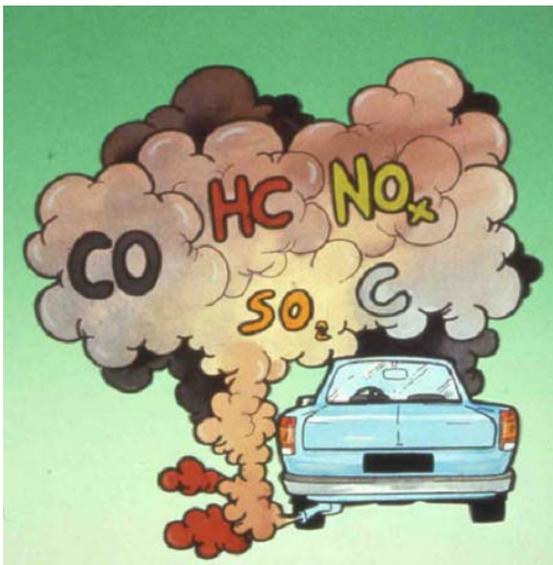


# DISPOSITIVOS DE ANTICONTAMINACIÓN EMPLEADOS EN LOS MOTORES AUTOMÓVILES

Modalidad: **ELECTROMECAÁNICA**

Equipo: **A**

**I.E.S La "Marxadella "**



**Alumnos:**

**Daniel Jareño Moraga**

**Manuel Maestro Vázquez**

**Tutor:**

**Miguel Angel González**

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>Pag.3</b>
<b>2. COMPOSICIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE.....</b>	<b>Pag.3</b>
Gases no tóxicos.....	Pag.3
Gases tóxicos.....	Pag.4
<b>3. SOLUCIONES A LA CONTAMINACIÓN.....</b>	<b>Pag.5</b>
Soluciones sobre los gases de escape.....	Pag.5
Soluciones sobre el combustible.....	Pag.6
Soluciones sobre el diseño del motor.....	Pag.6
<b>4. EL CATALIZADOR.....</b>	<b>Pag.9</b>
Componentes del catalizador.....	Pag.10
Catalizador de tres vías con sonda lambda.....	Pag.12
Reacciones químicas.....	Pag.13
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL CATALIZADOR.....</b>	<b>Pag.13</b>
<b>6. Sonda LAMBDA.....</b>	<b>Pag.14</b>
Funcionamiento.....	Pag.15
Tipos de sonda lambda.....	Pag.16
El factor lambda.....	Pag.18
La regulación lambda.....	Pag.19
Funcionamiento de la regulación lambda.....	Pag.20
<b>7. DIAGNÓSTICO DE LA REGULACIÓN</b>	
<b>LAMBDA.....</b>	<b>Pag.21</b>
Verificación de la regulación lambda.....	Pag.21

Diagnos de la sonda lambda.....	Pag.21
Verificación de la respuesta de la UCE.....	Pag.21
Verificación del cableado.....	Pag.22
<b>8. EOBD (EURO ON-BOARD DIAGNOSIS).....</b>	<b>Pag.22</b>
Testigo de aviso de gases de escape.....	Pag.22
Conector EOBD.....	Pag.23
Nueva sonda lambda de banda ancha.....	Pag.23
Válvula EGR.....	Pag.24
Depósito de carbón activo.....	Pag.24
<b>9. INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA.....</b>	<b>Pag.25</b>
9.1 Principio de funcionamiento.....	Pag.25
9.2 Componentes.....	Pag.27
9.3 Motor FSI.....	Pag.28

## 1. INTRODUCCIÓN

El automóvil tiene una importante utilización entre las personas y su venta ha ido creciendo aumentando esta importancia. La legislación emitió unas normativas y leyes fiscales severas para que esta evolución tuviera un desarrollo más adecuado para el medio ambiente. Esta evolución ha ido acompañada a la evolución de los componentes en los gases de escape. Se han ido imponiendo una serie de medidas sobre las emisiones contaminantes que han hecho que los fabricantes de automóviles mejorasen la tecnología con respecto a la contaminación. Estas medidas, que han ido superándose incluso en parte, seguirán reduciendo los niveles establecidos. Las normas europeas definen estas medidas a la industria del automóvil, ajustando las medidas de los gases contaminantes fijando una fecha. Estas normas han ido evolucionando con el nombre de EURO, actualmente la normativa se encuentra por la EURO VI. Por esta razón, se han ido insertando nuevos dispositivos anticontaminantes para sujetarse a las normas establecidas e incluso adelantarse a ellas.

## 2. COMPOSICIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE

Los motores no pueden realizar una combustión completa y cuanto más incompleta sea la combustión expulsamos más sustancias nocivas. Con todas las medidas destinadas a reducir las emisiones contaminantes, se busca la menor emisión de sustancias contaminantes, menor consumo y altas prestaciones. Todos estos son puntos incompatibles. Las emisiones de una combustión completa serían CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, pero aun así en concentraciones elevadas también son perjudiciales.

### 2.1. GASES NO TÓXICOS

**Nitrógeno (N<sub>2</sub>):** es el 79% del aire que respiramos, pero conforme entra por admisión, sale por el escape.

**Oxígeno (O<sub>2</sub>):** sin oxígeno no puede haber combustión, además si la combustión fuese completa no saldría oxígeno por el escape.

**Vapor de agua (H<sub>2</sub>O):** la condensación del vapor de agua es lo que causa el humo blanco en el escape en días muy fríos.

**Anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>):** dióxido de carbono, no es tóxico, pero si perjudica en concentraciones elevadas “efecto invernadero”.

## 2.2. GASES TÓXICOS

**Hidrocarburos sin quemar:** parafinas, olefinas, hidrocarburos aromáticos.

**Hidrocarburos parcialmente quemados:** CO (monóxido de carbono).

**Subproductos de la combustión:** del nitrógeno atmosférico NO<sub>x</sub>, de los aditivos del combustible (óxidos de plomo) y de las impurezas del combustible (óxidos de azufre)

La legislación EURO5 solo regula 4 de estos gases, que son: HC, CO, NO<sub>x</sub> y partículas sólidas.

**Hidrocarburos sin quemar (HC):** irritan las mucosas y algunos se consideran cancerígenos. Son producidos porque la combustión dentro del cilindro no es total y los restos que no han sido quemados salen por el escape.

**Monóxido de carbono (CO):** es altamente tóxico, reduce la absorción de oxígeno de la sangre y provoca la asfixia. Se produce en mezclas ricas con falta de oxígeno para la formación de CO<sub>2</sub>. Fue el primero de los gases en ser regulado.

**Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>):** irrita las vías respiratorias y deteriora el tejido pulmonar. En combinación con el vapor de agua forma la “lluvia ácida”. Se forma en función de la alta temperatura y presión, a más temperatura y presión más NO<sub>x</sub>.



Analizador de gases

### **3. SOLUCIONES A LA CONTAMINACIÓN**

#### **3.1. SOLUCIONES SOBRE LOS GASES DE ESCAPE**

Existe un programa de medidas reglamentarias de la Comisión Europea aprobadas por el Parlamento europeo por el que se establecen los requisitos técnicos para la homologación de los vehículos de motor en lo que se refiere a las emisiones. Este programa va evolucionando y se va volviendo más estricto. Por eso, la única alternativa viable actualmente es actuar sobre los gases de escape para que estos cumplan los requisitos de dicho programa utilizando el tratamiento térmico y el tratamiento catalítico de los gases.

##### **1. Tratamiento térmico de los gases**

Un motor que funciona con mezcla pobre, contiene en sus gases de escape suficiente oxígeno para oxidar el CO y los HC al salir de la cámara de combustión; de lo contrario si trabaja con mezclas ricas necesitarán una entrada de aire adicional para obtener el oxígeno suficiente y poder eliminar los gases anteriormente mencionados. Esto se lleva a cabo en una cámara con un volumen adecuado al caudal de los gases que son expulsados por el motor para asegurar su permanencia en la cámara el tiempo adecuado para la oxidación.

Este tratamiento tiene una ventaja muy importante ya que consigue una elevada reducción de HC y CO con el inconveniente del aumento de las emisiones de NOx.

Actualmente algunos vehículos inyectan aire en el colector de escape durante la fase de arranque en frío donde tendremos mezclas ricas, reduciendo las emisiones y provocando un calentamiento más rápido del catalizador.

##### **2. Tratamiento catalítico de los gases**

En este tratamiento se consigue aumentar la velocidad de las reacciones que se dan en el sistema de escape mediante sustancias que, sin participar en la reacción la cual se produce más rápida que sin la presencia de estas sustancias. Un ejemplo de estas sustancias son los metales nobles como el platino o el rodio denominados catalizadores.

En el automóvil estos metales encargados de realizar el tratamiento catalítico de los gases de escape se encuentran dentro de un catalizador o convertidor formado por una carcasa metálica que se sitúa cerca del motor para mantener una temperatura elevada.

### **3.2. SOLUCIONES SOBRE EL COMBUSTIBLE**

Para conseguir eliminar los óxidos de plomo y el azufre que se producen en la combustión, reduciremos su contenido en las gasolinas.

Utilizamos el plomo para elevar el índice de octano en forma de tetra-etilo. Si eliminamos casi por completo el plomo en la gasolina obtendremos la llamada gasolina sin plomo, la cual utiliza otros aditivos más ligeros para elevar el índice de octano. Esto causa un aumento de precio en la gasolina y la aparición de serios problemas afectando el rendimiento del motor, ya que estos componentes ligeros tienen mayor volatilidad. Por esta causa, las gasolinas sin plomo presentan un índice de octano más bajo que las otras gasolinas convencionales, lo que hace fabricar un motor con elevados índices de compresión para mejorar sus características.

