

Gestión electrónica en los motores: mejores prestaciones y menores consumos y emisión de contaminantes

## ... Y la electrónica llegó al diesel

**L**a electrónica va ganando terreno día a día dentro de sus aplicaciones en el automóvil.

Uno de los últimos campos sobre el que ha tomado control, y con gran éxito, ha sido la gestión de la inyección en los motores diesel. Los fabricantes de automóviles, en su afán de mejorar las prestaciones de sus motores, así como ante la necesidad de adaptarse a las estrictas normas antipolución, han recurrido al empleo de la electrónica.

Los primeros pasos se dieron en la dirección de controlar la bomba de inyección tradicional. Actualmente ya existen en el mercado sistemas de inyección diesel con gestión electrónica, como el "common-rail", que ha prescindido de la bomba tradicional, y su diseño y funcionamiento difieren muy poco de los sistemas de inyección de gasolina.



**A**ctualmente, la práctica totalidad de motores diesel de automoción disponen de gestión electrónica. Esto, más que una moda, es una prueba clara de las ventajas que aporta la aplicación de la electrónica, ya que permite tener un control más preciso sobre los distintos parámetros de funcionamiento del motor, obteniendo mejores rendimientos, menor consumo y una importante reducción de las emisiones de gases contaminantes.

Precisamente, fue este último aspecto el que introdujo la gestión electrónica en los motores diesel para controlar el turbocompresor y la recirculación de los gases de escape.

Posteriormente, se han desarrollado sistemas de control electrónico para las bombas de inyección, que incluyen también el control de gases de escape.

Aunque los motores diesel actuales combinan la gestión electrónica con la inyección directa, no son éstas dos técnicas que necesariamente tengan que ir aparejadas, ya que existen motores con inyección indirecta en los cuales la regulación de la bomba de inyección está en manos de un

módulo electrónico y, por otro lado, han existido desde hace muchos años motores con inyección directa y sin ningún tipo de gestión electrónica.

### COMPONENTES DEL SISTEMA

La gestión electrónica del sistema de inyección diesel ha supuesto la incorporación y/o modificación de diversos elementos sobre la base mecánica del motor diesel tradicional. Aunque no todos los sistemas desarrollados por las diversas marcas son iguales, sí se encuentran, en la mayoría de los sistemas, los siguientes componentes:

- **Bomba de inyección.** Esta bomba no difiere demasiado de una tradicional. Su misión fundamental sigue siendo la misma: dosificar la cantidad de combustible que se inyecta al motor (control de caudal), distribuirlo a cada cilindro y controlar el momento en que se produce la inyección de dicho combustible (avance de la inyección). El sistema de gestión electrónica se encarga del

## La incorporación de la electrónica ha permitido diseñar nuevos sistemas de inyección para los motores diesel. Uno de ellos es el conocido como *common rail* o rampa común.

control del caudal y de la regulación del avance. Para ello, la bomba se ha modificado, sustituyendo los mecanismos que realizaban estas funciones por un servomotor, que dosifica el caudal, y por una electroválvula, que regula el avance de la inyección.

- **Unidad de control.** Es el cerebro del sistema. A ella llegan las diversas señales de funcionamiento del motor, las transforma para su procesamiento y, atendiendo a unos parámetros prefijados, envía, a los diversos actuadores, las órdenes necesarias para el correcto funcionamiento del motor. Tiene como principal función la regulación del caudal inyectado y del comienzo de la inyección, funciones asumidas anteriormente por la bomba inyectora mecánicamente. De forma adicional, controla, entre otros, los sistemas de precalentamiento, la presión del turbocompresor y la recirculación de gases de escape.

- **Transmisor de posición del acelerador.** En los sistemas con gestión electrónica no existe cable que una mecáni-

camente el pedal del acelerador con la bomba de inyección. Un potenciómetro es el encargado de transmitir la posición exacta del pedal del acelerador a la unidad de control mediante una tensión variable procedente del mismo.

