

DISPOSITIVOS DE ANTICONTAMINACIÓN EMPLEADOS EN LOS MOTORES DE AUTOMÓVILES

Modalidad: Electromecánica

Equipo: A

Trabajo realizado: Dispositivos de anticontaminación empleados en los motores de automóviles

Nombre del centro: IES Aguas Vivas

Alumno1: Jonathan Sánchez Rebollo

Alumno2: Marcos Molina de Julián

Tutor: Javier Ríos Muñoz

INDICE

1.- REACCIONES QUIMICAS EN EL MOTOR

1.1 Gases de escape y contaminantes en el automóvil

- Gases de escape
- Vapores de combustible
- Gases del cárter

2.- MEDIDAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION

2.1 Gases de escape

- Inyección de aire en el escape
- Inyección de aire sistema PULSAIR
- Catalizador
- Sonda lambda
- EGR
- Filtros de partículas (FAP)

2.2 Vapores de combustible

- Cánister

2.3 Gases del cárter

- Válvula PCV

1.- REACCIONES QUIMICAS EN EL MOTOR

La combustión en un motor de ciclo OTTO procede de la reacción química del combustible (gasolina) formado por Hidrógeno y carbono y el comburente (aire) formado en su mayor parte por oxígeno y nitrógeno.

Se introduce en los cilindro la mezcla de aire y combustible finamente pulverizado y en una proporción de 14,5:1 y se comprime a gran presión, en ese momento se hace saltar una chispa que eleva la temperatura y el combustible se quema en presencia del oxígeno del aires, es decir, se oxida rápidamente combinándose el carbono del combustible con el oxígeno del comburente.

La energía química del combustible se libera en forma de calor cuando se quema, transformándose en el motor en energía mecánica.

Se produce la transformación de la mezcla en vapor de agua H_2O con el oxígeno del aire y el hidrógeno del combustible, y dióxido de carbono CO_2 , por la reacción del oxígeno del aire y el carbono del combustible. El nitrógeno del aire no interviene y queda como N_2

La combustión en el motor de ciclo OTTO, teóricamente no produciría productos nocivos, pero la combustión incompleta que se produce en la realidad si los crea.

El resultado de la combustión es:

Nombre	Símbolo	Porcentaje
Nitrógeno	N_2	71 %
Vapor de agua	H_2O	9 %
Anhídrido carbónico	CO_2	18 %
Oxígeno y otros	O_2	1 %
Contaminantes		1 %
	NO_x	0,08 %
	HC	0,05 %
	CO	0,85 %
	Partículas sólidas	0,02 %

Como vemos hay un 1% de gases contaminantes, pero este porcentaje es suficiente para crear trastornos en la atmósfera, sobre todo de las grandes ciudades, que se suma a la contaminación de las industrias, centrales energéticas y la propia de las ciudades, por las calefacciones, etc.

Se calcula que los automóviles producen una sexta parte de la contaminación por óxidos de nitrógeno.

1.1 GASES DE ESCAPE Y CONTAMINANTES EN EL AUTOMÓVIL

En los vehículos a motor la contaminación se produce por tres focos:

- Gases de escape,
- Vapores del combustible
- Gases de cárter.

- GASES DE ESCAPE

Es el principal elemento de contaminación.

En el motor se produce una combustión que si fuese ideal produciría H_2O vapor, CO_2 y N_2 , ninguno de los cuales es contaminante, pero en la realidad, como las combustiones son incompletas se produce en los gases de escape, gases muy contaminantes como el monóxido de carbono CO , óxidos de nitrógeno NO_x , hidrocarburos HC Pb . El contenido perjudicial asciende aproximadamente al 1% de los gases de escape.

Monóxido de carbono (CO):

Es incoloro, inodoro e insípido y por ello, muy peligroso. Se forma cuando se va a formar CO_2 pero el carbono no encuentra la suficiente cantidad de oxígeno. Reduce la capacidad de absorción de oxígeno por la sangre al ocupar el espacio de este en la hemoglobina, disminuyendo por ello el contenido del oxígeno en la sangre. Un porcentaje de tan solo un 0,3% de CO en el aire es suficiente para ocasionar la muerte en 30 minutos. Es un gas venenoso.

El CO se difunde rápidamente y al contacto con el oxígeno del aire se transforma en CO_2 , por todo ello la necesidad de tener bien ventilados los recintos donde se tenga un motor en marcha.

Como es lógico su proporción aumenta en las mezclas ricas y disminuye en las pobres, por lo que se usa como indicador en la preparación de la mezcla.

Para evitar la formación de CO , basta con mejorar el proceso de combustión.

Los motores disponen de distintos dispositivos que permiten regular el CO manualmente, o bien es el calculador el que se encarga de su control.

Óxidos de Nitrógeno:

El NO es incoloro, inodoro e insípido y aunque es inerte (no se mezcla con otros) en las condiciones de altas temperaturas, en presencia del oxígeno del aire reacciona rápidamente con este, dando bióxido de nitrógeno NO₂ de color marrón-rojo y olor picante que provoca gran irritación de los órganos respiratorios.

En concentraciones altas, el bióxido de nitrógeno es también nocivo para la salud, pues destruye el tejido pulmonar. El NO y el NO₂ suelen denominarse conjuntamente con la expresión de óxidos de nitrógeno NO_x.

Estos compuestos vertidos a la atmósfera, humedad y rayos solares, crean ácido sulfúrico, que forma la llamada lluvia ácida, que está compuesta en un 30% de NO_x y en un 60% de óxidos de azufre SO₂.

Hidrocarburos HC:

Aparecen en los gases de escape de forma muy diversa según las distintas reacciones que se produzcan, creando gran variedad de compuestos orgánicos, acetileno, etileno, ácidos carbónicos, cetonas, aromáticos, etc. En presencia de óxido de nitrógeno y la luz solar forman oxidantes que provocan irritación de las mucosas.

Una parte de los hidrocarburos ha sido catalogada como nociva para la salud, algunos son cancerígenos.

Proviene del combustible que no se ha quemado, es decir que han quedado parcialmente oxidados. Esto se produce por la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica), o porque la velocidad de inflamación sea muy baja (mezcla pobre). Como se ve es por tanto conveniente un adecuado ajuste de la riqueza.

Si la mezcla es rica hay exceso de CO y de HC, pero mejora las emisiones de NO_x.

Si la mezcla es pobre se mejoran los valores de CO y HC, pero empeoran los de NO_x.

-OTROS PRODUCTOS:

Plomo:

El plomo (tetra etileno de plomo) se usa en las gasolinas como antidetonante, como no interviene en la combustión es expulsado con los gases de escape. El plomo es venenoso para el cuerpo humano ya que ataca al sistema nervioso.

Actualmente se utilizan gasolinas sin plomo que utilizan otros elementos no contaminantes como antidetonante.

Dióxido de azufre SO₂:

Causado por las impurezas del combustible y provoca la niebla contaminante y la lluvia ácida (aunque solo un 2% de la contaminación por SO₂ es achacable a los automóviles).

Aunque el CO₂ no es venenoso para la salud, se le considera el principal causante del efecto invernadero.

Partículas Solidas:

Proceden de la combustión incompleta, sobre todo en los motores Diesel y son partículas de cenizas y hollín.

- VAPORES DE COMBUSTIBLE

Una de las principales propiedades de los combustibles de automoción es su facilidad para evaporarse (volatilidad), que aumenta al incrementar la temperatura. Esta volatilidad es aprovechada para realizar la mezcla.

Pero los vapores que son vertidos a la atmósfera, por ejemplo los procedentes del depósito, son nocivos.

Debemos pues, evitar la salida al exterior de estos gases, que(,) por otra parte, pueden ser reutilizados para la formación de la mezcla. (Ver cánister en medidas para evitar la contaminación).

- GASES DEL CARTER

Como durante el funcionamiento del motor existen fugas de los gases comprimidos, estos pasan al cárter, y si se quedasen allí, al enfriarse se condensarían y bajarían por las paredes hasta el aceite del fondo del cárter, mezclándose con él y degradándolo; además el agua de estos vapores pasaría al fondo, con lo que sería aspirada al arrancar, que es cuando mejor lubricación necesitamos

Se hace necesario por tanto ventilar esos gases, pero una ventilación que los expulse al exterior no está permitida por lo nocivo de los mismos, por ello disponemos de un circuito cerrado que envía esos gases a la admisión.

Este sistema es sencillo y se basa en la aspiración creada por la depresión en la admisión para absorber los gases y así reciclarlos.

2.- MEDIDAS PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN

Puesto que la contaminación que produce el motor es causada por la combustión, se trabaja para mejorar esta a través de sus dos factores principales que son la mejora del encendido y de la alimentación. Además se busca un mayor ahorro de combustible y un diseño óptimo de todos los elementos para aprovechar al máximo todas sus posibilidades. Por ejemplo en la forma de la cámara, los cilindros, conductos de

admisión variable, caldeo de colectores, distribución variable, etc. Todos ellos encaminados a producir el menor número posible de sustancias contaminantes.

La cantidad de contaminantes en los gases de escape depende de varios factores, en especial de la combustión. Lo ideal sería que el combustible se quemara totalmente, y de esta forma obtendríamos una cantidad de contaminantes mínimos.

Si el combustible no se quema totalmente, puede producirse tanto por una mezcla pobre como por una mezcla rica, y origina una gran cantidad de productos contaminantes, y por la temperatura a la que se realiza la combustión, presión, mezcla turbulencia, forma de la cámara de combustión.

Pero cuando éstas sustancias contaminantes se producen se hace necesario tratarlas para eliminarlas en la medida en que esto sea posible.

2.1- GASES DE ESCAPE

Para eliminar los elementos nocivos de los gases de escape existen varios sistemas:

- **Inyección de aire en el escape**

Como ya vimos antes el CO y el HC se oxidan con el oxígeno del aire gracias a las condiciones reinantes en el colector de escape, pero como éstas reacciones son lentas lo que hacemos es inyectar aire en el escape para así favorecer la oxidación y obtener CO₂ y H₂O y CO₂ respectivamente.

El aire se debe inyectar en una zona caliente para que no afecte a las condiciones de alta temperatura necesarias para estas reacciones, por ejemplo junto a la válvula de escape, el aire se inyecta mediante una bomba movida por el motor con lo que inyecta aire en función del régimen de este, y una válvula de un solo sentido.