Las gasolinas están formadas por hidrocarburos volátiles por lo que su contenido en azufre realmente bajo. Aparece como impureza presente en el crudo y difícil de eliminar, por eso, se utilizan procedimientos mejorados de destilación que lo eliminan casi en su totalidad.

Como alternativa, tenemos otros combustibles que poseen unas características inertes que los hacen más limpios que las gasolinas convencionales y emiten menos hidrocarburos. Algunos son: etanol, metanol, gas natural, propano o gasolina reformulada. La utilización de estos combustibles ayudan a reducir el crecimiento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, disminuyendo el “efecto invernadero”.

### **3.3. SOLUCIONES SOBRE EL DISEÑO DEL MOTOR**

Estas soluciones se hacen efectivas por los fabricantes de los automóviles que modificar el diseño del motor para reducir las emisiones contaminantes.

## 1. Medida del combustible

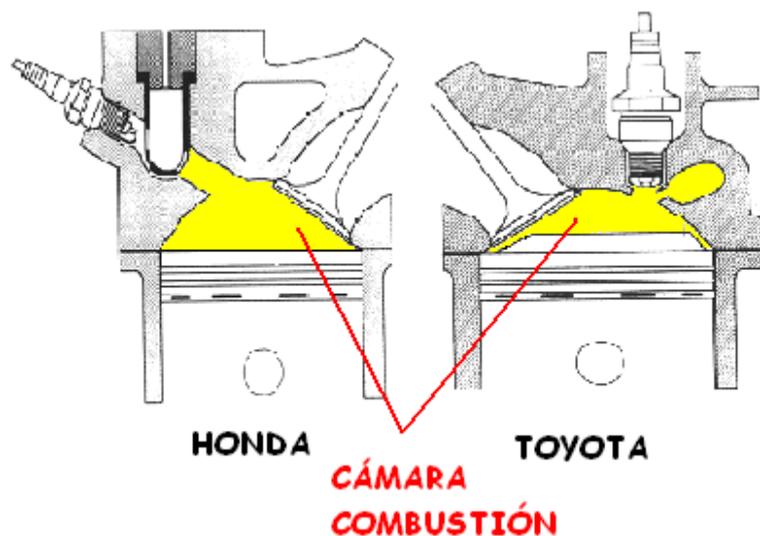
Los fabricantes han ido mejorando los sistemas de formación de la mezcla para controlar el factor lambda de trabajo de la manera más precisa posible. Por eso, el factor lambda forma un papel fundamental en el consumo. Si este valor se mantiene entre 0,99 y 1, se encontrará en los índices de emisión más bajos de HC y CO, aunque los NOx elevan su índice. Esto suele proporcionar un par máximo y al ralentí, ajustándolo lo más cerca posible a factor lambda 1, nos aseguramos de que la llama no se apague, evitando un incremento rápido de HC.

Para conseguir esto, los fabricantes utilizan sistemas electrónicos que hacen posible una mezcla óptima e incorporan otros procedimientos como el corte de combustible cuando el motor se encuentra en deceleración hasta que alcanza las revoluciones de ralentí.

## 2. Preparación de la mezcla

La inflamabilidad, el proceso de combustión y la composición de los gases están afectados de forma significativa por la homogeneidad y estratificación del combustible a la hora de la combustión. Por eso, una mezcla homogénea y una estratificación del combustible controlado son soluciones a tener en cuenta en el diseño.

Algunos fabricantes, como Toyota, tienen un estudiado diseño de la cámara de combustión y un colocación de la bujía que les da una optima homogenización de la mezcla antes y durante la combustión. Otros, como



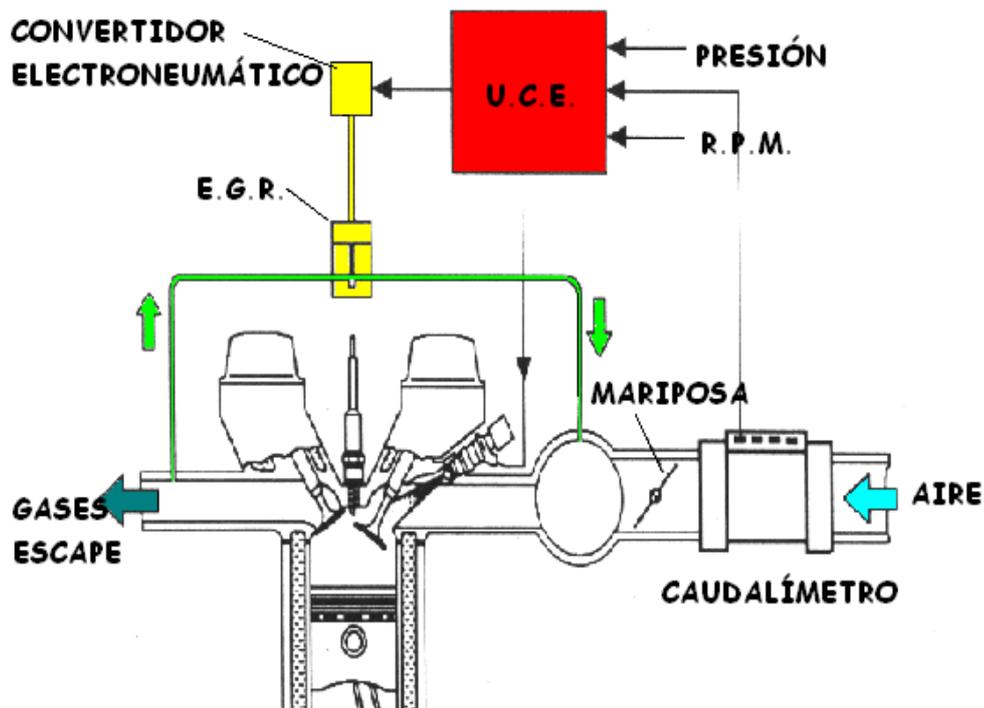
honda, utilizan una precámara que inicia con más facilidad la combustión con una mezcla más rica que, rápidamente, recorre la totalidad de la cámara de combustión, ocupada por una mezcla pobre con elevada turbulencia.

### 3. Distribución uniforme

El diseño de los conductos de admisión ayuda a que los cilindros operen con la misma relación aire-combustible para asegurar la menor contaminación. Habrá que ajustar el diseño cuando utilizamos el sistema de regulación lambda. Este sistema analiza los gases de los cilindros conjuntamente, desajustando la mezcla si uno de los cilindros fallara.

### 4. Recirculación de gases de escape

Se realiza este procedimiento para reducir los óxidos de nitrógeno, ya que su formación depende de la temperatura máxima de combustión. Por eso con esto conseguimos reducir esa temperatura. En la actualidad, con la unidad de control se monitoriza el funcionamiento de una válvula EGR y se adapta la recirculación de gases,



contaminando menos en relación a las prestaciones del vehículo.

Se debe ajustar el punto de encendido para obtener el mínimo consumo específico, ya que se ve afectado por este proceso. Lo mismo ocurre con el aumento de HC debido a la capa adherida a las paredes de la cámara de combustión que no llega a quemarse al desaparecer el frente de llama.

## 5. Relación de compresión

La relación de compresión proporciona mejores rendimientos al motor; aumenta la potencia y disminuye el consumo de combustible. Pero con las temperaturas máximas aumentan los NOx. La relación de compresión esta limitada por el octanaje, si superamos el límite de compresión podemos provocar picados de biela y daños en culata y cabeza de pistón a altas revoluciones.

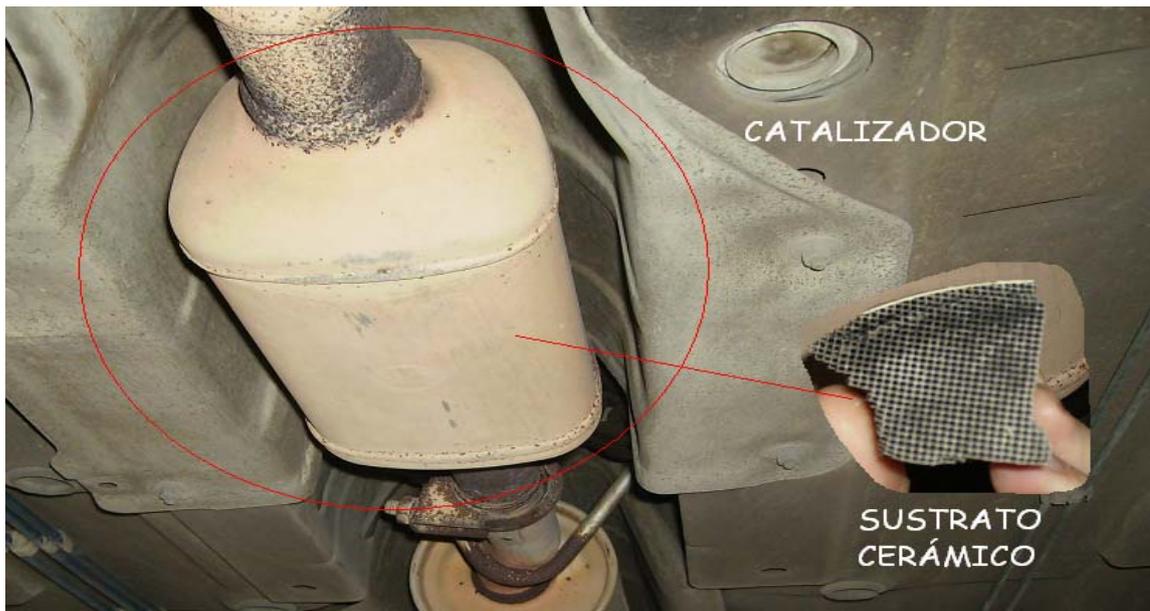
## 6. Punto de encendido

Retrasando el punto de encendido también reducimos los HC y NOx, pero el motor pierde rendimiento y aumenta el consumo. Lo retrasamos en los motores con gasolina sin plomo para evitar la aparición de detonaciones.

