

Capítulo 4

Sistemas anticontaminación en motores diésel

Contenido

1. Introducción
2. El opacímetro, interpretación de parámetros
3. Normativa referente a gases de escape en motores diésel, la norma EURO V
4. El sistema de recirculación de gases de escape (EGR, AGR)
5. Principio de funcionamiento e identificación de los componentes
6. Refrigeración de los gases de escape recirculantes
7. El catalizador de oxidación
8. El filtro de partículas (FAP)
9. Sondas de temperatura y presión diferencial
10. Ciclo de regeneración, aditivación del combustible
11. Identificación de componentes y principales comprobaciones
12. Resumen

1. Introducción

Los sistemas anticontaminación tienen cada día más importancia en el automóvil. Las cada vez más restrictivas normas europeas legisladas en este sentido hacen que los sistemas sean cada vez más complejos a la hora de diagnosticar y reparar. Si bien esto puede ser visto como un inconveniente, en realidad, con una formación adecuada y los medios técnicos necesarios, no tiene por qué ser así.

En este capítulo, se va a realizar un estudio sobre los equipos de control, la normativa y los sistemas anticontaminación en el motor diésel, poniendo una especial atención en los sistemas actuales para eliminar o reducir las emisiones contaminantes, sin olvidar en ningún momento los procesos prácticos necesarios para llevar a cabo la reparación y el mantenimiento. Asimismo, se estudiarán las herramientas utilizadas y la maquinaria de pruebas requerida.

2. El opacímetro, interpretación de parámetros

El opacímetro es un instrumento de medición destinado a medir la opacidad, expresada por medio de un resultado, el coeficiente de absorción lumínica (K) de los gases de escape del motor.

Los humos, al ganar en oscurecimiento u opacidad y perder transparencias, aumentan su poder de absorción lumínica y con ello el valor del coeficiente (K).

En los motores diésel, a medida que la calidad de la combustión empeora, los gases de escape se van haciendo más opacos. En esto tienen una gran importancia las partículas de hollín que contienen, que es combustible sin quemar debido a una combustión incompleta.



Nota

La opacidad es el parámetro que se controla en la inspección técnica de vehículos (ITV).

Un opacímetro consta de los siguientes elementos:

- Sonda para la toma de pruebas.
- Cámara de medida de la opacidad.
- Unidad de control u opacímetro.
- Captador piezoeléctrico, para la velocidad del motor.
- Sensor para medir la temperatura del aceite.

Existen dos conceptos distintos en relación con el tema tratado, la opacidad o ennegrecimiento de los gases de escape (N), que se expresa en % y el coeficiente de absorción lumínica (K), cuya unidad es m-1 (realmente, este es el dato que dan los opacímetros).

Relación entre absorción lumínica (K) y opacidad (N)								
K (en m-1)	0,52	1,19	1,61	2,50	3,00	5,35	6,97	16,06
N (en %)	20	40	50	66	72	90	95	99,9

El 99,9 % significa un humo totalmente negro.

Un opacímetro debe indicar los dos parámetros: opacidad (N) y coeficiente de absorción lumínica (K).

2.1. Programa de medición

Normalmente, son programas guiados, que van indicando los pasos a seguir en una pantalla. Estos pasos son los siguientes:

- Se debe utilizar el combustible comercial.
- Situar los captadores de velocidad y de temperatura de aceite.
- Calentar el motor adecuadamente.
- Acelerar tres veces a fondo para realizar una limpieza del escape.
- Introducir el tubo flexible en el escape.



Sonda de opacímetro

- En este punto, se puede elegir entre la prueba de pico u otra, que se denomina oficial (una medida o cuatro obteniendo la media).
- Pisar a tope el acelerador hasta que la máquina indique que se pare.



Procedimiento con opacímetro

2.2. Presentación de resultados

El equipo dará los siguientes parámetros:

- Velocidad del motor.
- Tiempo empleado en acelerar.
- Opacidad.
- Coeficiente de absorción.

La normativa vigente determina que en los motores atmosféricos el coeficiente de absorción lumínica (K) no deberá superar el valor de 2,5 m-1 y en los turbodiésel el de 3,00 m-1. Además, la diferencia entre los valores mínimos y máximos de las cuatro aceleraciones no deberá superar los 0,5 m-1 en los motores atmosféricos y 0,7 m-1 en los turbo.



Muestra de resultados



Nota

En caso de que, en la primera aceleración, el valor de (K) quede muy por encima o por debajo del límite establecido, se dará la prueba por concluida, con resultado positivo o negativo según proceda.

2.3. Posibles causas de alta opacidad

Algunas de las causas más importantes por las que la opacidad puede ser alta y, por lo tanto, habrá una alta contaminación, al igual que una combustión inadecuada, son:

- Filtro de aire sucio.
- Demasiada aportación de combustible.
- Inyección desfasada.
- Sistema de sobrealimentación en mal estado.



Aplicación práctica

Un vehículo diésel con bomba rotativa mecánica expulsa demasiado humo negro al acelerar. ¿Cómo se actuaría?

SOLUCIÓN

Se presupone que el filtro del aire se encuentra limpio y lo que se hará será comprobar que la inyección se produce en su momento justo.

Verificación de la puesta a punto de la bomba:

1. Montar el reloj comparador en la bomba con su soporte adecuado, en contacto con el émbolo de la bomba.
2. Hacer girar el motor en dirección contraria a su giro normal, hasta que el comparador indique el PMI de la bomba.



Giro manual del motor

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

3. En esta posición, ajustar el comparador.



Medición de la carrera del émbolo con comparador

4. Hacer girar el motor hasta que el émbolo del cilindro nº 1 alcance su punto muerto superior. En esta condición, el reloj comparador ha tenido que marcar la carrera correcta del émbolo de la bomba.
5. De no ser así, se moverá la bomba en su corredera hasta alcanzar la carrera correcta.



Aplicación práctica

Un vehículo atmosférico es sometido a una prueba de opacidad con los resultados siguientes.

Coficiente	Resultado
K1	2,2 m-1
K2	2,1 m-1
K3	2,3 m-1
K4	1,8 m-1
Valor Medio	2,1 m-1

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

¿Superaría la prueba de opacidad?

SOLUCIÓN

Sí superaría la prueba de opacidad, pues el valor medio de coeficiente (K) es de 2,1 m-1 y se permite hasta 2,5 m-1 y, por otra parte, no existe una diferencia entre la mínima y máxima superior a 0,5 m-1.

3. Normativa referente a gases de escape en motores diésel, la norma EURO V

España, como el resto de países miembros de la Unión Europea, debe adoptar y cumplir la legislación vigente. En materia de anticontaminación, se han ido aplicando una serie de normativas desde 1990 en adelante, cada vez más restrictivas con los gases emitidos por los motores de los vehículos, tanto de gasolina como diésel. A estas normas anticontaminación se les da el nombre de Euro, seguidas de un número. Así, se habla de EURO 1, EURO 2, etc. Actualmente, se encuentra vigente la EURO 5.

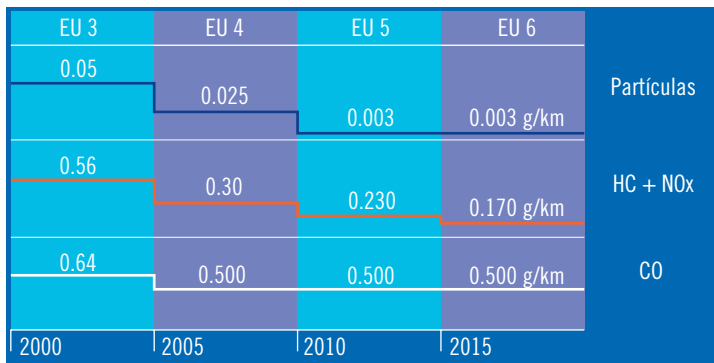


Importante

La norma EURO 5 es aplicable a partir del 1 de enero de 2011 en lo referente a la matriculación y venta de nuevos vehículos.

En el siguiente gráfico, puede observarse un resumen de los valores máximos de elementos contaminantes permitidos, según las distintas normativas vigentes.

Gráfico de normativas / emisiones



La norma EURO 5 limita las emisiones a los siguientes valores:

- Monóxido de carbono: 0,5 g/km.
- Partículas de hollín: 23 mg/km (o una reducción del 80% de las emisiones respecto de la norma EURO 4).
- Óxidos de nitrógeno (NOx): 0,18 g/km (o una reducción del 20% de las emisiones respecto de la norma EURO 4).
- Emisiones combinadas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno: 0,23 g/km.

4. El sistema de recirculación de gases de escape (EGR, AGR)

Tras efectuar la combustión, un motor diésel emite por el escape una serie de gases contaminantes, como son monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas de hollín sin quemar. En los motores diésel, al contrario que en los de ciclo Otto (gasolina), se emiten una cantidad reducida de monóxido de carbono (CO) y de hidrocarburos (HC). Aun así, estos gases son tratados en un catalizador de oxidación, con bastante éxito. En cambio, no ocurre lo mismo con los óxidos de nitrógeno y las partículas de hollín.