- **Inyección de aire sistema PULSAIR**

Se basa en la idea anterior de añadir aire al escape para facilitar la oxidación como ya se explicó, pero este sistema es más sencillo y no usa bomba de aire por lo que es más fiable y económico.

Se trata de una válvula con una membrana de acero que tapa y libera el paso según las pulsaciones de los gases de escape. La inyección de aire se interrumpe mediante una válvula de derivación cuando estamos en deceleración para evitar detonaciones en el escape.

- **Catalizador**

Con este sistema se actúa sobre los gases de escape, para tratar de completar el proceso de combustión que no ha dado tiempo de completar en la cámara de combustión, y que gracias a este sistema se completa la oxidación en el sistema de escape con gran rapidez.

Además el producto catalítico no se mezcla con los gases de escape por lo que permanece inalterado.

El convertidor catalítico es un dispositivo instalado en la salida del múltiple de escape. Los elementos catalíticos que se usan son metales preciosos como el rodio, el platino, etc. que se colocan en un sustrato cerámico de celdas situados en el escape, como un silencioso, de este modo los gases al pasar por estas celdillas entran en contacto con los catalizadores y gracias a ellos se acelera enormemente las reacciones de oxidación. Estas celdas son sumamente delgadas y dispuestas de tal forma que conforman una superficie de contacto con el gas equivalente a tres canchas de fútbol. Las celdas conforman una colmena cerámica recubierta por una capa amortiguadora que la protege de los golpes.

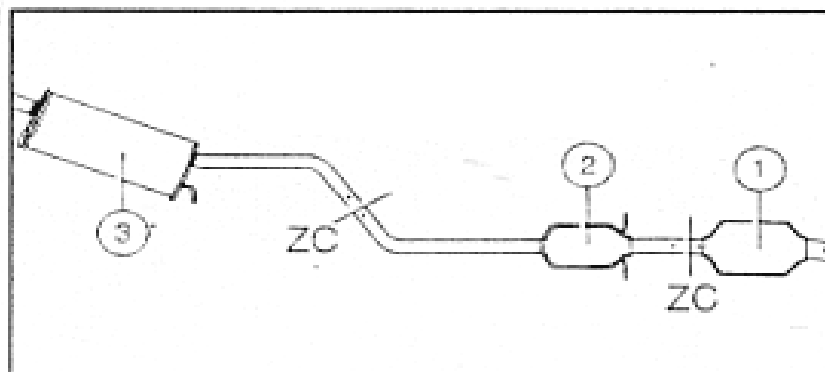
Es un sistema muy efectivo que permite reducir el 90% de los gases nocivos transformándolos en otros inofensivos.

Gas Inicial		Transformado a:	Efectividad
Monóxido de Carbono	CO	CO ₂	90%
Hidrocarburos	HC	CO ₂ + H ₂ O	90%
Óxidos de nitrógeno	NO _x	N ₂ + O ₂	75%

Hay que tener en cuenta que el uso del catalizador quita potencia al vehículo de modo que consume un 5% más, y el catalizador tiene una duración limitada de unos 80.000 Km, pero las actuales normas anticontaminación lo hacen obligatorio.

Localización del catalizador en la línea de escape:

- 1- Catalizador.
- 2- Caja de expansión.
- 3- Silencioso.
- ZC- Zona de corte de la línea.



TIPOS DE CATALIZADORES

Según el sistema de funcionamiento, los catalizadores pueden ser de tres tipos:

- Catalizador oxidante: El más sencillo y barato. Dispone de un solo soporte cerámico que permite la oxidación del monóxido de carbono (CO) y de los hidrocarburos (HC). El óxido de nitrógeno (NOx) no se ve afectado por este tipo de catalizadores de ello se encarga el sistema EGR.

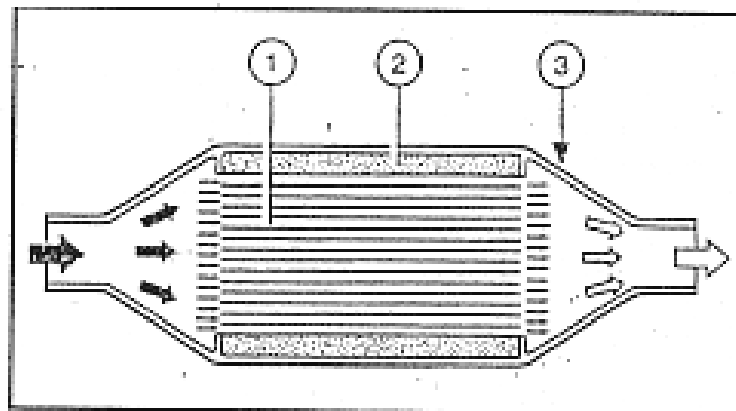


Las prestaciones de estos tipos de catalizadores sobre los gases de escape son difícilmente controlables.

Las temperaturas máximas de los gases de escape en los motores diesel no permiten que se funda el monolito cerámico (1) (contrariamente a los motores de gasolina).

Estos catalizadores están constituidos:

- De un monolito cerámico (1) en forma de nido de abeja. Sobre las paredes de este panel se deposita la sustancia que contiene metales preciosos (esencialmente platino).
- De una malla metálica (2) que permite la sujeción del monolito en su coquilla.
- De una envoltura (3) que incluye los conos de entrada y salida que permiten optimizar la repartición del flujo de los gases de escape.



- Catalizador de dos vías: también llamados de oxidación, de doble efecto, o de doble cuerpo, son en realidad un doble catalizador de oxidación con toma intermedia de aire. El primer cuerpo actúa sobre los gases ricos de escape, reduciendo el óxido de nitrógeno (NOx), mientras el segundo lo hace sobre los gases empobrecidos gracias a la toma intermedia de aire, reduciendo el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC).

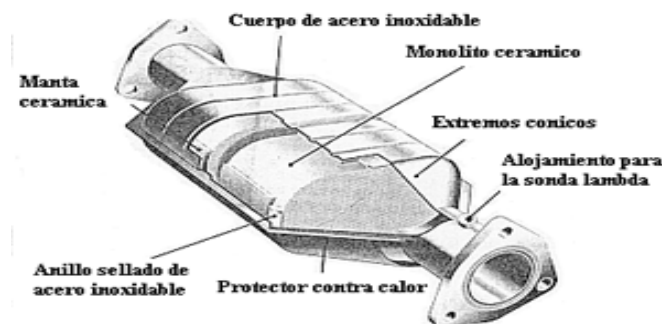
- Catalizador de tres vías: son los más complejos, sofisticados y caros, siendo en la actualidad los más usados, y su evolución tecnológica ha desbancado a los catalizadores llamados de doble cuerpo, en los que la oxidación de los gases contaminantes era incompleta.

Los catalizadores de este tipo se llaman de tres vías, porque en ellos se reducen simultáneamente los tres elementos nocivos más importantes: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxido de nitrógeno (NOx).

Su mayor eficacia depende de la mezcla de los gases de admisión, para que funcionen perfectamente los catalizadores de tres vías, es preciso que la mezcla aire-gasolina tenga la adecuada composición que se acerque lo más posible a la relación estequiometría (un kilo de gasolina por 14,7 Kg de aire).

Es, por tanto, necesario un dispositivo que controle la composición de la mezcla, éste dispositivo es la "sonda lambda", que efectúa correcciones constantes sobre la mezcla inicial de aire y combustible, según el valor de cantidad de oxígeno que hay en los gases de escape antes de pasar por el catalizador.

Los catalizadores de tres vías como el que se ve en la siguiente figura, son los utilizados en motores de gasolina alimentados mediante inyección electrónica.



Como sabemos las reacciones de oxidación que buscamos requieren altas temperaturas, el catalizador favorece que estas reacciones se produzcan a la temperatura normal de salida de gases de escape, pero de todos modos tiene que oscilar entre 400° y 800°C, y por ello se toman una serie de medidas:

-El catalizador tiene un revestimiento aislante.

-Ubicar el catalizador cerca del colector de escape, pero no tanto como para que haya exceso de temperatura que afecte a su integridad.

-Precalentar el catalizador mediante calefactores eléctricos antes de arrancar el vehículo.

- **Sondas lambda**

La sonda lambda mide la concentración de oxígeno en los gases de escape. Es parte integrante de un circuito de regulación encargado de mantener continuamente la composición correcta de la mezcla de combustible y aire. La relación de mezcla del oxígeno atmosférico respecto al combustible, con la que se consiguen máximos niveles de conversión de los contaminantes en el catalizador es de $\lambda = 1$ (relación estequiometría de la mezcla).

Hay dos modelos de sondas lambda:

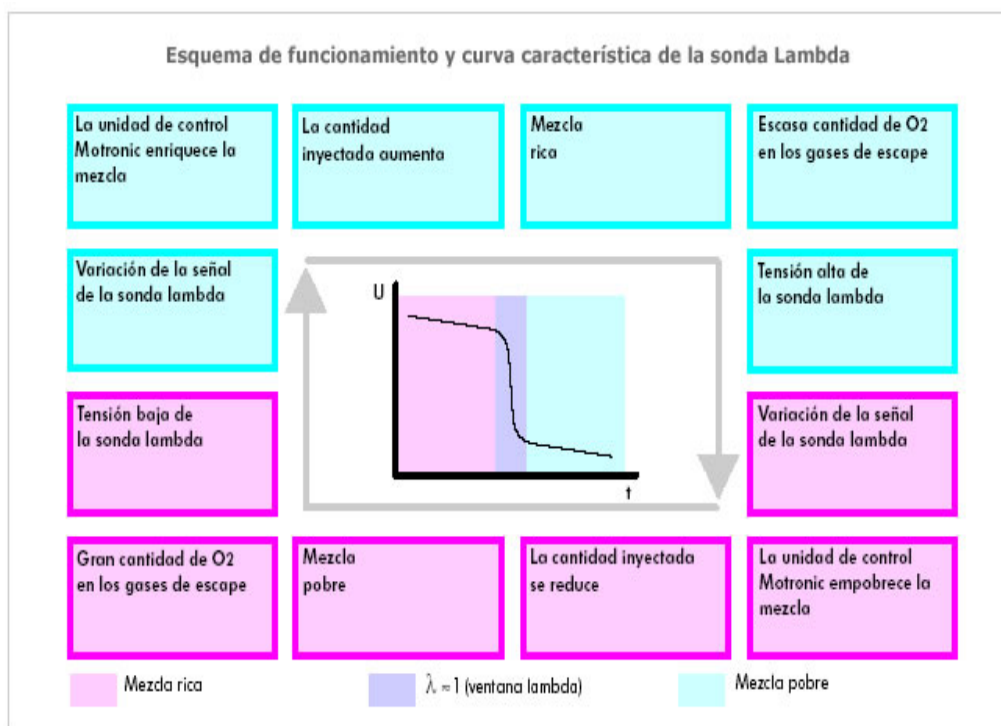
- Sondas lambda de dos puntos
- Sondas lambda de banda ancha

- Sondas lambda de dos puntos

Aplicación

Las sondas lambda de este tipo se utilizan en motores de gasolina dotados de una regulación lambda de dos puntos. Las sondas están situadas en el tubo de escape y detectan simultáneamente el flujo de gases de escape de todos los cilindros.