## 7. Cámara de combustión

Con el diseño de la cámara de combustión obtenemos una superficie sin huecos con una posición centrada de la bujía para que el recorrido de la llama sea menor. La combustión es más completa y reducimos los HC. Con una gran turbulencia se homogeneiza la mezcla y la progresión de la llama.

## 4. EL CATALIZADOR



## Dispositivos Anticontaminantes

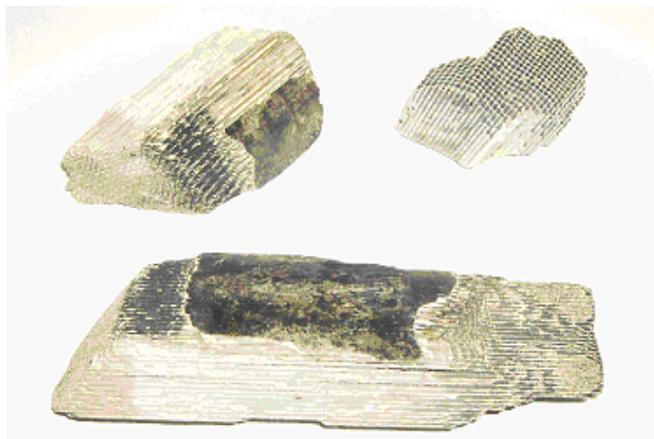
Las sustancias que provocan que las reacciones producidas en el sistema de escape se desarrollen con mayor velocidad pero que, al finalizar las mismas, no se han combinado con los reaccionantes y pueden ser utilizados de nuevo, se les conocen, químicamente, como catalizador.

En el automóvil el catalizador es un dispositivo que, situado en la línea de escape cerca del motor para mantener una elevada temperatura, oxida los gases contaminantes que produce la combustión incompleta de la gasolina transformándolos en sustancias inocuas. En realidad, el nombre de catalizador es poco acertado y sería más correcto nombrarlo convertidor catalítico, ya que cuando hablamos de catalizador estamos hablando del conjunto de metales preciosos.

### **4.1. COMPONENTES DEL CATALIZADOR**

Para una rápida y eficaz oxidación de los gases, estos se hacen pasar por unos conductos muy finos. De esta forma todas las moléculas de los gases entran en contacto con los metales preciosos encargados de acelerar las reacciones químicas que contiene el catalizador. Esta laminación del flujo se consigue gracias a un elemento denominado sustrato o soporte que puede ser cerámico o metálico

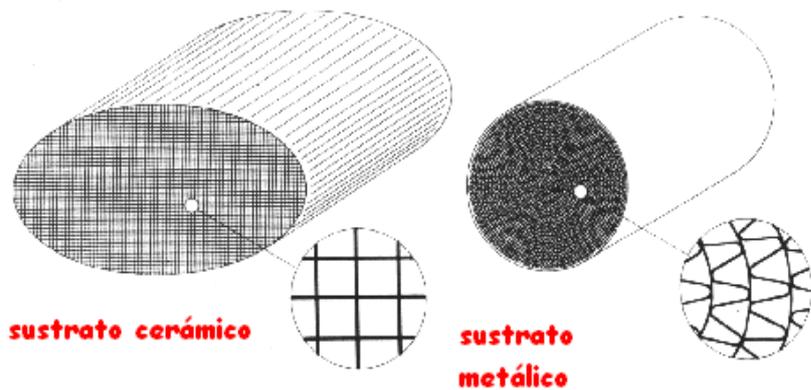
**Sustrato cerámico:** Se conoce como monolito cerámico y se obtiene mediante la extrusión de cordierita cuando se encuentra en estado plástico, formando una estructura de panal de abeja con 400 celdas por pulgada cuadrada y un espesor de pared de 15 centésimas de milímetro. Gracias a su pequeño espesor de las paredes, la superficie frontal que permanece libre para el paso del gas de escape es superior al 70%, generando una contrapresión muy baja. Tiene el inconveniente de que un fuerte golpe en la carcasa metálica puede partir la cerámica que contiene.



**Sustrato metálico:** La forma más frecuente de fabricar los monolitos metálicos es enrollando conjuntamente placas lisas y corrugadas para formar monolitos tipo espiral. Su estructura es de panal de abeja de 400 celdas por pulgada cuadrada. Los canales se forman entre las placas lisas y las ondulaciones de la placa corrugada sinusoidalmente. Las ventajas principales de este sustrato son dos: la menor contrapresión que genera al motor, ya que su espesor de pared es inferior y la superficie frontal libre para el paso del gas de escape es mayor del 80%, y su mayor resistencia a la alta temperatura. Pero tiene un importante problema; la eficacia adecuada del convertidor no se obtiene hasta que se alcanza la temperatura de régimen. Esto supone un cierto tiempo, o unos cuantos kilómetros recorridos sin su utilización, los cuales aumentan particularmente en climas fríos y en periodos invernales. Estudios realizados al respecto demostraron que en el uso cotidiano de un coche para desplazamientos cortos en ciudad, la eficacia promedio del convertidor bajaba del 50% de la que tenía en régimen estacionario.

Tanto el monolito cerámico como el metálico, ofrecen una superficie adaptada para el contacto de los gases con los elementos activos, y tiene un revestimiento o “washcoat” que puede aumentar la superficie efectiva hasta 7000 veces, ya que por si solos no poseen suficiente superficie libre útil como para permitir un contacto adecuado del gas con los metales preciosos.

Su composición química influye de manera notable en la efectividad del catalizador, su resistencia a la alta temperatura y la durabilidad final del conjunto. La



impregnación del “washcoat” con metales preciosos (platino, paladio, rodio) permite obtener la actividad catalítica necesaria para la transformación de las emisiones nocivas de monóxido de carbono (CO) en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en nitrógeno (N<sub>2</sub>) y oxígeno(O<sub>2</sub>) e hidrocarburos (HC) en vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Una mala combustión en el motor provoca la llegada de un exceso de gasolina sin quemar que va directamente al catalizador y puede dañarlo.

En el caso de los catalizadores cerámicos, existe un elemento intermedio entre el monolito y el cuerpo metálico exterior cuya función es fijar la cerámica a la carcasa absorbiendo las diferencias de dilatación entre ambos elementos, ya que la carcasa se dilata mientras que la cerámica no sufre variación de volumen quedando un espacio entre ellos. Para esto, se puede utilizar una malla metálica de acero inoxidable o una fibra cerámica denominada manta expandible.

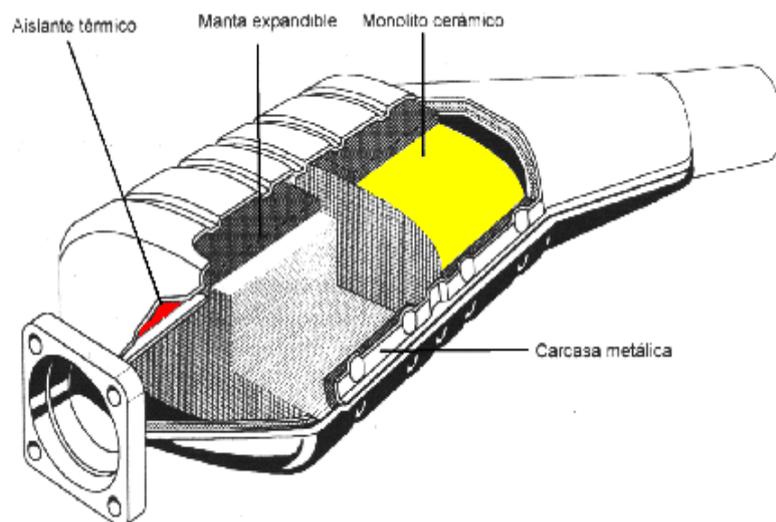
**Malla metálica:** aunque es de sencilla aplicación y de bajo coste, su principal inconveniente es la fatiga térmica del material, cuando ha sufrido muchos ciclos calentamiento-enfriamiento. Otro inconveniente es la falta de estanqueidad de la malla metálica, la cual causa un paso de gas sin catalizar ente el monolito cerámico y la carcasa metálica exterior.

**Manta expandible:** el montaje de este elemento requiere unos diseños dimensionales muy precisos del cuerpo metálico exterior. Absorbe con menos dificultad las diferencias de dilatación ente el acero y la cerámica ya que tiene más capacidad de aumento de espesor con la temperatura y mantiene el monolito a una temperatura mayor actuando de aislante térmico, mejorando la efectividad del catalizador. Su principal inconveniente

es la gran facilidad de desgaste de sus fibras cuando disminuye su densidad y la facilidad de erosionarse en contacto con los gases.

