



www.beru.com



Perfektion eingebaut



Todo sobre las sondas Lambda

Información
técnica
núm. 03

Perfection intégrée

Perfección
integrada

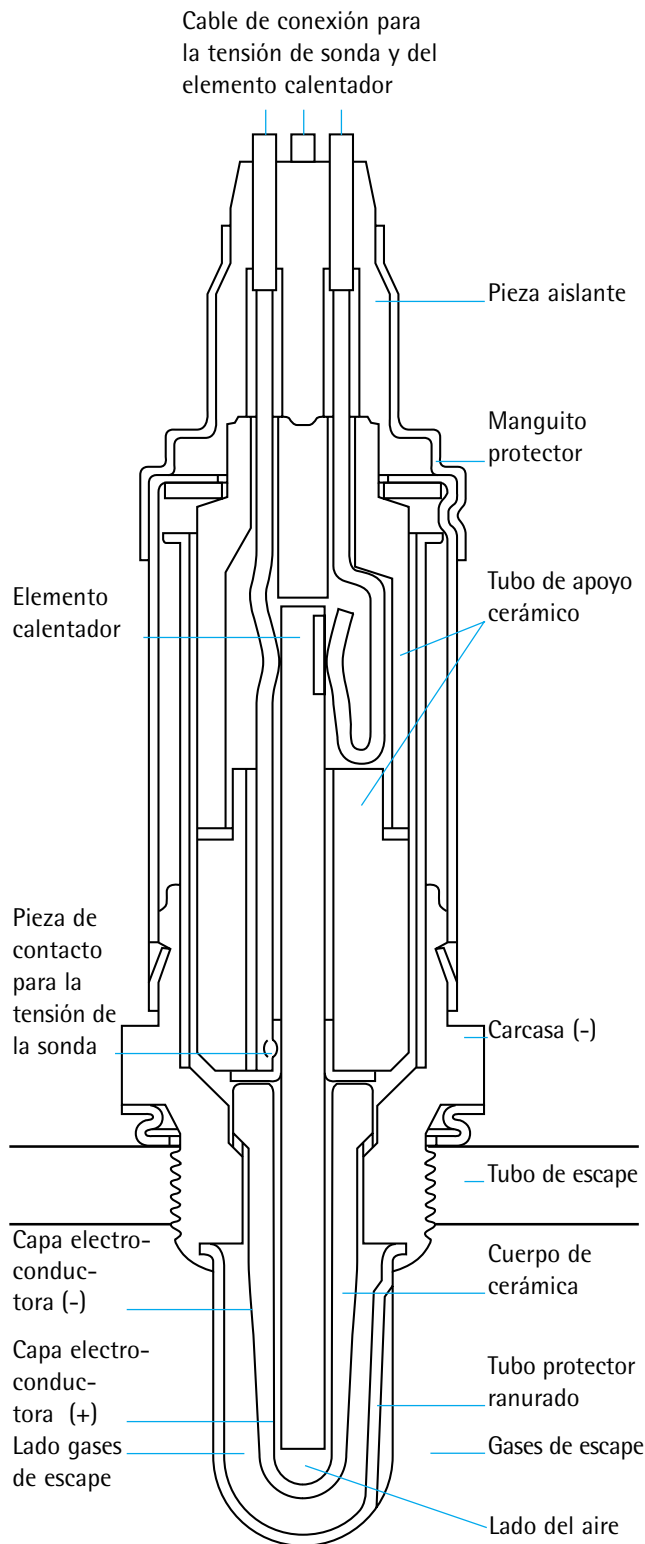


Índice

Introducción	Pág	3
El principio de la medición comparativa de oxígeno	Pág	4
Construcción y función de la sonda Lambda	Pág	4
Calentador de sonda y cableado	Pág	5
Principio básico de la regulación de Lambda	Pág	5
Comprobación de la sonda Lambda	Pág	6-8
El circuito cerrado de regulación	Pág	6
Control de la sonda Lambda	Pág	7
Búsqueda de avería en el control Lambda	Pág	7
Comprobación del control Lambda en el circuito abierto de regulación	Pág	8
Comparación de una sonda Lambda nueva con una envejecida	Pág	9
Transformación de sustancias contaminantes	Pág	10
Control y análisis del estado del catalizador	Pág	10
Averías corrientes en las sondas Lambda	Pág	11
Autoevaluación	Pág	12-13
Soluciones	Pág	14-15



Corte de una sonda Lambda



Introducción

Para el quemado perfecto de la gasolina en el motor Otto se necesitan por kilogramo de gasolina alrededor de 14 kg. de aire, es decir, son necesarios aproximadamente 11 metros cúbicos. La relación de la cantidad de aire real con la necesidad teórica de aire se llama valor Lambda (signo de fórmula λ). El dato « $\lambda=1$ » significa, por lo tanto, que la cantidad de aire añadida, es la necesaria para una combustión óptima. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el rendimiento más alto del motor Otto se produce con una falta de aire del 0-10 % (es decir, entre $\lambda=0,9$ a $\lambda=1,0$), y el consumo de carburante mínimo se logra aproximadamente con un 10 % de exceso de aire (es decir $\lambda \approx 1,1$).

En la mezcla de carburante y aire se diferencia entre «mezcla rica» (con una parte relativamente alta de carburante) y «mezcla pobre» (con una parte relativamente alta de aire). En los gases de escape con una mezcla muy rica, la parte de monóxido de carbono y de hidrocarburos es muy elevada y disminuye notoriamente cuando los valores Lambda aumentan. La cantidad de nitrógeno en las mezclas rica es relativamente pequeña y alcanza su valor más alto en $\lambda=1$. Por el contrario, en los gases de escape con mezcla pobre, la cantidad de aire, y como consecuencia también la cantidad de oxígeno, es relativamente alta.

Por medio de un catalizador óptimo, la parte de monóxido de carbono se transforma en dióxido de carbono como consecuencia de la oxidación con oxígeno. Sin embargo, quedaría muy poco CO para la transformación de monóxido de nitrógeno en nitrógeno elemental. La limpieza catalítica de los gases escape no depende únicamente del catalizador, sino también de la composición óptima de los gases de escape.

Para este objetivo, se desarrolló el catalizador de tres vías. El catalizador de tres vías transforma el monóxido de carbono, los hidrocarburos y los óxidos nítricos en un reactor. La composición de gases de escape necesaria se consigue por medio de una preparación electrónica de la mezcla de carburante y de aire.

La condición necesaria para un buen resultado, es una medición constante de la cantidad de oxígeno en los gases de escape, la cual se realiza con la sonda Lambda.

El valor resultante de la medición muestra el grado de combustión de la mezcla de carburante y aire.

La sonda Lambda calcula la concentración de gases de escape por una medición comparativa de la cantidad de oxígeno. Es decir, se compara el contenido de oxígeno en el aire exterior con el oxígeno residual en el escape. Las diferencias resultantes de la medición se transfieren a través de una señal de tensión a la centralita que es la que corrige seguidamente la ignición y la inyección.

La sonda Lambda se ve sometida a un desgaste natural debido a la gran carga en el flujo de gases de escape.

En los turnos fijos en los que se llevan a cabo la examinación de los gases de escape, se mide el funcionamiento de la sonda Lambda y se determina un eventual desgaste. La sonda debe ser reemplazada, a más tardar, tras un rendimiento continuado de aproximadamente 60.000 a 80.000 km.

El principio de la medición comparativa de oxígeno

La cantidad de oxígeno en el aire ambiente es, normalmente, de 20,8 %. Este valor de referencia es comparado con el oxígeno residual en la sonda Lambda.