En los motores diésel, el sistema de recirculación de los gases de escape es muy utilizado, ya que las emisiones de NOx juegan un papel fundamental en el conjunto de las emisiones de gases contaminantes. En efecto, en un motor

de diésel, la relación aire/combustible se mantiene siempre muy por encima de lo que se mantendría en uno de gasolina, es decir, que trabaja con exceso de aire y, en consecuencia, las emisiones de HC y de CO son muy reducidas.

Los óxidos de nitrógeno se forman cuando en el motor se dan unas condiciones de oxígeno sobrante, altas presiones y altas temperaturas. En los diésel, estas condiciones se producen con mucha facilidad y como consecuencia se tiene una cantidad muy importante de óxidos de nitrógeno (NOx), gas muy perjudicial para la salud. Su eliminación es complicada por medio de catalizadores y los distintos fabricantes de motores han optado por introducir medidas para evitar que se produzcan. Entre ellas, destaca la recirculación de gases de escape (EGR), que, básicamente, consiste en un sistema controlado por una unidad de control, que hará que, en determinadas condiciones de funcionamiento del motor, una pequeña cantidad de gases de escape sea introducida en el cilindro junto con el aire de admisión, para reducir la presión y temperatura final de combustión y así también los óxidos de nitrógeno. Esta recirculación empeora el rendimiento del motor claramente y, por este motivo, se produce en cargas parciales, no penalizando las máximas prestaciones.



Recuerde

Los motores diésel emiten una cantidad muy importante de óxidos de nitrógeno (NOx), gas muy perjudicial para la salud.

A continuación, se describirá un ejemplo de sistema de mando electrónico capaz de regular la cantidad de recirculación óptima de los gases de escape en cualquier condición de funcionamiento. Servirá como ejemplo un motor diésel con una electroválvula de caudal asistido por una válvula de mando eléctrico.

5. Principio de funcionamiento e identificación de los componentes

La cantidad recirculada está determinada por el valor de la apertura de la electroválvula que une la toma de depresión neumática a la válvula EGR, regulando la amplitud de la apertura.

El valor de la tensión suministrado al modulador lo decide una centralita electrónica, que lo calcula en función de los datos de la carga del motor, del régimen y de la temperatura del líquido refrigerante (para impedir la recirculación en frío y durante la fase de calentamiento).

5.1. Sistema electrónico con centralita. Generalidades

Este sistema permite enviar a la aspiración una parte (del 5 al 15%) de los gases de escape en determinadas condiciones de funcionamiento del motor.

De ese modo, se diluye la mezcla de combustible con los gases inertes, bajando el pico de temperatura en la cámara de combustión. Así, se contiene la formación de óxidos de nitrógeno (NOx), con reducción del 30 al 50% en el escape.



Nota

La recirculación de los gases quemados solo es posible con cargas medio-bajas, cuando la relación aire/combustible es muy elevada y el funcionamiento del motor no resulta penalizado por la presencia de gases inertes en lugar del aire.

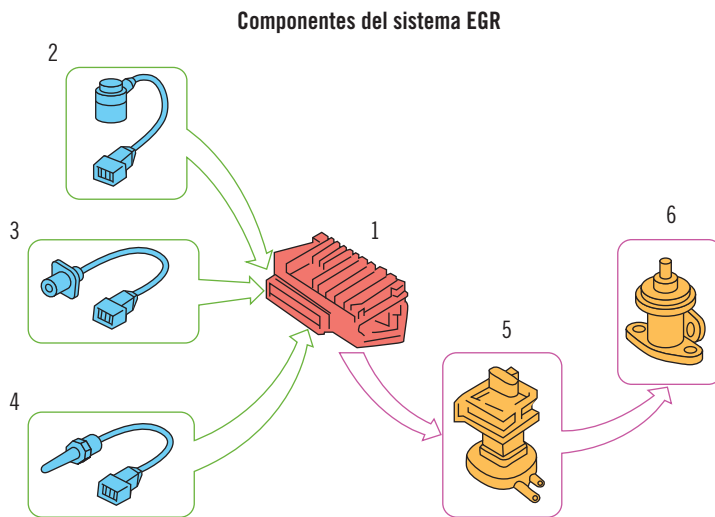
El sistema de recirculación está dirigido por un módulo de control electrónico (1) que recibe en entrada las señales del potenciómetro de la palanca del acelerador (2) y de los sensores de número de rpm (3) y de temperatura del líquido refrigerante (4) y envía en salida una señal de mando para la electroválvula moduladora de mando EGR (5).

Esta última, conectada a la atmósfera mediante un filtro, en función de la señal de mando recibida, transmite una mayor o menor depresión, proveniente de la bomba de vacío del servofreno, a la válvula EGR (6).

Esta válvula, si la depresión es suficiente, se abre, comunicando el colector de escape con el colector de admisión.

Por lo tanto, se puede variar la cantidad de gases recirculados regulando la apertura de la válvula EGR de forma continua, utilizando los mapas memorizados del grado de apertura en función de las señales recibidas.

Los componentes del sistema EGR son:



1. Módulo de control.
2. Potenciómetro de la palanca del acelerador en la bomba de inyección.
3. Sensor del número de rpm.
4. Sensor de temperatura del líquido refrigerante.
5. Electroválvula moduladora de mando EGR.
6. Válvula EGR.

Módulo de control

Con las señales provenientes de los sensores, la centralita o módulo de control dirige a la electroválvula moduladora con una señal de onda cuadrada, gracias al mapa del EGR que tiene memorizado. La corrección en función de la temperatura se efectúa en un segundo tiempo, siempre por parte del módulo de control. Esta corrección corresponde a una puesta a cero del valor de intensidad para temperaturas inferiores a 20 °C y una reducción del 100% al 0% variable linealmente entre los valores de temperatura de 20 a 80 °C.



Nota

Con temperaturas del líquido refrigerante superiores a 80 °C, no se corrige la corriente de mando a la electroválvula.

Potenciómetro de la palanca del acelerador en la bomba de inyección

El potenciómetro montado en la bomba de inyección detecta la posición angular de la palanca del acelerador e informa a la centralita sobre la carga del motor.

La rotación de la palanca hace variar la resistencia interna del potenciómetro, por lo que, con una alimentación a $3,7 \pm 0,2$ V constantes suministrados por la centralita, se obtienen tensiones de salida variables de 3,1 V en ralentí a $1 \div 1,4$ V a plena carga.

Sensor de número de rpm

El sensor de la velocidad angular, montado en el envoltorio del cambio en correspondencia a la corona dentada del volante motor, es un detector electromagnético pasivo con un entrehierro de $0,25 \div 1,3$ mm entre la parte superior de los dientes de la corona y su devanado.

El sensor, cada vez que pasa un diente de la corona, suministra una señal de tensión con forma de onda sinusoidal, de amplitud y frecuencia variables, en función del número de rpm del motor.

Sensor de temperatura del líquido refrigerante

El sensor está montado en el cuerpo del termostato con la parte sensible en contacto con el líquido refrigerante.



Nota

El sensor está compuesto por una resistencia NTC que varía la resistividad de manera inversamente proporcional a la temperatura.

Electroválvula moduladora

La electroválvula está dirigida directamente por la centralita electrónica con una señal de onda cuadrada con una frecuencia de 140 Hz, tensión de 12 V variable que determina una corriente de 0 a 800 mA aproximadamente, condición en la que se transmite a la válvula EGR el máximo valor de depresión.

Válvula EGR

Esta válvula está dirigida por una depresión generada por la bomba de vacío del servofreno y es gobernada por la electroválvula moduladora.

El mando de la válvula EGR se realiza del siguiente modo:

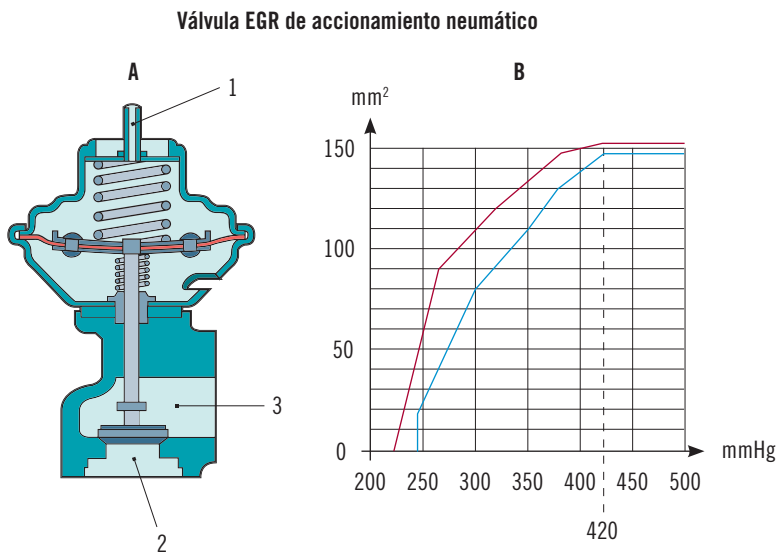
- Si, después de la señal que llega de la centralita electrónica, la electroválvula moduladora pone en depresión el conducto, se levanta la membrana y el obturador conectado a ella, abriendo la sección de paso de los gases en función del valor de depresión presente en el conducto. De

esta forma, se permite que recircule una cantidad adecuada de gases quemados hacia el colector de admisión.

