

Capítulo 2

Sistemas de inyección electrónica diésel directa

Contenido

1. Introducción
2. Evolución, tipos y principio de funcionamiento
3. Identificación de componentes
4. Sensores, unidad de control y actuadores
5. Sistemas de autodiagnos
6. Protocolo EOBD, líneas de comunicación multiplexadas
7. Procesos de desmontaje, montaje y reparación
8. Sistemas por raíl común (common rail). Tipos y características
9. Sistemas por grupo electrónico bomba inyector. Tipos y características
10. Resumen

1. Introducción

En el presente capítulo, se estudiarán los sistemas de inyección diésel con gestión electrónica, que son los que actualmente equipan los vehículos que circulan por nuestras carreteras. Existen varios sistemas de inyección diésel, ya que la evolución en poco tiempo de estos sistemas ha sido muy importante.

De esta forma, se desarrollarán los sistemas más utilizados en la actualidad, sin olvidar tener un enfoque lo más práctico posible. También se realizará un estudio de la autodiagnos, que hoy en día se ha convertido en una herramienta cotidiana en la reparación de automóviles en todos sus sistemas y componentes.

Otra tecnología aplicada a los vehículos actuales es el multiplexado, del que se conocerán su principio de funcionamiento y sus características más importantes.

2. Evolución, tipos y principio de funcionamiento

Las bombas inyectoras rotativas mecánicas fueron utilizadas con mucho éxito en los vehículos hasta aproximadamente 1997. Estas bombas han sufrido diferentes fases de evolución para adaptarse a las severas normativas anticon-taminación que han sido elaboradas por los legisladores europeos (Euro 1, 2, 3, etc.). Con la finalidad de aclarar las distintas evoluciones, se va a realizar un repaso a modo de resumen de los desarrollos de las bombas rotativas y de sus características más importantes.

Las Bosch VE mecánicas sufren la primera evolución al implantarse la gestión EDC (control electrónico diésel).



Recuerde

A diferencia de la versión anterior, la bomba VE con regulación electrónica diésel utiliza tecnología informática para controlar el reglaje y el caudal de inyección.

El caudal de inyección es controlado por un actuador eléctrico (1), que actúa sobre el collarín de control (2) y su posición es controlada por el sensor del regulador de caudal de inyección, lo que permite un control en bucle cerrado.

El reglaje de la inyección es controlado por una electroválvula de reglaje a la inyección (3), que regula la presión de control que actúa sobre el actuador de reglaje (4). El actuador de reglaje varía la posición del plato de rodillos.

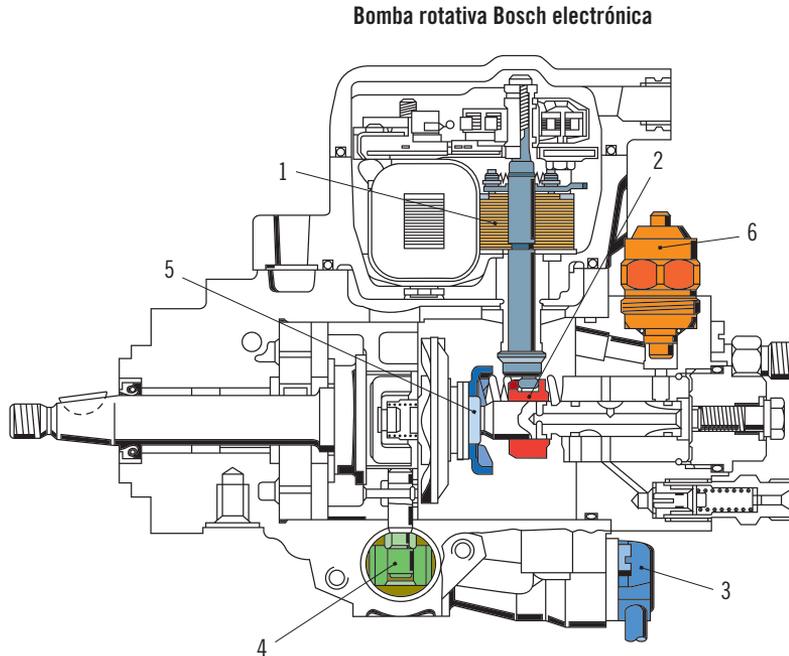
Un módulo de control utiliza las señales del sensor del acelerador junto con la información de otros sensores del motor para controlar el reglaje y el caudal de inyección.

Para garantizar que el motor pueda parar en caso de fallo se mantiene la electroválvula de corte del combustible (6).



Nota

La siguiente evolución que realiza Bosch en las bombas rotativas son las versiones Bosch VP y VR, muy extendidas en los modelos Ford Focus y Opel Astra del año 2000.



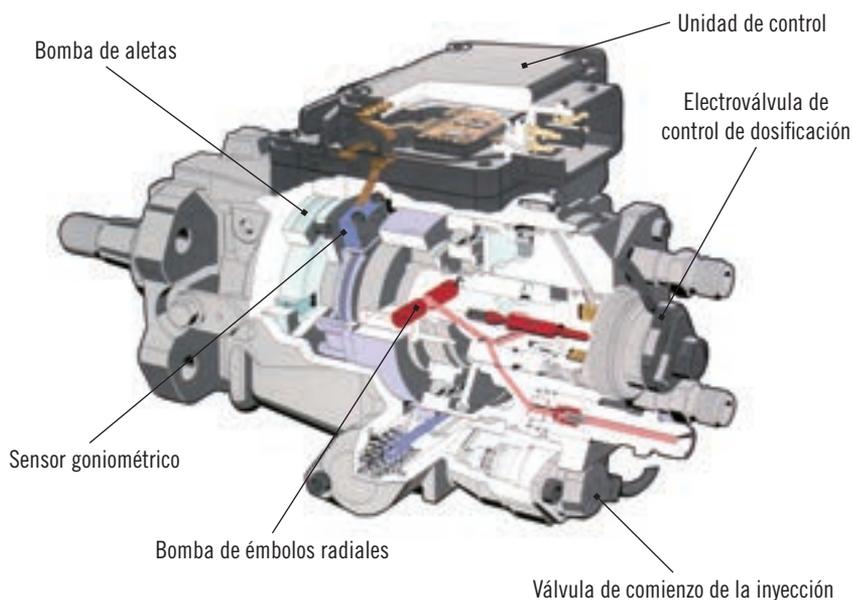
En cuanto al fabricante CAV, su modelo más ampliamente utilizado ha sido el DPC, ya explicado, cuya primera evolución fueron los modelos Lucas DPC-N y DPI-N, donde se incorpora la electrónica en el control del avance al momento de inyección, aunque la evolución definitiva de este fabricante ha sido la bomba Lucas EPIC.

Las distintas bombas rotativas fueron sistemas que se utilizaron en muchos vehículos hasta aproximadamente 2003, ya que, a partir de estas fechas, la gran mayoría de vehículos diésel fueron equipados con dos sistemas, el Common rail y el Inyector-bomba, que se tratarán en profundidad más adelante.

3. Identificación de componentes

En la siguiente figura, puede observarse el esquema de principio de una bomba inyectora Bosch VP44 y sus componentes principales.

Esquema de una gestión diesel con bomba Bosch VP44



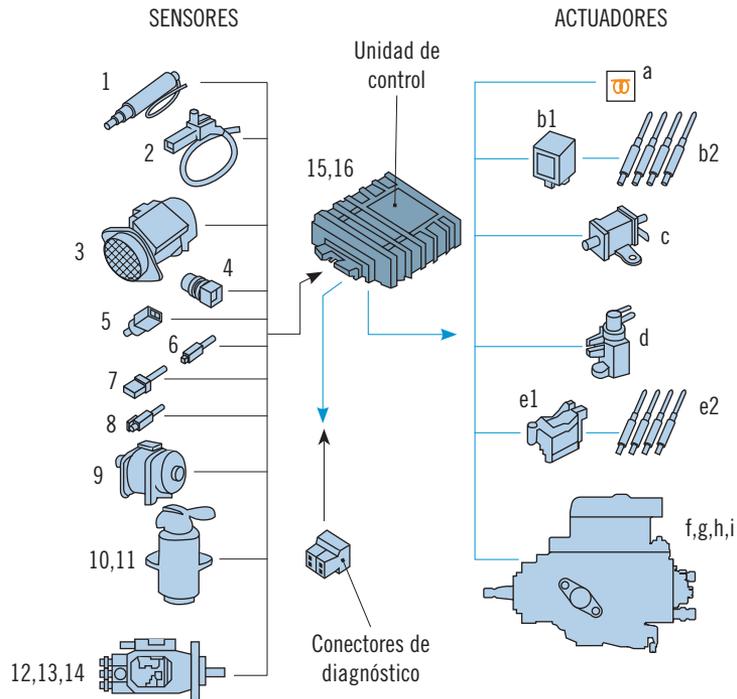
En la siguiente figura, puede verse un esquema de la gestión electrónica de una bomba rotativa Bosch VE con EDC, en la que se quiere destacar la organización del sistema a la hora de obtener información por medio de los distintos sensores y la ejecución de las órdenes por medio de los distintos actuadores.



Nota

La unidad de control es el cerebro del sistema, recibe las informaciones de los sensores, las procesa y envía las oportunas órdenes a los actuadores que, en este caso, se encuentran en el interior de la bomba.

Esquema de sensores y actuadores en bomba Bosch VE con gestión electrónica



Los sensores y componentes de la unidad de control de la bomba son:

1. Transmisor de carrera de la aguja.
2. Transmisor de régimen.
3. Medidor de masa de aire.
4. Transmisor de temperatura de líquido refrigerante.
5. Transmisor de temperatura del aire de admisión.
6. Conmutador de pedal de freno.
7. Conmutador de freno.
8. Conmutador de pedal del embrague.
9. +DF (borne del alternador).
10. Transmisor de posición del acelerador.
11. Conmutador de ralentí.
12. Transmisor de recorrido de la corredera de regulación.
13. Transmisor de temperatura de combustible.

14. Señales suplementarias.
15. Transmisor de presión atmosférica.
16. Transmisor de presión del colector de admisión precalentamiento y avería.

