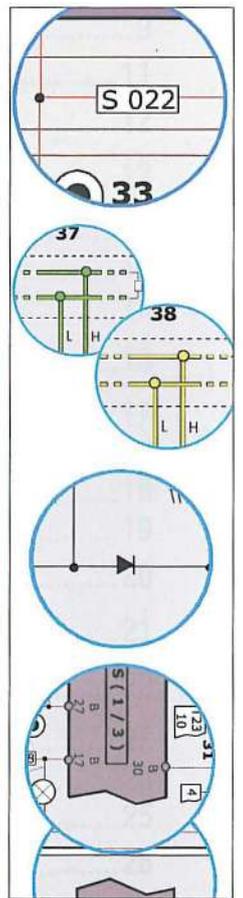


Cursos de formación para profesionales de la reparación

Electricidad y sensores en el automóvil



TEXA

8. Sensores de presión piezorresistivos	36
8.1 Tipos de sensores de presión	37
8.1.1 Sensores de presión micro mecánicos	37
8.1.2 Sensores de presión de membrana metálica	39
8.2 Diagnóstico genérico sensores de presión	40
9. Sensores de masa de aire	40
9.1 Medidor masa de aire por hilo caliente HLM.....	41
9.2 Medidor de masa de película caliente HFM2/5	42
9.2.1 Diagnóstico sensor HFM5	44
9.3 Medidor masa de película caliente digital HFM6	44
9.3.1 Diagnóstico del sensor HFM6	45
9.4 Medidor masa de aire digital Siemens.....	46
9.4.1 Diagnóstico sensor masa de aire Siemens.....	47
10. Sensores inductivos pasivos.....	48
10.1 Sensores inductivos pasivos aplicados al automóvil	50
10.2 Diagnóstico genérico de los sensores inductivos pasivos.....	50
11. Sensores inductivos activos.....	51
11.1 Diagnóstico del sensor de inicio de inyección	53
12. Sensores magneto estáticos de efecto hall.....	54
12.1 Sensores hall aplicados al automóvil	55
12.2 Diagnóstico genérico de los sensores hall.....	59
13. Sensores magneto estáticos de efecto resistivo.....	60
13.1 Sensores magneto resistivos aplicados al automóvil	60
14. Sensores de inductancia variable	64
14.1 Sensor de nivel de suspensión ECAS.....	64
14.2 Diagnóstico genérico del sensor de inductancia variable	65
15. Sensores piezoeléctricos	65
15.1 Sensores piezoeléctricos aplicados al automóvil	66
15.2 Diagnóstico genérico el sensor piezoeléctrico	67

Leyenda:



Atención



Informaciones / Notas

1. Energía eléctrica

1.1 Conceptos básicos de energía eléctrica

Para comprender el concepto de energía eléctrica se puede recurrir a una analogía con los sistemas hidráulicos. Se tienen dos depósitos de agua, A y B, y A está situado a una altura superior que B. El depósito de agua A, situado a una determinada altura con respecto del suelo, presenta una determinada energía potencial, o bien; si se hace circular el agua a través de un tubo hacia el depósito B situado por debajo del depósito A, mostrará algunas propiedades como: la velocidad con que circula y, por lo tanto, la cantidad de agua entregada por el tubo en unidad de tiempo.



Hay que destacar que, a igualdad de condiciones, cuánto más alto se encuentra el depósito A, mucha mayor será la velocidad del agua y por consiguiente también aumentará el caudal. La estructura del tubo determina el caudal máximo de agua.

Circulando, el agua produce energía, y aumentando la altura del depósito A también aumenta la energía generada en la caída. Pero hasta que el agua no circula a través del tubo, esta energía permanece en estado virtual, y se conoce como energía potencial. Por lo tanto, al aumentar la altura, también aumenta la energía potencial del agua presente en el depósito A.

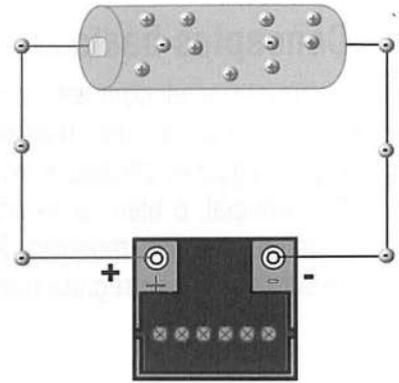
Mientras que se mantiene un desnivel fijo entre los dos depósitos del líquido, la circulación de agua en el tubo y, por lo tanto, el caudal se mantendrá constante.

En el circuito eléctrico hallamos una condición análoga a la descrita por los depósitos de agua. Las cargas eléctricas diferentes (positivas y negativas) presentes en los bornes de un generador, hacen asumir a los dos polos un potencial eléctrico y, mientras que se mantenga esta tensión o diferencia de potencial aplicada a los extremos de un conductor, se obtendrá una circulación de corriente eléctrica.

1.2 Corriente eléctrica

Imaginemos que aplicamos a un conductor una fuerza de tipo eléctrico, (ej. con una batería), los electrones, que tienen cargas negativas, serán repelidos por el terminal negativo y atraídos en cambio por el terminal positivo. Esto generará un flujo de electrones en un único sentido: este movimiento ordenado es conocido como Corriente Eléctrica.

Corriente eléctrica es el movimiento de cargas eléctricas a través de un conductor. La unidad de medida que la define es el Culombio (Q).



Intensidad es la cantidad de corriente eléctrica que recorre un conductor en unidad de tiempo. El símil hidráulico de la intensidad es el caudal de agua que circula entre dos depósitos situados a diferente altura. La unidad de medida que define la intensidad es el Amperio.

La relación matemática que describe esta propiedad es:

$$I = \frac{Q}{t}$$

La unidad de medida es el Amperio. La corriente se indica con la letra I. Un Amperio equivale a una corriente eléctrica de 1Q que atraviesa un conductor en 1 segundo (t).