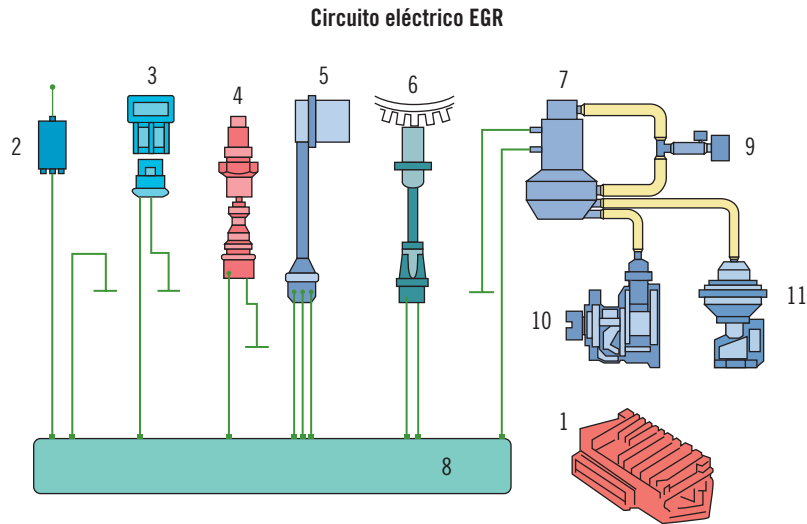
- Si no es excitada, la electroválvula comunica el conducto con la atmósfera, provocando el cierre del obturador. Así, se impide la recirculación de los gases quemados para garantizar un funcionamiento correcto del motor en frío, en ralentí y en condiciones de carga media alta.

La apertura de la sección de paso de los gases de escape es función del valor de depresión modulada, que llega al conducto (1), como puede observarse en el diagrama (B). En este diagrama indicativo, los valores de depresión se expresan en mmHg.

La completa apertura de 150 mm del EGR se obtiene con valores de depresión superiores a 420 mmHg.



En la siguiente figura, puede observarse la conexión de los distintos elementos que componen el sistema de recirculación. En (7), se ve la electroválvula moduladora conectada a masa en uno de sus terminales, mientras que es puesta a positivo por la UCE de manera variable, determinando la apertura de la válvula EGR.



El circuito eléctrico EGR está compuesto por los siguientes elementos:

1. Centralita.
2. Conmutador con llave.
3. Toma de diagnóstico para el tester.
4. Sensor de temperatura del líquido refrigerante.
5. Potenciómetro de la palanca del acelerador.
6. Sensor del número de rpm motor.
7. Electroválvula moduladora.
8. Placa de masa.
9. Filtro de toma atmosférica para la electroválvula moduladora.
10. Bomba de vacío para el servofreno.
11. Válvula EGR.

5.2. Recirculación de gases de escape (EGR eléctrica)

La función de la válvula EGR eléctrica es la misma que la anteriormente explicada, pero el sistema se simplifica, al no ser necesario un circuito de vacío para el mando de la válvula mecánica.

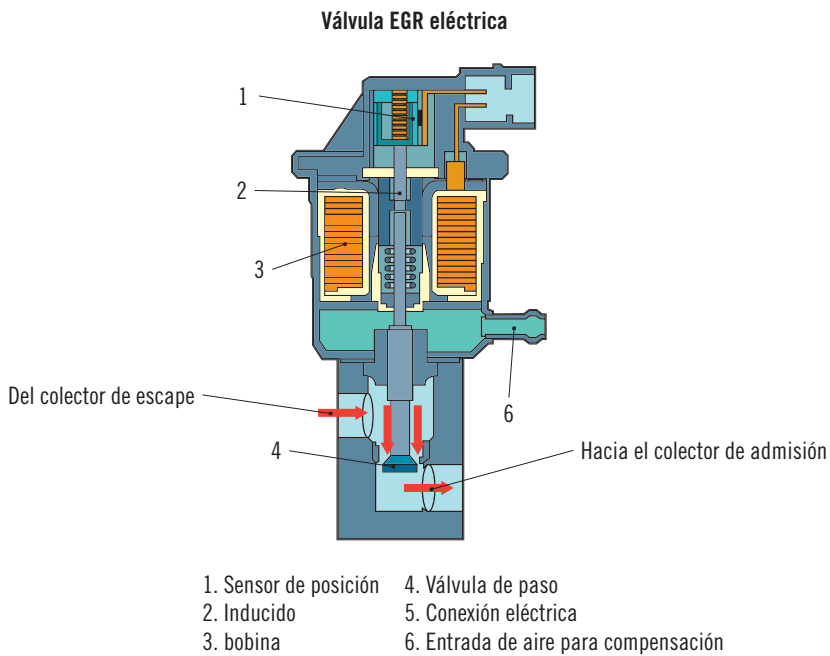
Se trata de un motor eléctrico que mueve linealmente la válvula mecánica que pone en comunicación los gases de escape con los de admisión.



Nota

Puede disponer de un potenciómetro que informa a la UCE de la posición exacta del eje de regulación. En otras aplicaciones, no es necesario el potenciómetro, pues la gestión motor controla la posición de la EGR por medio de la señal del caudalímetro.

Como ventaja, destaca que es un sistema más compacto y no necesita tubos de depresión. Como inconveniente, la gran temperatura que soporta, que la hace más propensa a averías.





Aplicación práctica

En el taller donde trabaja, un vehículo diésel con EGR expulsa mucho humo negro y le falta potencia. ¿Cómo procedería?

SOLUCIÓN

Se comprobaría el EGR de accionamiento neumático, procediendo de la siguiente manera:

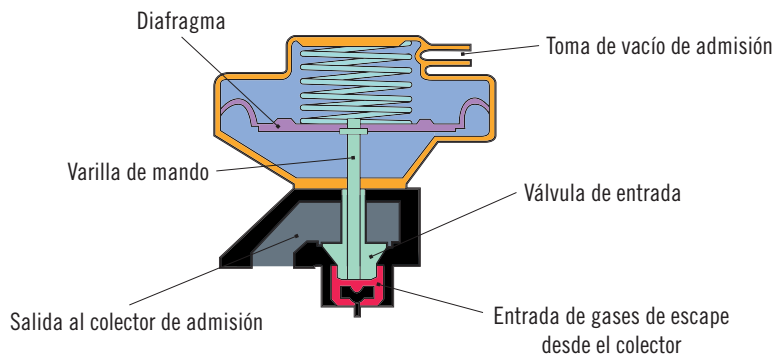
- ▮ Arrancar el motor y mantenerlo a ralentí.
- ▮ Con una bomba manual de vacío, aplicar sobre la válvula EGR con el fin de accionarla.



Bomba manual de vacío

- ▮ Al ir aplicando vacío, la EGR abrirá el paso de cierta cantidad de los gases de escape a admisión, con lo cual se escuchará que el motor cambia de sonido. Si no ocurre esto, la EGR estaría abierta constantemente.

Válvula EGR neumática





Aplicación práctica

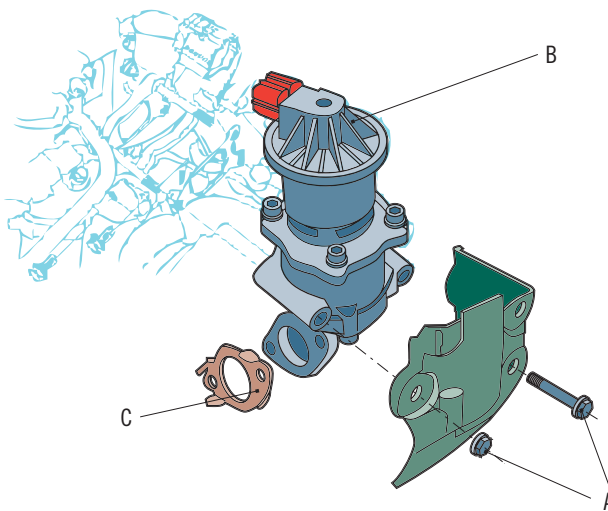
Tras realizar la comprobación de la EGR, tiene que desmontarla del vehículo para sustituirla. ¿Cuál sería el procedimiento a seguir?

SOLUCIÓN

Se procedería de la siguiente manera:

- Desmontar el filtro del aire y la tapa superior del motor.
- Desmontar el conector eléctrico.
- Desmontar los tornillos de sujeción (A).
- Retirar la EGR (B).
- Recuperar la junta (C).