Po su parte, los actuadores son:

- b1. Relé para bujía de incandescencia.
- b2. Bujías de incandescencia.
- c. Electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación.
- d. Electroválvula para recirculación de gases de escape.
- e1. Relé de potencia calorífica.
- e2. Bujías para calefacción adicional.
- f. Electroválvula de paro.
- g. Dosificador.
- h. Electroválvula para regulación del comienzo de inyección.
- i. Salidas suplementarias.



Bomba Bosch VP44



Aplicación práctica

Un vehículo que se encuentra en el taller tiene problemas de tirones en su funcionamiento y, en algunas ocasiones, le cuesta arrancar. El jefe de taller, después de realizar pruebas de estanqueidad, realiza una orden de trabajo para que la realice el alumno.

Continúa en página siguiente >>

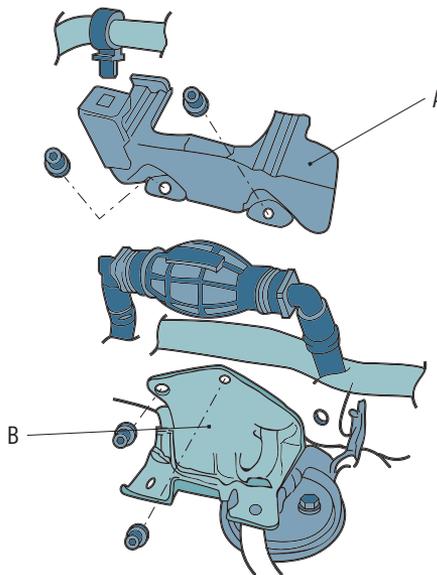
<< Viene de página anterior

Sustituir el cebador de combustible y el filtro de un vehículo con inyección diésel electrónica.

SOLUCIÓN

1. Retirar la tapa del cebador manual (A).

Ubicación del cebador manual

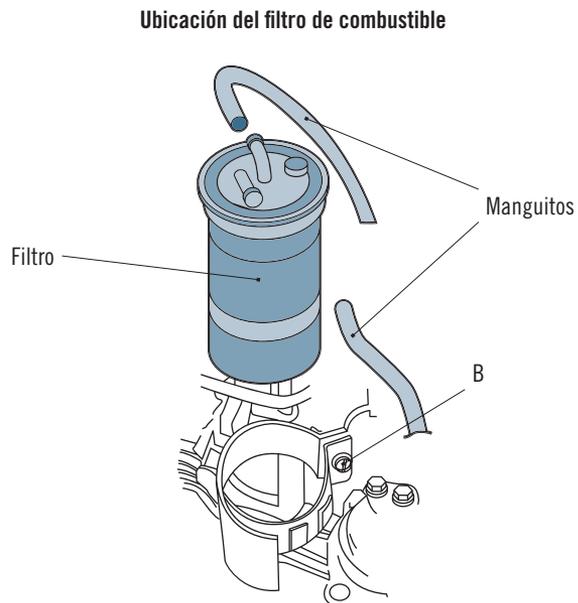


2. Desmontar el soporte del cebador manual (B).

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

3. Desmontar los tornillos del calentador de combustible.



4. Desmontar el tornillo (B), los manguitos y el filtro.

4. Sensores, unidad de control y actuadores

Se trata de elementos fundamentales en las gestiones electrónicas de cualquier sistema de automóvil y que actualmente se aplican masivamente. Los principales son descritos a continuación.

4.1. Sensores

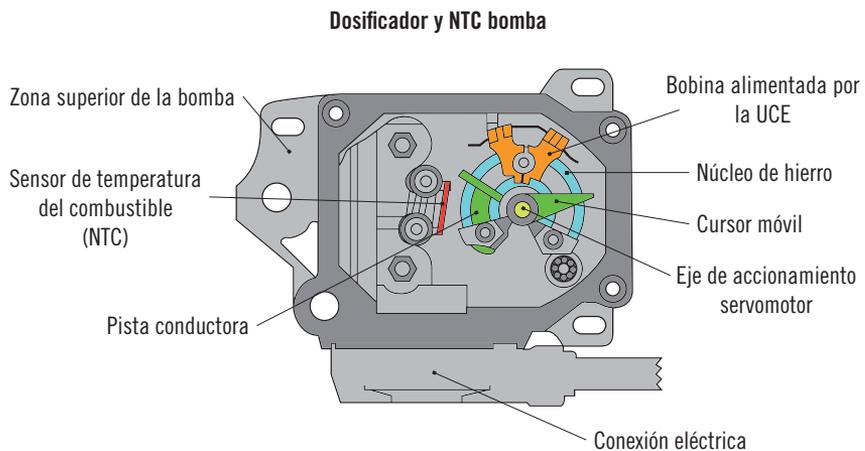
Un sensor transforma una magnitud física o química en magnitud eléctrica.

Posición del regulador de caudal

Este transmisor no tiene contactos físicos. Consiste en dos bobinas que son alimentadas por la UCE del motor. Esta tensión produce un campo magnético sobre un material ferromagnético. De los dos cursores que contiene, el móvil, en su movimiento, distorsiona el campo magnético, lo cual es utilizado por la UCE para conocer la posición del dosificador de combustible.

Sensor de la temperatura del combustible

Se trata de un sensor termoelectrónico y, en concreto, de una resistencia NTC situada dentro del cuerpo de bomba, en contacto con el gasoil.



Nota

Las resistencias NTC son aquellas cuya resistencia disminuye al aumentar la temperatura.

Medidor de masa de aire

Es el encargado de transformar la magnitud masa de aire aspirado por el motor en una señal eléctrica proporcional a esa entrada de aire. Existen dos tipos:

- HLM: medidor de masa de aire por hilo caliente.
- HFM: medidor de masa por película caliente.



Sensor de caudal de aire aspirado (caudalímetro)

Sensor de la presión de colector

Transforma la presión existente en el colector de admisión en una señal eléctrica de corriente continua de 0,7 a 4,7 en relación con la presión existente en el colector de admisión.



Sensor de la presión de admisión

Sensor de temperatura de líquido refrigerante

Es el sensor encargado de transformar el aumento o disminución de temperatura del refrigerante o del aire en una tensión eléctrica proporcional a la

temperatura. Esta información es recogida por la UCE para calcular tiempos de inyección, enriquecimientos, fases de calentamiento y otras funciones.



Sensor de temperatura del líquido refrigerante

Sensor de revoluciones/PMS

Se trata de un sensor de tipo inductivo. Un cable arrollado, formando una bobina de espiras, se comporta como un imán cuando circula corriente eléctrica por ella. Alrededor de las espiras de la bobina se forma un campo magnético similar al creado por un imán.



Ubicación del sensor de revoluciones

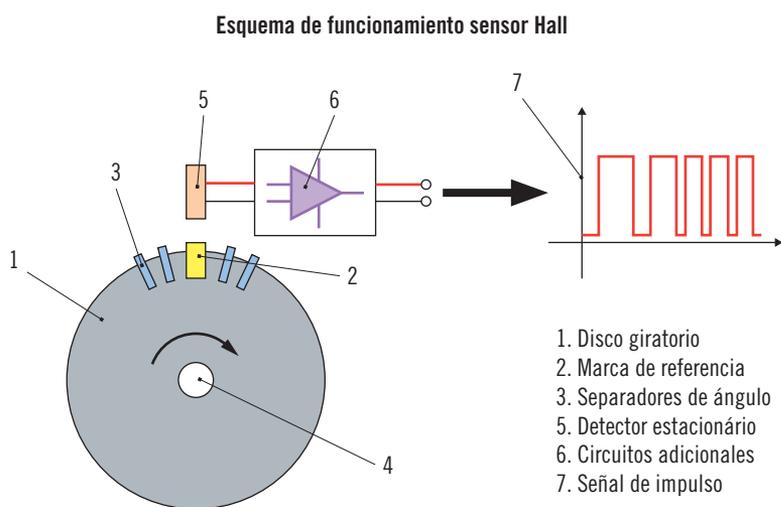


Sabía que...

Este fenómeno es reversible, ya que, si una bobina es sometida a la variación de un campo magnético, se produce en ella una corriente eléctrica por efecto de la inducción. La corriente así generada es de tipo alterna.

Sensor de velocidad

Normalmente, es un sensor Hall cuya señal de salida varía en frecuencia proporcionalmente a la velocidad del vehículo.



Nota

Esta señal se emplea para mejorar el confort de marcha y estabilidad de ralentí.

Conmutador de embrague

Se trata de un interruptor cuya señal se emplea para reducir el caudal inyectado cuando se pisa el embrague para favorecer la suavidad de funcionamiento durante el cambio de velocidades.

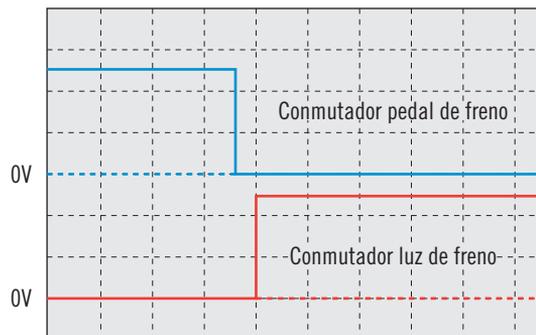
Sensor del pedal de embrague



Conmutador de pedal de freno redundante

Su señal se emplea para comprobar la plausibilidad de señales entre esta información y el conmutador de ralentí. Ya que este podría estar averiado, la UCE siempre corta la inyección cuando se pisa el pedal de freno, por lo que no se puede acelerar y frenar a la vez.

Gráfica de señales plausibles de frenado



Sensor posición pedal acelerador

Está formado por un potenciómetro cuya señal es básica para calcular el caudal y el momento de inyección. También se emplea para regular la presión de sobrealimentación y los gases recirculados.

Sensor del pedal del acelerador



Nota

El conmutador de ralentí se encuentra dentro del sensor.

Inyector pilotado

Es un generador inductivo y su función principal es detectar el momento exacto en el que se produce la apertura del inyector diésel en los sistemas EDC.



Sensor de inicio de la inyección



Nota

Esta información es utilizada por la UCE para comprobar si el avance teórico coincide con el real.

