

SENSORES



SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GASOLINA (De la L-Jetronic a la inyección directa)



- ▶ Funcionamiento del motor térmico
- ▶ Sistemas auxiliares del motor (sobrealimentación, encendido, anticontaminación...)
- ▶ Sistemas de alimentación de gasolina (de la L-Jetronic a la inyección directa)
- ▶ Sensores, funcionamiento y comprobaciones
- ▶ Actuadores, funcionamiento y comprobaciones
- ▶ Turbocompresores, admisión y distribución variable
- ▶ Diagnóstico de los diferentes sistemas y Prevención de Riesgos Laborales
- ▶ Averías frecuentes: causas y reparación
- ▶ Cuestionarios de autoevaluación
- ▶ Esquemas eléctricos y fichas de diagnóstico

ACTUADORES



Manuales prácticos
autoformativos

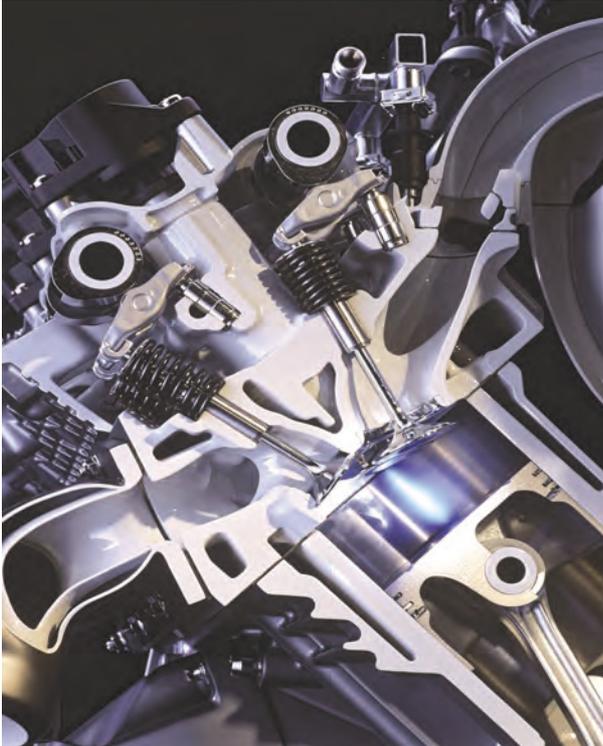


Página	Concepto
1	Generalidades
1	Principio de funcionamiento de un motor térmico
7	Formación de la mezcla
9	Potencia y par motor
10	Rendimiento de los motores térmicos
11	Funciones
11	Sistemas adicionales de control del motor
12	Control de la masa de aire aspirado
14	Sobrealimentación dinámica
15	Conducción de aire hacia el cilindro
16	Sobrealimentación mecánica
17	Turboalimentación mediante gases de escape
18	Sobrealimentación doble
22	Distribución variable
27	Encendido
30	Anticontaminación
33	Anticontaminación (catalizadores)
35	Anticontaminación (catalizador reductor de NOx)
37	Anticontaminación (sonda Lambda convencional)
38	Anticontaminación (sonda Lambda de regulación continua)
40	Anticontaminación (análisis de gases)
44	Anticontaminación (inyección de aire secundario)
45	Anticontaminación (depósito de carbón activo)
46	Anticontaminación (recirculación de gases de escape)
47	Anticontaminación (sistema de diagnóstico EOBD II)
48	Sistemas
48	Inyección electrónica L-Jetronic
50	Inyección electrónica monopunto
51	Inyección mecánica K y KE-Jetronic
54	Inyección electrónica Motronic y similares
56	Ubicación de componentes de Motronic ME 7.5.10
57	Componentes de la inyección directa
59	Cuadro sinóptico de la inyección directa
60	Alimentación
60	Electrobomba de combustible
63	Bomba mecánica para inyección directa
64	Bomba de alta presión (funcionamiento)
65	Tubo distribuidor de combustible
66	Filtro de combustible
67	Reguladores de presión de combustible
68	Cuestionario
68	Generalidades, sistemas y alimentación

Página	Concepto
70	Sensores
70	Caudalímetro
72	Medidores de masa de aire
75	Sensores MAP de presión en el colector de admisión
77	Sensores MAP exclusivos de la inyección directa
78	Potenciómetro del acelerador de pista resistiva
79	Potenciómetro del acelerador electrónico
81	Sensor inductivo de régimen del motor
83	Sensor Hall de régimen del motor
84	Sensor Hall de reconocimiento de cilindros
85	Detector de picado
86	Termorresistencia NTC de refrigerante
87	Termorresistencia NTC de temperatura de aire de admisión
88	Interruptores de pedal de freno
89	Interruptores de pedal de embrague
90	Potenciómetro de mariposa de gases
92	Sonda Lambda convencional
83	Sonda Lambda planar o de banda ancha
95	Sensor de óxidos de nitrógeno
97	Termorresistencia de temperatura de gases de escape
97	Potenciómetro de recirculación de gases de escape
98	Potenciómetro chapaletas de colector de admisión variable
99	Señales suplementarias
100	Can-Bus de datos
101	Cuestionario
101	Sensores
103	Actuadores
103	Inyectores utilizados en inyección indirecta
105	Inyectores utilizados en inyección directa
106	Inyección en carga homogénea
107	Inyección en carga estratificada
108	Electroválvulas de inyección directa (verificaciones)
109	Bobina de encendido convencional
110	Bobina de encendido DIS
111	Bobina de encendido individual
112	UCE para la bomba de combustible
113	Estabilizadores de ralentí
114	Estabilizador de ralentí rotativo
115	Estabilizador de ralentí con motor paso a paso
116	Estabilizador de ralentí con mariposa motorizada
117	Regulador de alta presión de combustible
118	Electroválvulas para la distribución y admisión variable
120	Electroválvula de regulación de la presión de soplado
121	Electroválvula de recirculación de gases de escape (EGR)