Desmontaje de la EGR



6. Refrigeración de los gases de escape recirculantes

En los dispositivos de recirculación de gases de escape, se han efectuado una serie de mejoras para disminuir los óxidos de nitrógeno (NOx) con mayor eficiencia. Una de las tendencias actuales es proceder a la refrigeración de los gases de escape, previamente a ser introducidos en el cilindro. Mediante este enfriamiento se disminuye la temperatura de los gases de escape, lo que permite que la temperatura final de la combustión sea más baja, produciéndose menor cantidad de NOx.



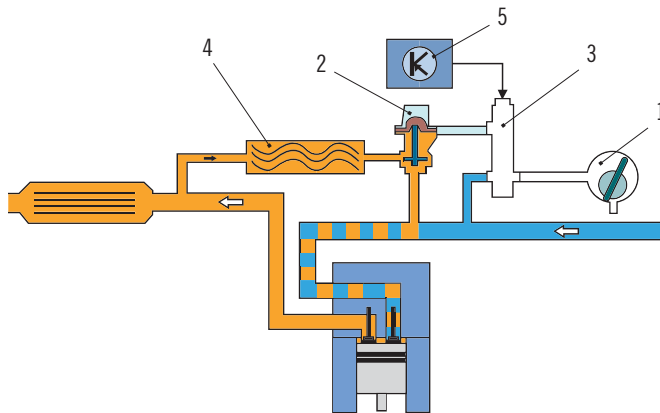
Nota

Además, con la disminución de temperatura, aumenta la densidad del aire, entrando más masa de aire en el mismo volumen.

Los gases de escape pueden estar por encima de 200 °C y el refrigerante de motor sobre los 90 °C, por lo que, haciendo pasar los gases de escape a través de un intercambiador de agua, se consigue reducir su temperatura.

En la siguiente figura, puede observarse el esquema de situación del radiador de refrigeración de los gases de escape antes de entrar en la EGR.

Esquema de la refrigeración de gases de escape



- | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|
| | Depresión / Presión atmosférica | 1. Bomba de vacío |
| | Gases de escape | 2. Válvula EGR |
| | Aire (presión atmosférica) | 3. Convertidor EGR (electroválvula) |
| | Depresión (vacío) | 4. Enfriador gases de escape |
| | | 5. Unidad de control |

Este sistema puede ir dotado de un termostato exclusivo para que el líquido refrigerante pueda, en ocasiones, ser derivado y no refrigerar los gases de escape.



Refrigerador de gases recirculados



Aplicación práctica

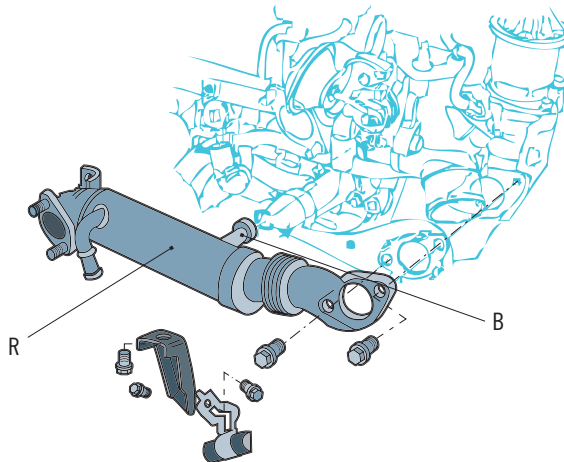
Se detecta que existe una fuga por el refrigerador de la EGR y se va a proceder a desmontar.

SOLUCIÓN

Se procedería de la siguiente manera:

- ▮ Vaciar de líquido refrigerante el circuito.
- ▮ Desmontar la tapa del motor.
- ▮ Desmontar las tuercas, el tubo de la EGR, los manguitos del líquido refrigerante (B) y el refrigerador (R).

Desmontaje del refrigerador



7. El catalizador de oxidación

El catalizador de oxidación es un dispositivo de post-tratamiento sencillo y eficaz que se utiliza para oxidar el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC) y algunas partículas, transformándolos en anhídrido carbónico (CO₂) y vapor de agua (H₂O). El catalizador, de forma cilíndrica, está compuesto por un cuerpo cerámico de estructura alveolar cuyas celdas están impregnadas de

platino, sustancia catalizadora de las reacciones de oxidación. La capacidad volumétrica total es de unos 500 cm³.

Los gases de escape que atraviesan las celdas calientan el catalizador, provocando la conversión de los contaminantes en compuestos inertes.



Sabía que...

La reacción química de oxidación del CO, de los HC y de las partículas es eficaz con temperaturas superiores a 200 °C. Sin embargo, es conveniente que no se superen los 350 °C, porque a esta temperatura empieza a oxidarse el azufre contenido en el gasoil, formándose anhídrido sulfuroso (SO₂) y sulfúrico (SO₃), responsables de las lluvias ácidas.

Un dimensionamiento correcto del catalizador permite contener la temperatura, obteniendo el máximo porcentaje de conversión de las emisiones contaminantes, al mismo tiempo que se limita la oxidación de los compuestos de azufre.



Nota

El catalizador también trata los hidrocarburos saturados y los hidrocarburos aromáticos que forman parte integrante de las partículas, como carbono en forma de hollín, metales, agua y compuestos de azufre, que son expulsados a través del escape.

La eficiencia en la reducción de cada uno de los agentes contaminantes es:

- 50% de CO.
- 50% de HC.

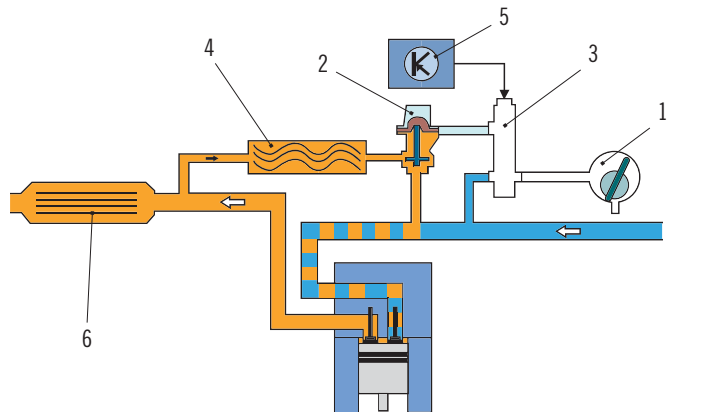
- 30% de las partículas.



Sabía que...

Estos catalizadores se vienen utilizando desde finales de los años 90, combinados con sistemas de recirculación de gases de escape e incluso con sistemas de alimentación mecánicos. Por este motivo, no existe un control por parte de la gestión motor de este dispositivo, al carecer de sondas lambda, y tampoco es controlado su funcionamiento en las ITV.

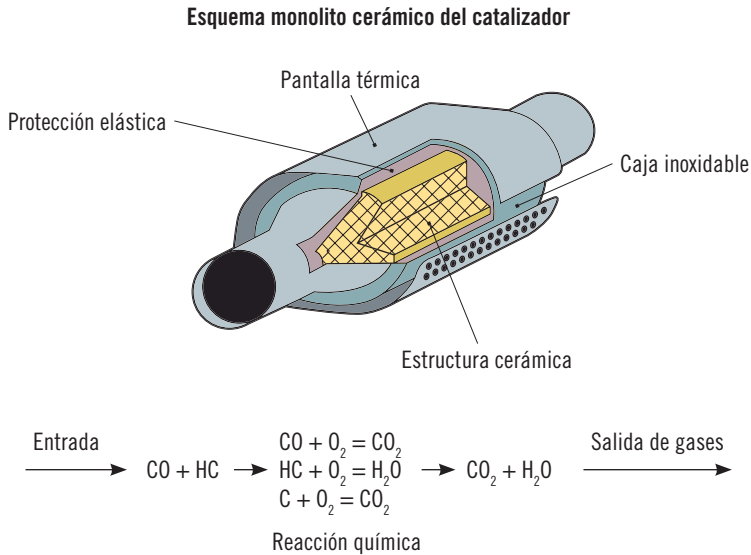
Catalizador en combinación con EGR



- | | | |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|
|  | Depresión / Presión atmosférica | 1. Bomba de vacío |
|  | Gases de escape | 2. Válvula EGR |
|  | Aire (presión atmosférica) | 3. Convertidor EGR (electroválvula) |
|  | Depresión (vacío) | 4. Enfriador gases de escape |
| | | 5. Unidad de control |
| | | 6. Catalizador |

En vehículos con filtro antipartículas diésel, el catalizador de oxidación se ubica por delante del filtro. El oxígeno del aire se combina con el monóxido de carbono (CO), formando dióxido de carbono (CO₂), producto este no contaminante.

Los hidrocarburos (HC), que no son otra cosa que combustible y aceite sin quemar, mediante el catalizador se mezclan con oxígeno, formándose H_2O y CO_2 , productos ambos no contaminantes.