El modo de funcionar se basa en el principio de la célula galvánica de concentración de oxígeno en combinación con un electrolito sólido. Las "sondas de dos puntos" indican si los gases de escape proceden de una mezcla rica (valor $\lambda < 1$) o pobre (valor $\lambda > 1$). La curva característica de variación brusca (salto) de estas sondas permite regular la mezcla "valor $\lambda = 1$ ".

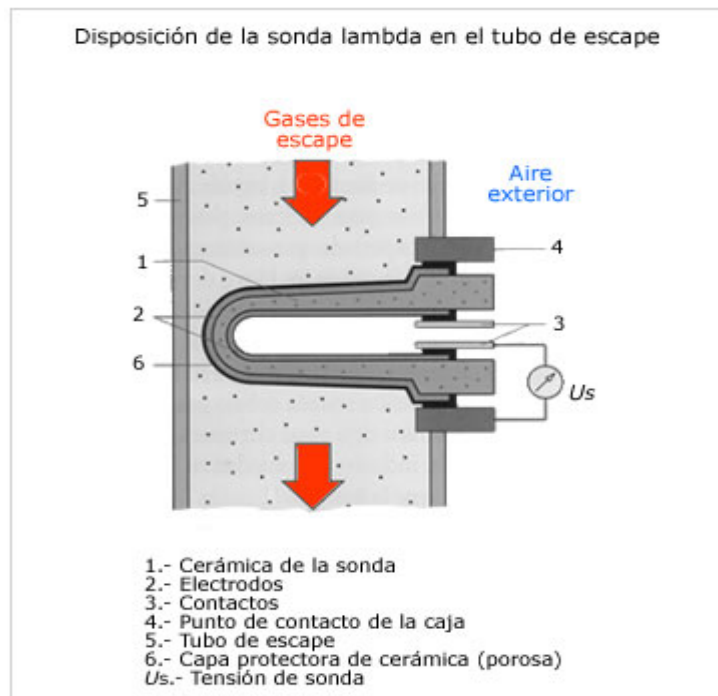


-Estructura

Sondas digitiformes (en forma de dedo)

El electrólito sólido está constituido por un cuerpo cerámico cerrado por un lado, estanco a los gases, de dióxido de circonio estabilizado con óxido de itrio. Las superficies de la cerámica están provistas en ambos lados de electrodos realizados partiendo de una delgada capa porosa de platino.

El electrodo de platino en el lado externo, que está situado en el tubo de escape, actúa como un pequeño catalizador; los gases de escape son objeto de un tratamiento posterior catalítico y obtienen un equilibrio estequiométrico ($\lambda = 1$). El lado expuesto a los gases de escape está recubierto adicionalmente de una capa cerámica porosa (tipo espinela) que lo protege contra la suciedad. Un tubo metálico con varias ranuras protege el cuerpo cerámico contra esfuerzos mecánicos (golpes) y choques térmicos. El espacio interno abierto, en el lado opuesto al de los gases de escape, comunica con el aire exterior, que constituye el gas de referencia (figura inferior).

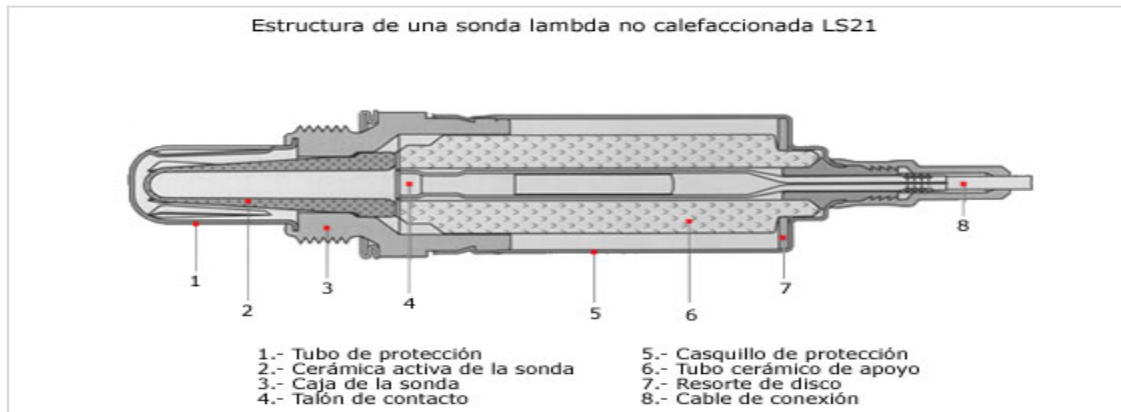


- Sonda digitiforme no calefaccionada LS21

Un tubo cerámico de apoyo (6) y un resorte de disco, (7) sostienen el elemento cerámico activo digitiforme (2) dentro de la caja de la sonda (3) y aseguran su estanqueidad (figura inferior). Un talón de contacto (4) entre el tubo de apoyo y la cerámica activa de la sonda constituye la unión eléctrica intermedia entre el electrodo interno y el cable de conexión (8). Un anillo metálico estanqueizante une el electrodo externo con la caja de la sonda (3). Un casquillo metálico de protección (5), que al mismo tiempo sirve de contra apoyo al resorte de disco, sostiene y fija toda la estructura interna de la sonda, protege también el interior de la sonda contra la suciedad.

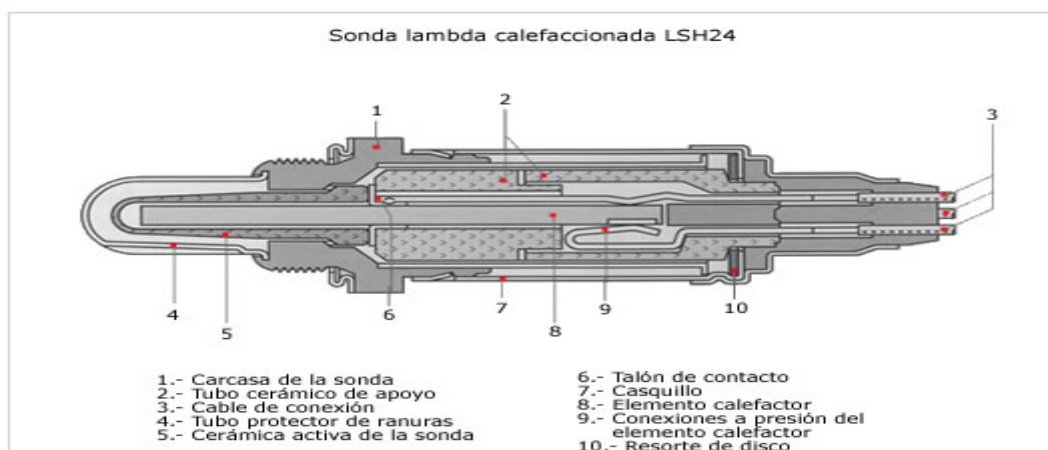
El cable de conexión está engarzado a presión en el talón de contacto que conduce al exterior, y es protegido por una caperuza estable a la temperatura contra la humedad y deterioros mecánicos.

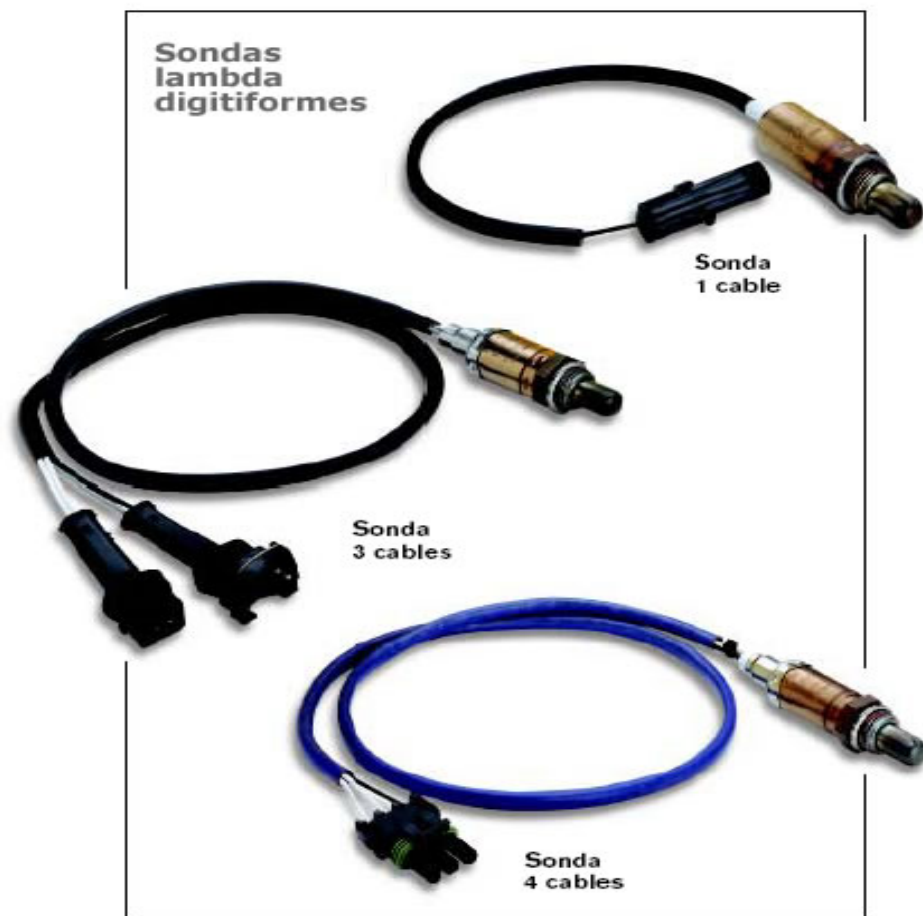
Para que la cerámica de la sonda no esté expuesta a los residuos de combustión contenidos en los gases de escape, en el extremo sometido a éstos, la caja de la sonda está provista de un tubo de protección de forma especial. Las ranuras de este tubo están diseñadas de manera que garantizan una protección eficaz contra grandes esfuerzos térmicos y químicos.