Para comprender el concepto de corriente eléctrica por ejemplo imaginemos la sala de un teatro, dónde los asientos están puestos en fila uno frente al otro, todos ocupados menos el primer asiento. La persona sentada detrás de este asiento libre, para ver mejor, se levantará para ir a ocupar el asiento de enfrente y dejará detrás suyo un asiento vacío; la persona que se sentó detrás de él a su vez, para ver mejor, hará lo mismo y dejará detrás suyo el asiento vacío; esta secuencia se repetirá hasta que el asiento vacío sea el último de la fila.

Las personas que se desplazan hacia adelante se pueden comparar con las cargas negativas, es decir, a los electrones que se desplazan dentro del conductor; pero del mismo modo podemos comparar el último asiento que queda vacío, como la carga positiva, o mejor el hueco, la falta del electrón en el átomo, que se desplaza por el mismo conductor.

Es necesario tener presente que en la naturaleza la materia tiende a restablecer un equilibrio de carga en cuanto es posible. Por tanto, si un cuerpo con una carga negativa y uno con una carga positiva por ejemplo, son conectados mediante un hilo de cobre (conductor) los electrones en exceso en el cuerpo negativo tenderán a moverse por el hilo hacia el objeto positivo hasta que se recupere el equilibrio entre las cargas de ambos objetos.

Amperio: múltiplos y submúltiplos		
Símbolo	Valor en Amperios	Ejemplo
1 kA	1000 A	1 kA consumo máximo de corriente del motor de arranque de camión
100 A	100 A	consumo de corriente de un motor de arranque para motor de gasolina de media cilindrada
10 A	10 A	consumo de dos luces de cruce
1 A	1 A	1 A consumo de dos luces de matrícula
100 mA	0,100 A	150 - 250 A consumo de la bobina de un relé
10 mA	0,010 A	15 mA consumo de reloj
1mA	0,001 A	8 - 10 mA consumo diodo led
1µA	0,000001 A	Corriente de las señales electrónicas internas de la centralita

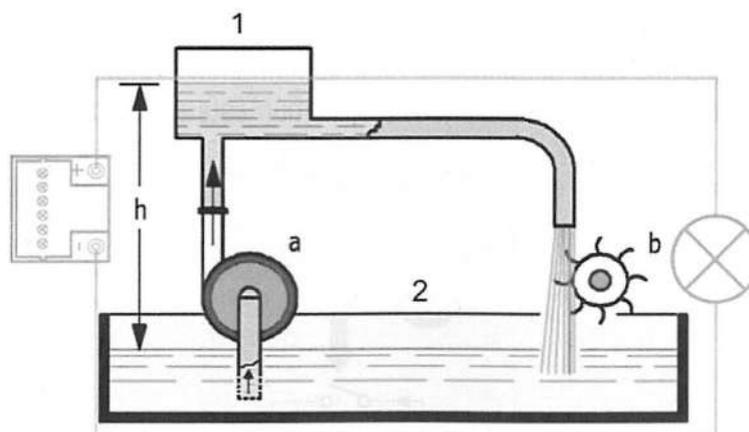
Conclusiones:

- La corriente eléctrica corresponde al movimiento de los electrones libres, en los conductores, que atraviesan un circuito desde el polo negativo hacia el polo positivo. Por convención el sentido de la corriente es en cambio del positivo hacia el negativo.
- Su símbolo más empleado es *I*.
- Su unidad de medida es el amperio que se indica con A.
- El instrumento que se utiliza para medirla es el amperímetro.

1.3 Tensión eléctrica

Es la fuerza electromotriz que permite la circulación de electrones a través de un conductor. Por tanto para asegurar una circulación de corriente por un circuito eléctrico, es necesario el empleo de un dispositivo llamado generador eléctrico, capaz de proporcionar una fuerza electromotriz (f.e.m) que proporcione una diferencia de potencial constante. La unidad de medida que define la **f.e.m es el Voltio**.

El símil hidráulico aclara perfectamente estos conceptos. Los depósitos 1 y 2 están instalados a diferentes alturas. Debido a ello circulará una corriente de agua desde el depósito 1 al 2 que cesará cuando se haya vaciado por completo el depósito 1. Para mantener constante la circulación de agua, es necesario que funcione la bomba *b*, aspirando el agua del depósito 2 e impulsándola al depósito 1, manteniendo así la diferencia de altura.



La diferencia de altura del nivel inferior del agua con el superior (**h**) es comparable a la diferencia de potencial. Luego para que se genere un flujo de electrones (Corriente), es necesaria una diferencia de potencial (d.d.p.) o fuerza electromotriz (f.e.m.).

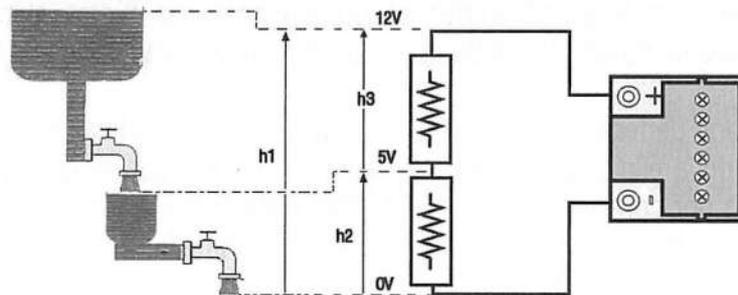
- **Bomba (a) = Generador eléctrico (Dinamo)**
- **Líquido = Corriente eléctrica**
- **Tubos = Material conductor (Hilo de Cobre)**
- **Turbina (b) = Consumo (Motor eléctrico bombilla)**
- **Desnivel (h) = Diferencia de Potencial (Tensión aplicada por el Generador eléctrico)**

Como se ha demostrado en el ejemplo anterior, existe una similitud entre el circuito eléctrico y el hidráulico que se resume:

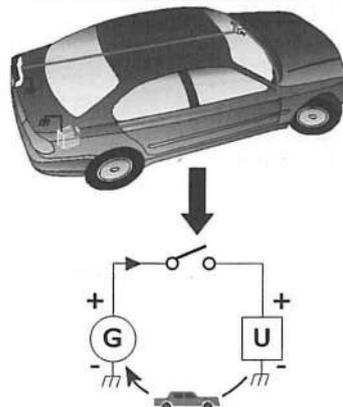
$$\begin{array}{l} \text{Diferencia de potencial} = \text{Diferencia de presión} \\ \text{Voltio} = \text{Bar} \end{array}$$

En el caso de un generador la d.d.p. es aquella existente entre el polo positivo y el polo negativo. Este último, convencionalmente, tiene potencial cero y es llamado comúnmente masa. La d.d.p que presenta entre bornes un generador en vacío (sin circulación de corriente por el circuito) se conoce como fuerza electromotriz (f.e.m).