Aplicación práctica

En el taller va a realizar el desmontaje de un catalizador de un vehículo diésel. ¿Qué procedimiento seguiría?

SOLUCIÓN

El procedimiento sería el siguiente:

- Subir el vehículo a un elevador para poder acceder a la parte baja del vehículo.
- Desmontar la transmisión derecha del vehículo.
- Desmontar la pantalla térmica de catalizador.
- Quitar las fijaciones del catalizador.
- Aflojar la abrazadera y soltar la sujeción elástica.

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

■ Retirar el catalizador.



Ubicación del catalizador



Aplicación práctica

Se encuentra trabajando en el taller y su jefe le solicita que realice la comprobación rápida de uno de los catalizadores de los vehículos ¿Qué procedimiento seguiría?

SOLUCIÓN

Arrancar el motor y realizar un ciclo de conducción hasta alcanzar la temperatura de servicio.

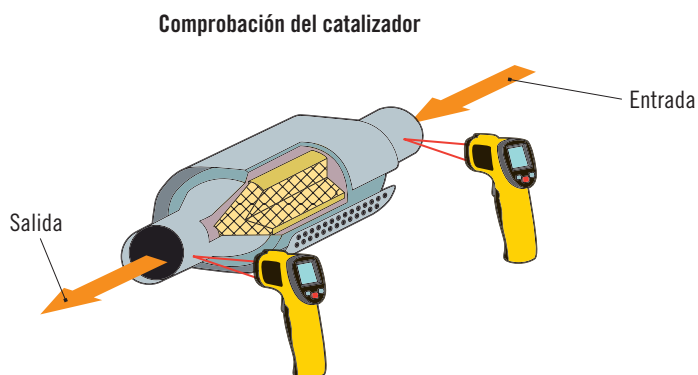
Subir el vehículo a un elevador o ponerlo sobre un foso.

La prueba consistirá en medir las temperaturas con un termómetro láser, antes y después del catalizador.

La temperatura a salida del catalizador debe ser unos 20° superior a la de la entrada del mismo, debido a las reacciones químicas que se producen en su interior.

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior



De esta manera, se sabrá si el catalizador funciona.

También se comprobará que el monolito cerámico no se ha despegado de su alojamiento y no crea una elevada contrapresión en el escape.

8. El filtro de partículas (FAP)

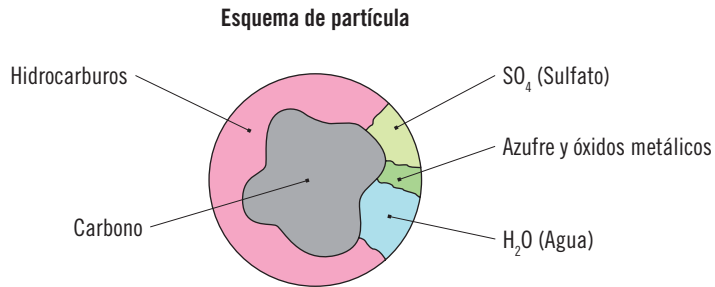
Como consecuencia del proceso de combustión en un motor diésel, una vez tratados los óxidos de nitrógeno (NOx), el siguiente agente contaminante que se produce son las partículas de hollín. Se trata de esferas microscópicas de carbono, con un diámetro muy reducido. En su núcleo constan de carbono puro. En este núcleo se asocian diversas combinaciones de hidrocarburos, óxidos metálicos y azufre.



Importante

Ciertas combinaciones de hidrocarburos se catalogan como sustancias muy perjudiciales para la salud.

En cualquier caso, las partículas son en su parte esencial combustible que no encontró el aire en las condiciones requeridas para su combinación.



La mejor batalla que se le puede oponer a las partículas de hollín en un primer momento es evitar su formación. Esto se puede conseguir por medio de una buena alimentación de aire, una inyección adecuada y una acertada combustión.

En este punto, es fundamental el diseño de las cámaras de combustión para evitar zonas en las que sea más difícil la combustión por falta de aire y, por lo tanto, se propicie la aparición de partículas.

La masa de las partículas y su cantidad dependen básicamente, por tanto, de la calidad de la combustión en el motor.



Recuerde

La calidad de la combustión depende del modo en que se genere la mezcla de combustible y aire. En el caso de que la combustión sea incompleta, se produce la generación de partículas de hollín.

Los modernos sistemas de inyección por alta presión, en los cuales puede dividirse la inyección hasta en cinco más reducidas, han mejorado mucho el motor diésel y, por supuesto, la no formación de partículas. Pese a todo, las restrictivas normas antipolución exigen cada día sistemas más eficientes.

A pesar de todo, en mediciones realizadas, se ha podido constatar que el reparto de los tamaños de las partículas en los gases de escape es independiente del sistema de inyección aplicado en el motor, es decir, que son muy parecidos los resultados, indistintamente de que se trate de motores con distintas tecnologías en cuanto a sistema de inyección.

Una vez que se han producido en el motor las partículas, estas se deben someter a un tratamiento de eliminación.

Existen dos diferentes sistemas:

- El filtro de partículas diésel con aditivo, que es el mayoritariamente implantado en los automóviles actuales. Este sistema se implanta en vehículos con el filtro de partículas alejado del motor. Debido al largo recorrido de los gases de escape entre el motor y el filtro de partículas, la temperatura de encendido necesaria para la combustión de las partículas solo se puede conseguir con un aditivo. En estos sistemas, los gases y, por tanto, también las partículas han de someterse al previo paso por un catalizador.
- El filtro de partículas diésel sin aditivo, sistema que será implantado en el futuro en vehículos con el filtro de partículas instalado cerca del motor. Se trata de un filtro antipartículas y un catalizador en conjunto. El corto recorrido de los gases de escape entre el motor y el filtro de partículas permite que la temperatura de los gases de escape todavía sea suficientemente alta para la combustión de las partículas.



Sabía que...

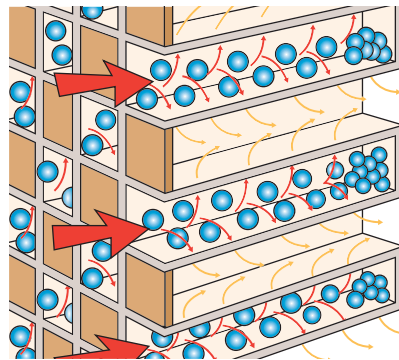
El sistema de filtrado sin aditivo ya está siendo utilizado en varios vehículos.

El filtro de partículas está constituido de un cuerpo cerámico de carburo de silicio, alojado en una carcasa de metal. El cuerpo cerámico está dividido en varios canales microscópicos paralelos, cerrados alternadamente.

El carburo de silicio se caracteriza por las siguientes propiedades, que lo convierten en un buen material de filtración:

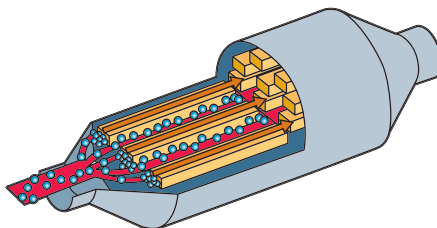
- Alta resistencia mecánica.
- Muy buena adaptación a cambios de térmicos.
- Alta resistencia al desgaste.

Composición interna del FAP



Al pasar los gases por el cuerpo cerámico, se retienen las partículas de hollín en los conductos de entrada, mientras que los componentes gaseosos del escape pueden atravesar las paredes porosas del filtro y salir al exterior.

Paso de los gases por el filtro antipartículas



El filtro de partículas está construido con un material poroso con orificios más pequeños que las partículas contaminantes del gas de escape. El filtro o DPF permite pasar por él a los gases de escape, recogiendo en sus canales internos las partículas contaminantes.

9. Sondas de temperatura y presión diferencial

La temperatura dentro del filtro es medida por un sensor que es muy importante dentro del proceso. Unos tubos toman muestra de la presión antes y después del filtro. Estos tubos van conectados al sensor de presión diferencial, cuya misión será enviar a la UCE la información para que esta efectúe un diagnóstico de del estado de taponamiento del filtro.



Importante

El hollín recogido en los canales del filtro debe ser quemado y, por lo tanto, eliminado con cierta regularidad, para prevenir el taponamiento total del filtro.

El sensor de presión diferencial para gases de escape trabaja según el principio piezoeléctrico, es decir, transforma la deformación mecánica en electricidad.

9.1. Características del sensor de presión

A continuación, se pasan a analizar una serie de características del sensor de presión.

Aplicaciones de la señal

El sensor de presión para gases de escape capta la diferencia de presión en los gases de escape antes y después del filtro de partículas y, por lo tanto, el nivel de obstrucción del filtro.

La señal del sensor de presión para gases de escape y la señal del sensor de temperatura del filtro de partículas, así como la señal del medidor de la masa de aire, forman un conjunto en la determinación del estado del grado de taponamiento en el filtro de partículas.



