sistema, son de tipo electromagnético. El sistema de *inyector-bomba* consiste en equipar cada cilindro del motor con un conjunto de inyector electromagnético y bomba de alta presión. Las bombas de cada conjunto son accionadas por la correa de la distribución, y la apertura de los inyectores está controlada por una unidad electrónica de control.

Estos sistemas consiguen mejorar el rendimiento del motor, disminuir las emisiones contaminantes, y reducir el consumo y el nivel de ruidos y vibraciones.

Sobrealimentación

Se denomina así a la introducción, de manera forzada, de más aire en el motor del que éste puede aspirar por sí mismo, con objeto de mejorar su rendimiento. Este fenómeno es lo que se entiende por sobrealimentación. Esta cantidad de aire *extra* se introduce en el motor comprimida. Si se trata de un mecanismo accionado por el propio motor, se conoce como **compresor volumétrico**. Este sistema se utiliza poco, ya que resta potencia al motor para su accionamiento y posee mayor complejidad mecánica frente al otro sistema empleado, el turbocompresor. En el **turbocompresor**, el accionamiento lo realizan los propios gases de escape durante su camino hacia el exterior. Consiste, básicamente, en una turbina en el conducto de escape y un compresor en el de admisión, montados en un eje común. Al incidir los gases de escape sobre la turbina situada en su camino, la hacen girar a un régimen muy elevado (por encima de 150.000 rpm). Esta turbina hace girar, a su vez, a la situada en el conducto de admisión, que aspira y comprime aire fresco hacia los cilindros del motor. Al aumentar el régimen del motor, aumentará la cantidad de aire comprimido que se envía a los cilindros. Por ello, es necesario disponer en el sistema una válvula de limitación de la presión de soplado del turbo, para evitar daños en el motor.

Ubicación del
turbocompresor



Cuando la presión en el colector de admisión aumenta por encima del límite establecido, la válvula se abre y desvía los gases de escape, evitando que incidan sobre la turbina ubicada en el conducto de escape, reduciéndose así la velocidad del turbo y, por tanto, la presión de soplado.

Actualmente, los turbocompresores se emplean, fundamentalmente, en motores diesel. Esto se debe a que este tipo de mecánica presenta muy pocos problemas a la hora de acoplar un turbocompresor, ya que aspira solamente aire, no mezcla de aire/combustible, lo que permite alcanzar altas presiones con el consiguiente aumento de la temperatura, sin presentar problemas de autoencendido de la mezcla.

Actualmente, se emplean también los denominados **turbos de bajo soplado** que, buscando una mejora de consumo y reducción de emisiones contaminantes, alcanzan presiones de soplado muy inferiores a los turbos tradicionales.

Por su ubicación junto al colector de escape, el turbo puede alcanzar, durante su funcionamiento, temperaturas superiores a los 800°C, haciendo que el aire que envía hacia los cilindros se caliente a su paso por él. El rendimiento del motor puede mejorarse enfriando el aire que sale del turbo hacia el motor. Para ello, el aire comprimido se hace pasar por un circuito de refrigeración, dotado de un intercambiador de calor (**intercooler**) o radiador aire/aire, que reduce su temperatura. Otro aspecto importante referido a los turbos es el del engrase. El eje del turbo gira a más de 150.000 rpm, por lo que un fallo en el engrase provocará su gripado de manera inmediata. Por este motivo, al arrancar en frío, es conveniente dejarlo unos segundos al ralentí, para que, durante las primeras aceleraciones, el turbo ya esté bien lubricado. También, al detener el motor, sobre todo tras haber circulado durante un tiempo a altas revoluciones, conviene dejarlo unos instantes al ralentí, para que el aceite que circula a través de él lo refrigere y lo deje bien lubricado para el siguiente arranque.

Todas estas precauciones prolongarán la vida del turbo.

Recirculación de los gases de escape (E.G.R.)

Los motores diesel, por su modo de funcionamiento, generan unos gases de escape distintos a los motores de gasolina. Al tratarse de una mezcla pobre, con exceso de oxígeno, el nivel de hidrocarburo sin quemar (HC) y de monóxido de carbono (CO) va a ser muy bajo frente a las emisiones de un motor de gasolina.

Sin embargo, por las características de presión y temperatura de la cámara de combustión del cilindro, el nivel de óxidos de nitrógeno (NOx) y de partículas será más elevado. Los modelos actuales diesel incorporan la recirculación de gases de escape para reducir la emisión de óxidos de

nitrógeno y el **catalizador de oxidación** para disminuir el resto de contaminantes, de manera similar a los motores de gasolina. La recirculación de gases de escape consiste en dirigir, a través de una válvula comandada por la unidad electrónica de control, en base a unos parámetros grabados en su memoria, parte de los gases de escape hacia la admisión. Con esto se reduce la cantidad de oxígeno que entra al motor, incrementando la riqueza de la mezcla. La combustión es más fría, disminuyendo así la cantidad de óxidos de nitrógeno.

La válvula E.G.R. permite reducir las emisiones contaminantes de óxidos de nitrógeno (NOx)