4.2. Unidad de control

Una o varias unidades de control se encargan de analizar las señales que les llegan desde los distintos sensores (medidor de masa, transmisores de temperatura etc.). Una vez analizadas y comparadas con la cartografía parametrizada en sus memorias, estas unidades se encargan de gestionar el funcionamiento de distintos actuadores (inyectores, electroválvulas, relés, etc.).



Unidad de control de gestión diésel

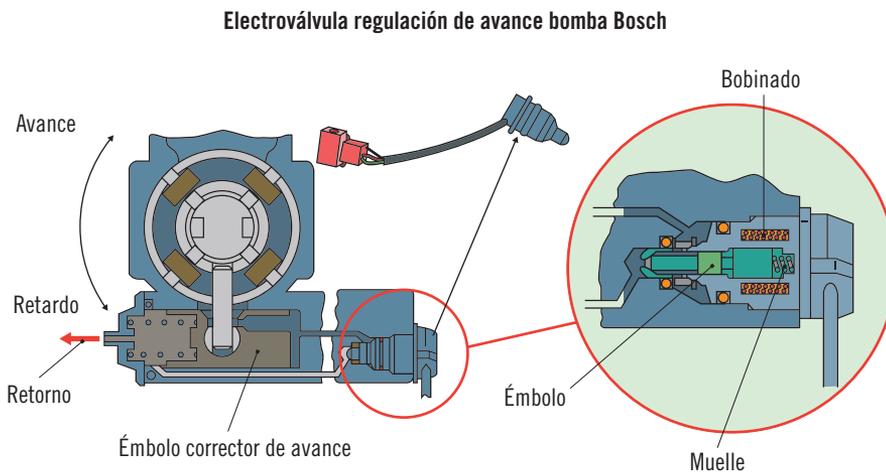
4.3. Actuadores

Actuadores es el nombre que se utiliza para definir todos los dispositivos que transforman la energía eléctrica que reciben en otro tipo de energía, ya sea mecánica, térmica, luminosa, etc.

Electroválvula de regulación de avance

El variador de avance de la bomba rotativa de inyección permite adelantar el comienzo de alimentación en relación con la posición del cigüeñal del motor y de acuerdo con el régimen para compensar los retardos de inyección e inflamación.

La electroválvula recibe impulsos de la UCE con el fin de controlar la presión que actúa sobre el pistón. Cuando la electroválvula se queda sin corriente de excitación, el comienzo a la inyección es de 24°.





Ejemplo

Los actuadores utilizados en el automóvil cada vez son más variados y numerosos, como consecuencia de la mayor incorporación de sistemas electrónicos, pero los más empleados son los electromagnéticos, como relés, electroválvulas, calefactores (bujías de precalentamiento de los motores diésel), etc.



Calentador

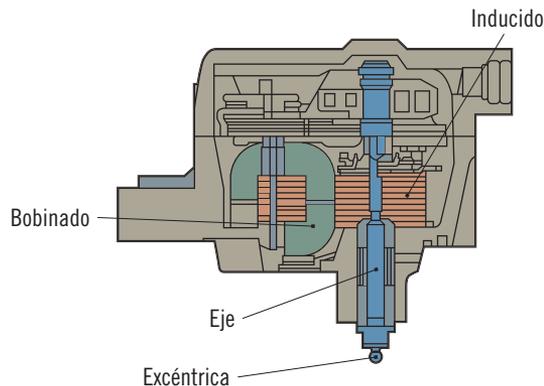


Electroválvula de vacío

Regulador de caudal

El regulador de caudal actúa directamente sobre la corredera de regulación. El eje del regulador transmite el movimiento a la corredera a través de una rótula excéntrica, que transforma el movimiento rotativo del eje en axial de la corredera de regulación.

Dosificador de caudal bomba Bosch VE electrónica



El caudal de inyección es calculado por la UCE en función a las siguientes señales:

- Régimen motor y posición de la mariposa.
- Masa de aire, temperatura del motor, temperatura del combustible, conmutadores de freno y embrague, posición de la corredera y velocidad del vehículo.

El eje del inducido controla la corredera de regulación y el bobinado genera el campo magnético que hace girar el eje del regulador. Actúa cuando recibe la señal de masa de la UCE. Cuando no se alimenta la bobina, los muelles de retorno mantienen a la corredera en posición de suministro nulo.



Aplicación práctica

En el taller donde trabaja, tiene un vehículo ROVER 2.0 TDI, con bomba electrónica VE, que tiene una fuga de gasoil por un inyector, el cual hay que desmontar. ¿Cuál sería el proceso correcto?

SOLUCIÓN

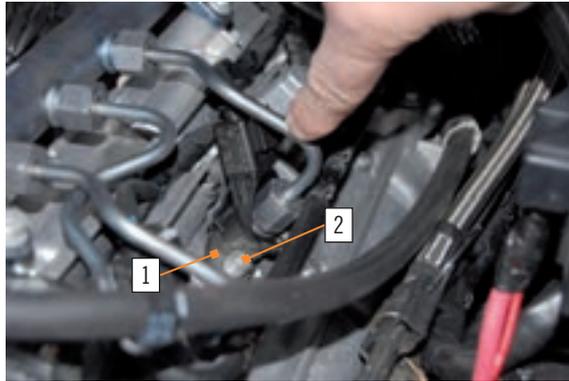
Desmontaje de un inyector:

1. Desconectar la batería.
2. Desenchufar el conector de captador de alzada de aguja.
3. Desmontar las tuberías de inyección.
4. Quitar los tubos de sobrante.
5. Retirar el tornillo (2) y la placa (1) de sujeción del inyector a la culata.

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

Ubicación del inyector



6. Extraer el inyector y recuperar la arandela del alojamiento del inyector.



Aplicación práctica

Llega al taller un cliente que posee un vehículo Rover 2.0 TDI con un problema en los inyectores. ¿Cómo se realizaría el procedimiento para la revisión de un inyector del mismo?

SOLUCIÓN

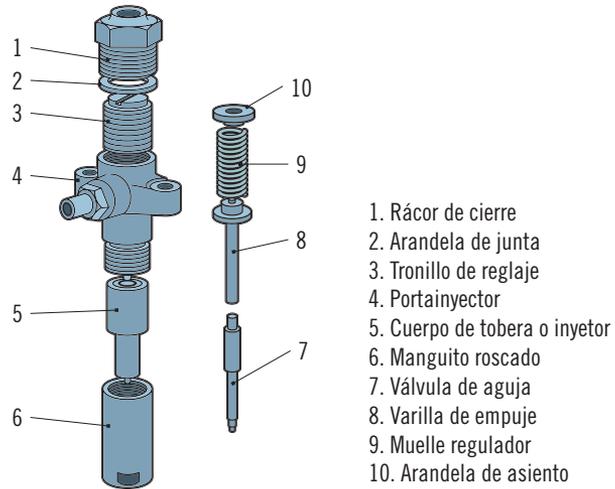
Revisión de un inyector:

1. Una vez desmontado el inyector de la culata, sujetar el inyector en un tornillo de banco provisto de mordazas blandas.
2. Desarmar el inyector, teniendo la máxima precaución en cuanto a orden y limpieza.
3. Recuérdese que entre la aguja del inyector y el cuerpo el ajuste es de milésimas de milímetro (0,001 mm).

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

Despiece del inyector



4. Realizar un examen visual de todos sus componentes, comprobando que la aguja se desliza con suavidad.
5. Montar el conjunto y realizar pruebas de presión de apertura y hermeticidad en la bomba de tarar.



Equipo comprobador de inyectores

5. Sistemas de autodiagnos

El autodiagnóstico es la capacidad de la electrónica de autocontrolarse, detectar, memorizar y diagnosticar las disfunciones. Juega un papel capital y apareció con las primeras gestiones de motor. En un principio, se conectaba un testigo al calculador y se accedía a las informaciones de diagnóstico. El número de parpadeos del testigo correspondía a una avería. Se necesitaba una tabla para interpretar el código de avería.

Desde entonces, el autodiagnóstico ha evolucionado considerablemente. La lámpara ha sido sustituida por terminales informáticos. Contrariamente al diagnóstico físico (medición, escucha, tacto), el autodiagnóstico es de alguna manera un diagnóstico virtual. En el interior de cada calculador, los ingenieros, además de programar la función principal, han creado un módulo únicamente dedicado a la post-venta, que permite:

- Identificar el sistema y el calculador.
- Detectar, memorizar y permitir la lectura de averías permanentes y fugitivas con mención de la situación y de la naturaleza de la avería, además de los parámetros asociados.
- Visualizar el valor de los diferentes parámetros de funcionamiento.
- Lanzar modos de funcionamiento de emergencia.
- Desde la aparición de las memorias flash, el alcance del autodiagnóstico ha aumentado. Ahora es posible volver a parametrizar una función o reprogramarla totalmente.

Hoy en día se accede de manera global al autodiagnóstico del vehículo a través de un conector centralizado. Ayudándose del multiplexado, un calculador central concentra el conjunto de las informaciones de diagnóstico de cada calculador para lograr una superdiagnos.

Toma de diagnóstico EOBD



Nota

Si la fecha del vehículo es posterior a 1999, llevará esta toma de diagnóstico.

A partir del año 2001, todos los vehículos de gasolina, independientemente del autodiagnóstico que incorporan, tienen que llevar incorporado el programa EOBD. Por tanto, los sistemas de inyección se deben adaptar a esta nueva disposición, ya sean sistemas de inyección directa o indirecta.

El objetivo es definir nuevas medidas para producir vehículos un 70% menos contaminantes con respecto a los de hoy en día. Varios niveles de severidad limitan los valores de emisiones:

- Euro 2, aplicable en 1996.
- Euro 3, aplicable en 2000.
- Euro 4, aplicable en 2005.
- Euro 5, en vigor desde enero 2012.



Recuerde

Para los vehículos con motor diésel, esta imposición es efectiva en los fabricados a partir 2003.

6. Protocolo EOBD, líneas de comunicación multiplexadas

El EOBD es un nivel de acceso a la autodiagnosís impuesto por el legislador y, por tanto, limitado a las funciones que gestionan la antipolucción.