FORMACIÓN DE LA MEZCLA

INYECCIÓN EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN



Cortesía de Mercedes

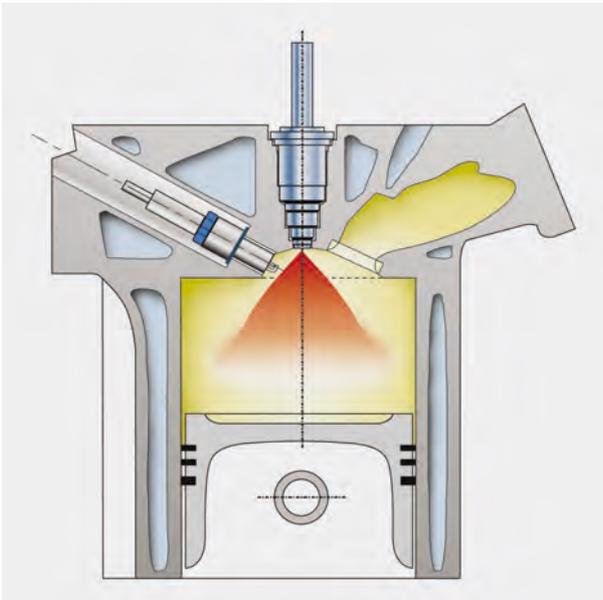
En función de las características constructivas del motor y del tipo de inyección, bien en el colector de admisión o inyección directa, la relación de compresión en los motores de gasolina está comprendida entre valores que oscilan entre 7 y 13 a 1.

En los motores de gasolina no es posible trabajar con relaciones de compresión entre 14 y 24 a 1 como en los motores Diesel. La presión y temperatura que se genera en la cámara de compresión provocaría la combustión instantánea y de forma incontrolada de la mezcla de aire y gasolina, debido a la limitada resistencia de la gasolina a la autodetonación.

El diseño de la cámara y la relación de compresión en los motores de gasolina han de estar adecuados para evitar la autoinflamación de la mezcla, ya que esto ocasiona detonaciones muy perjudiciales para el motor. La compresión del motor, influye directamente sobre:

- El par motor generado
- La potencia suministrada
- El consumo de combustible
- Las emisiones contaminantes

INYECCIÓN DIRECTA



Cortesía de Mercedes

RELACIÓN LAMBDA (λ)

Es un número que define la perfección de la mezcla. El valor ideal es 1. Si es menor indica mezcla rica y si es mayor indica mezcla pobre.

$$\text{RELACIÓN LAMBDA} = \frac{\text{aire real aspirado}}{\text{aire teórico necesario}}$$

El aire teórico necesario, es calculado en relación a las condiciones de funcionamiento del motor, (temperatura, carga, r.p.m. etc.)

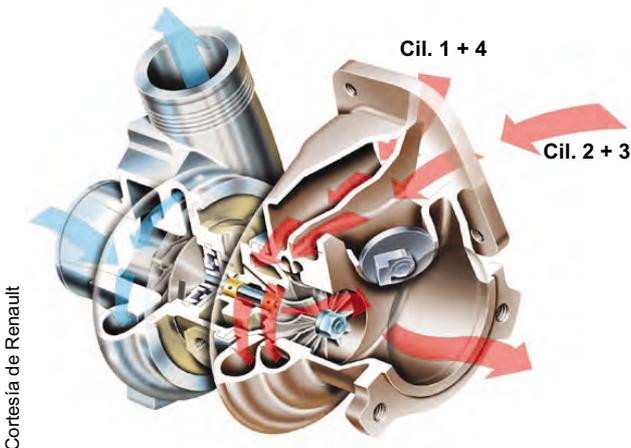
Para la combustión completa de la mezcla de aire y combustible, las proporciones de mezcla han de situarse dentro de lo que se llama relación estequiométrica. Para que esto se produzca, tenemos que disponer de 14,7 g. de aire para 1g. de gasolina.

La relación de masas de aire y combustible se designa con la letra griega λ .

En el funcionamiento con relación estequiométrica, λ tiene un valor de 1. Si tenemos un exceso de aire, se produce un empobrecimiento de la mezcla, quedando valores λ superiores a 1. A partir de un valor determinado $\lambda > 1,6$ la mezcla llega al límite de funcionamiento pobre y deja de ser inflamable.