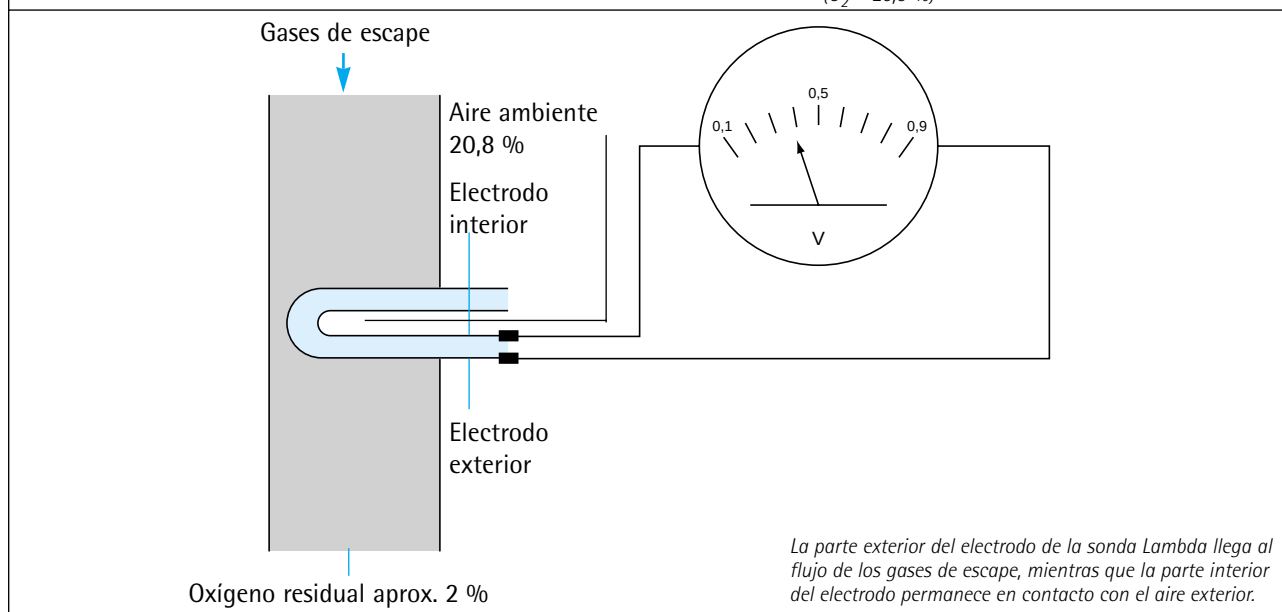
Si hay un contenido de oxígeno residual del 2 % en el flujo de gases de escape («mezcla pobre»), se produce una tensión de aproximadamente 0,1 voltios debido a la diferencia con el oxígeno ambiente.

Si la cantidad de oxígeno residual contenida en el flujo de gases de escape es menor al 2 % («mezcla rica»), esta diferencia con el oxígeno ambiente se hace notoria a través de una tensión de sonda de aprox. 0,9 voltios.

Ejemplo: O_2 residual = 2 %

El electrodo exterior se halla en el flujo del escape de gas (O_2 residual = 2 %)

El electrodo interior está ligado al aire ambiente (O_2 = 20,8 %)



Construcción y función de la sonda Lambda

La sonda Lambda está compuesta, básicamente, por un cuerpo especial de cerámica, cuya superficie está provista con electrodos de platino permeables al gas. El efecto de la sonda es la consecuencia de factores físicos de dos clases diferentes. Por una parte, el material de cerámica es poroso y permite, de esta forma, una difusión del oxígeno del aire. Por otra parte, la cerámica se vuelve conductora cuando está sometida a temperaturas de aprox. 300 °C. El contenido de oxígeno en el aire es medido en ambos lados de los electrodos. Si la diferencia fluctúa, se produce en los electrodos una tensión eléc-

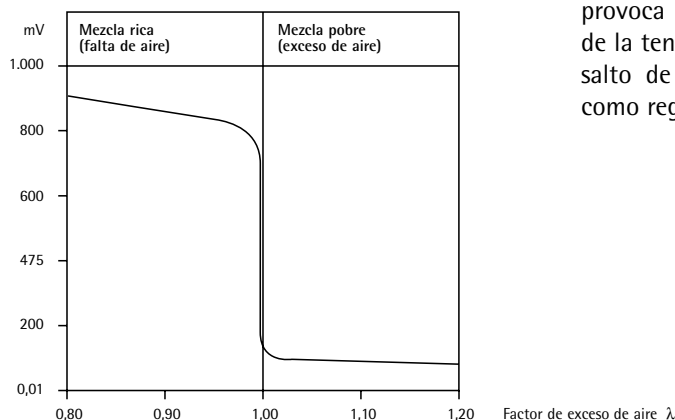
trica, que se mueve en la zona de milivoltios. Las sondas Lambda existen en diferentes formas funcionales. Las sondas de óxido de titanio modifican la resistencia, mientras que las sondas de circonio modifican la tensión. Debido a que se usan más las sondas de circonio, a continuación se describe este tipo de sondas con más detalle.

En una carcasa de aluminio se monta una pieza de cerámica (electrolito fijo). La parte exterior del cuerpo cerámico se encuentra en el flujo de los gases de escape, mientras que la parte interior está en contacto con el aire exterior.

La migración de electrones provoca un aumento brusco de la tensión de la sonda. Este salto de tensión es utilizado como regulación Lambda.

*Lambda < 1 = mezcla rica
U Lambda (tensión)
aprox. 0,9 voltios*

*Lambda > 1 = mezcla pobre
U Lambda (tensión) aprox.
0,1 voltios*



Calentador de sonda y cableado

■ Para que la sonda alcance rápidamente la temperatura de funcionamiento tras arrancar el motor, se usan sondas calentadas, que presentan no sólo una conexión eléctrica, sino tres o cuatro.

En el caso de las sondas con tres conexiones eléctricas, la masa del elemento calentador es conducida hacia fuera. En el caso de las sondas con cuatro conexiones eléctricas, las masas de señal y del elemento calentador se separan. De este modo, se evitan posibles averías que se pueden producir como consecuencia de la corrosión y obturaciones en las uniones de masas.



■ Sonde Lambda con 1 cable
Color del cable:
negro = señal para la centralita

■ Sonda Lambda con 3 cables
Color del cables:
negro = señal para la centralita
2 x blanco = suministro de corriente para calentador de sonda