El recubrimiento de estos catalizadores es un cuerpo metálico de acero inoxidable para asegurar una buena

resistencia a altas temperaturas y contiene unos pronunciados nervios que dan una rigidez extra y evita las deformaciones que se puedan formar en altas temperaturas o por



## Dispositivos Anticontaminantes

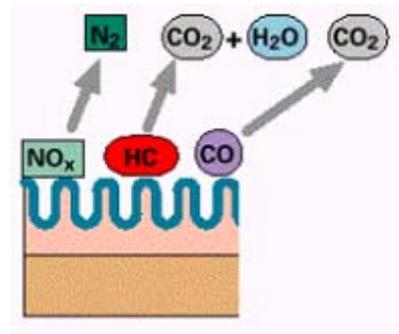
cambios de temperatura. Aparte, tiene otros elementos que dependen del catalizador y de su fabricante como anillos de protección para la manta expandible, dobles carcassas o fibras cerámicas aislantes entre otros.

### **4.2. EL CATALIZADOR DE TRES VÍAS CON SONDA LAMBDA**

También llamados catalizadores de tres vías de bucle cerrado que utilizan la regulación lambda para controlar la relación aire/combustible. Estos catalizadores actúan simultáneamente sobre los HC y CO, oxidándolos, y los NO<sub>x</sub>, reduciéndolos. Para que esto pase, el factor lambda se tiene que mantener lo más cerca posible al valor estequiométrico, por lo que se usan sistemas de inyección o carburadores electrónicos que utilicen sistemas de regulación lambda. Si la mezcla se empobrece, el factor lambda aumenta alejándose del valor estequiométrico y esto causa un aumento de NO<sub>x</sub>, ya que la cantidad de oxígeno dificulta su reducción. Si se enriqueciera la mezcla, el escaso oxígeno dificultaría la oxidación de los HC y CO, produciendo su aumento en los gases de escape.

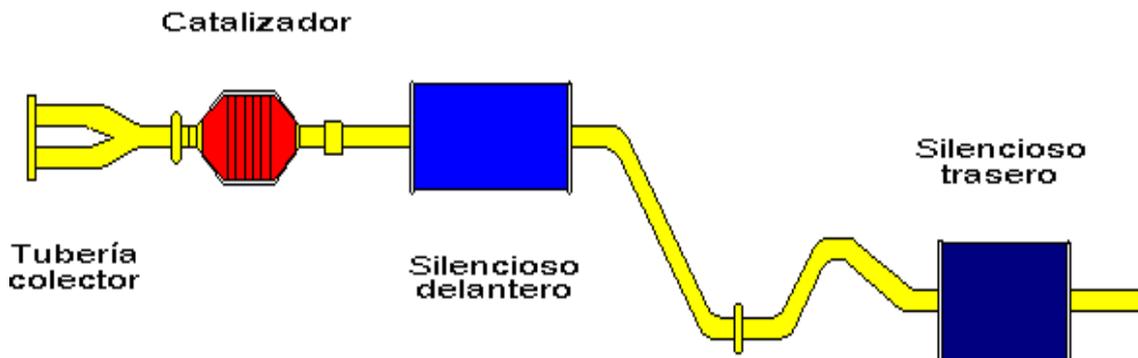
### **4.3. REACCIONES QUÍMICAS**

Las principales reacciones que se producen en un catalizador es la oxidación de los HC y CO. Éstos reaccionan con el oxígeno formando CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (vapor de agua). La reducción del NO<sub>x</sub> es, también, otra de las principales reacciones presentes en el catalizador. Como la oxidación del CO se realiza más rápida que la reducción de NO<sub>x</sub>, para igualarlas en velocidad el motor trabajará con un factor lambda ligeramente inferior a 1. Aparte de estas reacciones, pueden aparecer reacciones paralelas que forman sustancias no neutrales en el medio ambiente.



## 5. DIAGNÓSTICO DEL CATALIZADOR

Los catalizadores son componentes de elevada duración y tienen una vida superior a 80.000 km. Para ello, se tiene que llevar un mantenimiento adecuado y seguir una serie de precauciones para mantener su correcto funcionamiento a lo largo de su vida. El



plomo es dañino para el catalizador, por eso no utilizaremos este elemento ni aditivos que lo contengan. Es recomendable realizar revisiones periódicas del vehículo poniendo especial atención en el consumo de aceite del motor, ya que no tiene que ser superior a un litro cada mil kilómetros. Revisar el encendido del coche y procurar que el depósito de gasolina no se vacíe son medidas importantes para que no ocurran fallos en el motor y puedan dañar el catalizador. También arrancar el vehículo empujándolo expulsa combustible sin quemar que llega al catalizador, el cual lo quema por su alta temperatura y produce la fusión del monolito cerámico.

Al cambiar un catalizador, determinaremos cual ha sido la causa de su sustitución para ser corregida y que el nuevo catalizador no pueda sufrir el mismo problema.

	CO(%)	HC (ppm)	O <sub>2</sub> (%)	$\lambda$
1	menor que 0.2	menor que 50	mayor que 0.2	mayor que 1.00
2	entre 0.2 y 0.3	entre 50 y 100	mayor que 0.2	entre 0.99 y 1.00
3	entre 0.3 y 0.8	entre 100 y 200	mayor que 0.2	entre 0.99 y 1.00
4	mayor que 0.8	mayor que 200		menor que 0.99

1 Catalizador correcto

3 Catalizador defectuoso

2 Catalizador con baja efectividad

4 Estado del catalizador desconocido

## 6. SONDA LAMBDA.

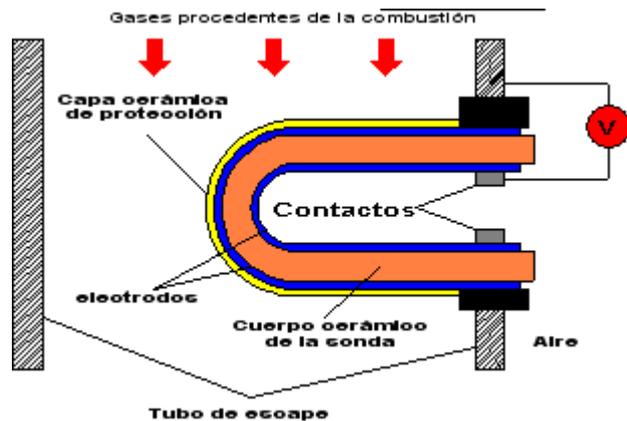


La sonda lambda tiene la misión de analizar la cantidad de oxígeno que se encuentra en los gases de escape y automáticamente informar a la centralita de inyección, para que esta corrija la proporción de la mezcla. Está situada en el sistema de escape del automóvil y se busca en su colocación la mejor posición para su funcionamiento cualquiera sea el régimen del motor. La temperatura óptima de funcionamiento de la sonda es alrededor de los 300°C o más. Una parte de la sonda Lambda siempre está en contacto con el aire de la atmósfera, mientras que otra parte de ella lo estará con los gases de escape producidos por la combustión.

El posicionamiento de la sonda lambda en el sistema de escape, es de vital importancia para la regulación de los gases de escape. La sonda lambda está expuesta a una gran cantidad de suciedad de los gases de escape. Después del catalizador la sonda sería expuesta a menor suciedad, pero la regulación sería muy lenta debido al largo recorrido a realizar por los gases hasta la sonda. Algunos vehículos incorporan dos sondas, una antes y otra después (calefactada). Esta segunda sonda sirve para controlar el funcionamiento del catalizador.

## 6.1. FUNCIONAMIENTO

Su funcionamiento se basa en dos electrodos de platino, uno en la parte en contacto con el aire exterior y otro en contacto con los gases de escape, separados entre sí por un electrolito de cerámica. Este electrolito, por encima de los 300°C, adquiere ciertas características que permiten transportar iones de oxígeno desde la superficie en contacto con el aire ambiente hasta la superficie opuesta. Los iones de oxígeno son recolectados por los electrodos y se crea una diferencia de tensión entre ambos (o una diferencia nula) consistente en una tensión de 0 a 1 v. Esta señal se envía a la unidad de control, para que ésta regule el tiempo de inyección.



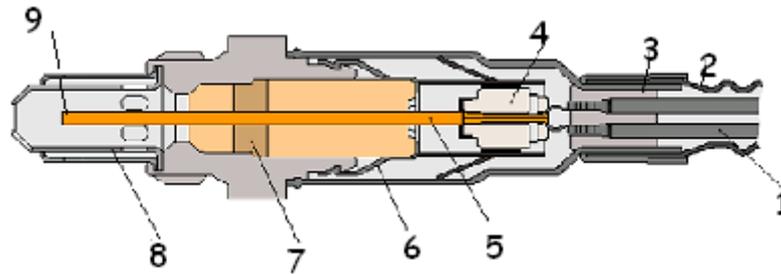
Cuando existe una elevada cantidad de oxígeno en los gases de escape se genera un pequeño voltaje del orden de 0,2 voltios, informando a la centralita que la mezcla es excesivamente pobre.

Si hay poco oxígeno en el tubo de escape, emite un voltaje ligeramente superior, 0,8 voltios informando a la centralita de que la mezcla es excesivamente rica. Un voltaje de aproximadamente 0,45 indica que  $\lambda = 1$ . La sonda lambda debe estar variando su voltaje constantemente para que la transformación de gases sea satisfactoria ya que es necesario tener en el catalizador ligeros excedentes de CO y de O<sub>2</sub>.