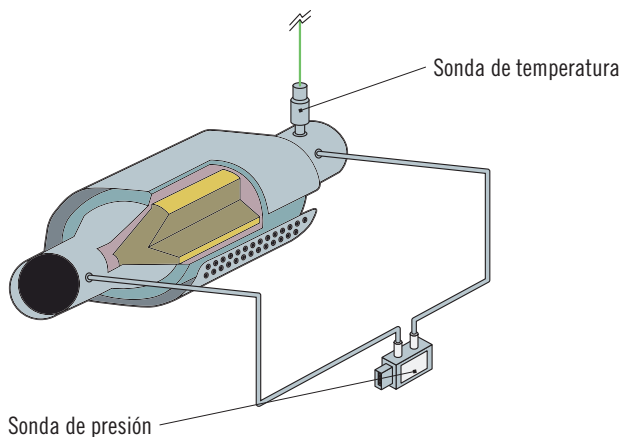
Sensor de presión diferencial

Estructura

El sensor de presión tiene dos entradas de medición. Una lleva un tubo de presión hacia el caudal de los gases de escape delante del filtro de partículas y el otro hacia el caudal de los gases de escape detrás del filtro de partículas.

Contiene un sensor piezoeléctrico, que actúa en función de las presiones de los gases de escape.

Posición de las sondas de presión y temperatura



Cuando el filtro de partículas está limpio, la presión delante y detrás del filtro viene a ser casi idéntica. El sensor piezoeléctrico se encuentra en posición de reposo.



Filtro limpio

Filtro de partículas saturado

Si se ha depositado hollín en el filtro de partículas, la presión de los gases de escape ante el filtro aumenta. La presión de los gases de escape detrás del filtro se mantiene casi invariable. El diafragma se deforma en función de la diferencia de presiones y el sensor detecta una diferencia de presión importante.

Esta deformación modifica la resistencia eléctrica de los elementos piezoeléctricos, que van interconectados en forma de puente de medición.

La tensión de salida del sensor se acondiciona, se intensifica y se trasmite como señal de tensión a la unidad de control del motor. Previo análisis de esta señal, la unidad de control del motor detecta el estado de saturación del filtro de partículas y pone en marcha un ciclo de regeneración para limpiar el filtro.

Efectos en caso de ausentarse la señal

Si se ausenta la señal del sensor de presión para gases de escape, la regeneración del filtro de partículas se lleva a cabo de forma cíclica, en función del recorrido efectuado o de las horas en funcionamiento. Sin embargo, a largo plazo no es posible regenerar así de forma correcta y segura el filtro de partículas.



Nota

Tras una cantidad de ciclos definida, se enciende primeramente el testigo luminoso para el filtro de partículas diésel. De ese modo, se indica al conductor la necesidad de acudir al taller.

9.2. Sensor de temperatura de los gases de escape

El sensor de temperatura va situado antes del filtro de partículas. Es un sensor PTC. En este tipo de sensor, la resistencia aumenta a medida que aumenta la temperatura.



Ubicación del sensor de temperatura



Recuerde

El sensor de temperatura va situado en el ramal de escape antes del filtro de partículas y mide la temperatura de los gases de escape.

Con la ayuda de la señal procedente del sensor de temperatura de los gases de escape, la unidad de control del motor calcula el caudal volumétrico de los gases de escape, determinando el estado de saturación en que se encuentra el filtro de partículas.

La señal del sensor de temperatura del filtro de partículas, la señal del medidor de la masa de aire y la señal del sensor de presión para gases de escape constituyen una unidad indivisible para la determinación del estado de saturación en que se encuentra el filtro de partículas.



Filtro obstruido

La señal se emplea asimismo como protección, es decir, para proteger el filtro de partículas contra temperaturas excesivas de los gases de escape.

En caso de que no exista esta señal de temperatura de gases de escape, la regeneración se efectúa de forma periódica, en función del recorrido efectuado o de las horas de servicio. Sin embargo, el filtro de partículas no se puede regenerar de forma fiable de este modo a largo plazo.

**Nota**

Después de un número de ciclos específico, se activa primero el testigo luminoso para filtro de partículas y, más tarde, parpadea el testigo luminoso de precalentamiento en el cuadro de instrumentos. Esto señala la necesidad de acudir al taller.

10. Ciclo de regeneración, aditivación del combustible

Los orificios del filtro de partículas permiten el paso del gas almacenando y obstruyen los canales del mismo, debido al hollín creado en la combustión. Con los datos de carga y velocidad de motor, la unidad de control del motor calcula el nivel de obstrucción del filtro. Estos datos los compara con la diferencia de presión a través de los sensores correspondientes.

El filtro de partículas, cuando se satura, tiene que ser acondicionado de forma periódica, eliminándose las partículas de hollín, evitándose con esto su obstrucción y, por consiguiente, su mal funcionamiento. Durante el ciclo de regeneración, las partículas de hollín retenidas en el filtro se queman a una temperatura de 500 °C aproximadamente. La temperatura propiamente dicha para el encendido del hollín es de unos 600-650 °C. Esta temperatura de los gases de escape únicamente se puede alcanzar a plena carga en el motor diésel.

Para poder asegurar la regeneración del filtro de partículas diésel en todas las condiciones operativas, se procede a reducir la temperatura de ignición del hollín a base de agregar un aditivo, a la vez que se aumenta la temperatura de los gases de escape por medio de provocar una carga máxima y generando post-inyecciones.

El ciclo de regeneración lo gestiona la unidad de control del motor.

Durante el ciclo de regeneración, se queman las partículas retenidas en el filtro.

Según la conducción, el ciclo interviene cada 500-700 km y tarda de 5 a 10 minutos.



Nota

El ciclo de regeneración no es perceptible para el conductor.

Existe la **regeneración espontánea**, que se produce a alta velocidad en autopista, en la que, debido al tipo de conducción, los gases contienen un alto porcentaje de NO_2 , lo que significa que las partículas se queman con una temperatura más baja, siendo el resultado una regeneración espontánea.

También se da la **regeneración estática**, en la que la UCE subirá a 2.500 rpm la velocidad en vacío y aumentará la carga del motor, encendiendo los calentadores y la luna térmica, y realizará postinyecciones, con lo que se efectuará una regeneración de un 70% aproximadamente de volumen.



Nota

La regeneración estática debería ser complementada con una regeneración espontánea.

Cuando la carga de un filtro de partículas es demasiado alta, no se permite su regeneración, ya que podría existir riesgo de rotura e incendio. En este caso, se deberá sustituir el filtro.

10.1. Aditivo

El aditivo es un activador derivado de la cerina que se disuelve en una mezcla de hidrocarburos. El aditivo reduce la temperatura de ignición de las partículas de hollín, con objeto de posibilitar el ciclo de regeneración para el filtro de partículas, también a régimen de carga parcial.

Con el aditivo, se reduce la temperatura de ignición del hollín a unos 500 °C.



Recuerde

La temperatura de ignición del hollín es de unos 600-650 °C. Los gases de escape del motor diésel solo alcanzan estas temperaturas al funcionar a plena carga.

Este agregado al combustible se quema con la combustión y pasa conjuntamente con el hollín al filtro de partículas. Allí, se deposita entre las partículas, para mezclarse con el hollín.

Entra en el depósito después de cada repostaje, lo que sucede por medio de una bomba para aditivo del filtro de partículas, gestionada por la unidad de control del motor.



Nota

La cantidad de aditivo aportada al gasoil se determina analizando en la unidad de control del motor las señales procedentes del aforador de combustible.

Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel

El aditivo se aloja en un depósito de material plástico, cercano al depósito de combustible.



Depósito de aditivo

Tiene una relación de un litro de aditivo por cada 2.600 de combustible aproximadamente.

La diferencia de presión del caudal de aire antes y después del filtro de partículas se determina por medio del sensor de presión para los gases de escape.

El caudal de paso de los gases de escape es calculado por la unidad de control del motor, recurriendo a las señales de la masa de aire en el conducto de escape y de la temperatura de los gases de escape ante el filtro de partículas. La masa de aire de los gases de escape es aproximadamente equivalente a la masa de aire que fluye por el conducto de admisión y que se determina con ayuda del medidor de la masa de aire. El volumen de la masa de aire de los gases de escape depende de su temperatura momentánea. Esta se determina con ayuda del sensor de temperatura antes del filtro de partículas.

En consideración de la temperatura de los gases de escape, la unidad de control del motor puede calcular el caudal volumétrico de los gases de escape, tomando como base el flujo de la masa de aire de estos.

10.2. Gestión del motor durante el ciclo de regeneración

Conociendo la resistencia de flujo del filtro, la unidad de control del motor deduce de ahí el estado de saturación del filtro.