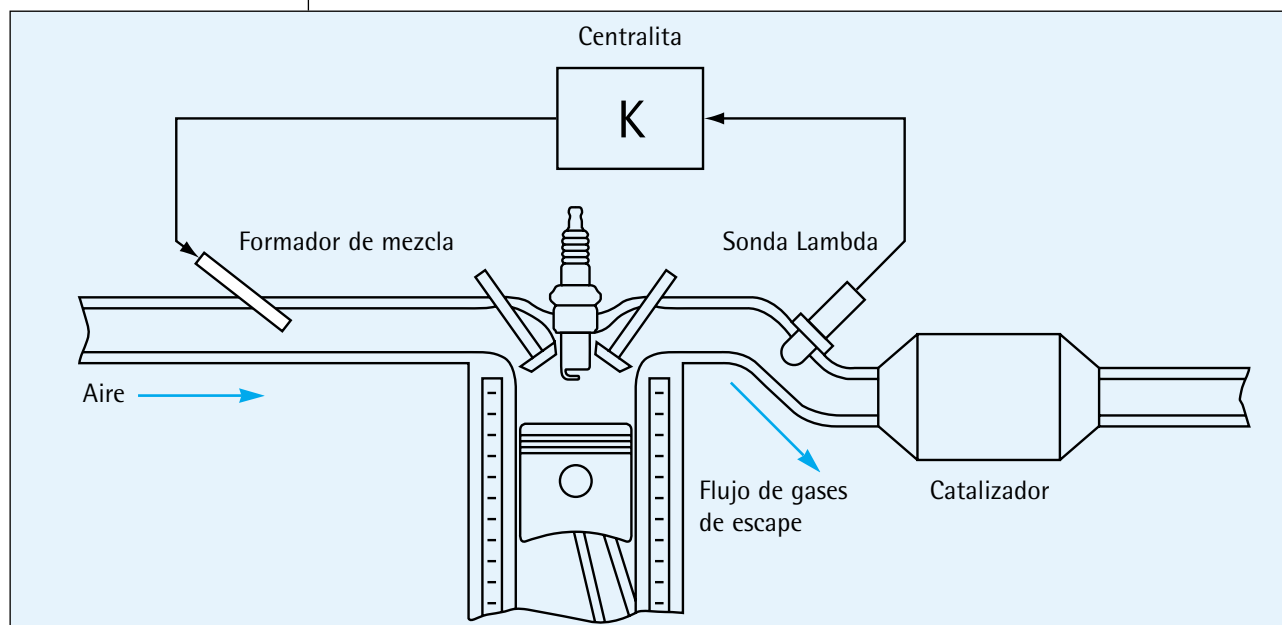
■ Sonda Lambda con 4 cables
Color del cables:
negro = señal para la centralita
2 x blanco = suministro de corriente para calentador de sonda
gris = masa

Principio básico de la regulación de Lambda

Cuando la sonda Lambda comunica a la centralita la información «mezcla pobre», este aparato enriquece la mezcla.

Cuando la sonda Lambda comunica a la centralita la información «mezcla rica», este aparato empobrece la mezcla.

■ Con el objetivo de que la composición de la mezcla se mueva permanentemente en la ventana de Lambda (es decir, en la zona necesaria para que el efecto del catalizador sea el óptimo), la sonda Lambda es montada delante del catalizador en el tubo de los gases de escape. Ésta proporciona información a la centralita sobre si el factor de exceso de aire es mayor o menor a 1 e influye en la composición de la mezcla a través del formador de la mezcla y con ello, en el factor de exceso de aire de Lambda.



Comprobación de la sonda Lambda

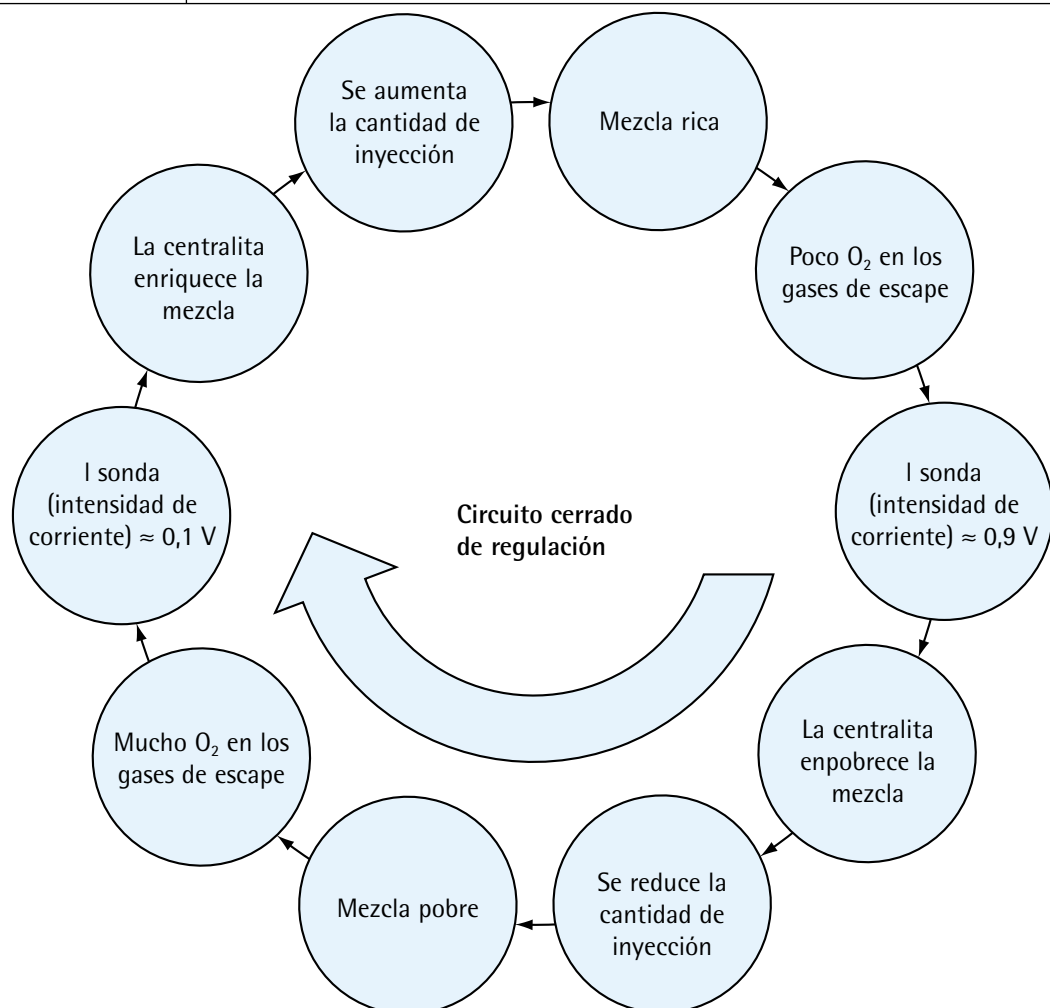
El circuito cerrado de regulación

Para que la sonda Lambda alcance la temperatura de arranque de aprox. 250-300 °C, el motor y la sonda deben tener la temperatura de funcionamiento. Después separar el enchufe de acoplamiento de la sonda Lambda de la centralita, conectar el enchufe intermedio y volver a realizar la conexión con la centralita.

Se vuelve a medir el funcionamiento de la sonda Lambda por medio de un voltímetro. Para la medición, recomendamos un voltímetro análogo, ya que permite leer más fácilmente los saltos de tensión.

Cuando el motor y la sonda estén a la temperatura de servicio, el voltímetro debe oscilar entre 0,1 y 0,9 voltios.

El circuito cerrado de regulación se hace visible de la siguiente forma: Si el voltímetro indica una tensión de 0,1 voltios, quiere decir que hay una mezcla pobre en el tubo de gases de escape y la centralita da la señal de enriquecer. Si el voltímetro indica una tensión de 0,9 voltios, quiere decir que hay una mezcla rica en el tubo de gases de escape y el centralita da la señal de empobrecer.