- Sonda digitiforme calefaccionada LSH24

La sonda lambda calefaccionada (figura inferior) posee adicionalmente un elemento calefactor. La temperatura de la cerámica es determinada por la calefacción eléctrica cuando la carga del motor es reducida (es decir, mientras la temperatura de los gases de escape es baja); a alta carga, se determina por la temperatura de los gases de escape. La sonda lambda calefaccionada puede ser montada a una mayor distancia del motor, de manera que incluso un funcionamiento continuo a plena carga no plantea ningún problema. La calefacción externa proporciona un rápido calentamiento de la cerámica, alcanzándose la temperatura de servicio de ésta dentro de 20 a 30 segundos después del arranque del motor, estando entonces disponible ya la regulación lambda. Por tener la sonda calefaccionada una temperatura constantemente óptima de funcionamiento, se consiguen emisiones de gases de escape bajas y estables.

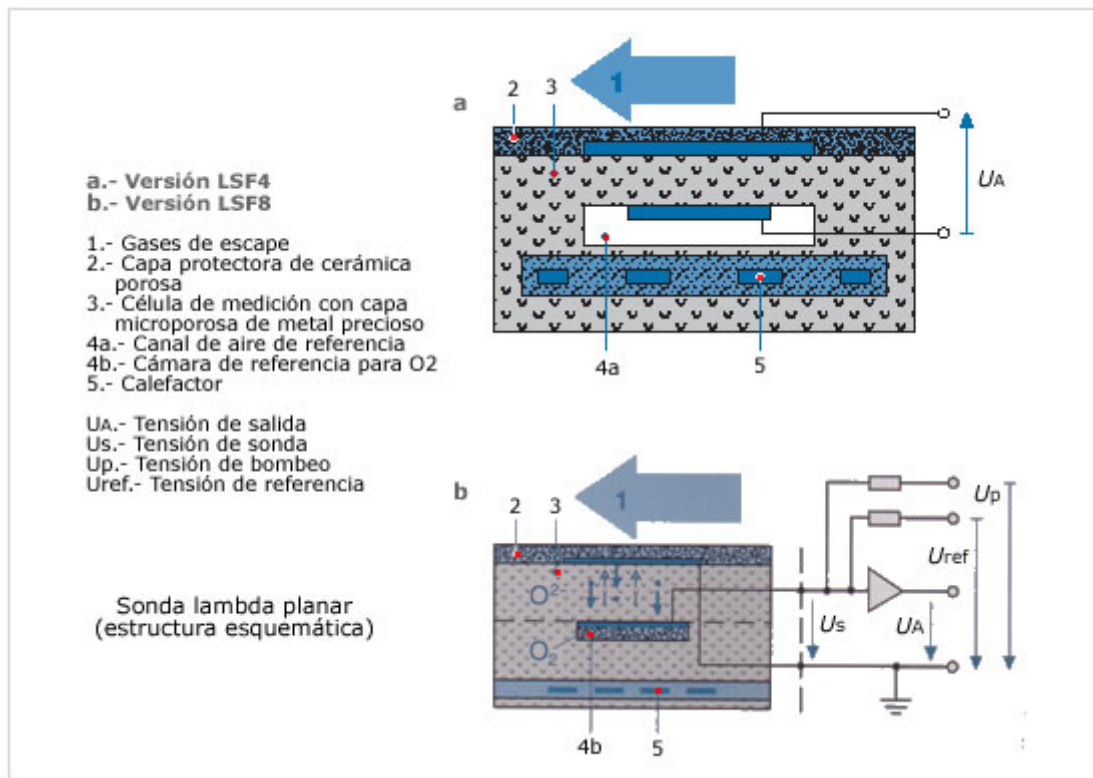




-Sondas lambda planares:

El modo de funcionamiento de las sondas planares corresponde al de las sondas digitiformes calefaccionadas con una variación brusca de la línea característica a "valor lambda" = 1. En cambio el electrólito sólido se compone de hojas cerámicas laminadas superpuestas. Un tubo de doble pared lo protege contra influencias térmicas y mecánicas.

La cerámica planar, que integra la célula de medición y el calefactor, tiene la forma de una plaquita alargada de sección rectangular. La superficie de la célula de medición está provista de una capa microporosa de metal precioso. En el lado recorrido por los gases de escape, esta capa está recubierta adicionalmente por una capa protectora de cerámica porosa, para impedir daños por efecto de erosión causada por los residuos contenidos en los gases de escape. El calefactor está constituido por un serpentín que contiene metal precioso; que está integrado, de modo aislado, en la plaquita cerámica y asegura un calentamiento rápido de la sonda. Mientras que la cámara de referencia en el interior de la sonda LSF4 comunica con el aire ambiente (figura siguiente, posición "a") la sonda LSF8 (figura siguiente, posición "b") contiene una cámara de referencia de oxígeno hermética hacia el exterior.



Funcionamiento:

La cerámica de la sonda de dos puntos, que funciona según el principio de Nernst, se vuelve conductora de los iones de oxígeno a partir de una temperatura de aproximadamente 350 °C.

Como los gases de escape contienen un resto de oxígeno incluso funcionando el motor con un excedente de combustible (por Ejemplo, para "valor lambda" = 0,95 todavía de un 0,2 a un 0,3 por ciento en volumen), se produce una tensión eléctrica entre las dos superficies límite a causa del diferente porcentaje de oxígeno en cada lado de la sonda, de ese modo es posible utilizar el porcentaje de oxígeno de los gases de escape como medida de la relación de aire y combustible.

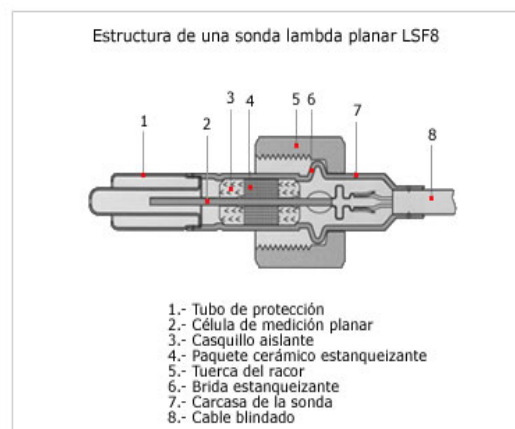
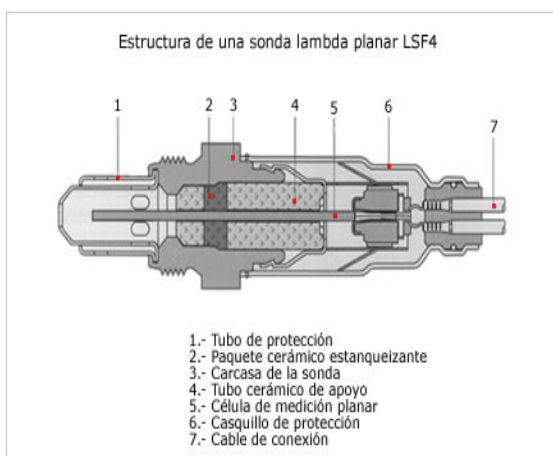
La sonda LSF8 tiene la particularidad de comparar el porcentaje de oxígeno residual de los gases de escape con el oxígeno encerrado en una cámara de referencia hermética hacia el exterior. La aplicación de una tensión de bombeo U_p a dos electrodos genera una corriente de 20 μA , que bombea permanentemente oxígeno de los gases de escape, a través de la cerámica ZrO_2 conductora de oxígeno, hacia la cámara de referencia, rellena de un material poroso; de la cámara de referencia se difunde también permanentemente oxígeno hacia el lado de gases de escape, en función del contenido de oxígeno que reina allí. La tensión de la sonda en el momento resulta de este intercambio. La tensión suministrada por la sonda en función del porcentaje de oxígeno de los gases de escape alcanza 800 a 1000 mV para una mezcla rica ("valor lambda" < 1), y solamente 100 mV para una mezcla pobre ("valor lambda" > 1). La transición de la zona rica a la zona pobre tiene lugar a una tensión de 450 a 500 mV.

La temperatura del cuerpo cerámico influye también en la conductibilidad de los iones de oxígeno y, por tanto, en el desarrollo de la tensión suministrada en función del

coeficiente de aire "valor lambda", además, el tiempo de respuesta a una variación de la tensión en caso de cambiar la composición de la mezcla depende mucho de la temperatura.

Si esos tiempos de respuesta son de algunos segundos, cuando la cerámica tiene una temperatura inferior a 350°C, la sonda reacciona ya tras un tiempo inferior a 50 ms al tener una temperatura óptima de funcionamiento de 600 °C, por eso está desactivada la regulación lambda después del arranque del motor hasta alcanzarse la temperatura mínima de funcionamiento de unos 350 °C. El motor funciona entonces de modo controlado.

Si las temperaturas son demasiado elevadas, se acorta la vida útil, por eso la sonda ha de estar montada de modo que no se sobrepasen los 850 °C durante un largo funcionamiento a plena carga; para un corto período de tiempo se admite un límite máximo de 930 °C.