6.1. Características

Existe una serie de componentes del vehículo agrupados bajo el nombre genérico de “equipo antipolucción del vehículo”, que aprovechará el lanzamiento por el Parlamento europeo del European On Board Diagnostic (Diagnóstico Europeo de Abordo). Considerado como una revolución en los talleres, el OBD no lo es en realidad. El autodiagnóstico de los dispositivos electrónicos embarcados en los automóviles existe desde hace años. Las únicas particularidades del OBD son la normalización y la imposición por los poderes públicos.



Equipo de diagnosis multimarca equipado bluetooth

Los elementos visibles del EOBD son el testigo de aviso de gases de escape y la toma para diagnósticos en el habitáculo. Todas las demás funciones y los diagnósticos se llevan a cabo de forma autónoma por parte de la unidad de control del motor, sin que el conductor se percate de las continuas verifica-

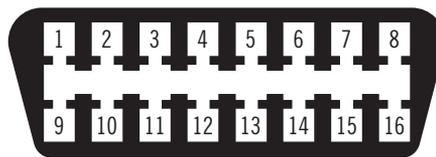
Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel

ciones que se están llevando a cabo por sus sistemas técnicos para la correcta emisión de los gases de escape del vehículo. Esto significa que no hay muchos cambios para el conductor de un vehículo con EOBD.

Si el vehículo detecta un fallo en la calidad de los gases de escape, se graba la avería en la memoria y se enciende el testigo de averías.

Los códigos de averías han sido estandarizados para que sea posible acceder con cualquier útil de diagnóstico universal, denominado scantool.

Correspondencia de los terminales del conector EOBD



- | | |
|--|--|
| 1. Reservado fabricante | 9. Reservado fabricante |
| 2. Bus diagnóstico ISO5 (J1850+) | 10. BUS diagnóstico ISO5 (J1850) |
| 3. Reservado fabricante | 11. Reservado fabricante |
| 4. GND(Alimentación negativa del útil) | 12. Reservado fabricante |
| 5. S GND (Masa de referencia señal) | 13. Reservado fabricante |
| 6. CAN H (J-2284) | 14. CAN L (J-2284) |
| 7. LíneaK (ISO 9141 - 2) | 15. Línea L (ISO 9141-2) |
| 8. Reservado fabricante | 16. "+" BAT (Alimentación positiva del útil) |



Recuerde

El EOBD europeo es un sistema de diagnóstico y de control electrónico de los gases de escape, al cual deberán obligatoriamente someterse todos los vehículos vendidos en la comunidad europea.

Los útiles de diagnóstico actuales utilizan ampliamente las líneas K y L para acceder al autodiagnóstico de las múltiples funciones disponibles. No obstante, por oposición a los útiles propios del fabricante, un scantool no transmite nunca una consulta destinada a un calculador particular, sino que interroga el conjunto del vehículo. Se habla de consultas funcionales más que físicas.

Visto desde el interior, el OBD precisa una extensión del software y de la placa base del calculador de gestión motor para vigilar permanentemente los captadores y los actuadores esenciales para el control de emisiones:

- La electroválvula de reciclaje de los gases de escape.
- Los inyectores.
- El captador de régimen motor.
- El captador de posición del eje de levas.
- El circuito de encendido.
- La sonda lambda posterior al catalizador.
- La sonda lambda anterior al catalizador.
- La bomba de aire secundario.
- La electroválvula de insuflación de aire secundario.
- El propio calculador.

Para la puesta en funcionamiento del lector EOBD, solo es preciso conectarlo con la toma de diagnóstico en el habitáculo.



Lector universal EOBD



Nota

La comunicación entre la unidad de control del motor y el lector de datos EOBD se establece de forma automática.

Un lector de averías EOBD permite realizar las siguientes funciones:

- Modo 1: consulta de los datos instantáneos del motor (datos y código de conformidad).
- Modo 2: consultar el entorno de cuando se grabó una avería en la memoria (solo ocupado si ha ocurrido una avería).
- Modo 3: consulta de las averías que condujeron a que se activara el testigo de aviso.
- Modo 4: cancelación/borrado de los códigos de avería, del código de conformidad y de las condiciones operativas (modo 2).
- Modo 5: visualizar las señales de las sondas lambda.
- Modo 6: visualizar los valores de medición de sistemas no vigilados de forma permanente (por ejemplo el sistema de aire secundario, el sistema de desaireación del depósito o la recirculación de gases de escape).
- Modo 7: consultar las averías que no han conducido aún a la activación del testigo de aviso de los gases de escape.
- Modo 8: no se ocupa en Europa.
- Modo 9: visualizar información del vehículo (por ejemplo el número de identificación/chasis, el código del motor, el tipo de unidad de control del motor o la identificación de software).



Nota

Respecto a los modos 3 y 7, para la confirmación de la avería, ciertos diagnósticos requieren uno o varios ciclos de recorrido hasta que se active el testigo de aviso de los gases de escape.

Existe una lista de códigos de averías estandarizado, pero realmente el aparato de diagnosis, aparte de dar el código, hará saber directamente el significado de ese código.

6.2. Multiplexado

Los automóviles modernos exigen un importante desarrollo de los sistemas electrónicos. Esta evolución conlleva un aumento de cableado, con informaciones en muchos casos redundantes, lo que genera problemas de orden económico y estructural. La tecnología que resuelve estos problemas es el multiplexado, que consiste en hacer circular por dos cables multitud de información entre los distintos tipos de calculadores de un vehículo.

Existen varios tipos de multiplexado, que se diferencian en términos de soporte, de velocidades de información y de la naturaleza de protocolo. Los principales son:

- VAN.
- CAN.
- LIN.
- SAE J-1850 (utilizado mayoritariamente en vehículos americanos).

Algunos constructores tienen su propio tipo de multiplexado:

- BEAN (Toyota).
- AVC-LAN (Toyota).
- ACP (Ford).

- CCD (Chrysler).
- El sistema más generalizado actualmente es el CAN bus de Bosch.



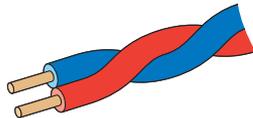
Definición

Bus de comunicación

Circuito eléctrico que conduce las informaciones multiplexadas. Estos buses permiten el diálogo entre los calculadores por circulación de informaciones en forma digital por una unión con cables.

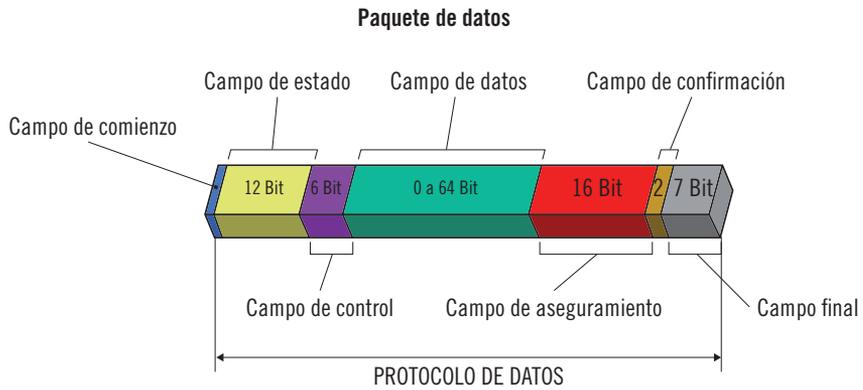
El diálogo entre calculadores precisa de un soporte de transporte (el o los cables de comunicación).

Trenzado de los cables multiplexados (evita interferencias)



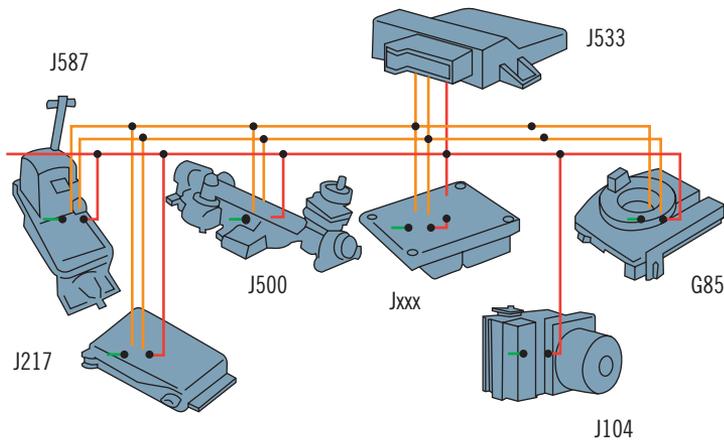
Tramas

Una trama es un código que contiene las informaciones para poder comunicar de un calculador a otro. La trama contiene todos los datos a transmitir y la dirección del destinatario bajo una forma normalizada, denominada protocolo. El protocolo de transmisión de datos se compone de varios campos.



Parte de los elementos del CAN, como el controlador, el transceptor y habitualmente las resistencias finales, son componentes de las diferentes unidades conectadas al sistema.

Conexión de calculadores del BUS



Las unidades se conectan entre sí en forma lineal, la cual se podría definir como una conexión en paralelo. Otro tipo de conexiones posibles serían en estrella o anular.



Nota

El sistema se estructura en forma multimaestra, es decir, todas las unidades tienen las mismas facultades.

7. Procesos de desmontaje, montaje y reparación

En cuanto a lo estudiado hasta ahora, los procesos que se llevan a cabo en el taller de reparación se pueden clasificar en:

- **Pruebas mecánicas:** básicamente son las mismas que las ya tratadas, ya que las bombas rotativas electrónicas, en su parte mecánica, difieren muy poco de las puramente mecánicas. **Importante:** se debe consultar el manual de taller para tener los datos precisos del modelo a reparar, como pares de apriete y procesos concretos de sustitución de componentes.
- **Diagnos en serie:** mediante terminal de diagnóstico específico, que se llevará a cabo como paso previo a cualquier intervención. La diagnosis en serie también puede ser denominada autodiagnosis y básicamente se trata de utilizar la información disponible y grabada en las unidades de control del sistema, existiendo diferencias notables entre realizar la autodiagnosis con unas máquinas o con otras (la del fabricante u otra universal). Existen en el mercado gran variedad de fabricantes que evolucionan sus modelos constantemente. Recuerde: el EOBD es un programa obligatorio para todos los vehículos que afecta a los sistemas anticontaminación del vehículo y pensado para controlar la contaminación por parte de las autoridades (agentes de policía, ITV), de manera sencilla y no para facilitar la reparación, si bien también se puede beneficiar de la información que aporta
- **Diagnosis mediante pruebas eléctricas y documentación técnica:** se trata de un segundo y definitivo nivel de reparación, después de leer averías y parámetros con el terminal de diagnosis. Con estas pruebas eléctricas, realizadas con polímetro, puentes y osciloscopio, se llega al componente concreto en el que realmente se encuentra la avería. La

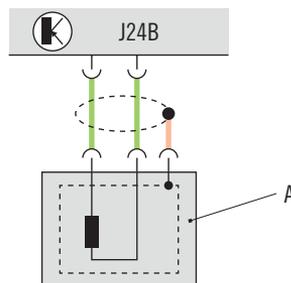
reparación consistirá en muchos casos en sustituir un componente y, si bien no se puede generalizar, el proceso de desmontaje y montaje suele ser un trabajo sencillo.