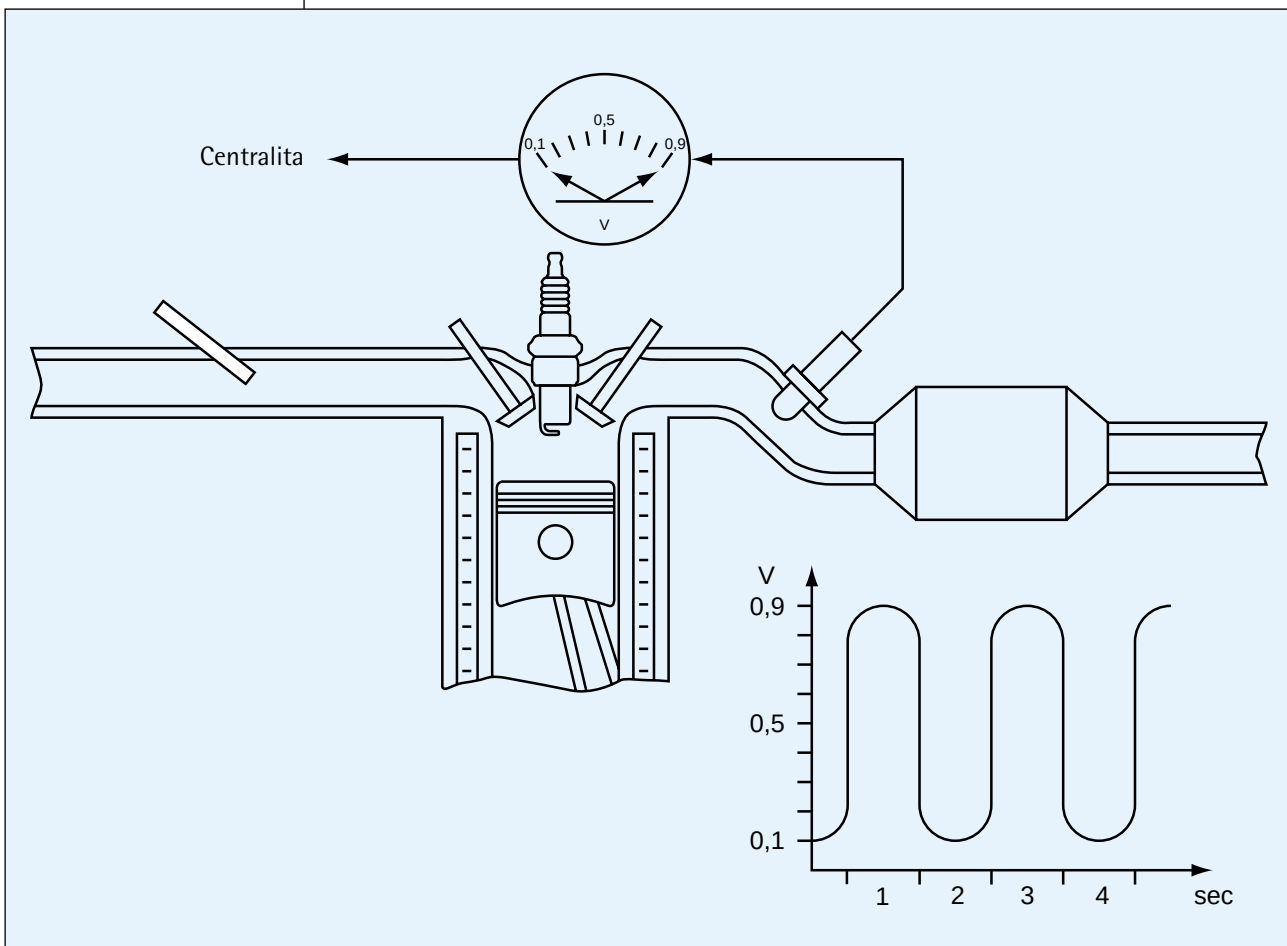


Control de la sonda Lambda

Como consecuencia del desgaste químico y térmico provocado por el aumento del tiempo del recorrido, el recubrimiento de platino de la sonda se inactiva. La tensión resultante se mueve hacia valores de tensión más bajos. Si no se sobrepasa la tensión de referencia de 0,5 V, no se transfiere la información «mezcla rica» a la centralita y, por consiguiente, continúa realizando la operación de enriquecer.

También puede suspenderse el calentamiento de la sonda que provoca, como consecuencia, que se alcance la temperatura de servicio de forma mucha más lenta y, por consiguiente, la suspensión de la regulación en amplias zonas de funcionamiento, como en trayectos cortos y marcha en ralentí.

Si la tensión oscila entre 0,1 y 0,9 voltios, la sonda funciona correctamente.



Búsqueda de avería de la regulación Lambda

La comprobación eléctrica de la regulación Lambda se efectúa en el circuito cerrado de regulación. Condición necesaria para la comprobación:

- El motor debe tener la temperatura de servicio.
- La sonda debe tener la temperatura de servicio (aprox. 250 °C) y esta información debe estar registrada en la centralita. (Atención: En caso de que el sensor de temperatura del líquido refrigerante presente daños, especialmente en una interrupción, la centralita puede mostrar informaciones erróneas. Por ejemplo

«temperatura del motor inferior a 70 °C»).

- En caso de que se disponga de un calentador de sonda, debe estar enchufado y debe funcionar correctamente.
- Es necesario un voltímetro análogo.

Procedimiento:

Calentar el motor. Soltar el enchufe de acoplamiento situada entre la sonda Lambda y la centralita. Colocar el adaptador entre ambos. (Consejo: En caso de que no tenga un adaptador, puede elaborar uno utilizando empalmadores comunes.)



Comprobación de la regulación de Lambda en el circuito abierto de regulación

Si se ha producido una avería durante la comprobación de la regulación de Lambda en el circuito cerrado de regulación, se debe analizar si se han cumplido todas las condiciones, como por ejemplo, temperatura del motor, temperatura de la sonda, sensor de temperatura, etc. En caso positivo, se debe actuar una aportación de una magnitud perturbadora. Es decir, la centralita recibe una tensión proveniente de una fuente externa de tensión y que proporciona una información simulada sobre el tipo de mezcla pobre o rica. Si el centralita y la conexión eléctrica de cables no presentan averías, la centralita intentará transformar la mezcla según la información recibida.

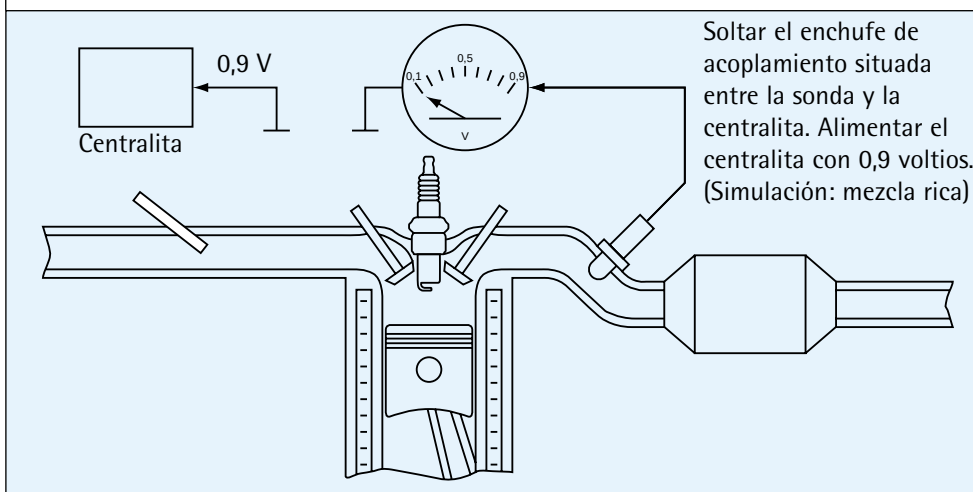
Este procedimiento puede comprobarse fácilmente por medio del medidor de gases de escape o diferenciándolo de forma acústica. Es decir, cuando la centralita enriquece, el motor funciona sin problemas, si enpobrece, entonces tiende a funcionar con tirones. Como consecuencia, la sonda Lambda con capacidad de funcionar transforma su tensión.