- Sonda lambda planar de banda ancha LSU4
Aplicación

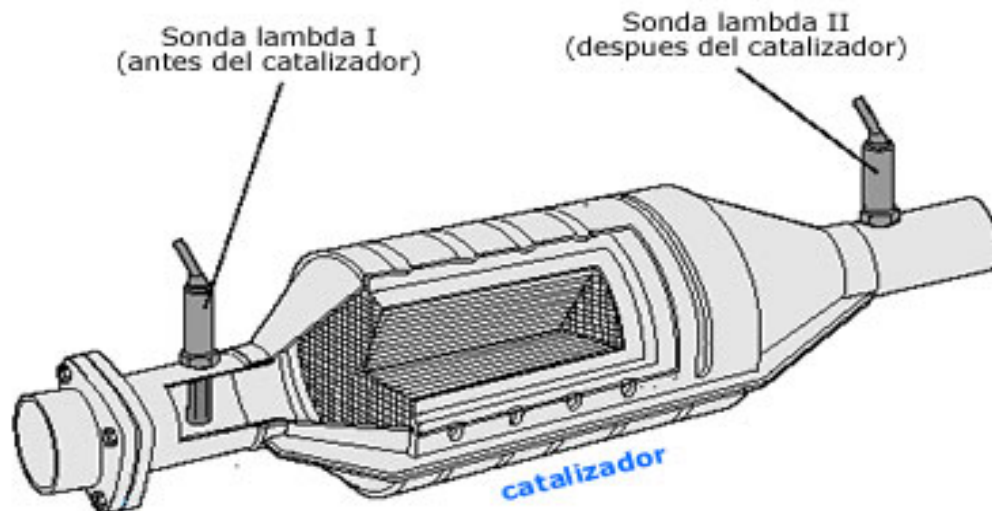
Con la sonda lambda de banda ancha se puede determinar en un gran margen la concentración de oxígeno en los gases de escape y juzgar por ella la relación aire-combustible en la cámara de combustión. El coeficiente de aire (valor lambda) describe esta relación de aire-combustible.

Las sondas lambda de banda ancha no sólo pueden medir exactamente en el punto "estequiométrico" de "valor lambda" = 1, sino también en el margen pobre de combustible (valor lambda > 1) y en el rico (valor lambda < 1). Ellas suministran en el campo de $0,7 < \text{"valor lambda"} < \text{infinito}$ (infinito = aire con el 21 % O₂) una señal eléctrica unívoca y constante (figura inferior).

Con estas características, la sonda lambda de banda ancha no sólo se aplica en sistemas de gestión de motores con regulación de dos puntos (valor lambda = 1), sino también en conceptos de regulación con mezclas de aire y combustible pobres y ricas. También es idónea para la regulación lambda de motores de gasolina que funcionan con mezclas pobres, motores Diesel, motores de gas (por eso la denominación LSU: Lambda-Sonde-Universal).

La sonda penetra en el tubo de escape y detecta la corriente de gases de escape de todos los cilindros.

Para una regulación más exacta, en algunos sistemas se emplean varias sondas, por ejemplo, delante y detrás del catalizador (figura inferior), así como en los distintos tramos de gases de escape (bancos de cilindros).



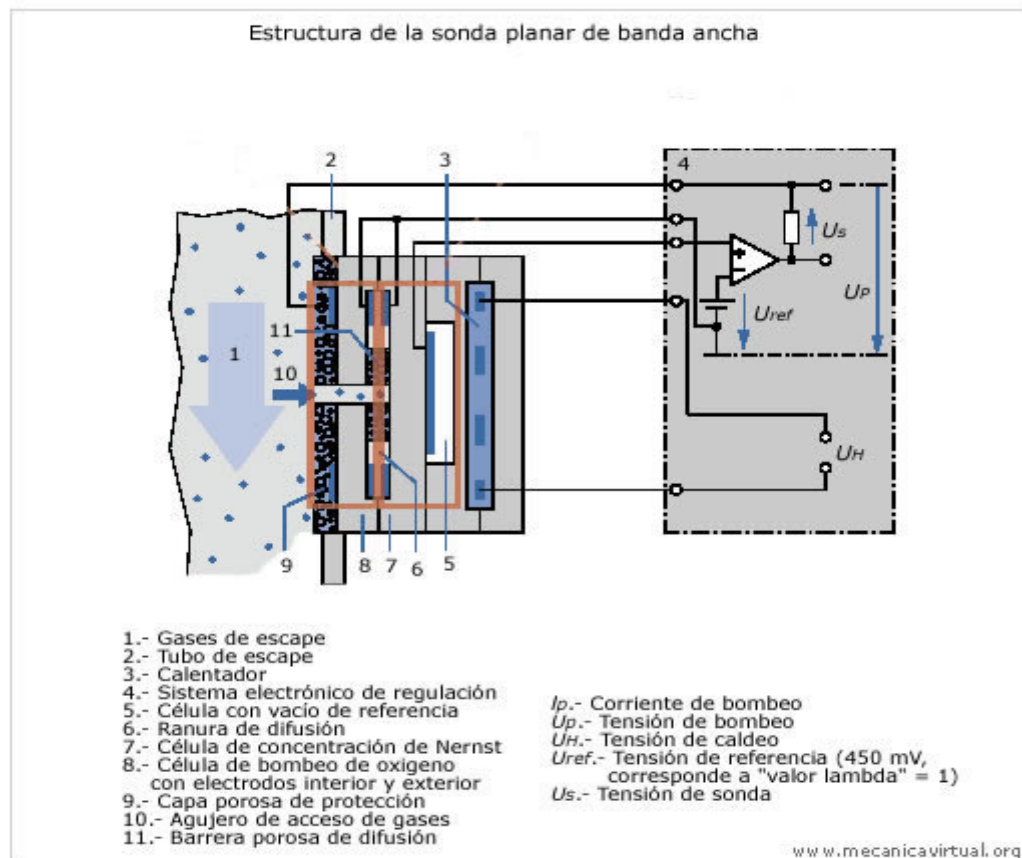
Estructura:

La sonda lambda de banda ancha **LSU4** es una sonda planar de dos células de corriente límite. Su célula de medición (figura inferior) es de cerámica de dióxido de circonio (ZrO_2).

Está constituida por la combinación de una célula de concentración de Nernst (célula sensible, funciona como en una sonda lambda de dos puntos) y una célula de bombeo que transporta iones de oxígeno.

La célula de bombeo de oxígeno (figura inferior, pos. 8) está dispuesta de tal modo respecto a la célula de concentración de Nernst (7) que entre ambas se forma una ranura de difusión (6) de aproximadamente 10... 50 μm . Esta ranura está en comunicación con los gases de escape a través de un agujero de acceso (10); la barrera porosa de difusión (11) limita el flujo sucesivo de las moléculas de oxígeno contenidas en los gases de escape.

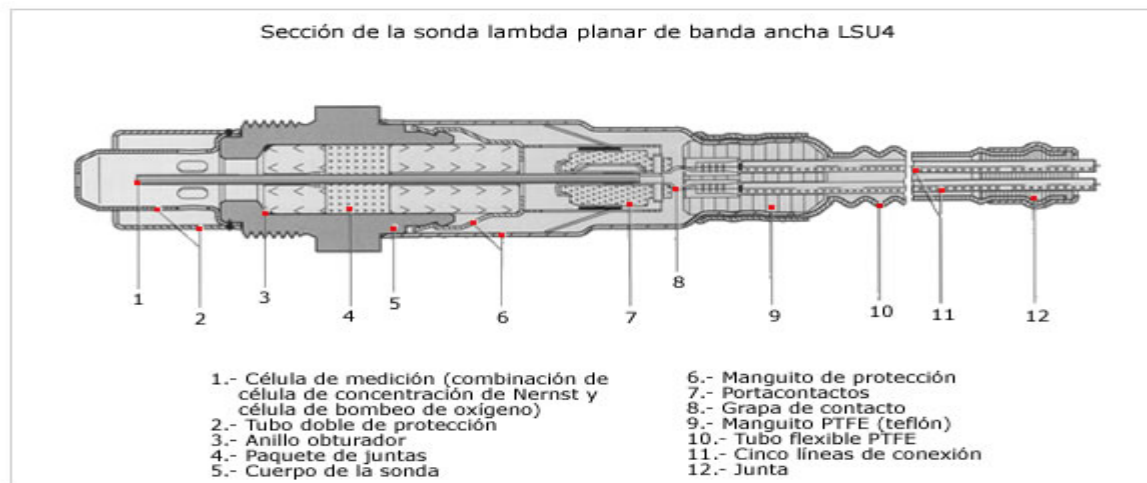
La célula de concentración de Nernst comunica en un lado por un canal de aire de referencia (5), a través de una abertura, con la atmósfera ambiente; en el otro lado está expuesta a los gases de escape en la ranura de difusión. La sonda no suministra una señal útil hasta que se alcanza una temperatura de servicio de 600... 800 $^{\circ}C$ como mínimo, para que se alcance rápidamente esta temperatura, la sonda está provista de un calentador (3).



Funcionamiento:

Los gases de escape llegan a través del pequeño agujero de acceso de la célula de bombeo a la verdadera cámara de medición (ranura de difusión) de la célula de concentración de Nernst; Para poder ajustar el coeficiente de aire "valor lambda" en la ranura de difusión, la célula de concentración de Nernst compara los gases en esta ranura con el aire ambiente en el canal de aire de referencia.

El proceso total se desarrolla del modo siguiente: Mediante la aplicación de una tensión U_p a los electrodos de platino de la célula de bombeo, a través de la barrera de difusión se puede bombear oxígeno de los gases de escape a la ranura de difusión o viceversa. Con ayuda de la célula de concentración de Nernst, un circuito electrónico en la unidad de control regula esta tensión aplicada a la célula de bombeo U_p , de manera que la composición de los gases en la ranura de difusión se mantenga constante en "valor lambda" = 1. Cuando los gases de escape son pobres, la célula de bombeo, bombea el oxígeno hacia afuera (corriente de bombeo positiva) en cambio, cuando son ricos, se bombea hacia adentro el oxígeno (mediante descomposición catalítica de CO_2 y H_2O en el electrodo de gases de escape) de los gases del entorno a la ranura de difusión (corriente de bombeo negativa). Con "valor lambda" = 1 no se ha de transportar oxígeno, la corriente de bombeo es cero; Ella es proporcional a la concentración de oxígeno en los gases de escape y constituye así una medida (no lineal) del coeficiente de aire "valor lambda".



Funciones:

Arranque: Como hemos dicho la sonda Lambda sólo proporciona señales válidas a partir de temperaturas superiores a unos 350°C, mientras no se alcance esta temperatura no queda otro remedio que renunciar a la regulación, por lo que la mezcla aire/combustible λ se ajusta a un valor medio.