Ejemplo: En un vehículo, si colocamos respectivamente las puntas del multímetro sobre el borne positivo y sobre el negativo de la batería, encontraremos una tensión aproximada de 12V (h1). En el mismo sistema eléctrico podríamos encontrar otro punto del circuito donde la tensión es 5V (h2) siempre respecto al borne negativo. Si ahora medimos el d.d.p. entre el positivo de batería y este último punto tendremos una d.d.p. de 7V (h3).



Reconduciendo el mismo ejemplo dentro del vehículo, podemos considerar que en vez del cable del terminal negativo, indispensable para garantizar el paso de corriente, se utilizada en cambio la estructura de la carrocería del vehículo como elemento conductor común éste se conoce comúnmente como masa eléctrica.



Voltios: múltiplos y submúltiplos		
Símbolo	Valor en Volt	Ejemplo
1 kV	1000 V	15 kV tensión de pico en un sistema de encendido electrónico
	100 V	80 V tensión de mando de los inyectores Common Rail
	10 V	12 V alimentación de la red eléctrica de un turismo
1 V	1 V	1 V tensión máxima de una sonda lambda tradicional
100 mV	0,100 V	600 mV caída de tensión en bornes de un diodo
10 mV	0,010 V	20 mV tensión máxima admitida en un cable de masa
1 mV	0,001 V	10 mV señal de una antena de radio no amplificada

Conclusiones:

- *La tensión eléctrica es la diferencia de potencial de las cargas de signo opuesto presentes entre dos puntos.*
- *Su símbolo más empleado es V.*
- *Su unidad de medida es el Voltio.*
- *El instrumento que se utiliza para medirla es el voltímetro.*

1.3.1 Generadores de tensión

Un aparato que tiene el objetivo de producir y mantener entre sus bornes una tensión eléctrica y por lo tanto generar energía eléctrica es conocido como **generador de tensión**.

Ya que la energía no puede ser creada o destruida, los generadores de tensión no son otros que los aparatos que convierten en energía eléctrica otras formas de energía (química, solar, mecánica, etc...). En el sector de los vehículos a motor, existen varios tipos de generadores de tensión que se enumeran a continuación:

1. Proceso FOTOELÉCTRICO. La célula solar:

Transforma la energía luminosa en energía eléctrica. Tiene una tensión de célula en vacío equivalente a aproximadamente 0,5 V. Cabe observar que una célula solar está especialmente construida para ser sensible a la luz del sol; por lo tanto, en presencia de luz artificial su rendimiento es muy bajo. Algunas de las aplicaciones más importantes en el sector del automóvil son para sensores de encendido automático de luces, sensores de irradiación solar (climatizador)...



2. Proceso PIEZOELÉCTRICO. Cristales piezo:

Transforman las vibraciones en energía eléctrica y viceversa. Algunos cristales generan cargas eléctricas entre sus superficies cuando son sometidos a presiones o vibraciones mecánicas. Las cargas generadas son proporcionales a la intensidad de la fuerza aplicada al cristal, y la polaridad se invierte al invertirse el sentido de la presión o de la tensión. Algunas de las aplicaciones más importantes en el sector del automóvil son para sensores de detonación, sensores de impacto (airbag)...



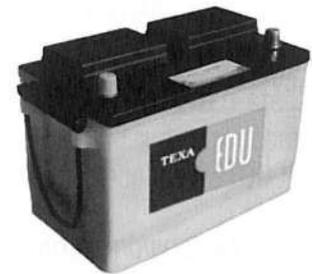
3. Proceso ELECTROQUÍMICO. La pila y el acumulador:

La pila tiene una energía interna que normalmente no puede restablecerse. Existen diferentes tipos de pilas, los más difundidos son:

- pila de cinc-carbón, con tensión de la célula de 1,5V;
- pila alcalina, con tensión de la célula de 1,4V;
- pila de litio, con tensión de la célula de 3V.

El acumulador: respecto a la pila tiene la ventaja de ser recargable. Los tipos más utilizados son:

- acumulador de plomo, con tensión de la célula de 2V (utilizados sobre todo en los automóviles);
- acumulador de níquel-cadmio, con tensión de la célula de 1,2V.



4. Proceso INDUCTIVO

Este generador funciona en base al principio de la inducción electromagnética, según el cual en un conductor eléctrico sometido a un campo magnético variable se induce una tensión alterna. Algunas de las aplicaciones más importantes en el sector del automóvil son para sensores de rpm, alternadores.



1.4 Resistencia eléctrica

Pero si todo lo que se ha sido explicado hasta ahora es verdadero, ¿por qué se consigue, conectando entre los dos polos de la batería de un vehículo un cable de cobre y un cable de goma, una reacción completamente diferente? Llegados a este punto es necesario introducir un nuevo concepto definido comúnmente: **resistencia eléctrica**.

Como se ha indicado en los capítulos anteriores, la corriente eléctrica sólo puede fluir en un circuito eléctrico si existen cargas eléctricas libres; por lo tanto está claro que, para la conducción eléctrica es esencial la naturaleza de las cargas eléctricas y el medio en que se mueven. Por ello las propiedades eléctricas de la materia determinan que todos los cuerpos manifiestan cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica. Eso es debido en parte al hecho que las cargas eléctricas, en su movimiento ordenado, necesario para producir una corriente, están sometidas a una especie de "roce" interior por parte del material.