Simulación: mezcla rica
La centralita intenta enpobrecer.
El motor no funciona de forma constante. La tensión de la sonda debe señalar 0,1 voltios..

La marcha del motor no cambia.
Compruebe el sensor de temperatura, el mazo de cable y la centralita. Proceda al recambio de las piezas defectuosas.

La tensión de la sonda no cambia.
La temperatura de la sonda es demasiado baja. Calentarla.

Aparece la misma avería a pesar de que la sonda está caliente.
Entonces o la sonda está defectuosa, o el calentador de la sonda no funciona, o se ha producido un fallo en la masa. En cualquiera de estos casos, reemplazar la sonda.



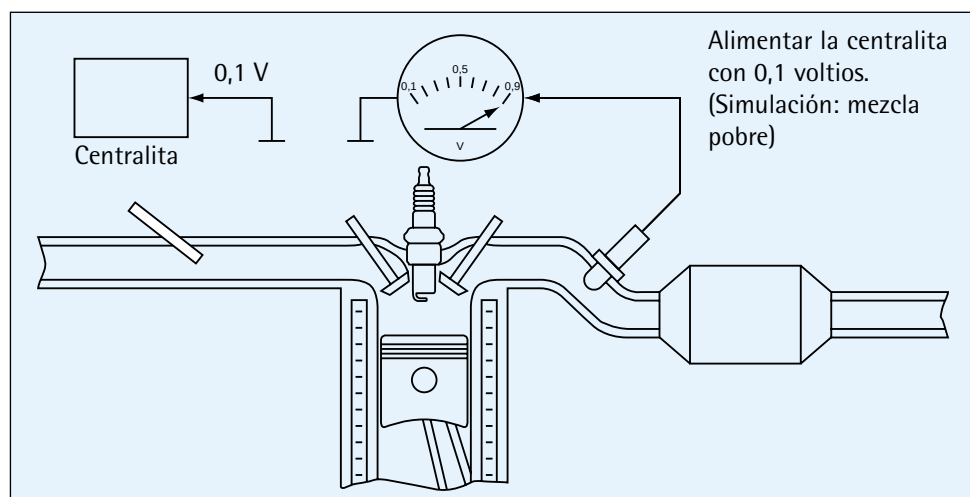
Simulación: mezcla pobre
La centralita intenta enriquecer.
El motor da vueltas de forma constante, sin problemas. La tensión de la sonda debe señalar aprox. 0,9 voltios.

La marcha del motor no cambia.
Compruebe el sensor de temperatura, el mazo de cable y la centralita. Proceda al recambio de las piezas defectuosas.

La tensión de la sonda no cambia.
La temperatura de la sonda es demasiado baja. Calentarla.

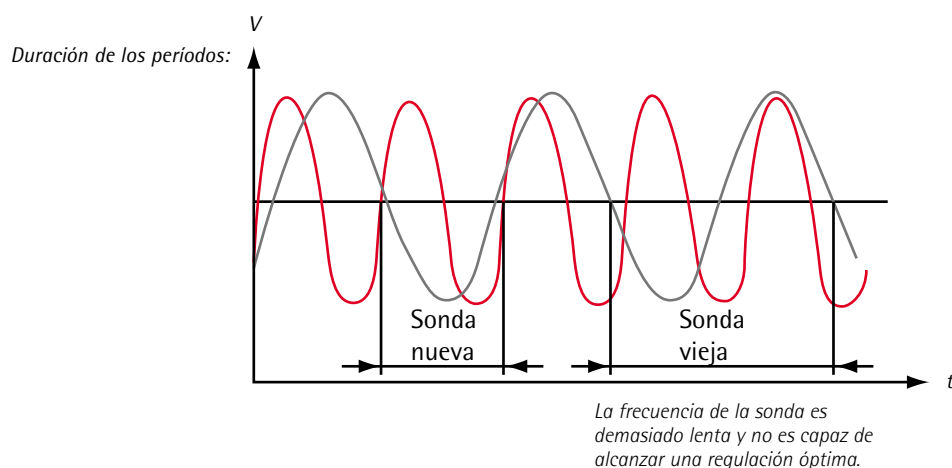
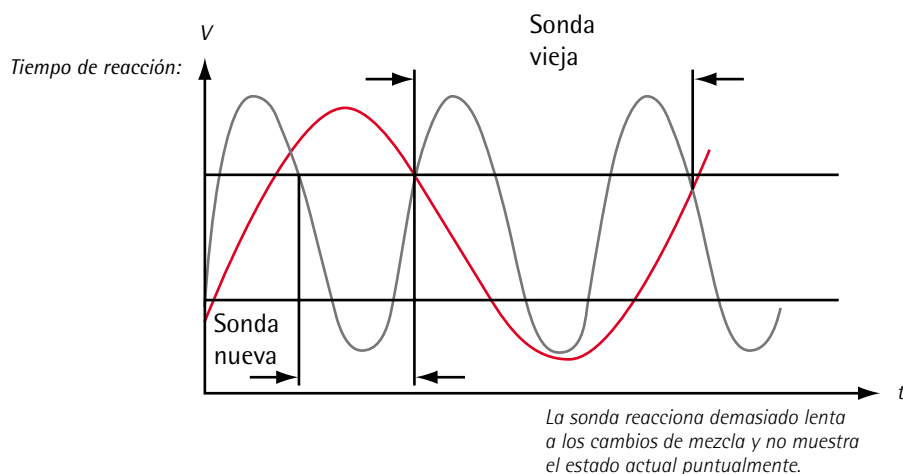
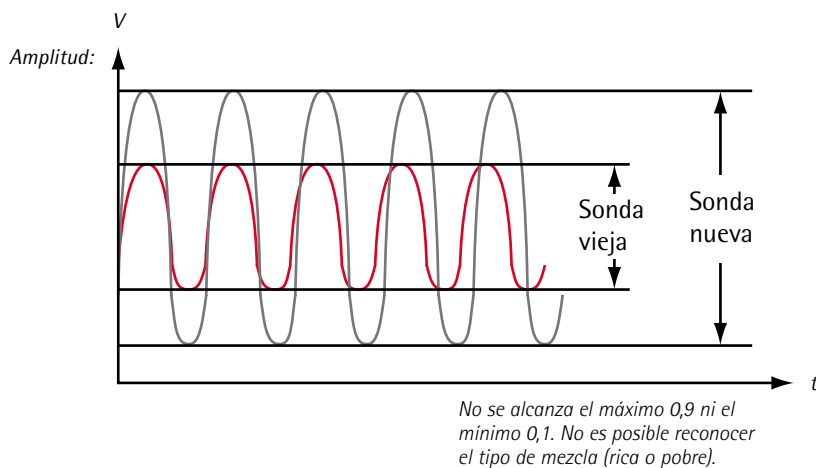
Aparece la misma avería a pesar de que la sonda está caliente.
Entonces o la sonda está defectuosa, o el calentador de la sonda no funciona, o se ha producido un fallo en la masa. En cualquiera de estos casos, reemplazar la sonda.

La sonda sólo alcanza 0,7 voltios de tensión. La sonda se ha desgastado y debe ser reemplazada.



Entra aire que no debería entrar.
El sistema de gases de escape no es estanco. Comprobar la estanqueidad.