La sonda Lambda mide el oxígeno de los gases de combustión con referencia al oxígeno atmosférico, gracias a esto, la unidad de control puede regular con mayor precisión la cantidad de aire y combustible hasta en una relación 15 a 1, contribuyendo con su medición a una mejor utilización del combustible y a una combustión menos contaminante al medio ambiente gracias al control de los gases de escape que realiza.

## Dispositivos Anticontaminantes

Su composición:

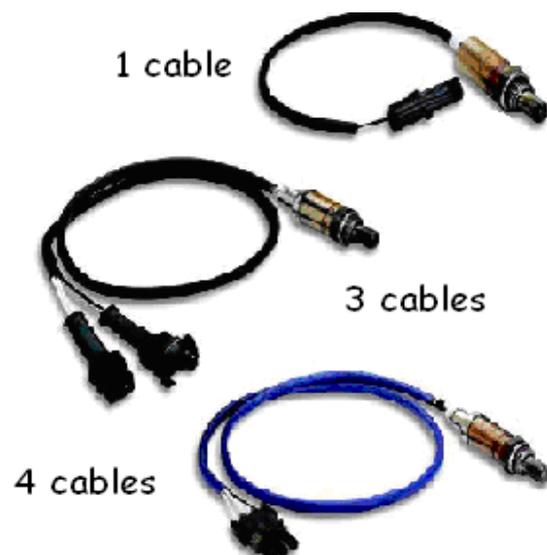


- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. Cables de conexión                              | 2. Tubo flexible        |
| 3. Boquilla  | 4. Soporte de contacto  |
| 5. Elemento sensible con calefacción               | 6. Casquillo protector  |
| 7. Empaquetadura                                   | 8. Tubo protector doble |
| 9. Capa protectora porosa para los gases de escape |                         |

## 6.2. TIPOS DE SONDA LAMBDA

La sonda lambda se puede distinguir según el número de cables:

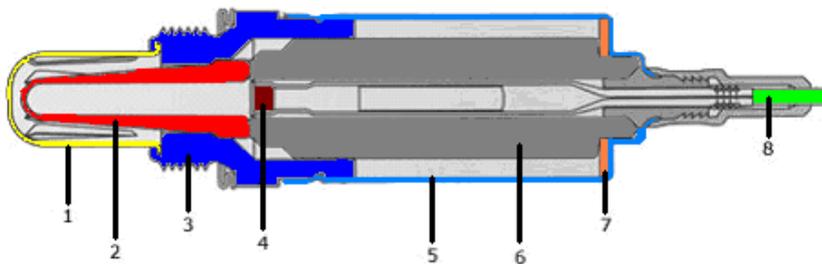
Las de un solo cable de color negro para dar alimentación a la sonda, la masa se logra por la misma carcasa de ésta. Las sondas de 3 cables tienen, además del cable de alimentación de la sonda, una resistencia calefactora, la cual tiene dos cables de color blanco para alimentarla y las sondas de 4 cables, la cual tiene un cable extra, añadido a los otros tres, que corresponde a la masa del sensor de oxígeno y generalmente es de color gris, aparte de los 2 cables.



**También podemos distinguir dos tipos de sondas lambdas:**

**Sonda lambda sin precalentar:**

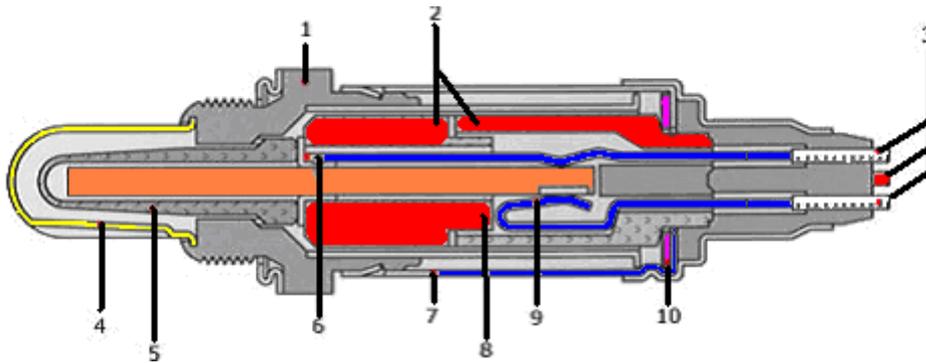
Esta sonda se encuentra situada lo más cerca posible de las válvulas de escape, en el colector de escape, ya que no posee una calefacción interna y para su correcto funcionamiento necesita más de 300° C. Tiene un solo cable positivo de la señal de voltaje que genera la sonda, obteniendo el negativo por la carcasa. Suele tener repetitivos cambios de señal, ya que recibe el gas de escape de los cilindros directamente.



- |                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Tubo de protección      | 2. Cerámica activa en la sonda |
| 3. Caja de la sonda        | 4. Talón de contacto           |
| 5. Casquillo de protección | 6. Tubo cerámico de apoyo      |
| 7. Resorte de disco        | 8. Cable de conexión           |

**Sonda lambda precalentada:**

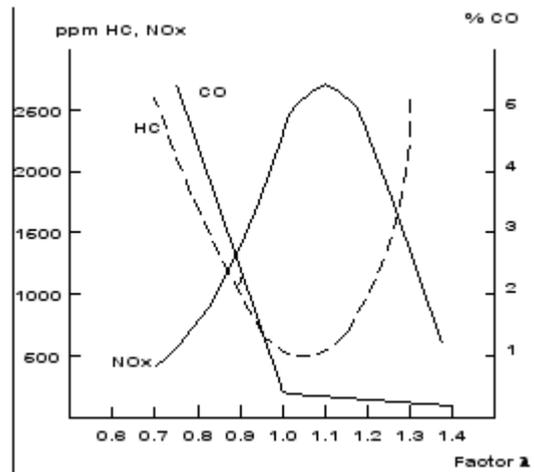
Esta sonda contiene una resistencia interna que eleva la temperatura interna hasta la temperatura de funcionamiento en pocos segundos y mantiene esa temperatura. Se alimenta mediante un relé o desde la propia UCE y, normalmente se encuentra entre el colector de escape y el catalizador. Aquí encontramos las sondas de 3 cables, con dos cables blancos para alimentar la resistencia más el cable de señal de la sonda, y los de 4 cables, con un cable gris extra de masa.



- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1. Carcasa de la sonda                          | 2. Tubo cerámico de apoyo    |
| 3. Cable de conexión                            | 4. Tubo protector de ranuras |
| 5. Cerámica activa de la sonda                  | 6. Talón de contacto         |
| 7. Casquillo                                    | 8. Elemento calefactor       |
| 9. Conexiones a presión del elemento calefactor | 10. Resorte de disco         |

### 6.3. EL FACTOR LAMBDA

El factor lambda es la proporción que existe entre la relación aire-combustible que utiliza el motor y la relación de aire-combustible teórica con la que debería trabajar, para lograr una combustión completa. Es la expresión numérica de la riqueza o pobreza de la mezcla. Lo ideal sería que el factor lambda siempre fuese 1,

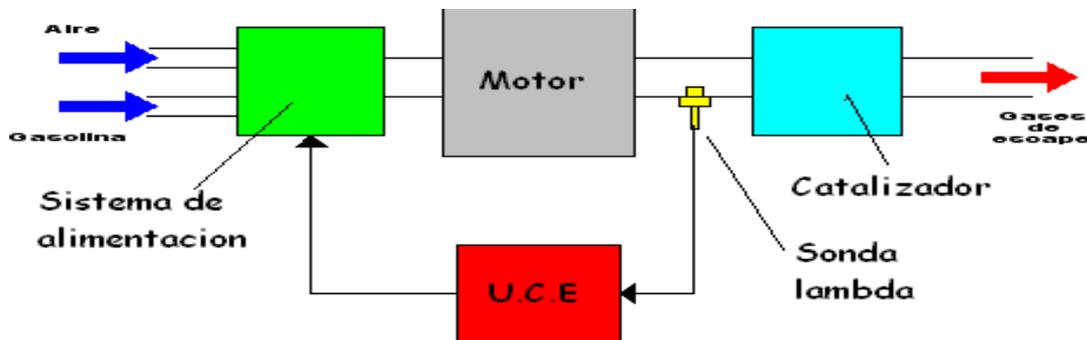


pero las condiciones atmosféricas varían constantemente la temperatura y presión del aire e impiden que el factor lambda sea estable. El par motor, el consumo y los gases de escape dependen del factor lambda ya que si este varía puede provocar pérdidas de par motor, grandes consumos y emisiones contaminantes.

Carburadores más precisos, sistemas de inyección con sensores y medidores de caudal, son sistemas para conseguir medir de la forma más precisa el aire aspirado por el motor, para añadir la gasolina necesaria para obtener un factor lambda 1 y una combustión completa.

## 6.4. LA REGULACIÓN LAMBDA

La regulación lambda mantiene la relación de aire-combustible controlada con precisión. Es un sistema que permite mantener el factor lambda cerca de 1 de manera rápida, automática y sin desgaste de piezas. Por ejemplo, la L-jetronic utiliza un caudalímetro para medir la masa de aire y una NTC para conocer su temperatura. La UCE con estos datos calcula un tiempo de inyección, para enriquecer o empobrecer la mezcla y mantener el factor lambda entre 0.98 y 1.02 en cualquier estado. En los catalizadores de tres vías la regulación lambda tiene que ser más exacta, entre 0.99 y 1.00, para completar sus requisitos. Por eso se utiliza la regulación lambda.