7.1. Realizar la comprobación de un sensor de revoluciones del motor

Se trata de un sensor con el que están equipados todos los vehículos y cuyo funcionamiento es fundamental para el vehículo, hasta el punto de que, en caso de avería de este sensor, el motor se detiene. Para su comprobación:

- El sensor de revoluciones del motor informa a la unidad de control de las revoluciones del cigüeñal y va fijado al bloque motor.
- El sensor de revoluciones también detecta la posición exacta del cigüeñal. En caso de fallo, el motor se pararía.
- Como puede verse en la siguiente figura, en su circuito de conexión eléctrica (A), envía información a la UCE motor (J248).

Circuito eléctrico del sensor



- Se puede verificar su correcto funcionamiento con ayuda de un polímetro.

Verificación con polímetro

Se sitúa el polímetro en su escala correspondiente y, en los bornes del capacitor, se realizan las siguientes pruebas:

- **Resistencia:** la especificada por el fabricante, a motor parado y conector desconectado (unos 300 ohm).

- **Señal:** En alterna mV, con el motor girando. Resultado: 5 V aumentando con las revoluciones.
- **Aislamiento:** en la escala más alta de ohmios. Debe indicar infinito.

Diagnóstico con polímetro



7.2. Sustituir el sensor de temperatura de combustible de una bomba Bosch VE con EDC

Se trata de realizar la sustitución del sensor de temperatura de combustible, una avería bastante común en este tipo de bombas inyectoras.



Consejo

Una vez de sustituido, es conveniente que la bomba inyectora sea cubicada y ajustada en un banco de pruebas.

El proceso de trabajo sería el siguiente:

1. Después de detectar la avería con el útil de diagnóstico, quitar los tornillos de la tapa.

Desmontar tapa bomba



2. Retirar la tapa superior para tener acceso a la resistencia NTC.

Ubicación del sensor de posición del dosificador



3. Sustituir el sensor de temperatura y volver a montar todo.

Tornillos a desmontar para sustituir NTC



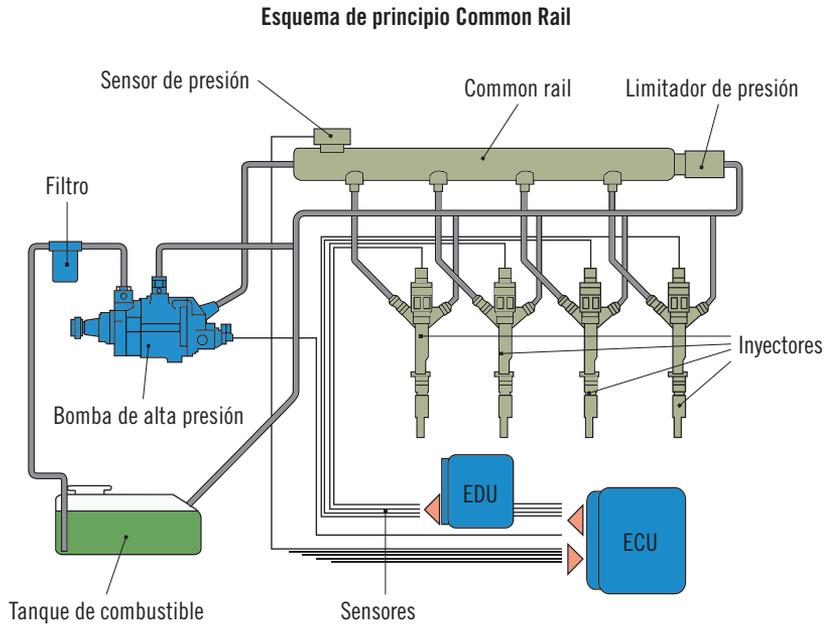
8. Sistemas por raíl común (common rail). Tipos y características

Los sistemas common rail son actualmente los más utilizados como sistemas de inyección diésel. Nacido de la colaboración de Fiat y Bosch, ha tenido una evolución constante desde su aparición. Este sistema rompe definitivamente el concepto de una bomba inyectora que se encarga de realizar todas las funciones propias de la inyección diésel, al desvincular la creación de presión con la dosificación y el avance.

8.1. Características

Este sistema se encarga de inyectar combustible sometido a altas y casi continuas presiones en el interior de una tubería común, mediante unas válvulas inyectoras que se abrirán cuando la unidad de control lo considere necesario.

La presión y la cantidad de inyección, junto con el momento de inyección correcto, son calculadas y controladas por una unidad de control, la cual utiliza las señales de diferentes sensores y opera sobre diversos actuadores para controlar los mismos.



Nota

Una bomba, denominada de alta presión, genera el caudal de combustible necesario para conseguir la presión deseada.

Existen dos posibilidades fundamentales para generar la presión:

- Regular el caudal de retorno (CP 1).
- Regular el caudal de entrada manteniendo fijo el retorno (CP 3).

8.2. El circuito de baja presión

El circuito de baja presión está compuesto por los siguientes elementos:

Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel

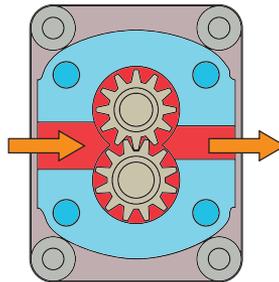
- Bomba de alimentación.
- Filtro de combustible.
- Regulador de presión.
- Calentador de combustible.
- Sensor de presión.
- ELAB.

Tipos de bombas de baja presión

Se utilizan dos tipos fundamentales de bombas de alimentación:

- Eléctricas (EKP).
- Mecánicas (ZP).

Bomba mecánica de baja presión



La bomba de alimentación es una bomba de engranajes accionada por el propio motor o por la bomba de alta.

Filtro de combustible

El filtro de combustible se encarga de eliminar las partículas de suciedad del gasoil.

Se encuentra integrado entre la bomba eléctrica y la de engranajes.

Algunos están dotados de una pequeña calefacción eléctrica que se encarga de calentar el gasoil en los momentos necesarios.



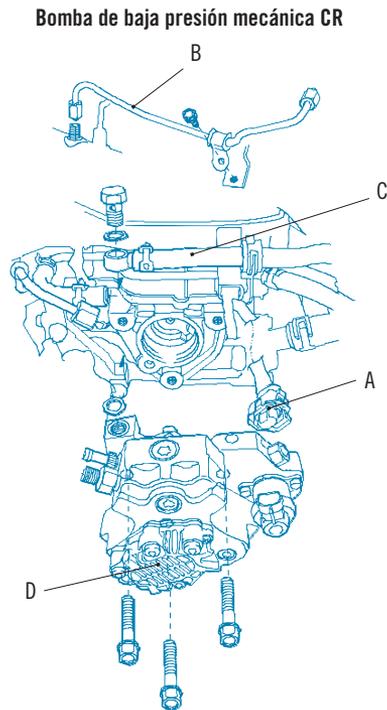
Aplicación práctica

Un vehículo llega al taller en una grúa, ya que es imposible la puesta en marcha del motor. Después de conectar la máquina de diagnóstico, emite el código de falta de presión en el raíl y, después de medir con manómetro la presión de baja, se ve que la bomba de baja no funciona. ¿Cómo se procede?

SOLUCIÓN

Para desmontar la bomba de baja presión de combustible common rail:

1. Desconectar el conector (A).



2. Desmontar el tubo de alta presión (B).
3. Desconectar el manguito de combustible (C).
4. Desmontar la bomba de combustible (D).



Nota



Filtro con decantador

La mayoría de filtros incorporan un módulo decantador de agua.

8.3. Circuito de alta presión

Este circuito es el encargado de generar la alta presión (entre 150 y 1.300 bar), dosificar y distribuir el combustible.

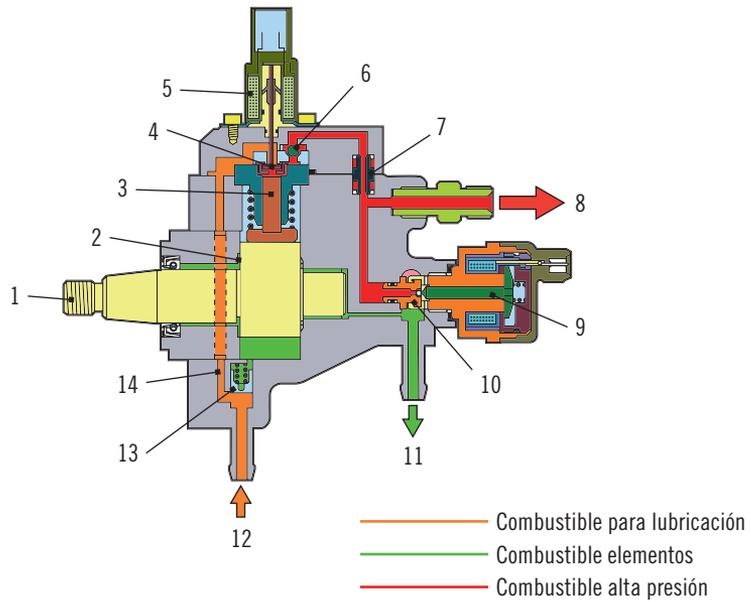
Está formado por los siguientes elementos:

- Bomba de alta presión, con regulador y desactivador del tercer pistón.
- Acumulador de alta presión (raíl), con sensor de presión y de temperatura de combustible.
- Inyectores.