Comparación de una sonda nueva con una envejecida teniendo en cuenta parámetros como el reconocimiento de la mezcla, tiempo de reacción y frecuencia de regulación.



Transformación de sustancias contaminantes

La transformación de las sustancias contaminantes tiene lugar en el catalizador. Un catalizador es una sustancia que provoca y/o acelera una reacción química sin participar directamente en ella.

Oxidación = enlace con oxígeno

Reducción = sustracción del oxígeno

CO (Monóxido de carbono) oxida a CO_2 (dióxido de carbono)

HC (Hidrocarburo) oxida a H_2O y CO_2
(Agua y dióxido de carbono)

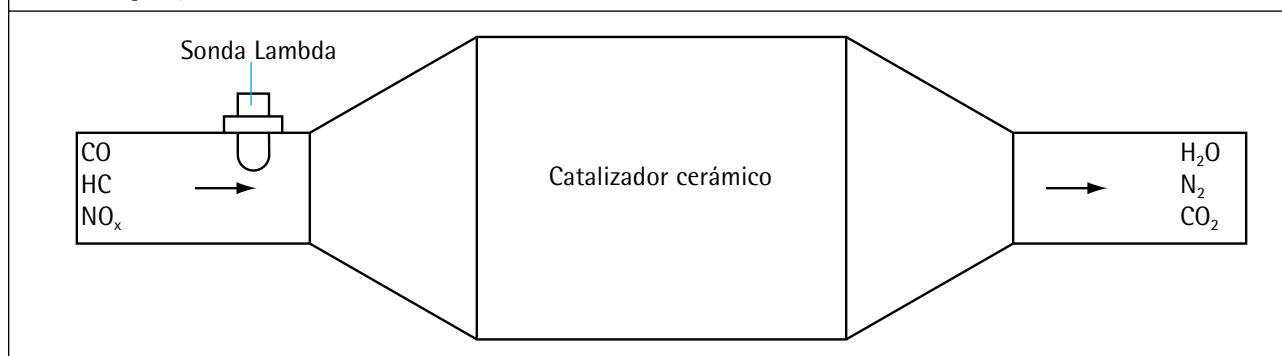
NO_x (Óxidos nítricos) reducen N_2 y O_2
(Óxido nítrico y oxígeno)

Para que se produzcan los empujes de oxígeno, la sonda Lambda tiene que

■ enriquecer

■ enriquecer

El índice de conversión, es decir, la cantidad de sustancias contaminantes transformadas, es de 90-95 % en un catalizador moderno.



Control y análisis del estado del catalizador

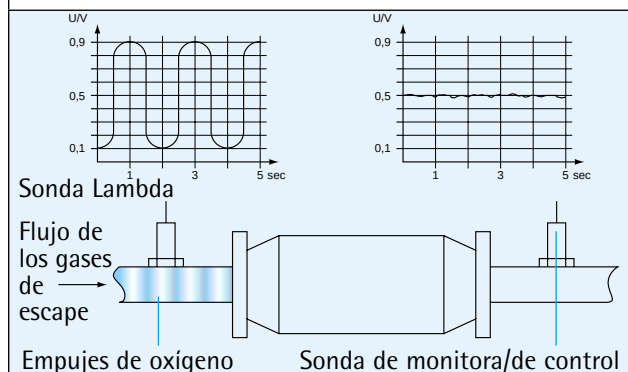
Detrás del catalizador se ha montado otra sonda Lambda, llamada sonda monitora o sonda de control. Esta sonda de monitora/control no se diferencia en construcción y función de la sonda Lambda de regulación montada delante del catalizador. Es decir, las dos sondas muestran una tensión, dependiente del contenido de oxígeno residual. Ya que durante el funcionamiento del motor regulado por Lambda se tienen que realizar permanentemente correcciones de la composición de la mezcla (enriquecer y empobrecer), se modifica, correspondientemente, el contenido de oxígeno residual en los gases de escape (empujes de oxígeno), por lo cual se producen empujes de tensión ininterrumpidamente en la sonda. Debido a la gran capacidad de almacenamiento de oxígeno del nuevo

catalizador, se atenúa casi completamente el contenido de oxígeno modificado detrás del catalizador. Esto trae como consecuencia que la sonda de regulación muestre las oscilaciones de oxígeno por medio de saltos de tensión, mientras que la tensión de la sonda de monitora es más o menos constante.

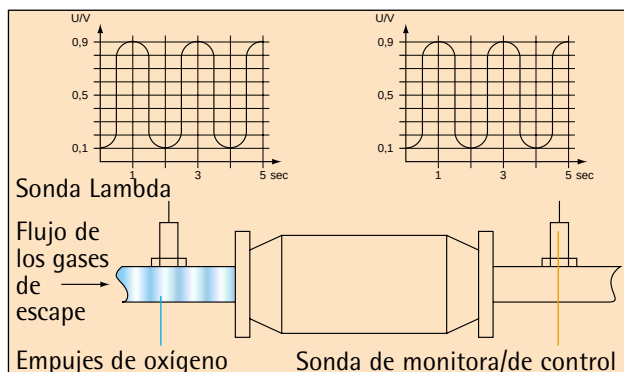
A medida que se desgasta el catalizador la capacidad de almacenamiento de oxígeno disminuye, de igual forma que la atenuación de las oscilaciones de oxígeno. Este fenómeno se puede medir con la sonda monitora situada detrás del catalizador.

Si el catalizador está en una fase avanzada de desgaste, la transmisión de la señal de la sonda de monitora es prácticamente idéntica a la transmisión de la señal de la sonda de regulación.

El catalizador funciona correctamente



Catalizador defectuoso



Averías corrientes de las sondas Lambda

Causas más frecuentes de avería de las sondas Lambda

Diagnóstico	Causa
Sobrecalentamiento	Temperaturas superiores a 950 °C causadas por una avería en la combustión, el punto de encendido o tiempos de válvulas no adecuado
Desgaste químico	Se han realizado demasiados viajes de distancias cortas
Aspiración de aire defectuosa	La sonda no ha sido montada correctamente
Mala conexión de masas	Se produce oxidación en el tubo de gases de escape
Contactos de conexión defectuosos	Se producen oxidaciones en la conexión por enchufe
La cerámica y la vaporización se han averiado	Par de apriete de la sonda demasiado alto
Sedimentación de plomo	Se ha utilizado equivocadamente carburante con plomo
Conexión eléctrica Lambda interrumpida	Mordisco de marta
Obstrucción del cuerpo de la sonda por residuos de aceite	Aceite no combustionado en el motor. Causado por aros de pistón o retenes de válvula desgastados

Lo que indica el estado del tubo protector

Al comprobar los cables de conexión, los enchufes y el soporte de la sonda, también se debe comprobar si el tubo protector de la sonda tiene residuos. Los indicios más importantes:

Indicio	Causa	Remedio
Tubo protector muy oxidado	La mezcla de carburante y aire es demasiado rica. El radiador de la sonda Lambda está defectuoso.	Reemplazar la sonda. De lo contrario existe el peligro de obstrucción y como consecuencia la disminución de la velocidad de reacción.
Resíduos brillantes sobre el tubo protector	Se ha empleado carburante con plomo. Esto ha atacado y destruido las capas de platino de la sonda Lambda y eventualmente también del catalizador	Cambiar urgentemente la sonda. Comprobar el catalizador.
Resíduos claros sobre el tubo protector	Hay aceite en la cámara de combustión o se ha utilizado un aditivo determinado de carburante.	Cambiar urgentemente la sonda. Comprobar el catalizador. Comprobar si el motor pierde aceite.