En conclusión, se define resistencia eléctrica de un cuerpo **la propiedad del cuerpo mismo de oponerse al paso de la corriente eléctrica**.

Resulta evidente por lo tanto que, cuánto más alto es el valor de resistencia de un cuerpo, más baja será la corriente que logra atravesarlo.

El símbolo comúnmente empleado es R, mientras la unidad de medida utilizada es el Ohm que se indica con la letra Ω (omega).

La resistencia depende ante todo del tipo de conductor empleado por los circuitos eléctricos y considerando la resistencia de dimensiones iguales se puede determinar una tabla de las características de los materiales (tabla 3).

Se define resistividad la capacidad de un material, independientemente de sus dimensiones, de oponerse al paso de la corriente eléctrica. La resistividad se indicada con la letra griega ρ (ro) cuya unidad de medida es $\Omega \cdot mm^2/m$.

Material	Resistividad a 20°C	
	$\Omega \cdot m$	$\Omega \cdot mm^2/m$
Plata	$1,6 \cdot 10^{-8}$	0,016
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	0,017
Oro	$2,4 \cdot 10^{-8}$	0,024
Alluminio	$2,8 \cdot 10^{-8}$	0,028
Tngsteno	$5,1 \cdot 10^{-8}$	0,051
Cinc	$6 \cdot 10^{-8}$	0,06
Platino	$10 \cdot 10^{-8}$	0,10
Hierro	$10 \cdot 10^{-8}$	0,10
Acero	$18 \cdot 10^{-8}$	0,18
Plomo	$22 \cdot 10^{-8}$	0,22

En un cable conductor el valor de la resistencia también está influenciado por la longitud del mismo. El conductor más corto, con la misma tensión aplicada, es atravesado por una corriente mayor y esta, por tanto, dotado de una menor resistencia.

Además hace falta subrayar que el valor de resistencia de un cuerpo, a igualdad de condiciones físicas (tipología, longitud, sección) varía también al variar su temperatura; por ello cada medición efectuada siempre va referida a determinados valores de temperatura ambiente.

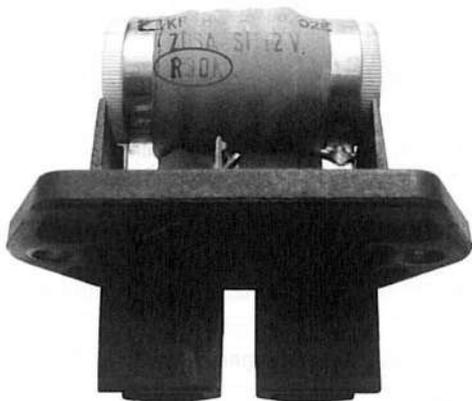
La resistencia característica de una bobina viene expresada en Ohm para 20°C. Las medidas eléctricas sobre esta en caliente, serían falseadas e inútiles. Normalmente la resistencia en los conductores tiene una progresión proporcional al aumento de la temperatura, por lo que cuanto más alta es esta, mayor es el incremento de la resistencia.

Ohm: múltiplos y submúltiplos		
Símbolo	Valor en Ohm	Ejemplo
MΩ	1.000.000 Ω	Resistencias empleadas en placas electrónicas
	100.000 Ω	Resistencias empleadas en placas electrónicas
	10.000 Ω	Resistencias empleadas en placas electrónicas
kΩ	1.000 Ω	4 - 6 kΩ secundario bobina sistemi Marelli iaw 4
	100 Ω	200 - 300 Ω sensor temperatura agua a 90°C
	10 Ω	16 Ω resistencia inyector multipunto
Ω	1	1,2 Ω resistencia ballast del inyector monojetronic
	0,1 Ω	0,3 Ω resistencia inyector common rail
	0,01 Ω	
mΩ	0,001 Ω	

Ohm: múltiplos y submúltiplos		
Símbolo	Valor en Ohm	Ejemplo
MΩ	1.000.000 Ω	Resistencias empleadas en placas electrónicas
	100.000 Ω	Resistencias empleadas en placas electrónicas
	10.000 Ω	Resistencias empleadas en placas electrónicas
kΩ	1.000 Ω	4 - 6 kΩ secundario bobina sistemi Marelli iaw 4
	100 Ω	200 - 300 Ω sensor temperatura agua a 90°C
	10 Ω	16 Ω resistencia inyector multipunto
Ω	1	1,2 Ω resistencia ballast del inyector monojetronic
	0,1 Ω	0,3 Ω resistencia inyector common rail
	0,01 Ω	
mΩ	0,001 Ω	

1.4.1 Resistencias eléctricas aplicadas a circuitos

En función de la energía eléctrica no todos los materiales se comportan de manera idéntica a lo expuesto anteriormente en el punto 1.4. Los mismos conductores, a su vez, pueden de manera diferente uno del otro, hacer circular, con más o menos facilidad, la corriente eléctrica en su interior. Esta característica, como se ha visto, depende de la resistividad del propio material. En los circuitos eléctricos pueden

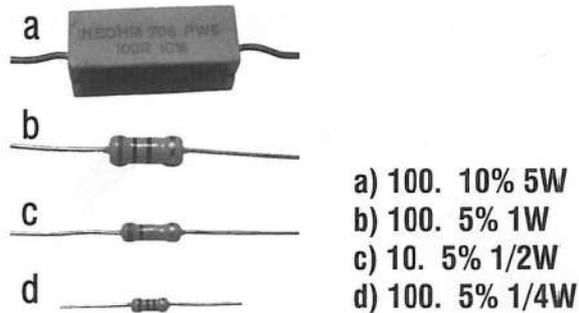


presentarse dos exigencias contrapuestas: la primera es tener los cableados o conductores con valores resistivos bajos, la otra es tener tensiones específicas, diferentes de las de alimentación o limitaciones de las corrientes efectivas y el modo más simple para conseguirla es insertar componentes que tienen resistencias calibradas para crear las caídas de tensión determinadas. Naturalmente, el valor de una resistencia no es cuantificable sin un aparato de medida adecuado: como se ha visto anteriormente hace falta tener un ohmetro, pero para la inmensa mayoría de componentes resistivos presentes en el mercado es posible ver su valor visualizando externamente el componente.