Una intensa resistencia de flujo indica que el filtro tiende a obstruirse. A raíz de ello, la unidad de control del motor pone en funcionamiento el ciclo de regeneración, efectuando las siguientes operaciones:

- Se desactiva la recirculación de gases de escape, para aumentar la temperatura de la combustión.
- Tras una inyección principal con una dosificación reducida (35° del cigüeñal después del punto muerto superior del pistón), pone en vigor un ciclo de postinyección, para subir la temperatura de los gases de escape.
- Regula con la mariposa eléctrica la alimentación del aire aspirado.
- Adapta la presión de sobrealimentación, para evitar que el par del motor se altere de forma perceptible para el conductor durante el ciclo de regeneración.

11. Identificación de componentes y principales comprobaciones

Como se ha venido describiendo hasta ahora, el filtro antipartículas, también llamado FAP en los vehículos Peugeot y Citroën y DPF en los vehículos de procedencia Alemana, consta de una serie de elementos que componen el sistema. En el esquema que sigue pueden observarse los elementos sensores y actuadores, todos ellos controlados por la unidad de control del motor.



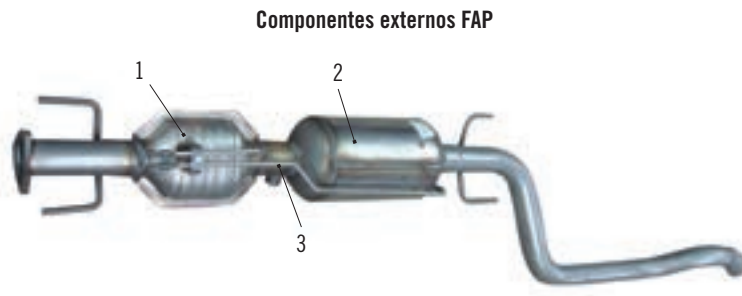
Recuerde

La unidad de control del motor intercambia informaciones con los demás sistemas del vehículo por medio de la red multiplexada (CAN bus).

Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel

En vehículos con estas tecnologías, para realizar cualquier intervención de mantenimiento o reparación, es primordial disponer del terminal de diagnóstico y actualización que permita acceder a la memoria y a los microprocesadores correspondientes, para, además de realizar las operaciones mecánicas, poner a cero contadores, con el fin de que las memorias de las diferentes unidades de control no continúen expresando que existe una avería o un mantenimiento por realizar.

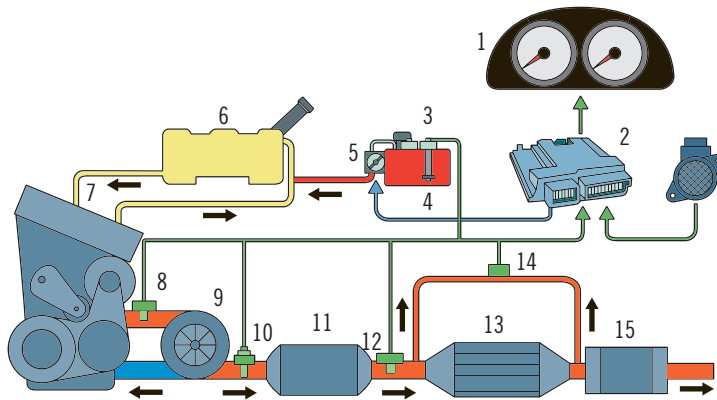
En la siguiente figura, también pueden observarse los componentes de un filtro antipartículas (FAP). En este caso, primero va ubicado el catalizador (1), unido al propio filtro antipartículas (2), completando la instalación los tubos del captador de presión diferencial (3).



11.1. Estructura del sistema: filtro de partículas diésel con aditivo

En el siguiente esquema funcional, se pueden ver representados los principales componentes del sistema FAP (filtro antipartículas). Algunos de los elementos han sido estudiados en apartados anteriores y otros serán explicados en los siguientes párrafos. Se trata de un ejemplo de una conocida marca de automóviles alemana.

Esquema de componentes del FAP



Los componentes del FAP son:

1. Unidad de control en el cuadro de instrumentos.
2. Unidad de control del motor.
3. Depósito de aditivo.
4. Sensor de falta de aditivo para el combustible.
5. Bomba para aditivo del filtro de partículas.
6. Depósito de combustible.
7. Motor diésel.
8. Sensor de temperatura del turbocompresor.
9. Turbocompresor.
10. Sonda lambda.
11. Catalizador de oxidación.
12. Sensor de temperatura previo filtro de partículas.
13. Filtro de partículas.
14. Sensor de presión 1 para gases de escape.
15. Silenciador.
16. Medidor de la masa de aire.

11.2. Sensor de falta de aditivo para el combustible

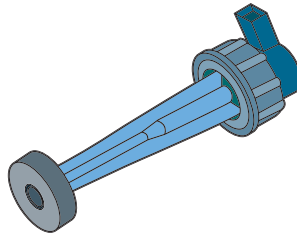
El sensor de falta de aditivo para el combustible se encuentra en el interior del depósito de aditivo.

Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel

A partir de un contenido residual existente en el depósito de aditivo, la señal del sensor de falta de aditivo en el combustible activa en el cuadro de instrumentos el testigo luminoso de precalentamiento. De esa forma, se indica al conductor que existe un fallo en el sistema de FAP y que es necesario acudir al taller.

Si la cantidad disponible de aditivo es demasiado baja, se suprimen además los ciclos de regeneración para el filtro de partículas y se reduce la potencia del motor.

Sensor de cantidad de aditivo



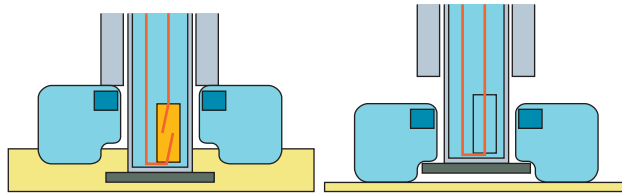
La información de cantidad de aditivo se envía a la unidad de control, la cual, en caso necesario, activará el testigo de avería (en este caso la luz de precalentamiento).

En el extremo del sensor de falta de aditivo para el combustible va montado un juego de contactos. Dichos contactos se accionan por el efecto del anillo magnético que va instalado en el flotador.

Si el depósito contiene suficiente aditivo, el flotador se encuentra en el tope superior. El juego de contactos está abierto.

Si el depósito contiene muy poco aditivo, el flotador baja hasta el tope inferior, cerrando el contacto por el efecto del anillo magnético y el testigo luminoso para precalentamiento se activará.

Posición de los contactos en el sensor



Recuerde

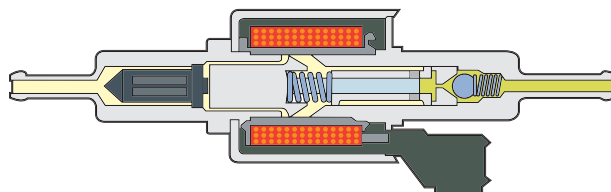
El testigo luminoso de precalentamiento indica al conductor que existe un fallo en el sistema de FAP y que es necesario acudir al taller.

Si se ausenta la señal del sensor de falta de aditivo para el combustible, se inscribe una avería en la memoria de la unidad de control del motor.

Bomba para aditivo-filtro de partículas

La bomba para aditivo es una bomba de émbolo, que impele el aditivo hacia el depósito de combustible. Va atornillada al depósito de aditivo. Después de cada repostaje, la unidad de control del motor aplica una excitación periódica a la bomba para dosificar el aditivo en la cantidad correcta.

Bomba de aditivo



La bomba sin excitar se halla cargada con aditivo. En cuanto la unidad de control del motor excita la bomba para aditivo, aplica corriente al bobinado inductor y el inducido se encarga de desplazar el émbolo de la bomba superando la fuerza del muelle. Ahora, pasa al depósito de combustible la cantidad de aditivo definida con exactitud a través del volumen creado en la cámara interior de la bomba.

El testigo luminoso para filtro de partículas diésel se encuentra en el cuadro de instrumentos. Se enciende cuando el filtro de partículas no puede ser regenerado, debido a que el vehículo se somete a recorridos extremadamente cortos.



Nota

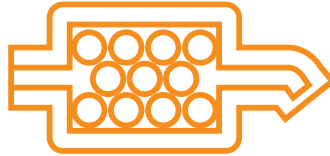
Si el vehículo se somete a recorridos cortos durante un largo tiempo puede resultar afectada la regeneración del filtro de partículas.

Esto puede provocar daños en el filtro de partículas y en el motor. Si, durante un tiempo relativamente prolongado, el motor no alcanza la temperatura de servicio necesaria para quemar el hollín retenido en el filtro de partículas, el testigo luminoso se enciende en el cuadro de instrumentos.

Con esta señal se indica al conductor la necesidad de que conduzca durante un período relativamente breve a una velocidad superior constante. El aumento de temperatura en los gases de escape que se consigue de esa forma puede provocar la inflamación del hollín en el filtro de partículas.

El testigo luminoso se debe apagar después de esa medida.