Bomba de alta presión

Es accionada por el sistema de distribución, consumiendo unos 5 CV de potencia del motor. Se trata de una bomba de tres pistones radiales y gira a la mitad de revoluciones que el cigüeñal. La bomba se lubrica con el mismo gasoil que la atraviesa. El movimiento de los pistones está determinado por una excéntrica acoplada al eje de la bomba; este acciona un anillo poligonal que acciona, a su vez, el pie del pistón. Cada grupo de bombeo dispone de una válvula de aspiración de disco y una válvula de envío de bola.

Esquema bomba de alta presión



Nota

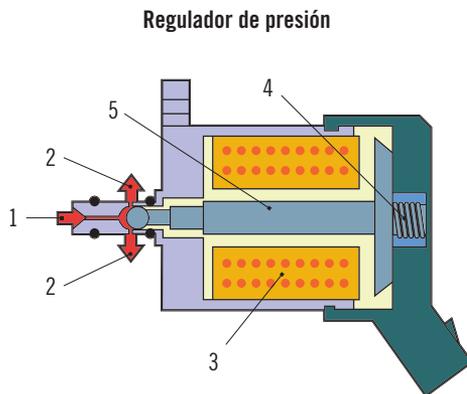
La bomba está dotada de lubricación, que la protege en caso de bajo caudal desde el envío de baja presión, lo que permite la lubricación de los grupos de bombeo y el mecanismo de excéntricas.

Sus componentes son:

1. Eje de accionamiento.
2. Leva de la excéntrica.
3. Elemento de la bomba.
4. Válvula de aspiración.
5. Desactivador de un cilindro.
6. Válvula de salida.

7. Junta.
8. Conexión de alta presión.
9. Válvula reguladora de presión.
10. Válvula de bola.
11. Retorno de combustible.
12. Alimentación de combustible.
13. Válvula de seguridad.
14. Canal de baja presión.

El elemento encargado de regular la presión es la válvula reguladora de presión. Esta válvula puede ser un elemento de la bomba de alta o instalarse en el propio raíl.



- | | |
|----------------------------------|------------|
| 1. Alta presión | 4. Resorte |
| 2. Hacia el retorno del depósito | 5. Núcleo |
| 3. Bobinado de mando | |



Nota

Se pueden distinguir dos circuitos: uno mecánico, donde el muelle garantiza una presión mínima de 100 bares, y otro eléctrico, donde la UCE alimenta a la bobina con tensión variable. La presión regulada estará en función de esa tensión.

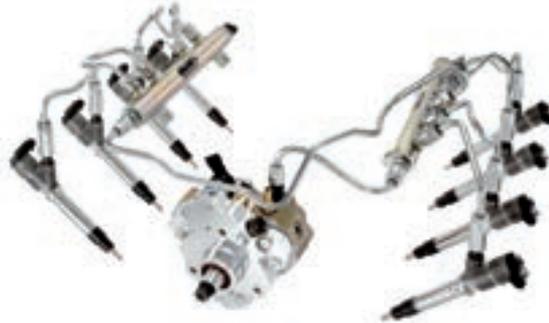
Acumulador de alta presión

El tubo raíl se encarga de acumular el combustible necesario para la inyección, así como de amortiguar las oscilaciones de presión que aparecen en el sistema.



Rampa de combustible y válvula limitadora

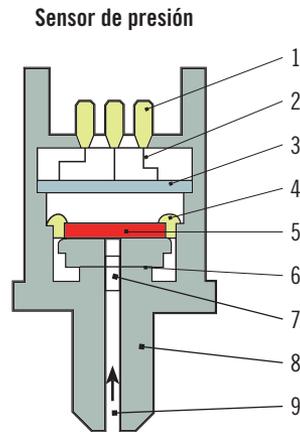
Para evitar sobrepresiones en el raíl, se instala una válvula limitadora de presión, la cual es una válvula mecánica que se abre en caso de un exceso de presión en el sistema.



Montaje de inyectores

Sensor de presión

Es de tipo piezoeléctrico y su misión es medir la presión del combustible en el acumulador para que la UCE determine el tiempo de inyección y regule la presión en el circuito de alta.



Sus componentes son:

1. Conexión eléctrica.
2. Unión para el conector.
3. Circuito de evaluación.
4. Unión para el circuito de evaluación.
5. Elemento sensor.
6. Soldadura.
7. Dispositivo de retención.
8. Rosca para la fijación al raíl.
9. Conexión de alta presión.

8.4. Inyectores

Son los encargados de introducir el combustible a alta presión en la cámara de combustión.

Existen dos tipos completamente distintos de inyectores para sistemas common rail:

- **Inyectores electromecánicos:** utilizan el movimiento de un núcleo férreo sometido a un campo electromagnético para iniciar el funcionamiento interno del inyector.

- **Inyectores piezoeléctricos:** utilizan el crecimiento que experimenta un modulo actuador (al serle aplicada una tensión) para iniciar el funcionamiento interno del inyector.



Nota

Los inyectores son excitados eléctricamente por la unidad de control, ajustando los momentos y la cantidad de combustible a lo decidido por esta.

Comienzo de la inyección

La unidad de control excita la electroválvula que se desplaza hacia arriba, abriendo el estrangulador de salida, de manera que el combustible de la cámara de control fluye hacia el retorno.

El estrangulador de entrada evita que la cámara de control se cargue rápidamente de combustible, con lo que la presión desciende sobre el embolo de control, esto se transforma en un movimiento ascendente de la aguja, que deja abiertos los orificios de inyección.

Fin de la inyección

La unidad de control elimina la excitación de la electroválvula, desaparece el campo magnético y el inducido se desplaza hacia abajo empujado por la fuerza del muelle de electroválvula. De esa manera, se cierra de nuevo el estrangulador de salida. Así, en la cámara de control, el combustible alcanza la presión del tubo raíl e iguala la que existe en la zona inferior de la aguja.

En igualdad de presiones, la fuerza depende de la superficie sobre la que se aplica esta presión.



Aplicación práctica

Un cliente se queja de que a su vehículo, un Citroën C5 HDI del año 2003, en caliente le cuesta arrancar cada vez más. ¿Qué comprobaría?

SOLUCIÓN

Se procedería a la comprobación de inyectores common rail, de la siguiente manera:

1. Desmontar el inyector, extremando las medidas de limpieza.



Inyectores CR

2. No intervenir en el circuito con el motor en marcha.
3. No alimentar nunca un inyector a 12 V.
4. Con un polímetro, medir la resistencia de su bobina.
5. Medir también el aislamiento a masa de la bobina.
6. Con un osciloscopio en la escala adecuada, comprobar la gráfica de alimentación.
7. Medir el caudal sobrante de los inyectores (debe ser el mismo en todos, unos 33 ml).



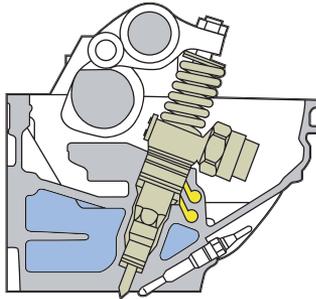
Comprobación del caudal sobrante

9. Sistemas por grupo electrónico bomba inyector. Tipos y características

El sistema basa su funcionamiento en un módulo inyector bomba fijado a la culata. El árbol de levas ataca en su giro a un balancín de rodillo que presionará el embolo del inyector, generándose así una alta presión de combustible.

Una válvula electrohidráulica gobernada por la unidad de control del motor activará la apertura y cierre de la aguja del inyector, controlando de esa manera el tiempo y el momento de inyección.

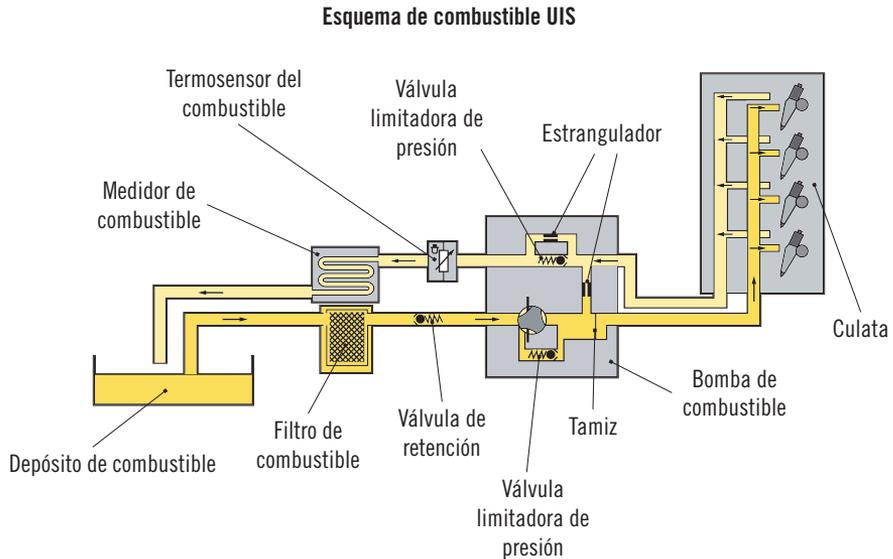
Esquema de ubicación inyector-bomba



Nota

Las presiones de inyección pueden llegar a ser superiores a 2.000 bar.

9.1. Circuito de combustible



9.2. Bomba tándem

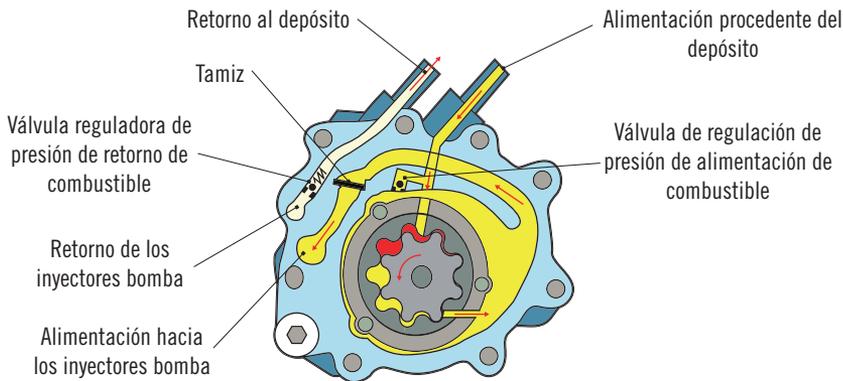
Son dos bombas que se accionan mecánicamente desde el árbol de levas y se alojan en un solo cuerpo, de ahí su denominación. Una de las bombas sirve para generar el vacío requerido para todos los mecanismos neumáticos del motor y la otra ejerce como bomba de presión y alimenta de combustible a los inyectores.