Cualquier sistema de inyección electrónica dota de una regulación lambda para conseguir mejorar la regulación de la mezcla al máximo. Por eso, aparte de calcular el aire de entrada al motor y el tiempo de inyección correspondiente, la regulación lambda corrige de forma casi perfecta este tiempo de inyección. Es capaz de realizar esta función mediante la utilización de una sonda lambda, la cual mide los gases de escape indicando posibles desviaciones en la mezcla respecto a la adecuada enviándolas a la UCE que recalcula los tiempos de apertura de los inyectores para corregir el factor lambda.

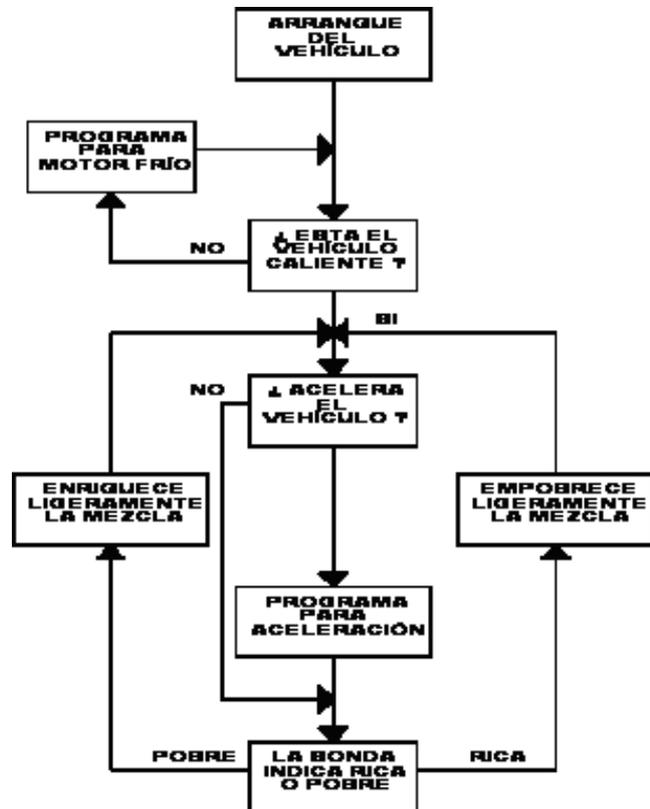
## 6.5. Funcionamiento de la regulación lambda

En el momento del arranque, este sistema se pone en marcha y si este arranque se efectúa con el motor frío, necesita una mezcla rica para suplir el combustible sin quemar de la cámara de combustión por un apagado de llama y para que el motor obtenga una potencia adecuada para mover los elementos rozantes. Durante este tiempo la UCE no

## Dispositivos Anticontaminantes

utiliza la información que le envía la sonda lambda hasta que el motor alcanza su temperatura de régimen.

Durante la fase de aceleración, el motor necesita una mezcla ligeramente rica para dar la potencia máxima con una relación aire-gasolina adecuada. Por eso, cuando aceleramos los diferentes sensores del motor envían unas señales a la UCE para que ésta lo detecte, ignorando por un momento las señales de la sonda lambda. Una vez acabada la aceleración la regulación lambda vuelve a los valores adecuados.



Durante la regulación, si la sonda lambda informa de una mezcla rica, la UCE proporcionará una menor cantidad de combustible a la mezcla y así progresivamente con una cantidades prefijadas si la sonda lambda continua informando de que la mezcla es rica. Cuando cambie e informe de que la mezcla es pobre, la UCE aportara la cantidad de combustible adecuada. Si en el enriquecimiento o empobrecimiento de la mezcla, la sonda lambda no detecta ninguno de estos cambios, la UCE utilizará un programa de emergencia quedando inutilizada la regulación lambda. De no llevar este sistema no se corregirá la mezcla y produciría paradas de motor por mezclas muy ricas o muy pobres.

## 7. DIAGNÓSTICO DE LA REGULACIÓN LAMBDA

La regulación lambda tiene pocas averías y fáciles de localizar verificando: la sonda lambda, la UCE y los cables de estos.

Si la regulación lambda no funciona correctamente, puede ser causa del encendido o de algún sensor del motor, debemos verificar todos los sensores del motor, antes de diagnosticar la regulación lambda.

## **7.1. VERIFICACIÓN DE LA REGULACIÓN LAMBDA**

La verificación de la regulación lambda se realiza con un tester con independencia de entrada superior a 1 Miliohmio ya que produce una tensión galvánica de baja intensidad.

Ponemos el motor en marcha y a temperatura régimen, pinchamos con el positivo del tester en el cable que envía la señal y el negativo a la masa del motor. Lo subimos hasta 1500r.p.m. , Si los valores están entre 0,2 y 0,8V la regulación es correcta. El intervalo entre un voltaje y otro depende del número de r.p.m.. Si el voltaje es estable tenemos dos opciones una es que la sonda no funcione y la otra es que la UCE no responda a las señales de la sonda.

## **7.2. DIAGNOSIS DE LA SONDA LAMBDA**

Antes de empezar tenemos que tener el motor a temperatura régimen y conectamos el tester igual que antes. Para saber si la sonda envía señales, aceleramos bruscamente y soltamos con rapidez, la mezcla se enriquece y la sonda tiene que dar una señal de 0,8V. Cuando bajan las revoluciones, la mezcla se empobrece y la señal debe ser de 0,2V. si el voltaje no varia es porque la sonda no envía señales. Si la sonda incorpora una resistencia calefactable, verificaremos la tensión de alimentación de ésta, 12V normalmente.

## **7.3. VERIFICACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA UCE**

Esta prueba sólo se realiza si sabemos con certeza que no existe regulación. Para realizar esta prueba tendremos que simular las señales de la sonda.

Con el motor a 1500 r.p.m., conectamos el positivo de una pila de aproximadamente 1V al cable de señal hacia la UCE y el negativo a masa. Así simulamos una mezcla rica y la UCE debe empobrecer la mezcla poco a poco, si es así las revoluciones descienden. Después conectamos directamente el cable de señal a masa, para simular la mezcla pobre, la UCE debe enriquecer la mezcla. Si es así las revoluciones aumentan.

## 7.4. VERIFICACIÓN DEL CABLEADO

Desconectamos la sonda y la UCE para verificar la continuidad. Conectamos una punta del tester al extremo del cable de señal que va a la sonda y la otra punta al pin que va a la UCE, la resistencia debe ser cero. Si en vez de cero obtuviéramos infinito, el cable estará cortado o si nos diera algún valor de resistencia, el cable estará desgastado y la señal no llega.

## 8.EOBD (EURO ON-BOARD DIAGNOSIS)

La Unión Europea aprobó el 13 de octubre de 1998 la directriz UE 98/69/CE, la cual, obliga a los países europeos a la utilización del sistema EOBD. Esta implantación no está relacionada directamente con las normas europeas o de la República Federal de Alemania sobre las emisiones de los gases de escape y fue implantada desde el 1 de enero del 2000. Se impuso un plazo de transición para los modelos homologados hasta el 31 de diciembre de 1999 que cumplían la normativa europea EUII y la alemana D3 o D4. Este plazo daba opción a estos modelos a ser matriculados por el comprador hasta el 31 de diciembre del 2000 pudiendo ser utilizados sin sistema de EOBD. Si se matriculan después de dicha fecha deberán incorporar este sistema. El sistema EOBD contiene un testigo de aviso de gases de escape y el conector EOBD para posibles diagnósticos en el vehículo. Una unidad de control gestiona otras funciones sin que el conductor se percate.

### 8.1. TESTIGO DE AVISO DE GASES DE ESCAPE

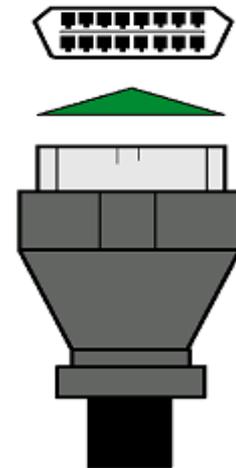


Este testigo se ilumina avisando de una anomalía en los gases de escape. Puede parpadear cuando encuentra una anomalía en el catalizador. Desde el momento que se conecta el testigo, el EOBD memoriza los kilómetros recorridos con el testigo conectado.

## 8.2. CONECTOR EOBD

Desde este conector podemos visionar en un visor de datos OBD los datos memorizados para consultarlos en cualquier diagnóstico. Por eso, debe ser accesible desde el asiento del conductor.

Aparte de verificar los fallos de la combustión, el sistema EOBD también verifica, tanto el funcionamiento eléctrico de todos los componentes que son importantes para la calidad de los gases de escape como el funcionamiento de todos los sistemas del vehículo que influyen en la calidad de los gases de escape.