Las resistencias presentan unas franjas pintadas definidas por una norma que indica su valor óhmico. Es posible encontrar resistencias con cinco y cuatro franjas pintadas. Las resistencias con cinco franjas tienen un nivel de precisión mayor identificable por la quinta franja (0,05 - 2%); los primeros tres colores, en cambio, equivalen al valor de la resistencia junto a la cuarta banda que indica el número de ceros a añadir. Lo mismo es aplicable a las resistencias de cuatro bandas dónde la tolerancia de precisión, que se encuentra aquí también sobre la última franja, puede ser de color oro, 5%, plata, 10%, o bien no estar presente (20%).

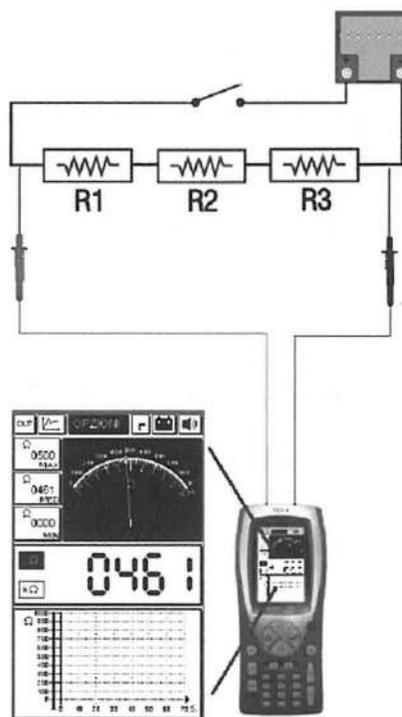
En algunos casos, sobre todo en resistencias cerámicas, es fácil encontrar el valor escrito en cifras seguido por una R mayúscula, donde la letra indica la coma que precede a los decimales: como por ejemplo 36R= 36 ; 1R2= 1,2 o bien R30K=0,30K (resistencia de la primera velocidad del electro ventilador de refrigeración motor).

Es posible deducir, por lo tanto, que las dimensiones de la resistencia da una idea de la potencia disipable en watt.



1.4.2 Circuitos resistivos serie paralelo

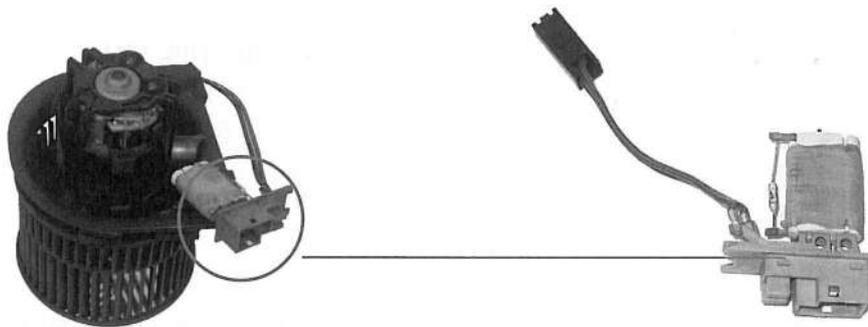
Circuito serie: un circuito serie es aquel en que la corriente total, para cerrar su camino hacia el generador, ha de pasar por cada uno de los componentes del circuito. Es decir, un circuito serie se construye de modo que cada terminal de un componente esté conectado sólo con un terminal de otro componente; de esta manera, las resistencias forman una cadena a través de las cuales circula la misma corriente. Un cortocircuito de un componente en un circuito serie hace aumentar la tensión en los extremos de los demás



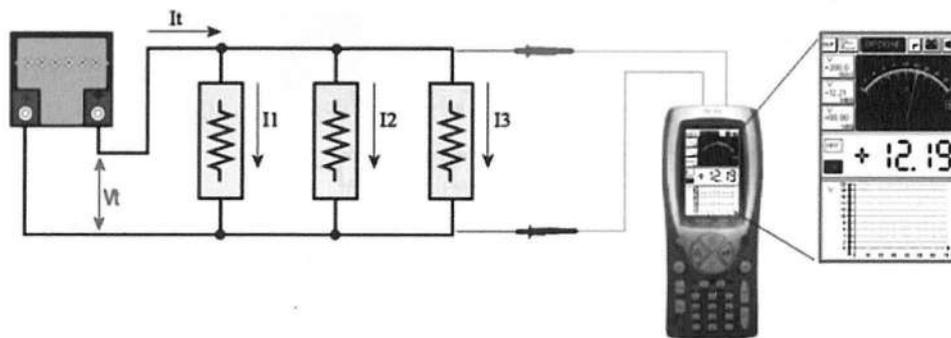
Conclusiones:

- *Dos o más resistencias están conectadas en serie cuando son atravesadas por la misma corriente y tienen en común solamente un terminal.*
- *La resistencia total (equivalente) se obtiene de la suma de todas las resistencias del circuito.*
- *La corriente absorbida disminuye al aumentar el número de resistencias en serie.*

Un ejemplo práctico de resistencias conectadas en serie en el campo de la automoción son las resistencias que regulan las distintas velocidades del electro ventilador de refrigeración motor o del sistema climatizador.



Circuito paralelo: en un circuito paralelo, los dos terminales de un componente están conectados a los dos terminales de cualquier otro componente. En los extremos de cada resistencia está presente la misma tensión de alimentación y valores diferentes de intensidad.

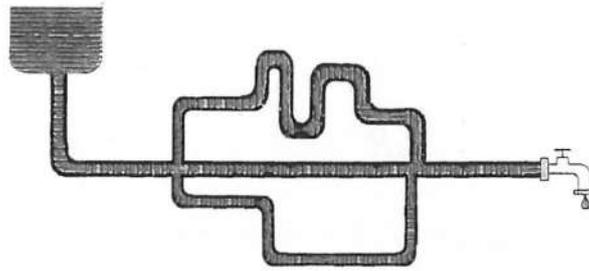


El cálculo relativo a la resistencia total en paralelo es la siguiente:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Cabe destacar que, en general, la resistencia total presentará siempre un valor menor que el presente en la resistencia más pequeña.