Tubo protector muy oxidado



Resíduos claros



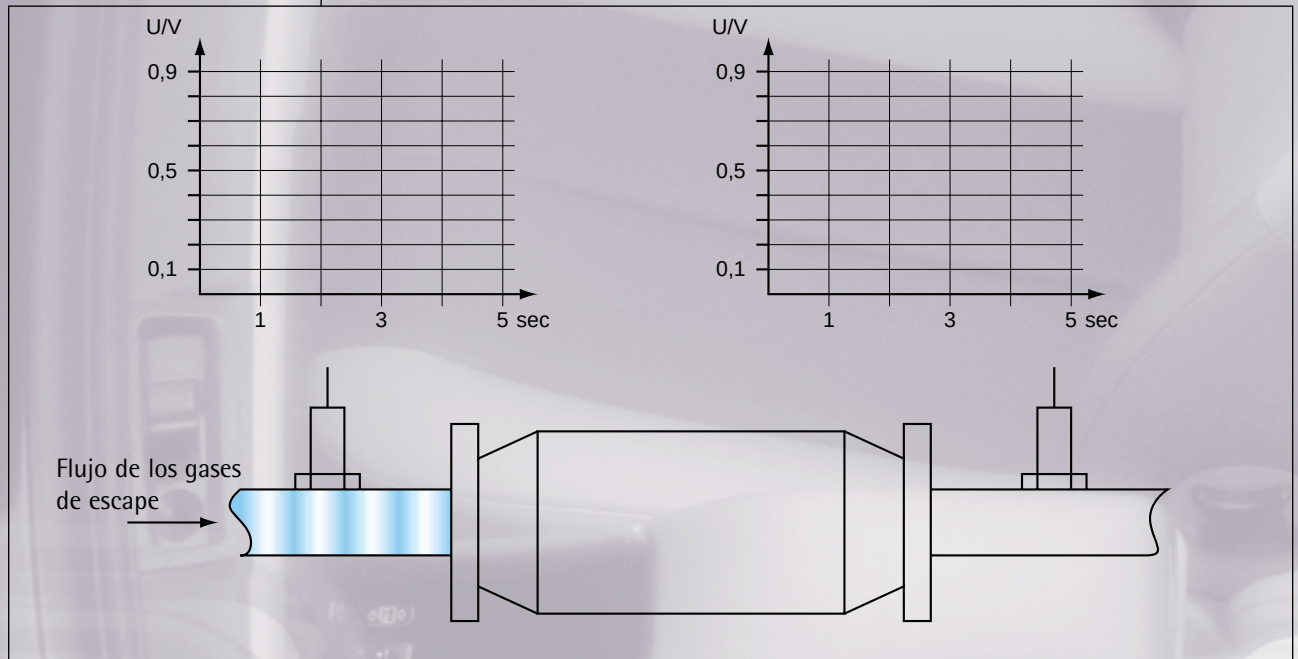
Montaje inadecuado

Para evitar que se produzcan daños en la sonda Lambda durante el montaje e instalación, observe el par de apriete y utilice herramientas adecuadas, si necesario.

Autoevaluación



Dibuja todas las curvas de un catalizador intacto.
(La sonda y el catalizador tienen temperatura de servicio!)



2

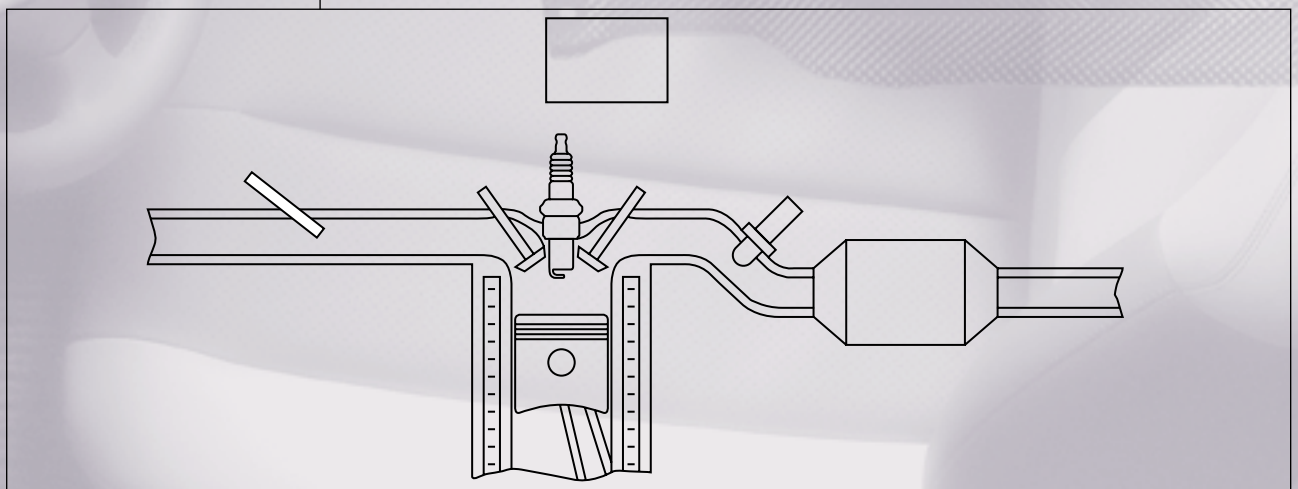
¿Como se llaman las dos sondas ...

... delante del catalizador? _____ sonda

... detrás del catalizador? _____ sonda

3

Nombre las partes de la regulación Lambda y
relaciónelas unas con otras!



4

Con una tensión de sonda de 0,1 voltios el tipo de mezcla es ...

5

Con una tensión de sonda de 0,9 voltios el tipo de mezcla es ...

6

¿Qué tres gases transforma el catalizador de tres vías en sustancias no contaminantes?

_____,
_____, y
_____.

7

¿Cuál es el orden del índice de conversión para vehículos con elaboración de mezcla y catalizador normalizados?

☐

10-50 %

☐

60-70 %

☐

90-95 %

☐

100 %

8

¿A partir de qué temperatura garantiza la sonda Lambda un funcionamiento seguro?

☐

aprox. 10 °C

☐

aprox. 800 °C

☐

aprox. 250 °C

☐

a partir de 900 °C

9

La centralita del motor calcula a través de la señal de la sonda Lambda ...

☐

... ininterrumpidamente la composición de los gases de escape.

☐

... si el motor trabaja con una combustión a golpeteos.

☐

... si se debe enriquecer o empobrecer la mezcla de carburante y aire.

10

¿De qué color es el cable de señal de la sonda Lambda?

☐

Blanco

☐

Gris

☐

Negro

11

¿Qué se entiende por ventana λ ?

☐

El catalizador sólo puede trabajar en este campo.

☐

En esta zona, la transformación de los tres componentes dañinos de los gases de escape en menos dañinos es la más adecuada.

12

¿Cuáles de estos gases se consideran contaminantes?