Si disponemos de poco aire, se produce un enriquecimiento de la mezcla, quedando valores λ inferiores a 1. Este modo de funcionamiento sólo se utiliza de forma esporádica para facilitar el arranque en frío o para un aumento puntual de la potencia. No puede utilizarse de forma continua debido a la alta contaminación que produce. Un valor $\lambda < 0,6$ no es inflamable por falta de oxígeno.

TURBOALIMENTACIÓN MEDIANTE GASES DE ESCAPE

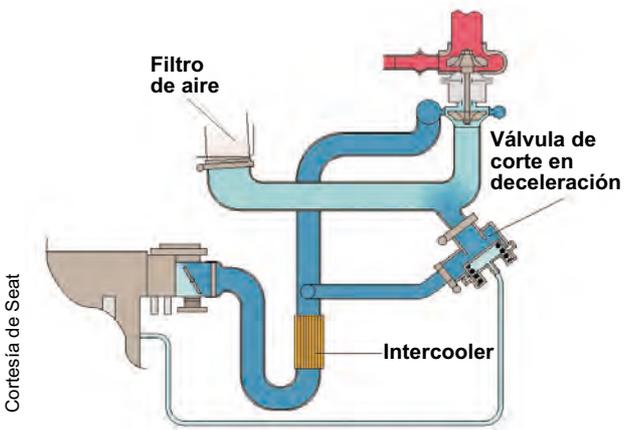


Cortesía de Renault

Turbo con válvula Wastegate



Turbo de geometría variable (VTG)



Cortesía de Seat

Esquema de la válvula de corte en deceleración

De los procedimientos de sobrealimentación conocidos para los motores de combustión, el turbocompresor es ampliamente utilizado, ya que hace posible incluso en motores de pequeña cilindrada valores altos de par y potencia con buenos rendimientos del motor.

Estructura y funcionamiento

Su funcionamiento es relativamente simple, aunque requiere de la utilización de materiales de gran calidad para soportar las altas temperaturas a las que es sometido por los gases de escape.

Consiste en una turbina impulsada por los gases de escape y un compresor encargado de sobrealimentar el motor. Los dos componentes están unidos mediante un eje común que los obliga a girar al mismo número de revoluciones. La velocidad de rotación es extremadamente alta (más de 100.000 r.p.m.) por lo cual hay que prever eficaces sistemas de refrigeración y engrase.

Esencialmente existen dos modelos:

- Turbocompresor con válvula de descarga Wastegate.
- Turbocompresor de geometría variable (VTG).

El utilizado en motores de gasolina es el de válvula Wastegate, los de geometría variable asumen a la perfección su misión en los motores Diesel, pero aún no han podido imponerse en los motores de gasolina entre otros motivos por el alto esfuerzo térmico debido a los gases de escape muy calientes.

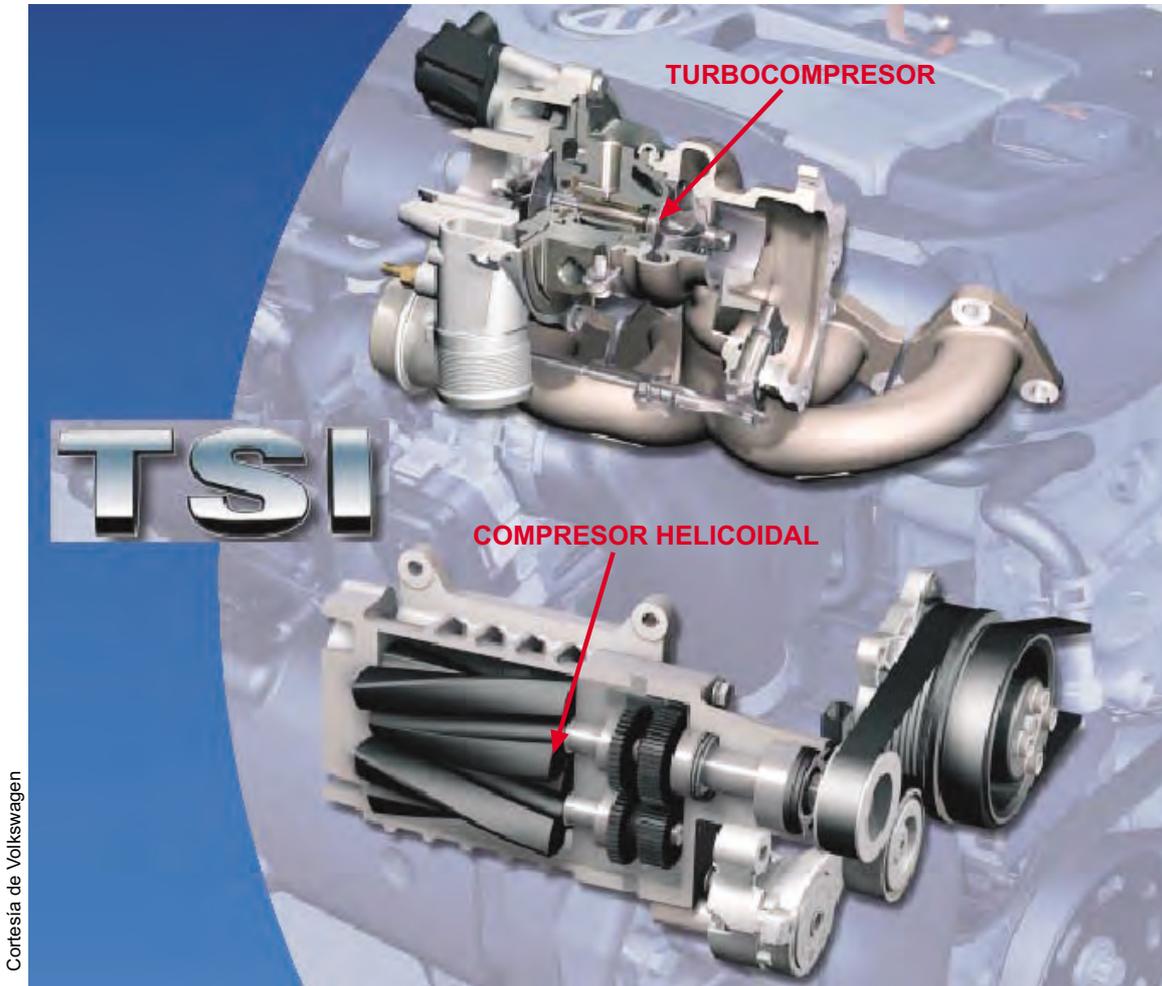
Los turbocompresores están dimensionados para soplar a bajo régimen de giro, de forma que sean capaces de suministrar aire al motor suficiente para alcanzar altos valores de par con el motor girando a partir de 2.000 r.p.m. Esto supone, que a alto régimen hay que limitar la sobrealimentación para no sobrecargar el motor. A este efecto se coloca una válvula de descarga en la turbina que deriva los gases de escape de forma que no incidan sobre la turbina.