## 8.3. NUEVA SONDA LAMBDA DE BANDA ANCHA

El montaje de esta sonda lambda solamente la encontraremos en vehículos de inyección directa de gasolina que trabajan con mezclas pobres, siempre montada a la entrada del catalizador. Esta sonda genera una tensión con ayuda de dos electrodos, la cual resulta de las diferencias de contenido de oxígeno. El valor lambda se emite en forma de intensidad de corriente con incrementos casi lineales. Esto se consigue por medio de una célula de bomba miniaturizada, que alimenta oxígeno al electrodo del lado de escape y mantiene una tensión de 450mV entre ambos electrodos. El consumo de dicha bomba es



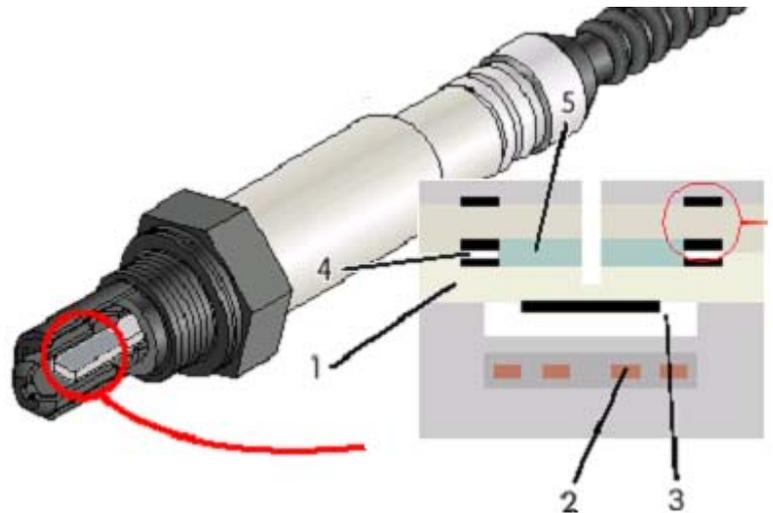
transformado en la UCE del motor en el valor lambda. La sonda no utiliza elementos mecánicos para su realizar su función, ya que la realiza dando una tensión positiva a la célula bomba para atraer iones negativos de oxígeno a través del elemento cerámico

## Dispositivos Anticontaminantes

permeable al oxígeno. La sonda de banda ancha y la unidad de control concuerdan formando un conjunto o sistema.

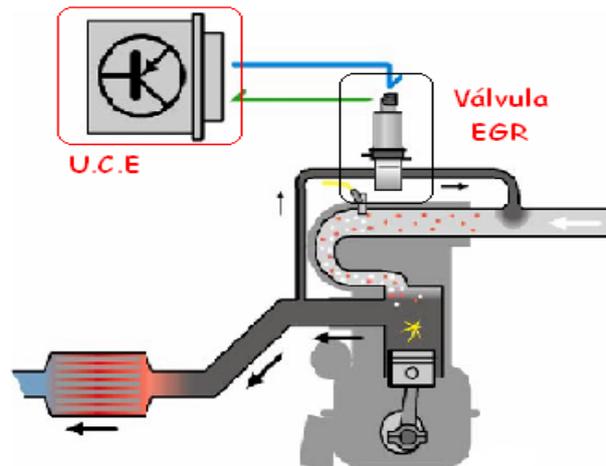
### Estructura:

1. Célula bomba miniaturizada
2. Calefacción de la sonda
3. Conducto de aire exterior
4. Área de medición
5. Conducto de difusión



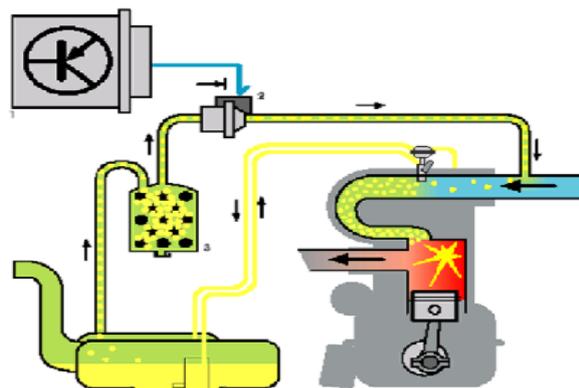
## 8.4. VÁLVULA EGR

Esta válvula es excitada por la unidad de control, la cual recibe anteriormente el mismo efecto de la válvula de recirculación de gases de escape. Las dos válvulas mencionadas anteriormente, la EGR y la de recirculación de gases de escape, han sido agrupadas en la electroválvula de recirculación de gases de escape.



## 8.5. DEPÓSITO DE CARBÓN ACTIVO

Este sistema proporciona la absorción de los hidrocarburos que producen los vapores de gasolina por encima de la superficie del combustible en el depósito. Estos son almacenados y alimentados a través



## Dispositivos Anticontaminantes

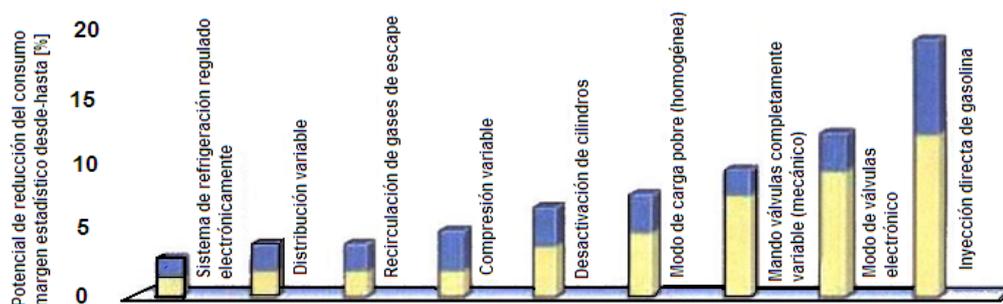
de una electroválvula hacia el colector de admisión.

El sistema de desaireación puede funcionar en tres estados:

1. Con el depósito de carbón activo vacío, se activa el sistema y la mezcla de combustible y aire se empobrece.
2. Cuando el depósito de carbón activo está lleno, la mezcla de combustible y aire se enriquecerá al activarse el sistema. Este estado y el anterior son detectados por la regulación lambda.
3. En el momento que la carga contenida en el depósito de carbón activo equivale a la relación de mezcla estequiométrica, la regulación de ralentí lo detecta y la mezcla ni se empobrece ni se enriquece.

## 9. INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA

Con la inyección directa de gasolina, disminuimos la preocupación de la contaminación del medio ambiente. Este sistema de inyección reduce tanto las emisiones de los gases de escape contaminantes como el consumo de gasolina, mejorando el rendimiento del motor. Por eso, estos motores consumen un 15% menos que los motores de inyección indirecta, con lo que reduce el CO<sub>2</sub> que produce la combustión.



La mejora en el consumo de gasolina que ha proporcionado este sistema es, de momento, el más significativo como podemos ver en la gráfica.

### 9.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

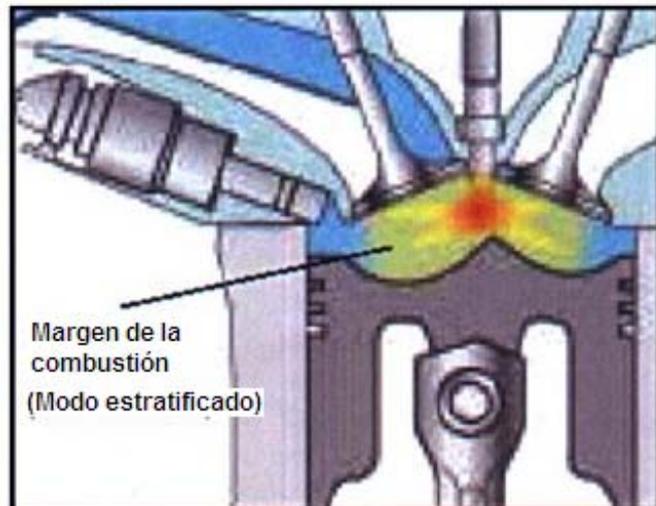
En el caso de la inyección indirecta, la mezcla se forma antes de la válvula de admisión para después entrar en el cilindro. En la inyección directa la mezcla se forma en el

## Dispositivos Anticontaminantes

cilindro ya que el inyector, situado en el interior del cilindro, inyecta de forma directa la gasolina.

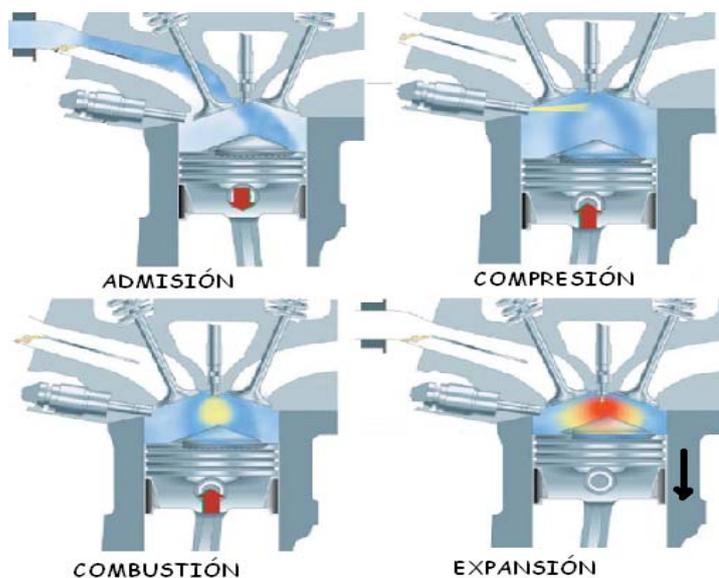
Los motores de inyección directa trabajan de dos formas, con carga estratificada o con carga homogénea.