Aceleración y plena carga: Cuando aceleramos al máximo necesitamos la plena potencia sobre cualquier otro interés, por esto al detectar la plena carga se ignora la señal de la sonda Lambda y se regula el tiempo de inyección para obtener la máxima potencia.

- **Recirculación de gases de escape EGR**

En los gases de escape de los motores nos encontramos con los siguientes contaminantes:

- Los hidrocarburos (HC).
- El óxido de carbono (CO).
- Las partículas por reacción química de oxidación.
- El óxido de nitrógeno (NOx).

De los tres primeros contaminantes se encarga de reducirlos el catalizador de oxidación. El óxido de nitrógeno no se ve afectado por la instalación de un catalizador por lo que dicho contaminante hay que tratarlo antes de que llegue al escape, esta es la razón por la que se utiliza el sistema EGR en los motores.

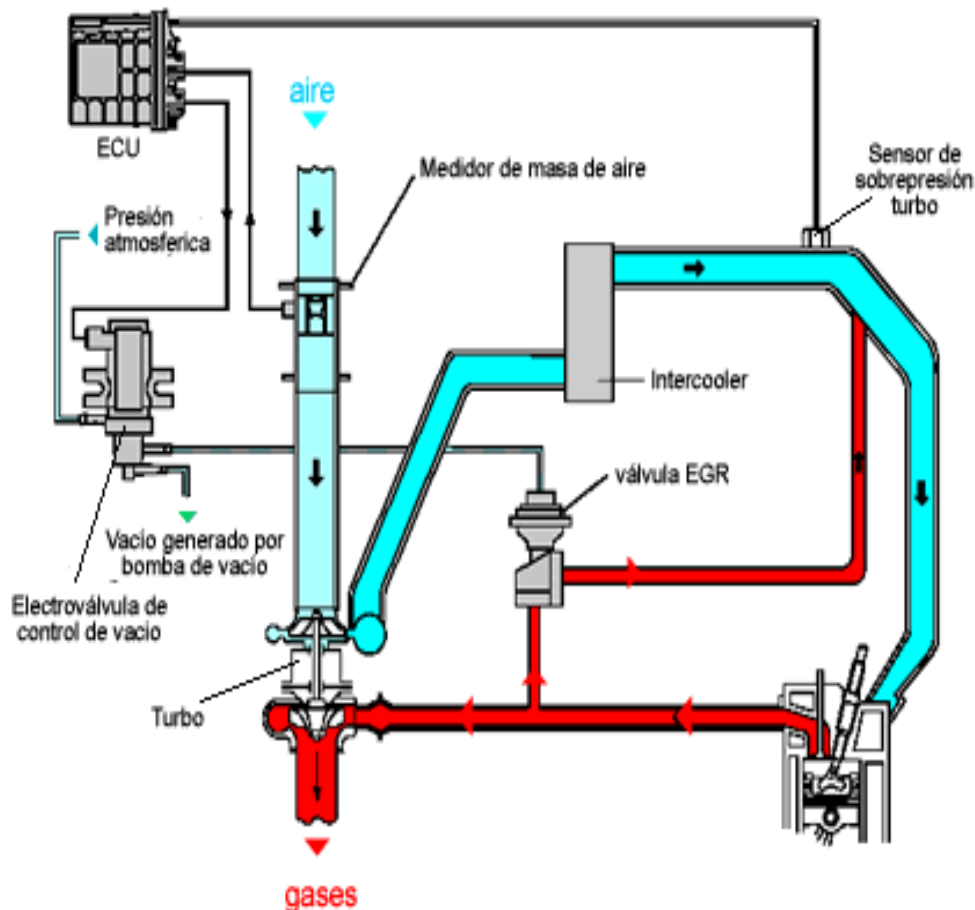
Para reducir las emisiones de gases de escape, principalmente el óxido de nitrógeno (NOx), se utiliza el Sistema EGR (Exhaust gas recirculation) que reenvía una parte de los gases de escape al colector de admisión, con ello se consigue que disminuya el contenido de oxígeno en el aire de admisión, que provoca un descenso en la temperatura de combustión que reduce el óxido de nitrógeno (NOx).

Un exceso de gases de escape en el colector de admisión, aumentaría la emisión de carbonilla.

Cuando debe activarse el sistema EGR, y cuál es la cantidad de gases de escape que deben ser enviados al colector de admisión, es calculado por la ECU, teniendo en cuenta el régimen motor (RPM), el caudal de combustible inyectado, el caudal de aire aspirado, la temperatura del motor y la presión atmosférica reinante.

Normalmente el sistema EGR solamente está activado a una carga parcial y a una temperatura normal del motor.

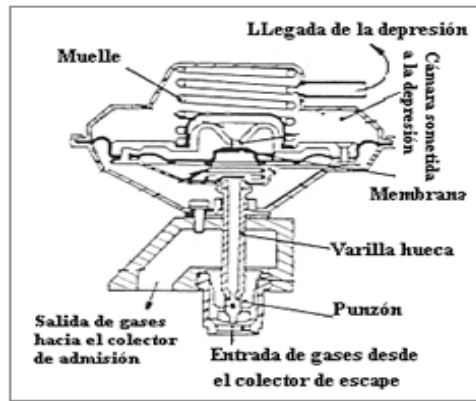
Esquema de un sistema EGR



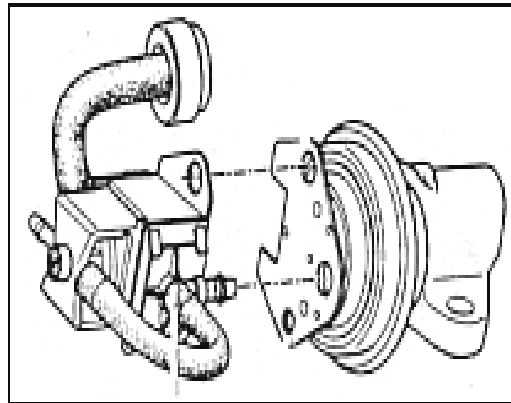
Tipos de válvulas

La válvula EGR es la encargada de hacer recircular los gases de escape del colector de escape al colector de admisión, y se clasifican según su funcionamiento en: "neumáticas" y "eléctricas".

-Neumáticas: Las válvulas EGR neumáticas son accionadas por depresión o vacío. Están constituidas por una membrana empujada por un muelle, que abre o cierra una válvula a través de una varilla hueca en cuyo extremo lleva un punzón, la varilla está acoplada a la membrana, que se mueve abriendo la válvula cada vez que la depresión actúa sobre la membrana y vence la presión del muelle. Para controlar la depresión que actúa sobre la válvula EGR necesitamos de otra válvula separada, en este caso eléctrica que será controlada por la ECU.



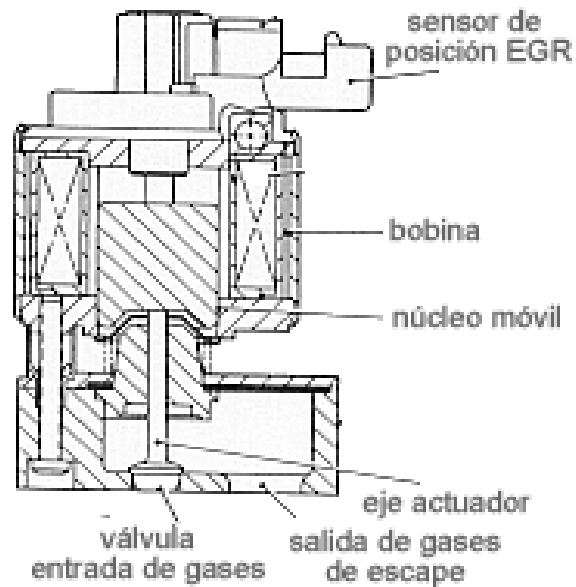
Hay otros sistemas EGR en los que la Válvula EGR y la electroválvula que controla la depresión o vacío (Convertidor EGR) van juntas, es decir forman la misma pieza, por lo que se simplifica el sistema como se ve en la figura inferior.



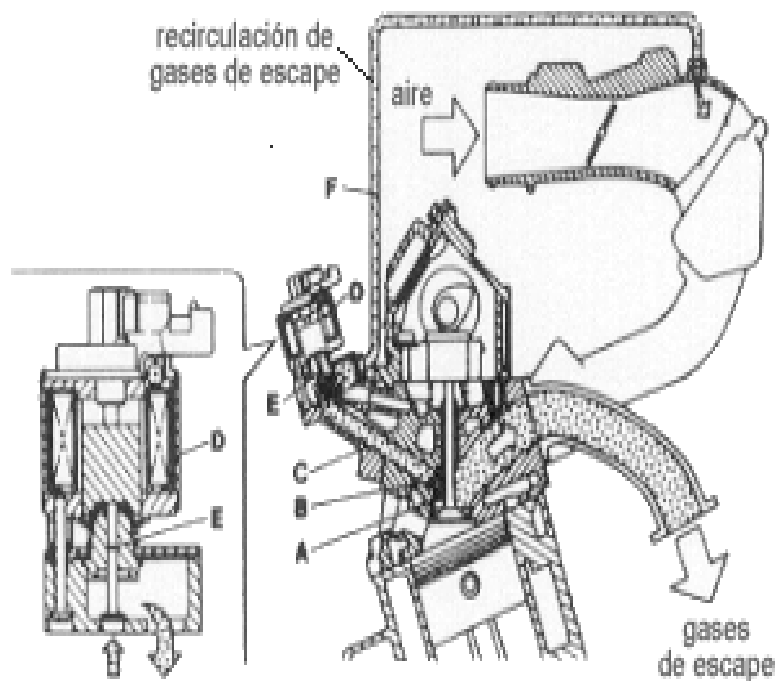
-Eléctricas: Las válvula EGR eléctricas se caracterizan por no tener que utilizar una bomba de vacío para su funcionamiento, por lo que trabajan de forma autónoma.

Estas válvulas constan de un solenoide que actúa al recibir señales eléctricas de la UCE cerrando o abriendo un paso por el que recirculan los gases de escape; el mayor o menor volumen de gases a recircular viene determinada por la UCE, que tiene en cuenta ciertos parámetros como: la velocidad del coche, la carga y la temperatura del motor.