En la siguiente imagen, la aspiración y elevación de combustible se ve representada por el movimiento de la cantidad parcial marcada en rojo.

La presión es mantenida por la válvula reguladora de presión en el conducto de alimentación.

La válvula de presión del retorno mantiene 1 bar en el circuito de retorno de los inyectores.

Funcionamiento bomba tándem



Aplicación práctica

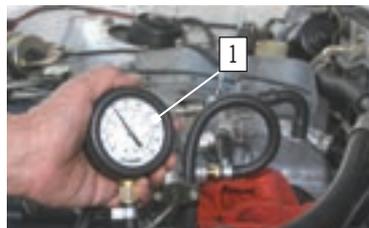
Un vehículo VW Golf 2.0 TDI, equipado con inyector bomba como sistema de alimentación, tiene un funcionamiento inestable. ¿Qué prueba realizaría?

SOLUCIÓN

Se procedería a medir la baja presión de alimentación (inyector bomba) de la siguiente manera:

1. Instalar un manómetro (1) con escala de 1 a 15 bar, en un punto adecuado del circuito de baja presión (según vehículo).
2. Poner el contacto y accionar el arranque.
3. Comprobar que las presiones se ajustan con las especificadas por el fabricante (de 3,5 a 11,5 bar).

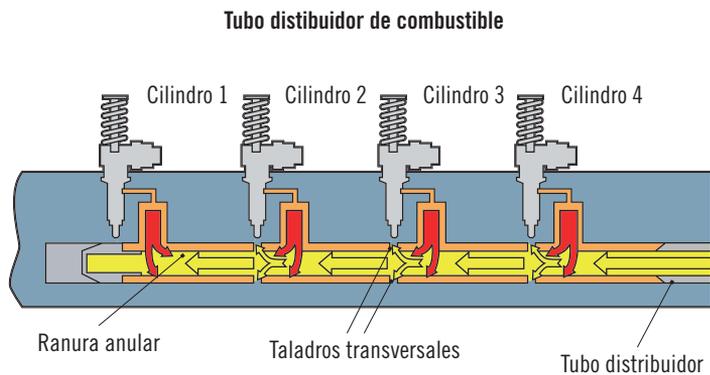
Medición de la presión de la bomba de baja



9.3. Tubo distribuidor

El tubo distribuidor es el encargado de hacer llegar el combustible de manera uniforme desde la bomba tándem a los inyectores.

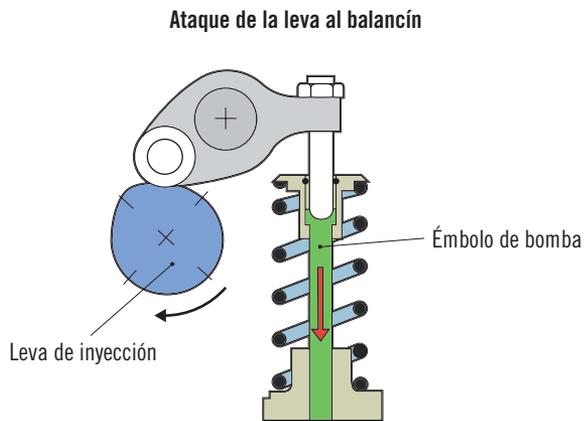
Va alojado en el interior de la culata en un orificio de mayor diámetro que el propio tubo. Esto permite que entre las paredes de la culata y el tubo se forme una cámara toroidal.



El combustible fluye en dirección al cilindro 1 por el interior del tubo representado en amarillo. A través de los orificios practicados en el mismo, el combustible sale a la cámara toroidal, donde se mezcla con el combustible caliente que se encuentra allí y alimenta a las cámaras de entrada de combustible de los inyectores.

9.4. Funcionamiento de los inyectores bomba

La leva de inyección tiene un flanco de ataque muy pronunciado. Al oprimir el émbolo con una alta velocidad, se alcanza rápidamente una muy alta presión de inyección.



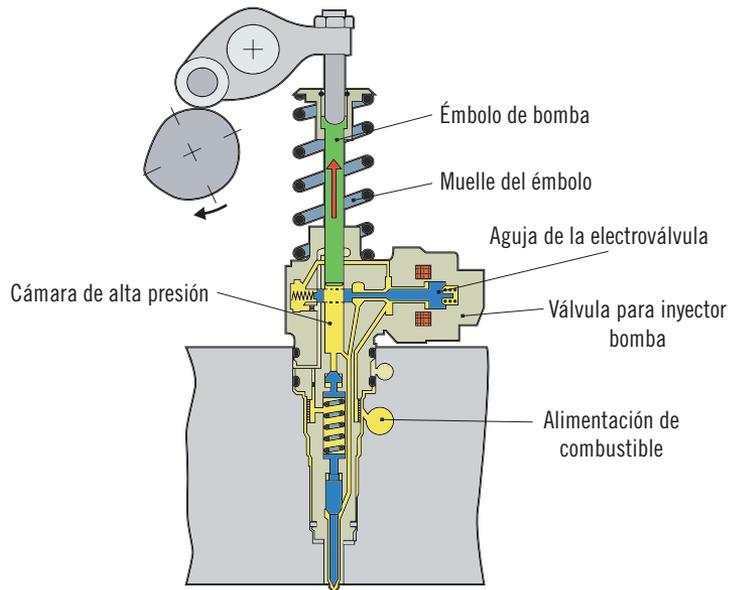
Nota

La presión ira incrementándose a medida que suban las revoluciones del motor.

En el llenado, la aguja de la electroválvula está en reposo, abriendo el paso de combustible desde la alimentación a la cámara de alta presión.

Al ascender el émbolo impulsado por el muelle, el volumen de esta cámara aumenta, llenándose completamente.

Funcionamiento inyector

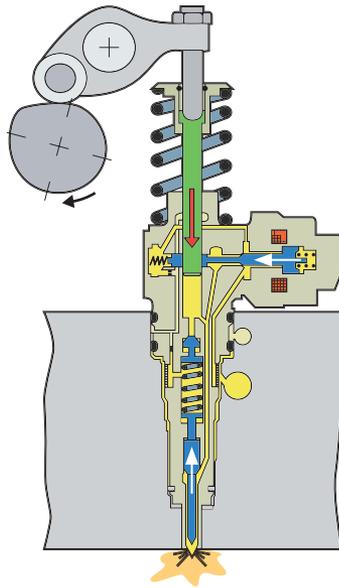


En el momento en el que baja el émbolo, el líquido de la cámara empieza a desplazarse hacia la zona de alimentación de combustible.

Cuando la electroválvula se excita, la aguja del inyector obtura el paso hacia la zona de alimentación, aumentando la presión en la cámara de alta presión y en la parte inferior de la aguja.

Cuando la presión alcanza 180 bar se supera el tarado del muelle del inyector, con lo que la aguja se despega de su asiento y comienza el ciclo de la preinyección.

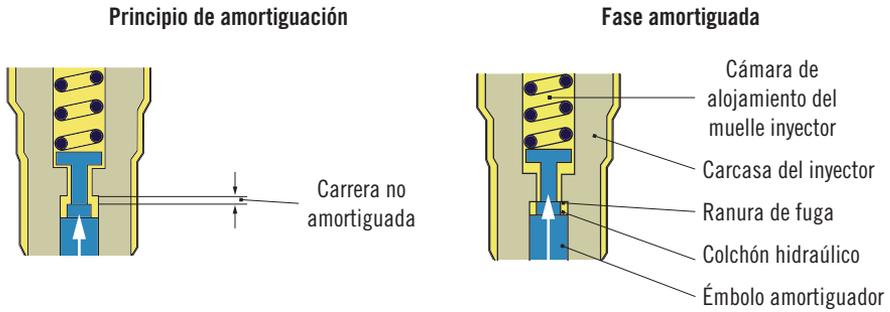
Inicio preinyección



Durante la preinyección, la carrera de la aguja se amortigua por medio de un colchón hidráulico. De esa manera, se dosifica con exactitud la cantidad a inyectar.

Durante el primer tercio de la carrera de la aguja, esta sube sin que el amortiguador funcione, inyectándose en la cámara de combustión la cantidad prefijada para la preinyección.

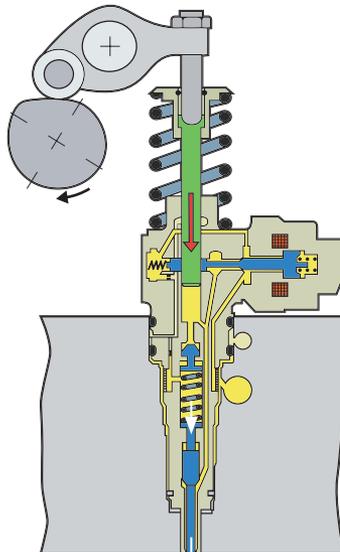
Cuando el émbolo se sumerge en el taladro de menor diámetro de la carcasa del inyector, la presión alrededor de este aumenta, debido a que el combustible solo puede escapar a través de una pequeña ranura de fuga, generándose un colchón hidráulico que amortigua la carrera de la aguja.



A medida que el émbolo de bomba sigue descendiendo, la presión en la cámara aumenta y empuja al émbolo de evasión, con lo que el volumen de la cámara aumenta. En ese instante, la presión cae momentáneamente y la aguja del inyector se cierra.

Como el émbolo de evasión ha pretensado el muelle del inyector, será necesario alcanzar más de 300 bar para que la aguja vuelva a desplazarse y se produzca la inyección principal.