Cualquier resistencia que añadimos en paralelo aumenta la posibilidad de los electrones de circular. Reutilizando la analogía con un circuito hidráulico, insertando tubos de sección reducida (resistencia alta) el caudal será siempre mayor que el anterior.



De la fórmula anterior se obtiene una versión simplificada en el caso de un circuito paralelo con dos resistencias:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

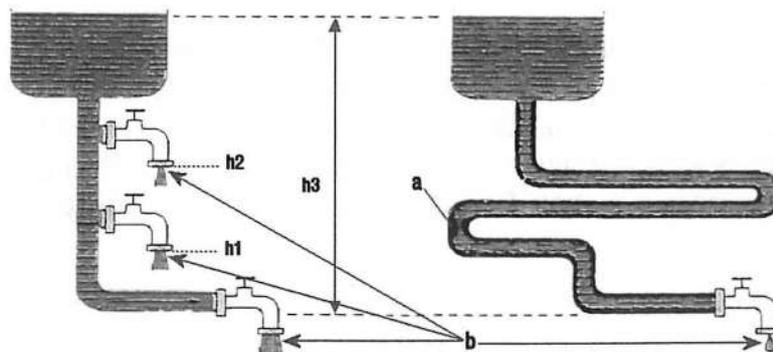
En el caso de dos resistencias iguales en paralelo, la resistencia total será la mitad del valor de una resistencia. Ejemplo: si $R_1 = R_2 = 20 \text{ Ohm}$; entonces $R_t = 10 \text{ Ohm}$.

Conclusiones:

- *Dos o más resistencias están conectadas en paralelo cuando están sometidas a la misma tensión y tienen en común dos terminales.*
- *La resistencia total es siempre inferior a la resistencia más pequeña presente en el circuito.*
- *La corriente aumenta al aumentar el número de resistencias en paralelo.*

2. Ley de Ohm

Es fácil intuir que en un circuito hidráulico cuanto mayor es el desnivel de h (Tensión) entre el grifo y el depósito, mayor será el caudal b (Corriente). Igualmente deducible es que cuantas más curvas (a) presente el tubo (Resistencia) menor será el caudal. Las consideraciones realizadas en este circuito hidráulico constituyen, en práctica, el puente hacia la ley fundamental de la electrónica, la ley de Ohm.



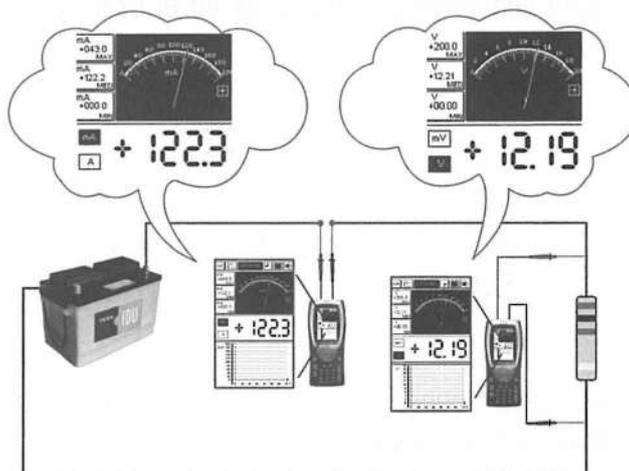
La ley de Ohm expresa la relación que existe en un circuito entre la intensidad, tensión y resistencia: "Entre dos puntos de un circuito, la intensidad de corriente que circula es directamente proporcional a la tensión existente entre los mismos e inversamente proporcional a la resistencia que existe entre ellos"

$$V = R \times I$$

Invirtiendo los términos de la fórmula se obtiene:

$$I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I}$$

La ley de Ohm es exclusivamente válida para los circuitos inertes, es decir aquellos circuitos formados de componentes constituidos sólo por resistencias.



Conclusiones:

De la ley de Ohm se deduce que:

- En un circuito con una resistencia fija, cuanto más alta sea la tensión, mayor será la intensidad.
- En un circuito con una tensión constante, si disminuye el valor de resistencia se obtendrá un aumento de intensidad.
- En un circuito con corriente constante, aumentando la resistencia aumentará la caída de tensión entre bornes de la misma.

3. Medidas

La visualización y el análisis del comportamiento de las tensiones y las corrientes dentro de cualquier circuito eléctrico montado sobre un vehículo, nos permitirá intervenir de manera certera y resolutive sobre cualquier tipo de avería. Veremos a continuación los diferentes tipos instrumentos de medida y su manejo. La adquisición de señales sobre instrumentos capaces de representar gráficamente los valores medidos, son más apropiados que otros. Dedicaremos por lo tanto más tiempo a instrumentos de este tipo.

3.1 Multímetro

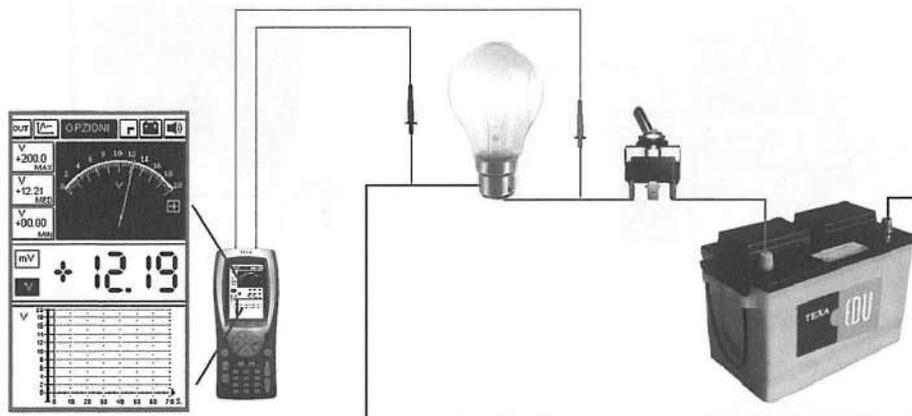
Las medidas eléctricas necesitan instrumentos particulares para efectuar su medición. Uno de estos, muy difundido por la sencillez de manejo y por los bajos costes, es el multímetro. En tiendas existen multímetros analógicos, con indicadores de aguja, y digitales, dotados de display (la diferencia no depende exclusivamente de la manera en que se representa el valor leído).