Esta válvula es accionada neumáticamente en función de la presión de sobrealimentación o en la mayoría de los casos por el control que ejerce una electroválvula gobernada por el sistema de gestión del motor.

Uno de los problemas de funcionamiento es el típico "bache" del turbocompresor.

El "bache" es debido a que al decelerar la admisión está cerrada y la turbina pierde velocidad de giro. Al acelerar de nuevo la turbina necesita de un breve periodo de tiempo para suministrar la presión de soplado percibiéndose entonces el "bache" del turbocompresor. Algunos fabricantes han solucionado este problema instalando la válvula de corte en deceleración, que puentea la entrada y salida de admisión del turbocompresor en el momento de soltar el acelerador, y consigue que la turbina trabaje en vacío y por lo tanto no reduzca su velocidad de giro.

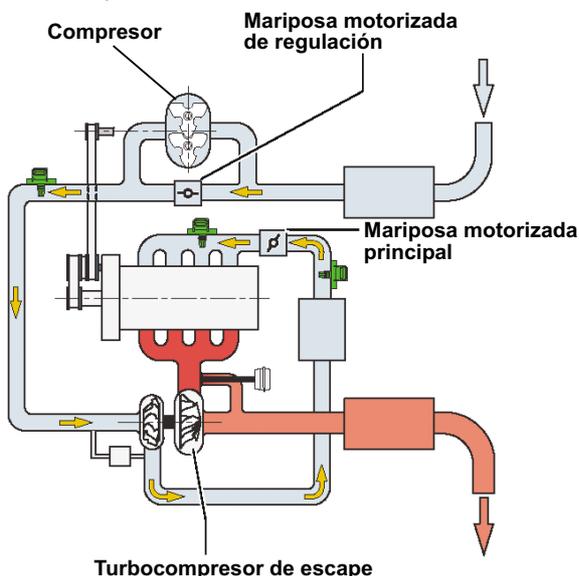
SOBREALIMENTACIÓN DOBLE (COMPRESOR + TURBO)



Cortesia de Volkswagen

Considerando que el turbocompresor no sopla de manera eficaz hasta las 2.000 r.p.m. del motor, tenemos un problema de rendimiento a bajo régimen. Esto puede solucionarse mediante el empleo de un compresor mecánico que se active en función de las necesidades para conseguir valores de par intensos a bajas revoluciones.

El compresor, dispone de un embrague electromagnético que permite desconectarlo cuando el turbo genera suficiente presión.



Cortesia de Volkswagen

ASPIRACIÓN EN RÉGIMENES DE BAJA CARGA

La mariposa de regulación está abierta. El aire admitido pasa directamente al turbocompresor de escape. El compresor mecánico no trabaja, el acoplamiento electromagnético está desconectado.

En esta situación, la energía de los gases de escape es escasa y se genera una baja presión de sobrealimentación.

La mariposa principal abre en función del deseo del conductor mediante la posición del acelerador y genera un vacío en el colector de admisión.

Para que el compresor mecánico trabaje es necesario conectar el acoplamiento magnético, en estas condiciones, es movido por una correa con una relación aproximada de 5 a 1, se consigue un régimen aproximado de 17.500 r.p.m. y una presión máxima de 0,75 bares (relativos).