- **Transmisor de régimen del motor.** Un transmisor inductivo, similar al existente en los motores de gasolina, informa a la unidad de control sobre el régimen de giro del motor.

- **Sensores de temperatura.** En diversos puntos del motor se han dispuesto sensores de temperatura que informan a la unidad de control sobre la temperatura del aire de admisión, del carburante y del líquido refrigerante.

- **Medidor de masa de aire.** Se encuentra intercalado en el circuito de admisión, a la salida del filtro de aire, e informa a la unidad de control para regular la cantidad de gases a recircular y la máxima cantidad de combustible a inyectar para no producir humos.

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Como en otros sistemas electrónicos de regulación y control, se dispone de una serie de entradas, una unidad de control y unas salidas, que actúan sobre los diversos parámetros a regular.

De las diversas señales que recibe la unidad de control procedentes de los distintos captadores situados en el motor, hay dos de especial importancia: la posición del pedal del acelerador y el régimen de

giro del motor. En función de estas dos señales, la unidad de control va a determinar la cantidad de combustible a inyectar y el momento de la inyección.

La información procedente del sensor de temperatura del combustible y de la temperatura del líquido refrigerante le sirven al sistema para realizar pequeñas correcciones sobre los parámetros de salida ya calculados (caudal y avance).

La temperatura del combustible es un factor importante a tener en cuenta, pues la masa de combustible inyectada es variable en función de la temperatura del mismo, debido a la variación de la densidad.

La unidad de control, evaluando las señales recibidas y comparándolas con los datos almacenados en su memoria, envía las salidas adecuadas a los diversos actuadores para el correcto funcionamiento del motor.

Los dos principales actuadores se encuentran situados en la propia bomba inyectora y son los siguientes:

- **Mecanismo de regulación del caudal de inyección.** Consiste en un motor que mueve la corredera de regulación a través de un eje. Dispone de un potenciómetro que informa a la unidad de control sobre la posición real de la corredera, estableciéndose de este modo un sistema en lazo cerrado, y pudiendo corregirse en el caso de que la posición real no sea la calculada.

- **Mecanismo de regulación del momento de inyección.** En la bomba inyectora se ha situado una válvula electromagnética, comandada por la unidad de control, que regula la presión que actúa so-



Bomba de inyección.



Regulador de caudal de inyección.