Los motores con carga estratificada utilizan mezclas muy pobres, utilizando valores lambda ente 1.55 y 3, y un diseño especial de conducto de admisión y de cabeza de pistón que consiguen una mezcla pobre en el cilindro y una mezcla rica cerca de la bujía, sin tener una mezcla homogénea. Con esto conseguimos disminuir el



consumo con casi la misma cantidad de gasolina ya que dejamos pasar más aire en el cilindro porque tenemos la mariposa un poco más abierta, por eso, cuanto más abierta esté mejor rendimiento del motor.

Utilizan unos catalizadores especiales para reducir los NOx que genera la mezcla pobre. Con este modo aumenta el rendimiento térmico, ya que la combustión tiene lugar cerca de la zona de la bujía sin que ceda calor a las paredes del cilindro. Dada la posición del inyector, inyecta el



combustible y el aire del cilindro lo guía hacia la bujía. Cuando combustiona la mezcla,

## Dispositivos Anticontaminantes

no incide directamente sobre la cabeza del pistón ya que dota de una capa protectora de aire. Por eso se trata de un procedimiento guiado por aire.

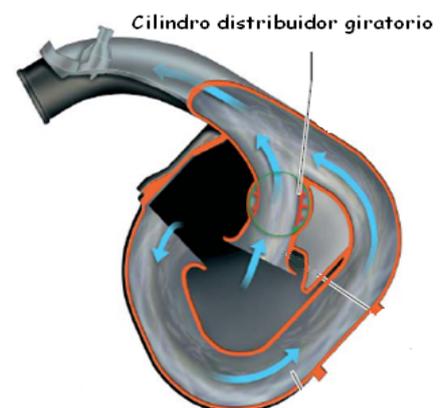
Los que trabajan con carga homogénea utilizan una mezcla pobre cerca del valor estequiometrico y consta de una válvula by-pass que reinyecta los gases de escape en el cilindro. Al trabajar con mezclas casi estequiometricas no aumenta la emisión de NOx, con lo que podemos utilizar los catalizadores convencionales. De necesitar un aumento de potencia, se corta la recirculación de gases de escape funcionando de forma normal. En su ciclo de funcionamiento, la inyección se efectúa en la admisión y no en la compresión como en la estratificada, así dispone de tiempo para que se efectúe una mezcla optima. Al contrario que la estratificada, la combustión tiene lugar en toda la cámara. Sus ventajas resultan de la inyección directa durante la admisión, extrayendo una parte del calor de la masa de aire aspirado, dando una refrigeración interna que reduce la tendencia del picado y aumentando la compresión del motor y mejorando su rendimiento.

## 9.2. COMPONENTES

**El inyector:** utilizando un modo estratificado, es preciso que la inyección, la geometría de la cámara de combustión y las condiciones de flujo en el interior del cilindro concuerden entre si de forma óptima. Por eso el inyector se encuentra situado en el centro de la cámara de combustión.

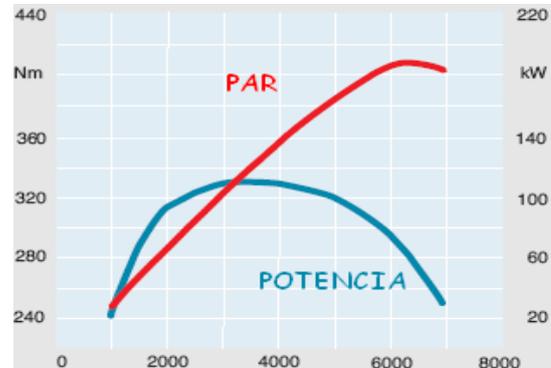
**La culata:** el motor FSI con 4 válvulas por cilindro se constituye de una culata de aluminio con dos árboles de levas en cabeza posicionados de manera antitorsional.

**El colector de admisión:** contiene un cilindro distribuidor giratorio que, en función de la carga, el régimen y la temperatura, varia su posición mediante un mando neumático que lo hace girar. Tiene 4 mariposas movidas por un servomotor que tiene un potenciómetro que informa la unidad de control de la posición de la mariposa.



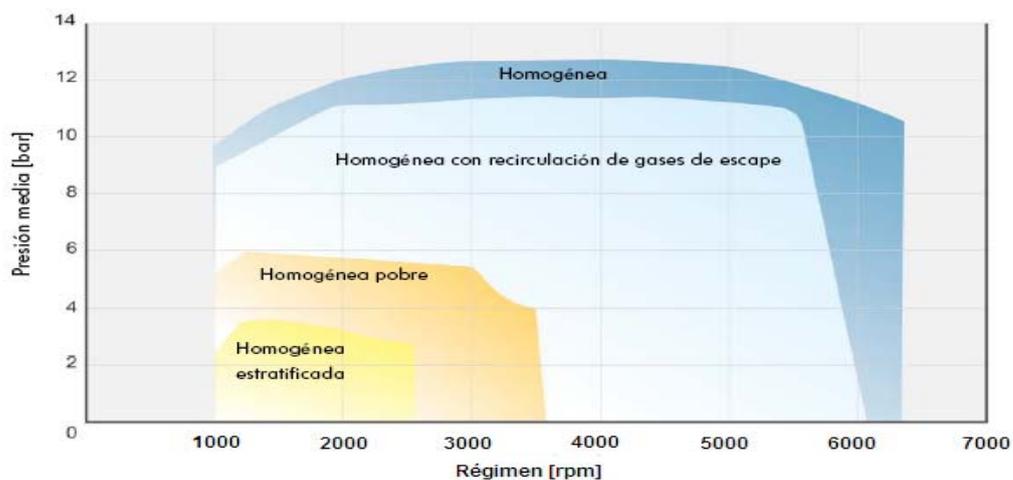
### 9.3. MOTOR FSI

El motor FSI es el sistema de inyección que ACIDI monta en sus mecánicas obteniendo muchos beneficios tanto en el consumo como en el control de los gases de escape y sus emisiones. Otro de los beneficios, aparte del ahorro de un 15% de combustible, es la mejora del rendimiento, tanto en términos de potencia como par motor. De lo contrario, el problema más importante al trabajar con la combustión en modo estratificado y en el modo homogéneo pobre es la emisión de los NOx que no pueden ser reducidos con catalizadores de tres vías convencionales. Por eso, se desarrolla el catalizador acumulador de NOx ayudando a cumplir la norma Euro4.



Este sistema trabaja con los dos modos de carga operando en 4 modos principales. Esta gestión es gobernada por la unidad electrónica, la cual elige el modo más adecuado según el estado de carga solicitado y la posición del pedal de acelerador:

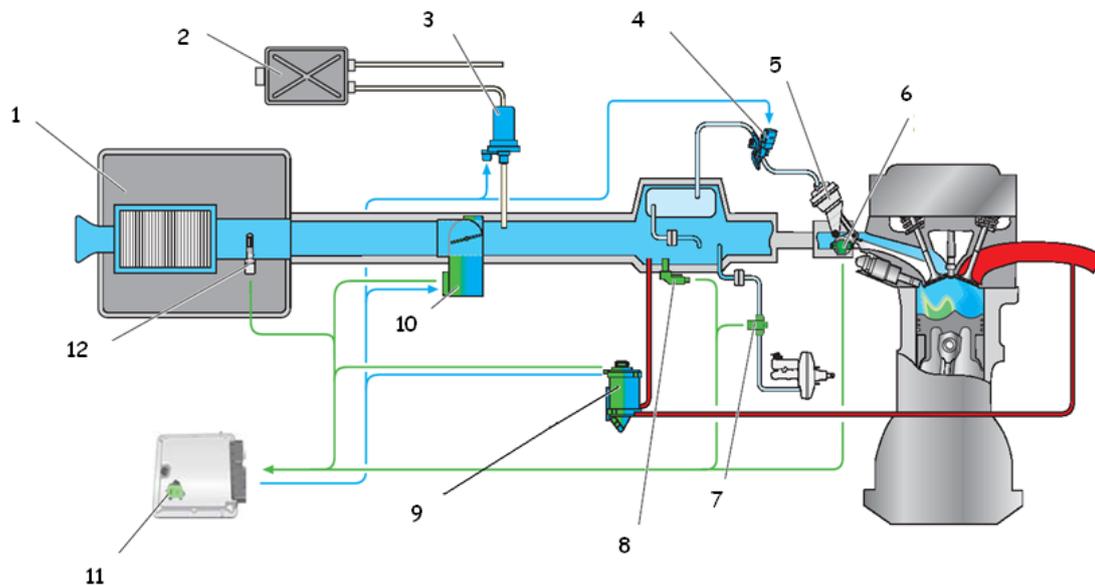
1. Mezcla estratificada pobre con recirculación de gases de escape.
2. Mezcla homogénea pobre sin EGR.
3. Mezcla homogénea con  $\lambda = 1$  y EGR.
4. Mezcla homogénea con  $\lambda = 1$  sin EGR



Ele

## Dispositivos Anticontaminantes

Elementos de un sistema FSI:



1. Cubierta de motor y filtro de aire aspirado
2. Depósito de carbón activo
3. Electroválvula para depósito de carbón activo
4. Válvula para chapaleta en el colector de admisión
5. Actuador de vacío para la chapaleta en colector de admisión
6. Potenciómetro para chapaleta en colector de admisión
7. Sensor de presión para servofreno
8. Sensor de presión colector de admisión y sonda de temperatura de aire
9. Válvula de recirculación de gases de escape y potenciómetro válvula
10. Unidad de mando de la mariposa
11. Sensor de presión de entorno en la unidad de control de motor
12. Sensor de temperatura de aire aspirado