ANTICONTAMINACIÓN

Cortesía de Mercedes



El automóvil y su industria sólo son responsables de entre el 5 y el 7% de la contaminación mundial, pero sin embargo es percibido por la sociedad como uno de los máximos culpables de la situación. (Por poner un ejemplo, podemos decir que la industria de la caza tira al campo 5.000 toneladas de plomo cada año). Si consideramos que los automóviles están muy próximos a las personas, es fácil entender que los políticos están obligados a legislar estrictamente sobre la contaminación del automóvil, especialmente sobre la emisión de gases.

Para cumplir las normas anticontaminación, los motores han de optimizar los procesos de combustión y depurar los gases de escape por medio de catalizadores.

Para optimizar los procesos de combustión se ha de hacer un estudio exhaustivo de los conductos de aspiración, cámaras de combustión, avances de encendido y dosificación de mezcla.

Conductos de aspiración y cámaras de combustión.

Estos han de forzar la mezcla en forma de torbellino para que esté en continuo movimiento y se produzca una combustión rápida.

Avances de encendido.

Se han de programar en mapas tridimensionales para adecuarse en todo momento al régimen y a la carga del motor.

Exceso de avance produce:

- Aumento de NOx.
- Aumento de HC.
- Ralentí irregular.
- Deterioro mecánico.

Insuficiente avance produce:

- Mayor consumo.
- Aumento de HC.
- Ralentí irregular.
- Algo de aumento de CO.

Dosificación de mezcla.

Para limitar las sustancias nocivas y cumplir las normas sólo es posible realizar la dosificación por medio de sistemas electrónicos de inyección de combustible, que controlan en todo momento la relación de mezcla ideal para producir la combustión completa.

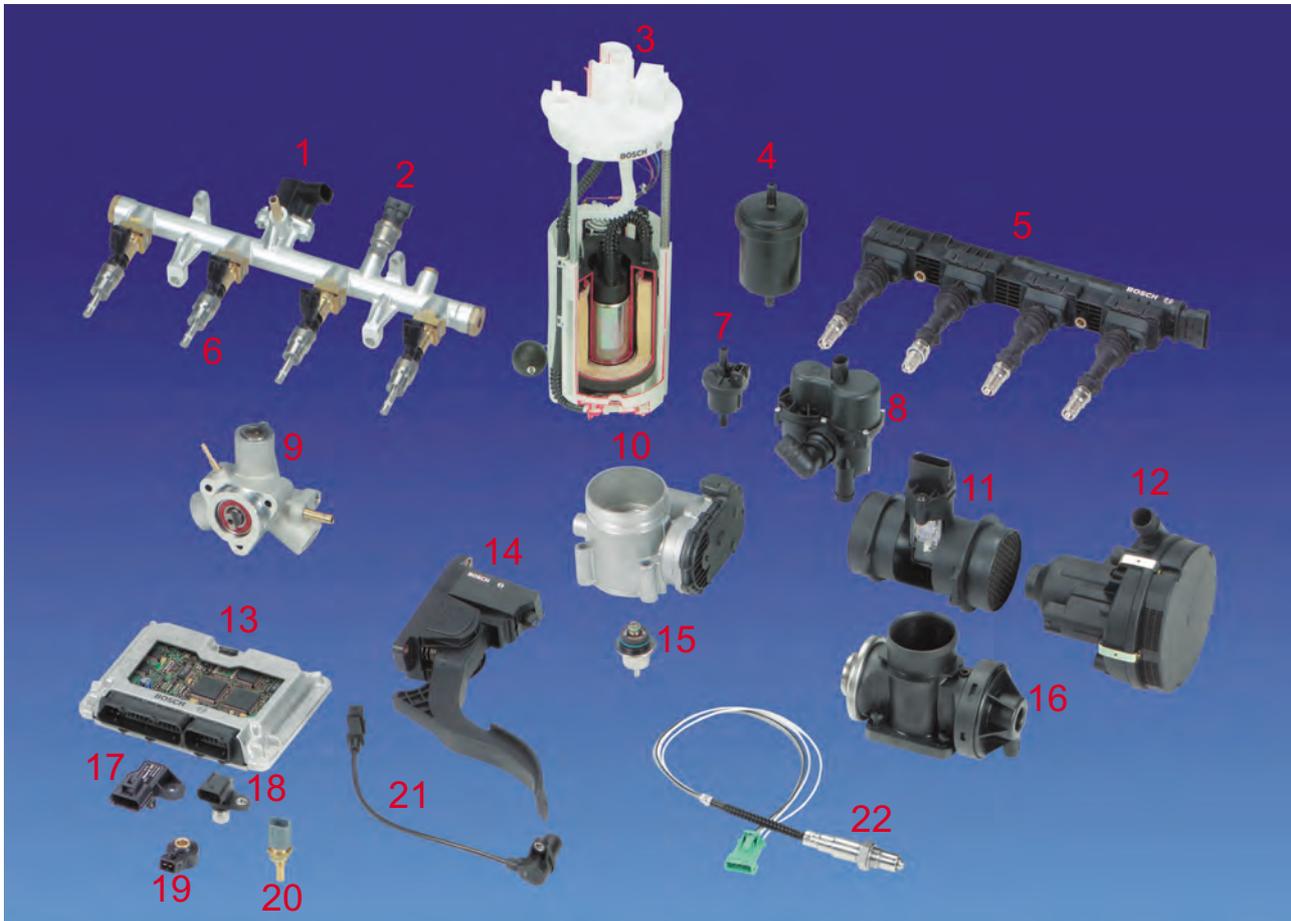
Inyección de aire secundario.