☐

CO

☐CO₂☐

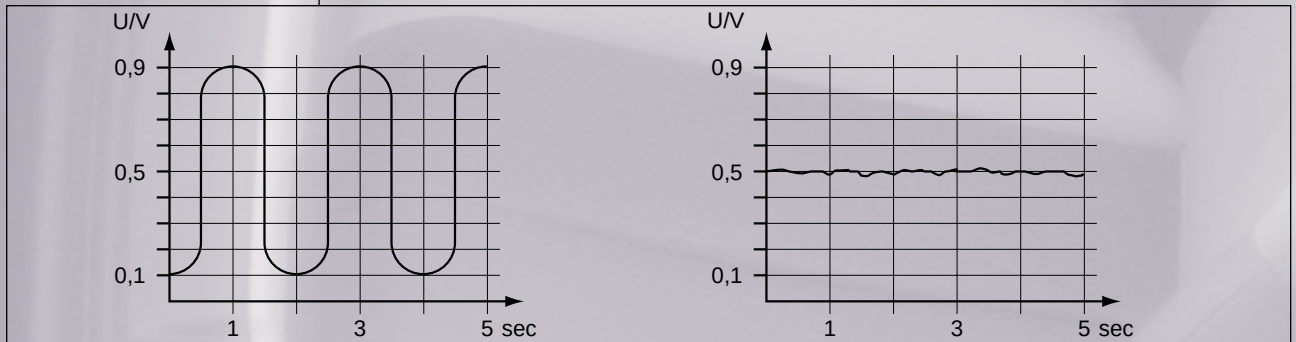
CH

☐NO_x☐N₂O

Soluciones

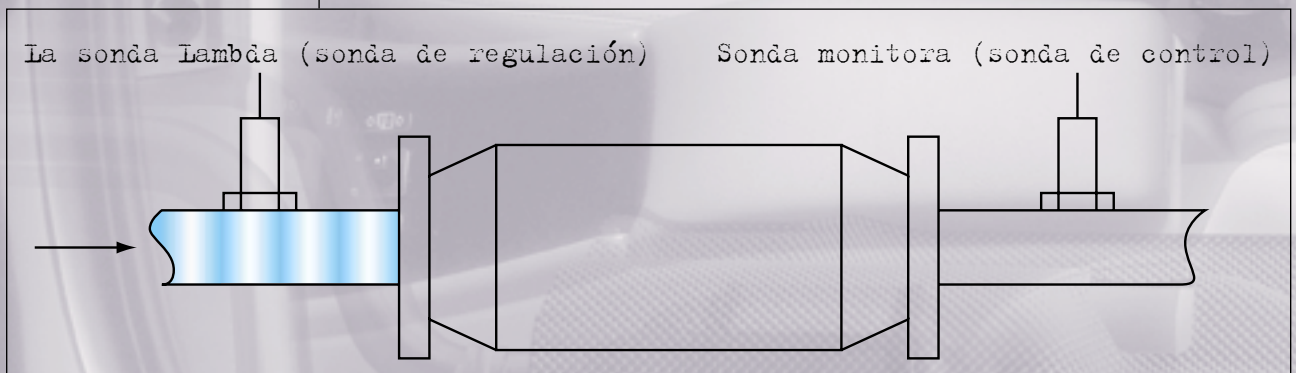
1

Dibuja todas las curvas de un catalizador intacto.
(La sonda y el catalizador tienen temperatura de servicio!)



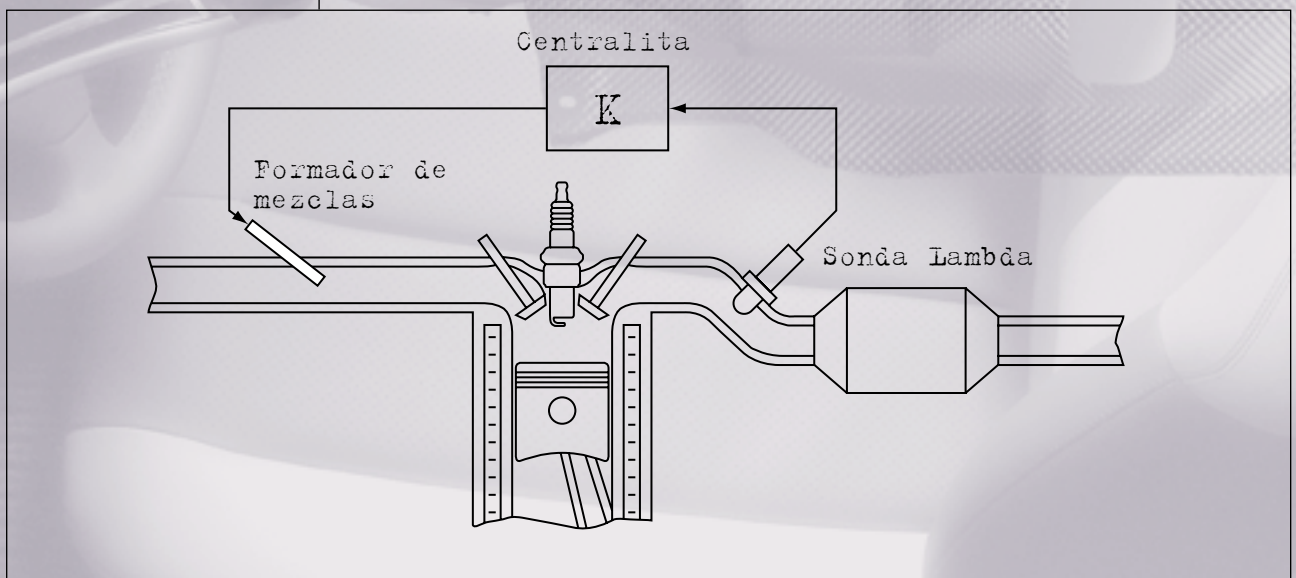
2

¿Como se llaman las dos sondas ...



3

Nombre las partes de la regulación Lambda y
relaciónelas unas con otras!



4

- Con una tensión de sonda de 0,1 voltios el tipo de mezcla es ...
... pobre, ya que la cantidad de oxígeno en el gas de escape es mayor.

5

- Con una tensión de sonda de 0,9 voltios el tipo de mezcla es ...
... rica, ya que la cantidad de oxígeno en el gas de escape es menor.

6

- ¿Qué tres gases transforma el catalizador de tres vías en sustancias no contaminantes?
Monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxido nítrico (NO_x).

7

- ¿Cuál es el orden del índice de conversión para vehículos con elaboración de mezcla y catalizador normalizados?

- ☐ 10-50 % ☐ 60-70 %
☒ 90-95 % ☐ 100 %

8

- ¿A partir de qué temperatura garantiza la sonda Lambda un funcionamiento seguro?

- ☐ aprox. 10 °C ☐ aprox. 800 °C
☒ aprox. 250 °C ☐ a partir de 900 °C

9

- La centralita del motor calcula a través de la señal de la sonda Lambda ...

- ☐ ... ininterrumpidamente la composición de los gases de escape.
☐ ... si el motor trabaja con una combustión a golpeteos.
☒ ... si se debe enriquecer o empobrecer la mezcla de carburante y aire.

10

- ¿De qué color es el cable de señal de la sonda Lambda?

- ☐ Blanco
☐ Gris
☒ Negro

11

- ¿Qué se entiende por ventana λ ?

- ☐ El catalizador sólo puede trabajar en este campo.
☒ En esta zona, la transformación de los tres componentes dañinos de los gases de escape en menos dañinos es la más adecuada.

12

- ¿Cuáles de estos gases se consideran contaminantes?

- ☒ CO ☐ CO_2
☒ CH ☒ NO_x
☐ N_2O

Perfektion eingebaut

Perfo

Perfektion ein



BERU Aktiengesellschaft
Mörikestraße 155
D-71636 Ludwigsburg
Teléfono: ++49-7141-132-366
Fax: ++49-7141-132-760
www.beru.com