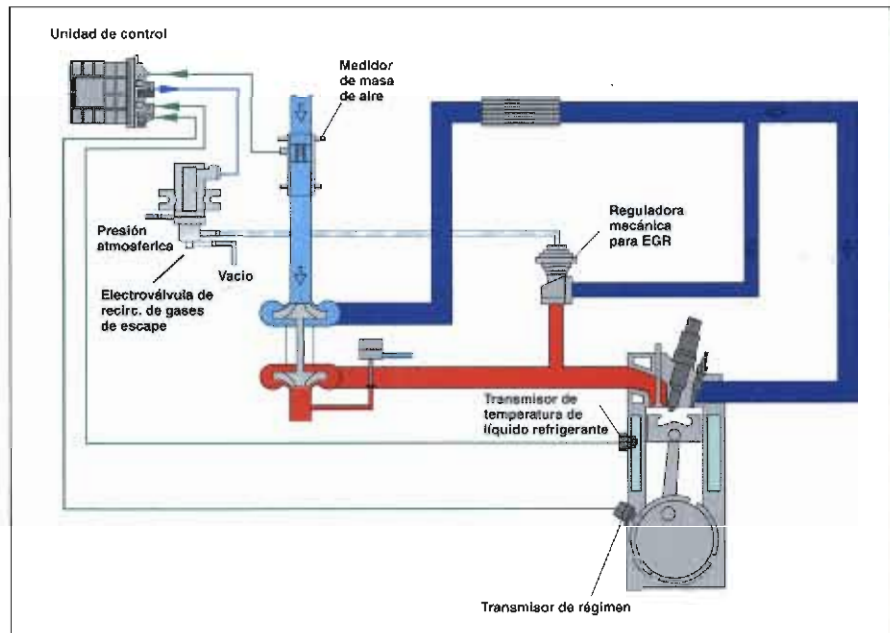


bre el regulador de avance. Con la válvula abierta disminuye la presión y se retrasa la inyección. Al cerrarla, la presión aumenta y se avanza el momento de la inyección. En este caso, también se ha incorporado un sistema de retroinformación a la unidad de control, situado en la aguja de uno de los inyectores, informando en todo momento si el avance realizado es el calculado y corrigiéndolo si fuera necesario.

## GASES DE ESCAPE Y TURBOCOMPRESOR

Otra función que gobierna la electrónica de control es la recirculación de gases de escape. Teniendo en cuenta el caudal de combustible inyectado y el régimen de giro del motor, en función de unos valores de referencia grabados en la memoria de la unidad de control, se determina la masa de gases a recircular. Para ello, el sistema dispone de una electroválvula, comandada por la unidad de control, que, al abrirse, comunica la válvula mecánica EGR (de recirculación de gases de escape) con una línea de vacío, permitiendo el paso de parte de los gases de escape hacia la admisión.

La unidad de control también se encarga de controlar el funcionamiento del turbocompresor en aquellos motores turboalimentados.



Control de los gases de escape (gráfico cedido por SEAT).

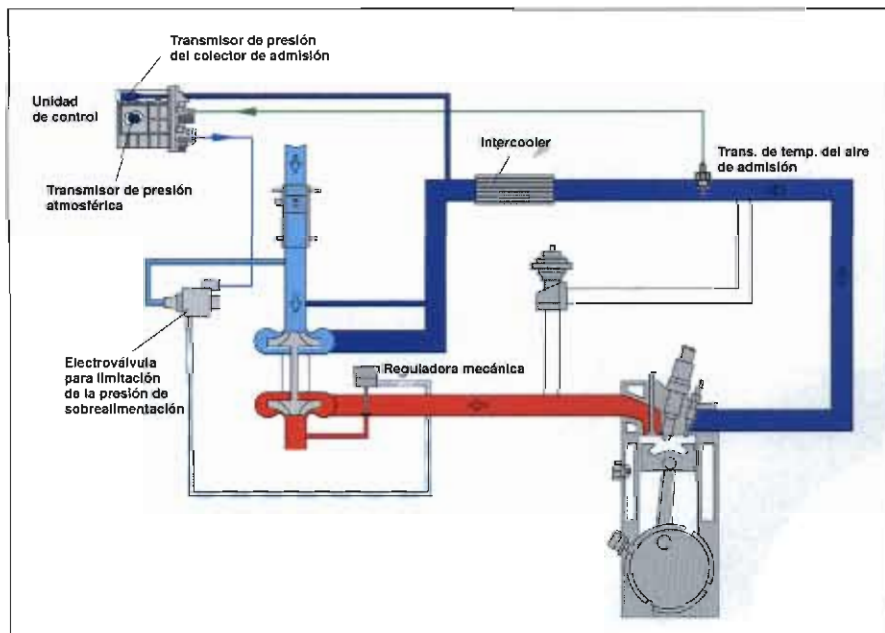
Para ello, dispone de unos sensores adicionales que informan de la presión existente en el colector de admisión, de la presión atmosférica y de la temperatura del aire de admisión. Mediante una electroválvula, el sistema controla la presión del turbo, regulando el paso de gases a la turbina y, de este modo, adecuándolo a las condiciones de trabajo del motor, tanto de solicitud de carga, como a las climatológicas, temperatura del

aire y presión atmosférica debida a la altitud.