En la fase inicial de calentamiento del motor, existe un enriquecimiento de mezcla que provoca un excesivo aumento de los hidrocarburos sin quemar (HC). Si se inyecta aire justo a la salida de las válvulas de escape, se consigue un aporte adicional de oxígeno que hace combustionar y eliminar los hidrocarburos sin quemar.

Catalizadores.

Son elementos que mediante un proceso químico hacen reaccionar los gases nocivos para convertirlos en inofensivos.

COMPONENTES DE LA INYECCIÓN DIRECTA



Cortesía de Bosch

- | | |
|--|---|
| 1.- Regulador de presión de combustible | 12.- Soplador de aire secundario |
| 2.- Sensor MAP de presión de combustible | 13.- Unidad de Control Electrónico |
| 3.- Electrobomba de combustible | 14.- Potenciómetro del pedal de acelerador |
| 4.- Filtro de combustible | 15.- Válvula de descarga |
| 5.- Transformadores de encendido | 16.- Electroválvula EGR |
| 6.- Electroválvulas de inyección | 17.- Sensor MAP de presión de admisión |
| 7.- Electroválvula del cánister | 18.- Sensor Hall de posición del árbol de levas |
| 8.- Amortiguador de pulsaciones | 19.- Sensor de picado |
| 9.- Bomba de alta presión de combustible | 20.- Sensor de temperatura de refrigerante |
| 10.- Actuador de mariposa | 21.- Sensor de régimen del motor |
| 11.- Medidor de masa de aire | 22.- Sonda Lambda |

El primer fabricante en instalar un sistema de inyección directa de gasolina fue Mitsubishi en el Carisma GDI. Le han seguido otros fabricantes basándose en el mismo principio de funcionamiento, pero con diferentes denominaciones:

- Peugeot Citroën con motores HPi, y gestión Siemens SIRIUS 81
- Renault denomina a su sistema IDE, con gestión Siemens SIRIUS 3H
- El grupo VAG utiliza las siglas FSI, con gestión Bosch Motronic MED 9.5.10
- Saab dispone de un sistema denominado SCC (Saab Combustion Control)

Está claro que los sistemas de inyección directa serán los más utilizados en un futuro próximo si tenemos en cuenta que consiguen un ahorro medio de combustible del 20% y unas emisiones de CO₂ inferiores en un 10% considerando un motor de igual cilindrada e inyección en el colector de admisión.

Ahora son las refinerías petroleras las que tienen que trabajar para conseguir gasolinas exentas de azufre y que estos motores puedan conseguir el máximo rendimiento.

POTENCIÓMETRO DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO (verificaciones)



GRUPO VAG

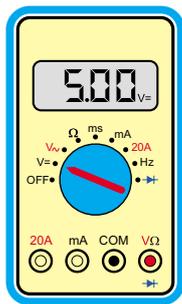


CITROËN-PEUGEOT

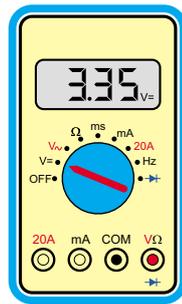
SENSORES

Estos modelos de potenciómetros no pueden comprobarse como reostatos, debido a que incorporan un circuito electrónico que transforma directamente en señal de voltaje los movimientos del sensor. Si medimos en ohmios no nos da variación alguna. La única forma de comprobar su funcionamiento es midiendo la tensión variable de salida.

En caso de avería de uno de los potenciómetros, el motor sigue acelerando con el valor del que funciona, pero se limita el par máximo entregado.



FIJO



VARIABLE

VERIFICACIÓN CON POLÍMETRO

► Tensión

Exponemos como ejemplo las verificaciones a efectuar en un potenciómetro de Citroën. Consultar la ficha de diagnóstico para otros modelos.

- Entre los terminales de alimentación (3 y 4) ha de dar un valor constante de 5 V.
- Entre los terminales de señal del potenciómetro 1 (1 y 4) da un valor variable de reposo a fondo comprendido entre 0,3 y 4 Voltios.
- Entre los terminales de señal del potenciómetro 2 (2 y 4) da un valor de tensión variable de reposo a fondo comprendido entre 0,15 y 2 Voltios.

Más que el valor de tensión, lo importante, es que pisando progresivamente no desaparezca la lectura en ningún momento.