La válvula EGR eléctrica cuenta con un pequeño sensor en su interior, que informa a la UCE en todo momento sobre la posición que ocupa el elemento que abre o cierra el paso de la recirculación de los gases de escape. Este tipo de electroválvula no se resiente de la depresión, por tanto puede abrirse con cualquier carga motor y con cualquier depresión en el colector. Interviene con temperatura liquido motor 55°C , temperatura aire aspirado $> 17^{\circ}\text{C}$ y régimen motor incluido entre 1500 y .5600 (según las características del motor).



Durante la intervención del sistema EGR, los gases de escape "B" son interceptados y canalizados a través del conducto "C" hacia la válvula "D", que gobernada por la centralita, levanta la válvula "E" permitiendo que los gases de escape sean canalizados hacia la admisión a través del conducto "F".



- **Filtro de partículas (FAP)**

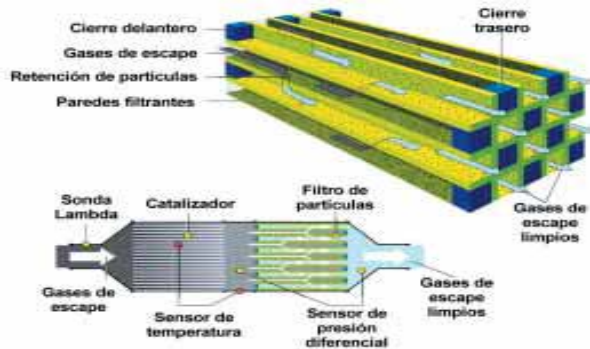


Las partículas en suspensión originadas en el proceso de combustión, de diámetro próximo a 0,09 micras, están constituidas, principalmente, por carbono e hidrocarburos. Estos filtros las retienen en

su interior, evitando que sean expulsadas a la atmósfera.



El filtro de partículas (FAP) es una estructura porosa, de carburo de silicio, que captura las partículas de los gases de escape.



Para comprobar el estado de saturación del filtro de partículas se utiliza un sensor de presión diferencial, que indica la diferencia de presión entrada/ salida del filtro. Cuanto mayor sea la variación de presión, mayor será la carga de carbonilla.

Como la capacidad de estos filtros no es ilimitada, es necesario proceder a su limpieza. Ésta se realiza de forma periódica y automática durante el funcionamiento normal del coche, sin que el conductor lo advierta, es la llamada regeneración. Ésta se consigue provocando la oxidación de las partículas retenidas mediante el aumento de temperatura de los gases de escape. Este incremento de temperatura, se realiza efectuando una pequeña postinyección de combustible, durante la carrera de escape. No obstante, las temperaturas mínimas necesarias para provocar la oxidación rondan los 600 °C, tan altas que comprometen la integridad del sistema de escape.

- Estrategias de regeneración

En función del tipo de estrategia de regeneración, se diferencian dos sistemas:

- Catálisis integrada (FAP aditivado o con mantenimiento)

Para quemar periódicamente las partículas acumuladas en el filtro, siempre que haya oxígeno en los gases de escape, la temperatura se eleva a 550 °C ó 600 °C. El inconveniente es que los gases de escape llegan al filtro de partículas a 150 °C (en conducción urbana, la más desfavorable, puesto que la temperatura que se alcanza es muy escasa en comparación con la de conducción por autopista, por ejemplo). Este desnivel térmico se debe salvar en varias etapas:

- 1 – Reducción de la temperatura de combustión de la carbonilla a 450 °C (tomada a la salida del colector de escape). Para ello, se añade un aditivo de cerina.

- 2 – Aumento de la temperatura de los gases de escape, en dos o tres fases:

- a) Una postinyección de combustible en fase de expansión produce una postcombustión en el cilindro y un aumento de la temperatura hasta los 200 °C ó 250 °C.

- b) Una postcombustión complementaria, generada por un catalizador de oxidación situado antes del filtro, quema hidrocarburos procedentes de la postinyección. La temperatura puede aumentar 100 °C más.

En algunos motores, la alimentación del aire no pasa por el intercambiador aireaire para ser refrigerado durante la regeneración del filtro. El objetivo es mantener la temperatura

del aire que llega a la cámara de combustión entre 50 °C y 70 °C, de esta forma, se obtienen gases de escape más calientes.

La filtración de los gases de escape se realiza constantemente, según el estado de obstrucción del filtro, aproximadamente, la regeneración se realiza cada 400 ó 1.000 kilómetros, y dura unos 3 minutos.

Para asegurar la adición de cerina al gasoil, estos sistemas deben disponer de:

- Un programa, integrado en un calculador, de aditivación (ADDGO), su misión es dosificar el aditivo en el depósito de combustible después de cada repostaje.
- Un circuito de aditivación del combustible, que cuenta con un sistema que inyecta el aditivo al depósito principal, gestionado por el anterior calculador. El aditivo es almacenado en un depósito junto al depósito de combustible. El grupo PSA ha utilizado dos tipos de aditivos: DPX 42, que requiere que el FAP deba ser cambiado a los 80.000 kilómetros y el depósito de aditivo rellenado con 5 litros, y uno posterior, el Eolys 176, que asegura una autonomía de 120.000 kilómetros y sólo requiere 3 litros de aditivo.

-Catálisis superficial (FAP catalizado o sin mantenimiento)

En lugar de utilizar aditivos en el combustible para bajar la temperatura de combustión de la carbonilla, se aplica un revestimiento de platino al sustrato del filtro y se inyectan cantidades adicionales de combustible, con objeto de elevar la temperatura de los gases de escape. La regeneración se hace a intervalos irregulares, según las características de la conducción.

Por ejemplo, la combustión de las partículas filtradas, y, por lo tanto, la inyección adicional de combustible sólo tiene lugar cuando la formación de partículas ha ocasionado suficiente presión.

Además de que el filtro de partículas no necesita aditivos para su regeneración, tampoco demanda su renovación en las revisiones de mantenimiento, ya que tiene una larga vida. El sistema de Reducción de emisiones consta de un catalizador y el filtro de partículas.

Volkswagen aplica lo que denomina CRT (*Continuous Regeneration Trap*). En lugar de esperar a que su capacidad esté prácticamente agotada para proceder a su limpieza, inicia un proceso de Regeneración continua tan pronto como el volumen de partículas retenido supera el 20 ó 30% del total admisible, para ello, hace uso del NO₂ generado en un catalizador de oxidación previo, en lugar del O₂. El filtro CRT precisa unas temperaturas de funcionamiento en torno a los 300 °C, que pueden ser alcanzados bien mediante la postinyección de carburante, o bien mediante sistemas externos, como resistencias eléctricas. Tan pronto como la capacidad del filtro ha sido restituida a valores por debajo del 20%, el proceso de regeneración es detenido.

Uno de los principales inconvenientes de estos sistemas, radica en la alta concentración de azufre que presentan la mayor parte de los combustibles actuales, que tiende a depositarse en los catalizadores y filtros de partículas, y puede afectar al funcionamiento de estos filtros. En espera de que los niveles de azufre sean rebajados, el CRT trata de mitigar este efecto aumentando puntualmente la temperatura de los gases de escape por encima de los 500 °C; esta medida, no obstante, ocasiona que el nivel de emisiones aumente durante cortos períodos de tiempo, reduciendo la efectividad global.

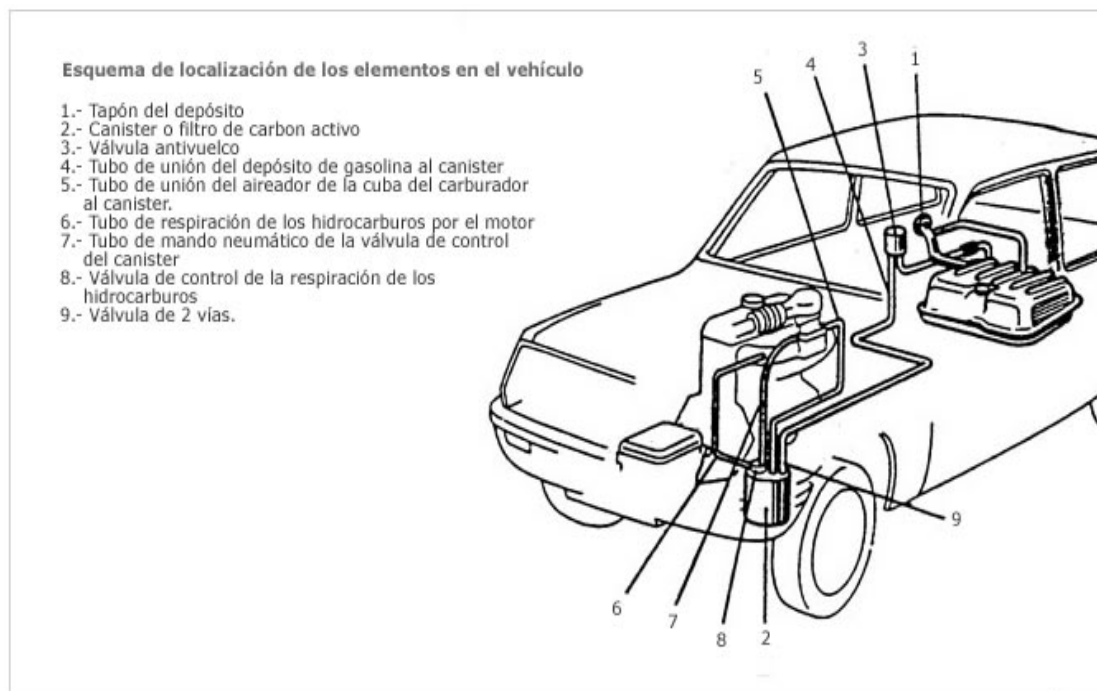
2.2- VAPORES DE COMBUSTIBLE

- **Reciclado de vapores del depósito de combustible (cánister)**

Una cantidad relativamente importante de hidrocarburos se escapan del vehículo por evaporación a través de:

- el orificio de ventilación o puesta en atmósfera del tapón de llenado del depósito de gasolina.
- también se evaporan hidrocarburos por el aireador de la cuba del carburador, que está abierto cuando el acelerador está en posición de reposo.

Se calcula que el combustible que se evapora representa hasta el 20% de la contaminación potencial de un vehículo, estas fugas de hidrocarburos hacia la atmósfera pueden evitarse recuperando y almacenando momentáneamente en un recipiente llamado cánister, para más tarde quemarlos en el motor.