## FUNCIONES COMPLEMENTARIAS

Los sistemas de gestión electrónica en los motores diesel permiten, además de lo ya expuesto, otras funciones:

- Regulación del régimen de ralentí y régimen máximo.
- Desconexión de marcha por inercia. Se interrumpe la inyección al quedar el pedal del acelerador en posición de reposo o accionar el pedal del freno, restableciéndose automáticamente al descender a un número determinado de revoluciones o al volver a solicitar carga al motor.
- Enriquecimiento en el arranque.
- Control del precalentamiento y postcalentamiento de las bujías de incandescencia.
- Control de la electroválvula de corte de combustible.
- Control sobre el compresor del aire acondicionado.
- Corrección del caudal de inyección al accionar el embrague, reduciendo la cantidad inyectada.
- Información del consumo de carburante.
- Integración de sistemas antiarranque.



Control de turbocompresor (gráfico cedido por SEAT).

**La gestión electrónica permite tener un control más preciso sobre los distintos parámetros de funcionamiento del motor.**

## DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS

Los sistemas de inyección electrónica diesel disponen de un testigo de indicación de averías situado en el cuadro de instrumentos. Cuando el sistema detecta un fallo, el testigo se ilumina, informando al conductor de la existencia de una avería en el sistema. Esta avería se almacena en la memoria de fallos. La consulta de esta memoria de averías se realiza, a través de la toma de diagnosis, con un comprobador electrónico.

Para evitar que el vehículo quede detenido o se produzca una avería mayor, cuando el sistema detecta fallo en alguno de los sensores, la unidad de control entra en un programa de emergencia, que permitirá, en la mayoría de los casos, continuar circulando hasta un servicio de reparación.

En el cuadro adjunto se muestran algunos ejemplos de programas de emergencia.



Válvula de regulación de avance.

## COMMON RAIL

Lo expuesto hasta aquí corresponde a la gestión electrónica de la inyección, basada en un sistema de alimentación tradicional con bomba inyectora.

La incorporación de la electrónica ha permitido diseñar nuevos sistemas de inyección para los motores diesel. Uno de ellos es el conocido como *common rail* o rampa común. Este sistema es muy parecido al de inyección electrónica de gasolina del tipo multipunto, y solamente se emplea

con los modernos sistemas de inyección directa, pues es en ellos donde se consigue aprovechar de forma más óptima las ventajas que ofrece el control electrónico.

Consiste en una rampa o conducto común al que van conectados unos inyectores electrohidráulicos, gobernados por impulsos eléctricos procedentes de la unidad de control. Esta rampa está alimentada, a muy alta presión, por una bomba.

El calculador recibe las siguientes señales para su procesamiento:

- Régimen del motor.
- Temperatura del agua del motor.
- Temperatura del aire de admisión.
- Temperatura del carburante.
- Presión del carburante.
- Presión atmosférica.
- Posición del pedal del acelerador.

En función de estas señales, la unidad de control determina la duración de la inyección a partir de la presión del carburante, controla, si es necesario, una pre-inyección (para reducir los ruidos de combustión) y la inyección principal.

Al igual que en el sistema con bomba inyectora tradicional, el calculador también controla las funciones adicionales de recirculación de gases de escape, presión del turbocompresor, etc. ■

### PROGRAMA DE EMERGENCIA DE LA UNIDAD DE CONTROL

Sensor averiado	Señal sustitutoria del sensor averiado	Programa de emergencia
Posición del acelerador		El motor se mantiene fijo a 1300 rpm
Señal de régimen de motor	Señal del transmisor de elevación de aguja del inyector	Reducción programada del caudal y presión del turbo. Estabilización del ralentí desactivada
Temperatura del combustible	Toma un valor fijo de temperatura	Programa normal, usando el valor fijo programado
Temperatura del motor	Señal de temperatura del combustible	Programa normal, usando los valores de temperatura de combustible
Posición de la corredera de regulación del caudal		Se para el motor como medida de seguridad
Electroválvula de corte de combustible		La alimentación de combustible queda interrumpida