Testigo del filtro de partículas

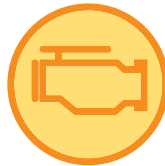


11.3. Testigo de exceso de contaminación

Los componentes del sistema de filtración de partículas diésel que tienen relevancia para la composición de los gases de escape se someten a verificación con motivo de la diagnosis de a bordo (EOBD) en lo que respecta a averías y funciones anómalas.

El testigo de exceso de contaminación (MIL = Malfunction Indicator Light) señala las averías detectadas por el sistema EOBD.

Testigo MIL



11.4. Principales comprobaciones

Los sistemas para eliminar las partículas, como todos los del automóvil actual, son sistemas complejos formados por una parte mecánica y otra electrónica-informática, compuesta por la unidad de control, sensores y actuadores.

Comprobaciones mecánicas

Desde el punto de vista puramente mecánico, un FAP o DPF es un escape con una cerámica interna y, como elemento mecánico, se comprobará:

Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel

- La no existencia de fugas de escape.
- Que la cerámica interna no esté suelta.
- No debe presentar roturas ni fugas de aditivo y las conexiones eléctricas deben encontrarse en buen estado.

Comprobaciones electrónicas

Es imprescindible disponer, como mínimo, de una máquina de autodiagnóstico que permita diagnosticar y actualizar el sistema en concreto.

Las principales operaciones a realizar son:

- Determinar el estado de saturación del filtro por autodiagnóstico.
- Conocer las señales de los sensores de presión diferencial de temperatura y de cantidad de aditivo en el depósito por autodiagnóstico.
- Comprobar el número de regeneraciones forzadas que hasta el momento se han efectuado.

En este punto, es muy importante hacer mención a que el gasoil utilizado en estos vehículos ha de ser de la mejor calidad, debido a la complejidad de los procesos químicos que se realizan.

Como mantenimiento, se ha de realizar el llenado del depósito de aditivo con el producto comercial correspondiente. Una vez más, es imposible realizar esta operación sin disponer de un equipo de diagnóstico, ya que, después de efectuar el llenado, se debe terminar la operación borrando la memoria del calculador correspondiente.



Importante

El filtro antipartículas tiene un determinado número de regeneraciones, por lo que se debe sustituir el conjunto cuando el fabricante del vehículo lo determine (120.000 km aproximadamente).

Aplicación práctica

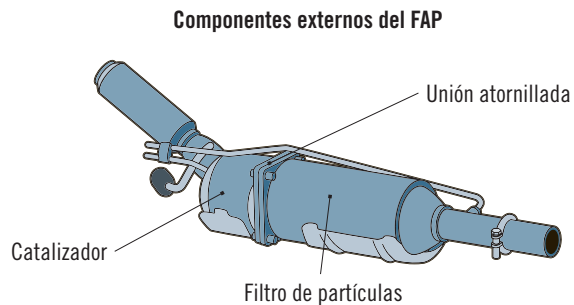
Se dispone a desmontar en el taller el filtro de partículas FAP de un vehículo de marca Peugeot ¿Cómo realizaría el procedimiento?

Solución

El procedimiento sería el siguiente:

- Subir el vehículo a un elevador.
- Desmontar el cubrecárter inferior.
- Aflojar el tornillo de la patilla de sujeción de las dos tuberías de presión.
- Quitar los tornillos de montaje del catalizador/filtro de partículas.
- Desmontar el filtro de partículas (FAP) del catalizador.

Al sustituir el filtro de partículas, situar a cero en el calculador de aditivo gasoil la cantidad total de aditivo inyectado en el filtro de partículas.



Aplicación práctica

Describe el proceso de llenado del depósito de aditivo.

Solución

La cantidad de aditivo recomendada es la siguiente:

- 3 l en caso de cambio de filtro o depósito.
- 1 l como complemento parcial de aditivo.

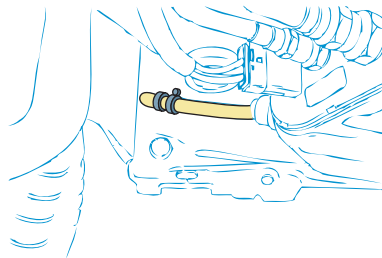
Escoger el envase que corresponda.

Con el útil de diagnóstico, consultar la cantidad de aditivo consumido hasta el momento.

El proceso a realizar sería el siguiente:

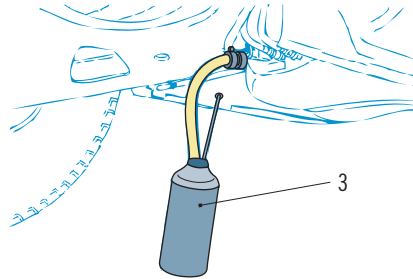
- Subir el vehículo a un elevador.
- Desconectar la toma de puesta atmosférica del depósito de aditivo (1).

Conexión depósito aditivo



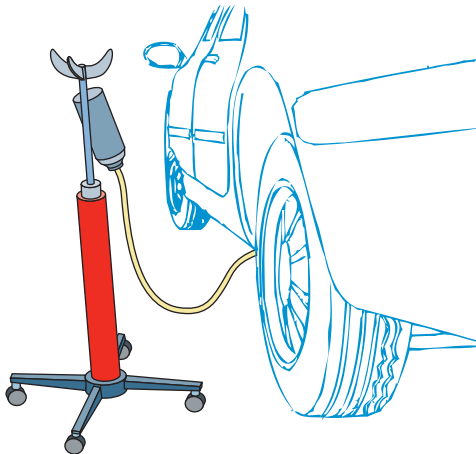
- Quitar el tapón de rebose del depósito de aditivo.
- Desconectar el racor trinquete hembra del recipiente en el trinquete del circuito de puesta a presión atmosférica del depósito de aditivo.
- Poner el recipiente de recogida de sobrante (3).

Recipiente sobrante de aditivo



- Dejar suspendido el recipiente de aditivo a un nivel superior al del depósito de aditivo y taladrar el recipiente para facilitar la salida del aditivo.

Elevación del recipiente de aditivo



- Terminar de rellenar de aditivo y después proceder a montar todo en sentido inverso al montaje.
- Reinicializar el calculador con el útil de diagnóstico, situando a cero la cantidad de aditivo inyectado.



Terminal de autodiagnóstico

12. Resumen

El motor diésel tiene unas características de funcionamiento propias que, en un sentido, son ventajas con respecto al motor Otto y, en otros casos, son inconvenientes. Para determinar el balance de su combustión se utiliza el opacímetro, cuyo funcionamiento, utilización e interpretación de resultados se ha descrito, así como las posibles causas de un mal funcionamiento.

En este sentido, hoy en día se encuentra vigente la normativa EURO 5, que se ha comparado con los anteriores, exponiendo los límites actualmente legales.

Los óxidos de nitrógeno (NOx) son un problema muy importante en los motores diésel, pues, al tener una combustión con exceso de aire y elevadas presiones, se dan las condiciones idóneas para la formación de estos. Se ha demostrado que los óxidos de nitrógeno son agentes químicos vinculados a enfermedades muy graves, por lo que se viene luchando en el control de su producción desde hace años. Los medios con que se evita su formación son los sistemas de recirculación de gases de escape (EGR) y, posteriormente, son tratados con catalizadores.

Otro contaminante importante en los motores diésel son las partículas de hollín (carbono sin quemar). Es muy difícil que, en determinadas condiciones, el motor diésel no produzca partículas, por lo que se ha optado por tratarlas y eliminarlas antes de que sean expulsadas a la atmósfera. Los sistemas utilizados para eliminar las partículas de hollín son los filtros antipartículas (FAP y DPF), cuyo funcionamiento ha sido estudiado, así como sus procesos de mantenimiento.



Ejercicios de repaso y autoevaluación

1. ¿Qué elementos componen un opacímetro y qué dos parámetros debe indicar?

2. Nombre las causas más frecuentes por las que la opacidad suele ser más alta de lo normal.

3. Explique en qué consiste la recirculación de gases de escape.

4. ¿Bajo qué principio físico funciona un sensor de presión diferencial?

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

a. La norma EURO 5 todavía limita la cantidad de partículas emitidas a 23 mg/km.

- Verdadero
- Falso

b. La recirculación de gases de escape es una medida anticontaminación para reducir los hidrocarburos.

- Verdadero
- Falso

6. Complete el siguiente texto.

El catalizador, de forma cilíndrica, está compuesto por un _____ de estructura alveolar cuyas celdas están impregnadas de _____, sustancia catalizadora de las reacciones de _____.

7. ¿Cuáles son los motivos por los que es mejor la refrigeración de los gases de escape?

8. ¿Qué indica el testigo luminoso para filtro de partículas diesel? ¿Qué medidas se deben de tomar si se enciende?

9. Según el fabricante del vehículo, ¿cada cuántos km se debe de sustituir el filtro antipartículas?

10. ¿Se puede realizar el proceso de llenado de aditivo en los filtros antipartículas solo con medios tradicionales?