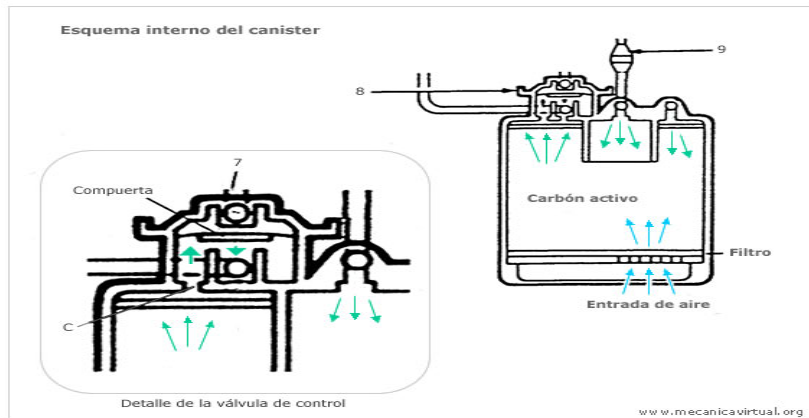


-CANISTER O FILTRO DE CARBON ACTIVO

El cánister o "bote" como también se le denomina, contiene carbón activo con el fin de retener provisionalmente los hidrocarburos evaporados del depósito de gasolina y de la cuba del carburador.

La válvula de control (8) establece o interrumpe la aspiración de los hidrocarburos por el motor.

Un filtro impide la entrada de polvo que podría ser arrastrado por la circulación de aire que atraviesa el "bote" (cánister), cuando se establece la unión colector de admisión con este.



Funcionamiento

Se diferencian dos fases de funcionamiento:

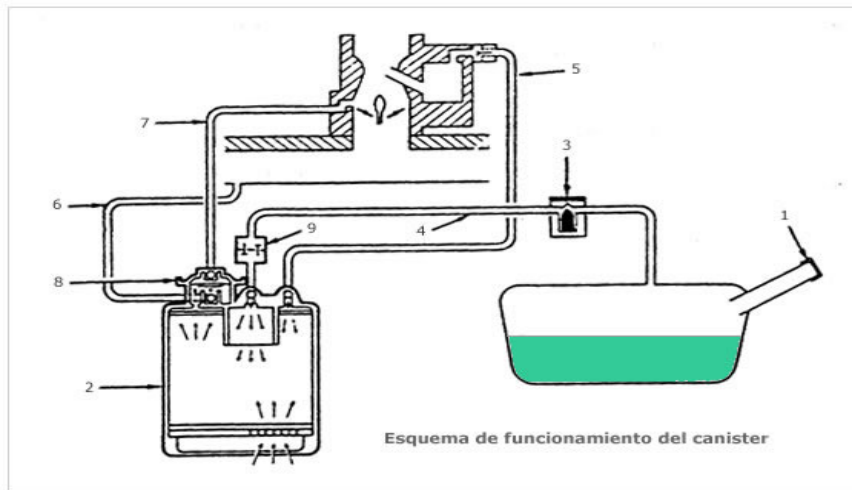
- Vehículo parado
- Vehículo en marcha

-Funcionamiento a motor parado los vapores de hidrocarburos acumulados en la parte superior del depósito de gasolina, se evacuan hacia el cánister a través de la válvula antivuelco (3) y por el tubo (4) y llegan a la válvula de dos vías (9). Si la presión de los vapores es suficiente, una de las compuertas de la válvula (9) se abre, los vapores penetran en el cánister (2), y el carbón activo retiene los vapores. Las evaporaciones de la cuba del carburador están canalizadas por el tubo (5) hasta el cánister (2).

-Funcionamiento en marcha, mariposa de gases abierta (acelerador) la depresión canalizada por el tubo (7) actúa en la parte alta de la válvula de control (8), la válvula se abre. La depresión del colector de admisión crea una circulación de aire que atraviesa el carbón activo del cánister; los hidrocarburos arrastrados por el aire pasan por el orificio calibrado (C), por la válvula de control (8) al tubo (6); en el colector de admisión se mezclan con el gas aspirado por el motor.

El carbón activo se purga y queda listo para recibir nuevos vapores de gasolina. Desde el momento que la mariposa vuelve a la posición de ralentí, se interrumpe la acción de depresión de mando, el resorte cierra la compuerta de la válvula de control (8), el motor no aspira del cánister, lo que evita el enriquecimiento de la mezcla que alimenta el motor a ralentí o una toma de aire. A régimen de ralentí las evaporaciones son retenidas en el cánister.

Cuando por consumo de carburante o por enfriamiento de éste la presión disminuye en el depósito, bajo el efecto de la presión atmosférica la segunda compuerta de la válvula (9) se abre, la presión se restablece en el depósito de combustible.



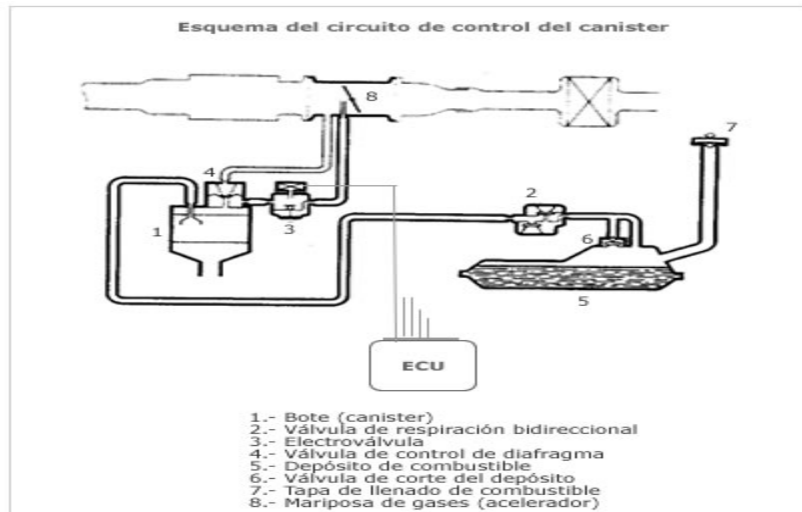
Con la llegada de la electrónica al automóvil, los sistemas de control evaporativo de gases (cánister) cambiaron la forma de controlar la purga de los vapores de combustible retenidos en el "bote". Por esta razón ahora la válvula de control de purga está controlada por electroválvulas o válvulas de demora, que aseguran que los vapores se purguen cuando el motor los puede quemar con más eficiencia.

En los modelos más modernos, los que se usan desde hace unos años hasta hoy en día, la gestión del cánister es controlada por la centralita de inyección ECU, la centralita actúa sobre una electroválvula que controla la válvula de control de purga, teniendo en cuenta varios factores de funcionamiento del motor como son:

- Temperatura del motor (no funciona hasta que el motor alcanza una determinada temperatura)
- Revoluciones del motor (en ralentí no funciona)
- Carga del motor (con mariposa totalmente no funciona)
- Arranque (durante el arranque no funcionaria)

La purga del cánister aumenta hasta que la centralita recibe una señal de una condición rica de combustible desde la sonda lambda, después la purga es controlada hasta que la señal de la sonda lambda nos da una señal de mezcla correcta.

En la figura inferior se ve un sistema de control evaporativo de gases (cánister) aplicado a un motor de inyección electrónica de gasolina. Una válvula de control de diafragma montada en la parte superior del bote (1) se mantiene abierta durante la marcha del motor con la depresión de admisión, por vía de un tubo procedente del cuerpo de mariposa. La electroválvula (3) es la encargada de abrir o cerrar el paso de los gases de purga del cánister hacia el colector de admisión del motor.



Para impedir que el combustible líquido pase del depósito al tubo, el sistema lleva incorporado una válvula de cierre de combustible (6). Hay tapas de llenado (7) que llevan incorporado unas válvulas para aliviar tanto la presión como el vacío que se pueda crear en el depósito de combustible. En condiciones normales estas válvulas están cerradas para garantizar la estanqueidad, en caso de fallo del sistema y la presión o depresión fuese excesiva, se abrirá una de las válvulas de la tapa de llenado para descargar este exceso de presión o vacío a la atmósfera.

En los sistemas de gestión electrónica más modernos se suprime la "válvula de control", por la electroválvula que puede controlar en todo momento la purga de los gases del canister, según lo decida la unidad de control ECU.

2.3- GASES DEL CARTER

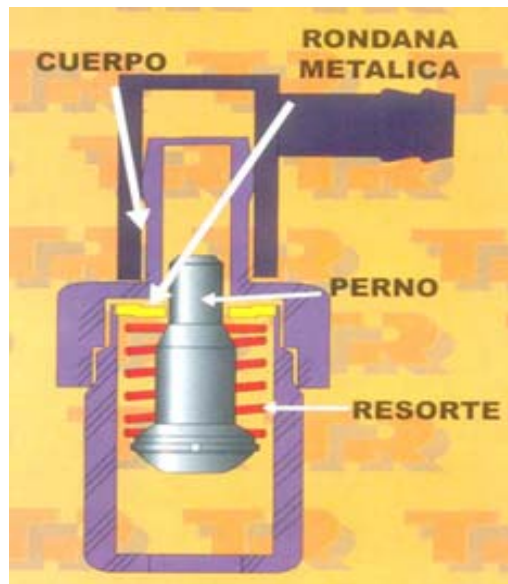
- **Válvula P.C.V.**



La válvula PCV es un dispositivo operado por el vacío del motor, generalmente se localiza en la tapa de punterías ó el colector de admisión. Controla el paso de gases no quemados en el cárter reciclándolos con la mezcla de aire-combustible, esto lleva a prevenir que los gases salgan del motor creando contaminación y a obtener una mezcla perfecta aire-combustible.

Las válvulas PCV son un equipo estándar en la mayoría de los vehículos con motor de gasolina desde 1963, son unos de los dispositivos más antiguos y efectivos para controlar las emisiones automotrices.

Se recomienda reemplazar la válvula cada 12 meses o 15,000 Km.



Una válvula PCV defectuosa puede causar

1. Marcha lenta defectuosa.
2. Bajo rendimiento de gasolina.
3. Falta de potencia.
4. Fugas de aceite por cárter, tapas de punterías y bayoneta.
5. Desgaste prematuro del motor.
6. Aceite sucio y delgado más rápidamente.
7. Contaminación