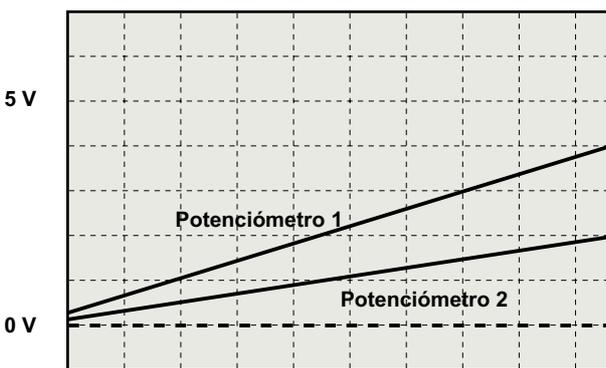
VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO

Conectando los dos canales del osciloscopio a las salidas de señal de los potenciómetros. Se debe apreciar una variación progresiva en la línea de voltaje a medida que se va presionando lentamente el acelerador.

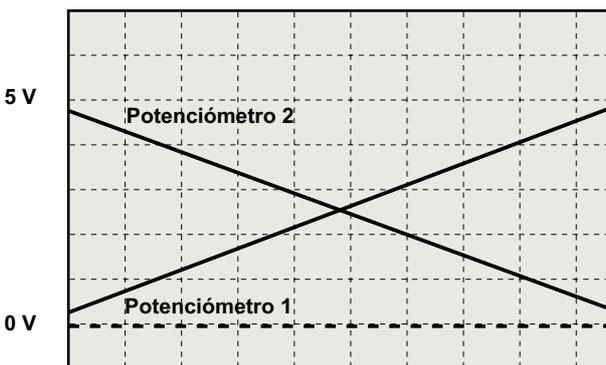
De producirse una variación brusca será indicativo de un fallo momentáneo en la llegada de señal a la unidad de mando.

Tener en cuenta que hay potenciómetros en los cuales las dos señales suben o bajan a la vez y en otros las señales son invertidas, mientras una baja la otra sube.

Si el potenciómetro dispone de interruptor de ralentí y de plena carga, hemos de verificar que cierran y abren correctamente.

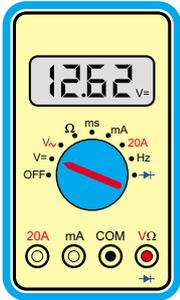


1 V/d 500ms/d

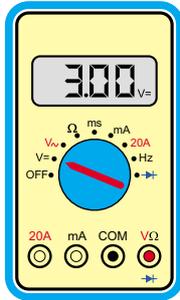


1 V/d 500ms/d

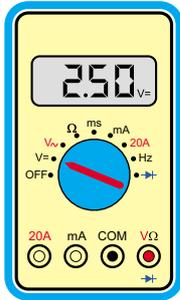
SONDA LAMBDA PLANAR O DE BANDA ANCHA (verificaciones)



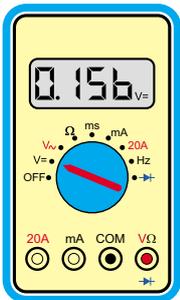
Resistencia de caldeo



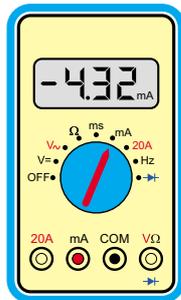
Circuito electrónico



Bomba de oxígeno



Señal Lambda



Intensidad bomba de oxígeno

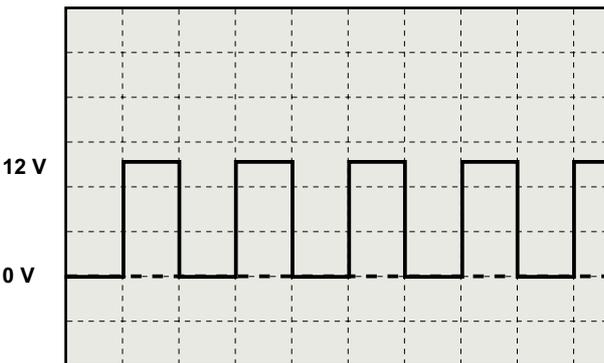
VERIFICACIÓN CON POLÍMETRO

- ▶ **Alimentación de la resistencia de caldeo**
Con el contacto dado, conectar el voltímetro al terminal 3 de la sonda y a masa y verificar que disponemos de la tensión de batería.
- ▶ **Alimentación del circuito electrónico**
Con el motor en marcha, conectar el voltímetro al terminal 1 y masa y comprobar que existen 3 Voltios.
- ▶ **Alimentación de la bomba de oxígeno**
Con el motor en marcha, conectar el voltímetro entre el terminal 5 y masa y comprobar que tenemos 2,5 Voltios.
- ▶ **Señal de la sonda Lambda**
Con el motor en marcha, conectar el voltímetro entre los terminales 2 (+) y 6 (-). A ralenti si la mezcla es correcta el voltímetro marcará 0 Voltios. A continuación acelerar bruscamente y soltar y la tensión ha de llegar hasta aproximadamente 160 mV.
- ▶ **Intensidad de la bomba de oxígeno**
Hay que extraer el terminal 5 e intercalar un amperímetro, (+) al cable y (-) a la sonda. A ralenti si la mezcla es correcta, el amperímetro marcará prácticamente 0 mA. Al acelerar bruscamente y soltar, el amperímetro marcará hasta - 7,5 mA si la mezcla es rica y hasta + 7,5 mA si la mezcla es pobre.

VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO

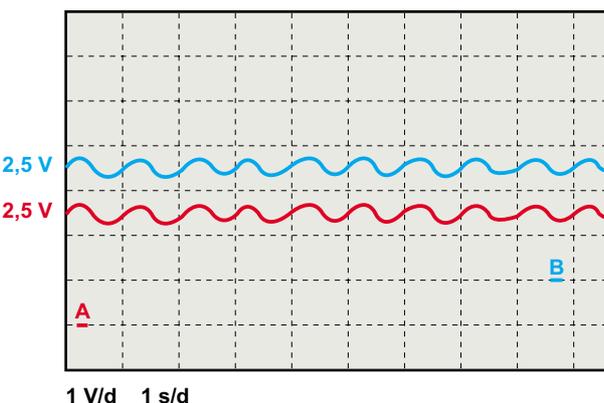
Excitación resistencia de caldeo

Conectar el osciloscopio al terminal 4 y masa. Con el motor en marcha nos ha de aparecer una corriente cíclica de excitación que puede variar su amplitud e incluso desaparecer en función de la temperatura y carga del motor.
De esta manera se limita el consumo eléctrico de la calefacción Lambda en función de las necesidades momentáneas.



Señal Lambda

Hay que conectar los dos canales del osciloscopio, el canal A al terminal 2, el B al terminal 6 y el común a masa.
Con el motor a 2.500 revoluciones nos ha de aparecer una tensión alterna bastante irregular de aproximadamente un ciclo por segundo.



Recordemos que estos terminales corresponden a una sonda concreta. Siempre hay que consultar el esquema y la ficha del modelo en prueba. Esta sonda está integrada en el volumen de diagnóstico y sus defectos de funcionamiento quedan memorizados en la UCE del motor.

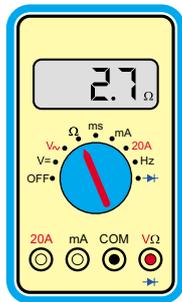
ELECTROVÁLVULAS DE INYECCIÓN DIRECTA (verificaciones)

Cortesía de Siemens

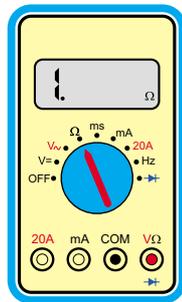


La mayoría de los equipos de inyección directa actuales utilizan inyectores electromagnéticos dotados de una bobina que al ser excitada desplaza un núcleo magnético que a su vez libera la aguja del inyector. No obstante Siemens ya tiene desarrollados unos inyectores piezoeléctricos listos para montar en sus equipos. Aventajan a los electromagnéticos sobre todo en la rapidez de accionamiento.

ACTUADORES



Resistencia



Aislamiento

VERIFICACIÓN CON POLÍMETRO

- ▶ **Resistencia del inyector**
Desenchufar el conector del inyector y comprobar que la resistencia está comprendida entre los valores especificados en la ficha de diagnóstico.
- ▶ **Aislamiento**
Verificar que la lectura entre cualquiera de sus terminales y masa nos dé resistencia infinita.

INYECTOR BOSCH



20 V/d 0,5 ms/d

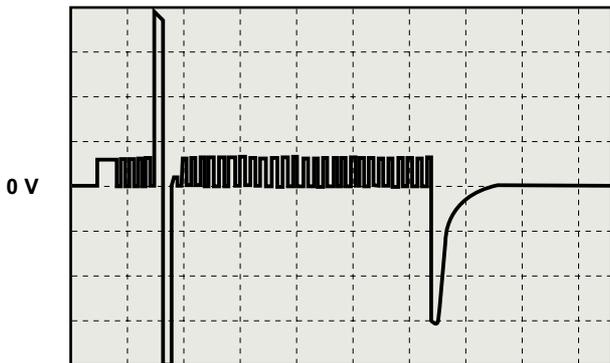
VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO

INYECTOR BOSCH

Hemos de conectar la punta positiva del osciloscopio al terminal de alimentación común de dos inyectores y la negativa al terminal de activación del inyector. En la imagen apreciamos la tensión de apertura de aproximadamente 65 Voltios y la pulsatoria de mantenimiento de aproximadamente 15 Voltios.

Al acelerar debe aumentar el tiempo de inyección. Al soltar bruscamente el acelerador debe desaparecer la imagen, señal de que funciona el corte en marcha por inercia.

INYECTOR SIEMENS



20 V/d 1 ms/d

INYECTOR SIEMENS

Conectaremos el osciloscopio igual que en el caso anterior. En la imagen apreciaremos las fases de trabajo.

- **Fase de precarga:** prepara al inyector para una apertura rápida, es alimentado a 12 Voltios con una corriente aproximada de 1 Amperio.
- **Fase de llamada:** provoca una subida rápida de la aguja de la electroválvula, es alimentado a unos 77 Voltios con una corriente aproximada de 11,5 Amperios.
- **Fase de mantenimiento:** mantiene abierto el inyector durante el tiempo necesario según las necesidades de combustible, es alimentado a 12 Voltios con una corriente aproximada de 2,4 Amperios.