Fin de preinyección

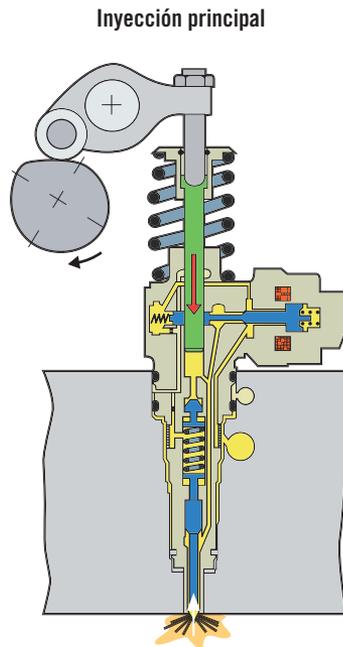


Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel

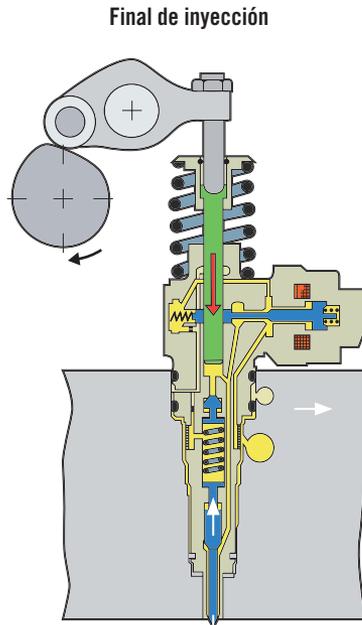
En el momento en que la aguja se cierra y finaliza la preinyección, la presión vuelve a subir. Cuando se alcanzan 300 bar, se vencerá la precarga del muelle del inyector y la aguja se volverá a abrir.

Durante el tiempo que la aguja está abierta, las presiones de inyección pueden alcanzar más de 2.000 bar, ya que el émbolo sigue desplazando al combustible y la única salida que tiene este son los orificios del inyector.

Es este motivo el que hace posible que las presiones vayan aumentando a medida que aumentan las revoluciones del motor y, en definitiva, la velocidad de bajada del émbolo de bomba.



Cuando la unidad de control lo decide, retira la excitación a la electroválvula, la aguja de esta se desplaza empujada por su válvula y la cámara de presión se comunica con la de alimentación, con lo que la presión cae y la aguja del inyector se cierra.



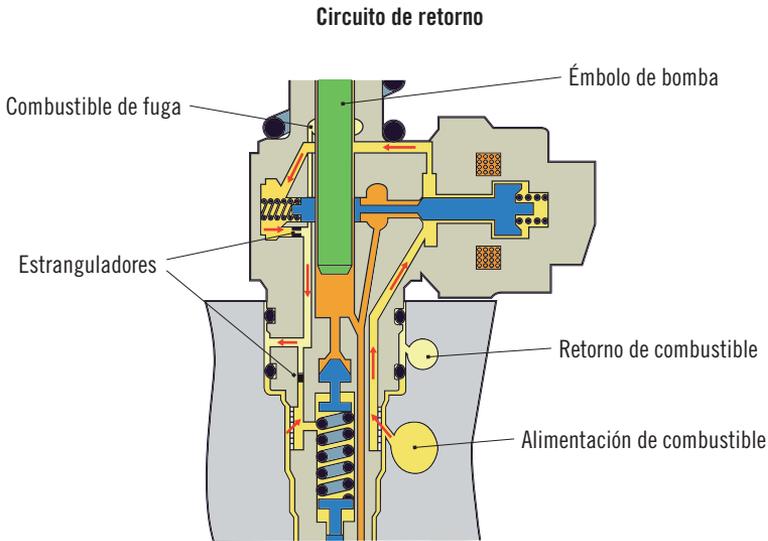
Nota

Este control es muy exacto y posibilita que no existan goteos de combustible a la cámara de inyección.

9.5. El circuito de retorno

El retorno asume principalmente tres funciones:

- Refrigerar el inyector bomba.
- Transportar el combustible de fuga, desalojándolo del émbolo de bomba.
- Eliminar las burbujas de vapor, haciéndolas pasar por los estranguladores en la zona de retorno.



Aplicación práctica

Tras realizar una prueba de diagnóstico y comprobar el retorno de los inyectores bomba a un VW Passat TDI, se decide por parte del jefe de taller sustituir un inyector bomba. ¿Qué proceso seguiría?

SOLUCIÓN

Desmontar/montar inyectores-bomba, de la siguiente manera:

1. Desmontaje:
 - a. Desmontar la tapa de la culata.
 - b. Girar el cigüeñal hasta que las levas no ataquen al inyector-bomba a desmontar.
 - c. Aflojar las contratuercas.
 - d. Desenroscar los tornillos del eje de balancines.
 - e. Desenroscar el tornillo del taco de ajuste.

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

Tornillos a desmontar para sustituir inyector-bomba



- f. Sacar el conector eléctrico del inyector bomba.
- g. Girar el inyector a un lado y a otro hasta que salga.

2. Montaje:

- a. Sustituir arandelas y juntas tóricas.
- b. Extremar la limpieza e introducir el inyector-bomba.
- c. Montar el taco de sujeción sin apretar.
- d. Alinear correctamente el inyector-bomba y apretarlo.
- e. Codificar el inyector-bomba.



Conector inyector bomba



Aplicación práctica

Un vehículo Seat Ibiza SDI del año 2001 llega al taller con el testigo de avería encendido. ¿Cómo procedería?

SOLUCIÓN

1. Localizar la toma de diagnóstico del vehículo y conectar el lector de averías.



Toma de diagnóstico EOBD

2. Seleccionar el modelo y el tipo de motor y leer las averías actuales.
3. El aparato de diagnóstico dice que el sensor de alzada de aguja del inyector no emite señal.



Sensor de inicio a la inyección

4. Después de medir su resistencia interna, se comprueba que se ha cortado y se procede a sustituir el inyector por otro nuevo equivalente, al no suministrar recambios la resistencia por separado.
 5. Por último, se borra la avería del memorizado y se desconecta.
-

10. Resumen

Los sistemas de inyección diésel con gestión electrónica han experimentado una notable evolución desde su aparición (aproximadamente en 1998) hasta hoy en día. Al principio, se adaptaron las bombas rotativas mecánicas para que fuesen controladas por unidades de control en sus funciones más importantes. Ejemplos de estos sistemas son los Bosch VE con EDC, las bombas VP y VR. También la marca inglesa CAV evolucionó sus modelos mecánicos, dando lugar a la bomba DPN y la gestión EPIC, montada en muchos vehículos populares.

A partir del año 2002, son dos los sistemas de inyección diésel electrónica que se imponen: el common rail y el inyector-bomba.

Los sensores y actuadores son componentes esenciales de cualquier sistema con gestión electrónica y se han estudiado los más utilizados.

Todos los vehículos actuales están equipados con sistemas de autodiagnóstico, por lo que es muy conveniente conocer sus posibilidades y condiciones de acceso. También se ha descrito el sistema EOBD, ejemplificando sus modos de funcionamiento y el equipamiento necesario para poder detectar los códigos de averías normalizados.

Otra tecnología aplicada a los vehículos actuales es el multiplexado, del que se han conocido su principio de funcionamiento y sus características más importantes.

También se han explicado, desde un enfoque eminentemente práctico, el desmontaje, el montaje y la comprobación, con diferentes ejemplos.

Asimismo, se ha analizado la sustitución y comprobación de distintos componentes de las gestiones diésel electrónicas:

- Captador de rpm.
- Sensor de temperatura de combustible en bomba inyectora.
- Desmontaje y montaje de inyectores bomba.
- Desmontaje de racores de tubos de combustible.



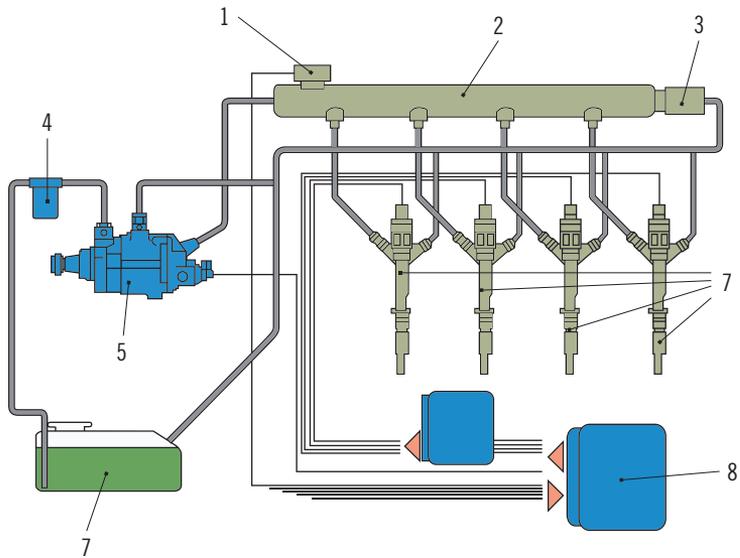
Ejercicios de repaso y autoevaluación

1. Explique brevemente el funcionamiento de la bomba rotativa Bosch VE con gestión electrónica EDC.

2. ¿Qué es el multiplexado? Nombre los tipos que conozca.

3. Explique las pruebas a realizar para comprobar un captador de revoluciones inductivo.

4. Basándose en el siguiente esquema, nombre los componentes de un sistema de inyección diésel common rail.



5. Nombre las funciones que asume el circuito de retorno en los inyectores-bomba.

6. De las siguientes afirmaciones, diga cuál es verdadera o falsa.

a. Los medidores de masa de aire por película caliente (HFM) son los utilizados en la actualidad.

- Verdadero
- Falso

b. Se montan dos conmutadores de freno por si falla alguno de ellos.

- Verdadero
- Falso

c. El inyector pilotado es un componente del common rail.

- Verdadero
- Falso

7. ¿Qué permiten conocer los modos 2 y 3 del EOBD?

8. ¿Qué es la diagnosis en serie?

9. ¿Cuáles son las verificaciones a realizar con un polímetro a un captador de revoluciones?

10. De las siguientes afirmaciones, diga cuál es verdadera o falsa.

a. En los sistemas common rail, la unidad de control conoce constantemente la presión del sistema.

- Verdadero
- Falso

b. El EOBD permite la diagnosis de todos los sistemas del vehículo.

- Verdadero
- Falso