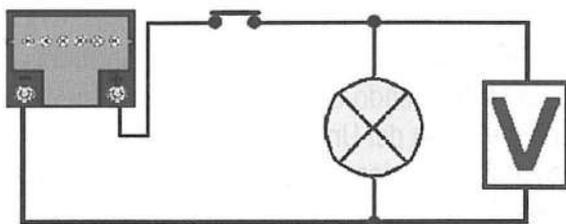
Estos representan la totalidad de los multímetros utilizados para realizar las medidas sobre los vehículos, gracias a la mejor precisión de lectura y también a su facilidad de manejo. Generalmente un multímetro nos permite medir resistencias, tensiones continuas y alternas, corrientes y capacidades. En las imágenes siguientes se representan algunas medidas efectuadas por el multímetro integrado en Uniprobe donde además encontramos las indicaciones para su funcionamiento.

3.1.1 Voltímetro

Para medir una tensión en bornes de un componente, sea un consumidor o un generador, se tiene que utilizar el voltímetro. Este último, en el caso de Uniprobe, puede ser sólo utilizado para la lectura de tensiones continuas y alternas mientras, como veremos sucesivamente, para sistemas electrónicos complejos, es indispensable usar el osciloscopio.



Para determinar la tensión presente en bornes de un consumidor del circuito, colocar las puntas de prueba, efectuando una conexión en paralelo como se describe en la figura. El circuito en cuestión puede ser esquematizado del siguiente modo:



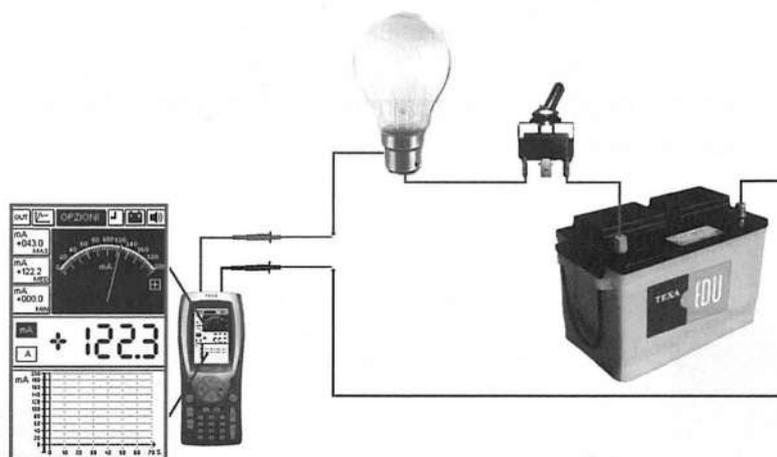
Tensión - V = VOLTIOS
1 KV (1 kilovoltio) = 1000 V
1 mV (1 millivoltio) = 0,001 V

Un instrumento de medida como el multímetro (Voltímetro, Óhmetro, Amperímetro. etc....) es equivalente a un componente resistivo atravesado por una corriente. Dicha corriente oportunamente tratada genera la información deseada.

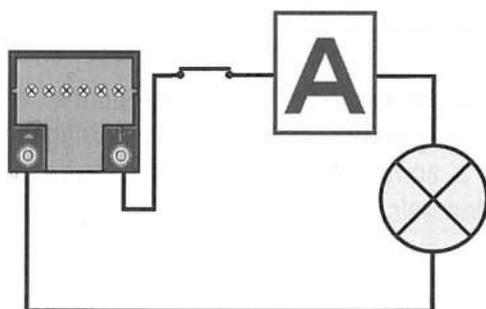
Un voltímetro, estando conectado en paralelo para no interferir con el circuito sobre el que está efectuando la medición, teóricamente tiene que poseer una resistencia muy alta de modo que la caída de tensión en sus bornes sea prácticamente igual a la caída presente en bornes de la resistencia que se está midiendo. Naturalmente Uniprobe además de poseer estas características tiene la función de cambio automático de escala, es decir, la posibilidad de adaptar durante la lectura la escala sin intervención del operador. Esta función también existe en la modalidad de lectura del amperímetro y el óhmetro.

3.1.2 Amperímetro

Como se ha visto, la corriente es la cantidad de electrones que atraviesa un circuito. Reutilizando la analogía del circuito hidráulico es posible comparar un amperímetro con un caudalímetro. La conexión se debe efectuar en serie y es necesario prestar atención al caudal máximo que puede soportar el instrumento cuando se efectúa una medición.



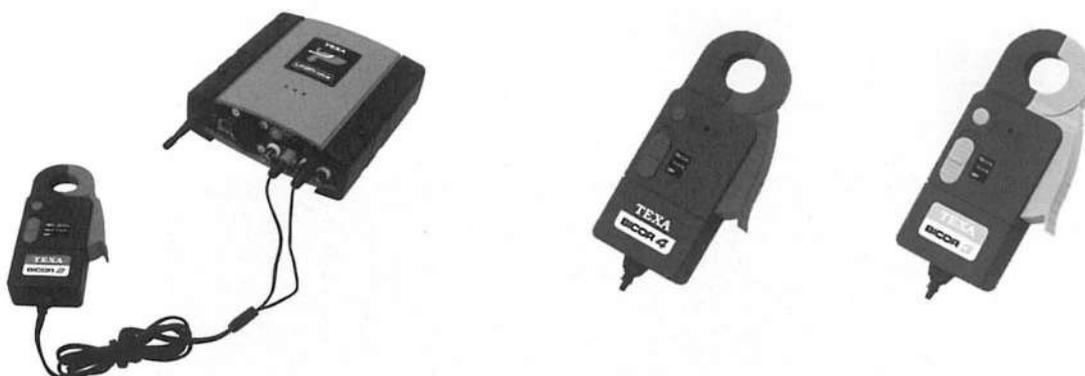
El circuito representado en la figura se puede esquematizar del siguiente modo:



Corriente - A = AMPERIOS
1 mA (1 miliamperio) = 0,001 A
1 Aμ (1 microamperio) = 0,000001 A

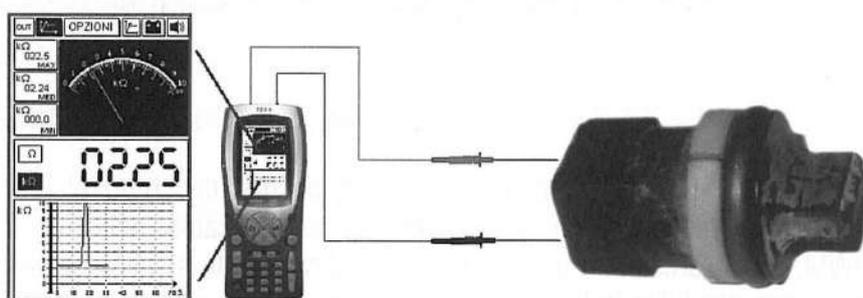
Análogamente que el voltímetro, un amperímetro de óptima calidad, para efectuar mediciones correctas, no tiene que influir en el circuito donde está funcionando, por lo tanto, siendo conectado en serie, su resistencia tiene que ser teóricamente la más cercana a cero. En el caso del Uniprobe, existe la posibilidad de leer los valores de corriente mediante una pinza amperimétrica (Bicor) que explorando el campo magnético producido por el paso de corriente en el hilo conductor no necesita empalmes directos con el circuito eléctrico. En efecto todos los conductores que son atravesados por una corriente crean un campo magnético.

Gracias a esta característica la pinza Bicolor logra medir corrientes que van de 0.05A hasta 500A. Mediciones de este tipo son sobre todo muy útiles sobre componentes que presentan grandes consumos de corriente (motores de arranque, lunetas térmicas, elevallunas, etcétera).



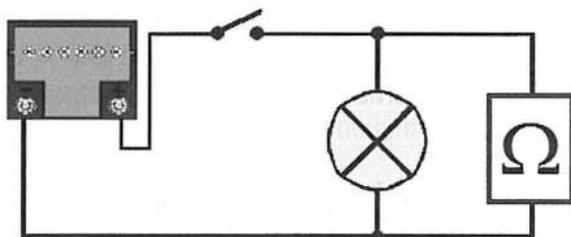
3.1.3 Óhmetro

Este instrumento permite medir la resistencia eléctrica de un componente. Cuando se conecta una resistencia entre los dos terminales del instrumento, para conocer el valor, el óhmetro genera una corriente constante que permite determinar el valor de la resistencia medida.



Mediante la inversa de la fórmula de Ohm se obtiene el valor buscado, y es este cálculo el que automáticamente realiza el óhmetro.

El circuito representado en la figura se puede esquematizar del siguiente modo:



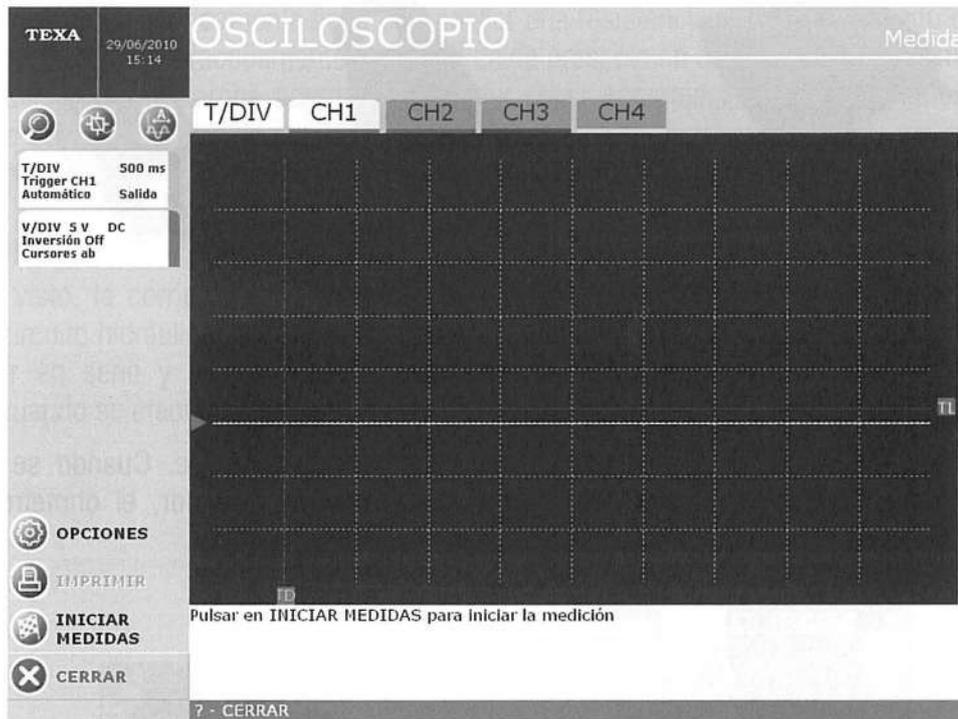
Resistencia - Ω = OHM
1 MΩ (1 Megaohm) = 1000 KΩ
1 KΩ (1 Kiloohm) = 1000Ω



Quando se tiene que medir el valor de una resistencia en un componente, cualquiera que sea, es necesario que éste sea desconectado del circuito eléctrico donde está conectado y sobre todo es necesario comprobar que no esté sometido a una alimentación. Esta regla tiene que ser respetada obligatoriamente, de otro modo no podrá tenerse en cuenta el valor visualizado.

3.2. Osciloscopio

El osciloscopio es un instrumento que representa sobre una pantalla el desarrollo de una tensión en función del tiempo.



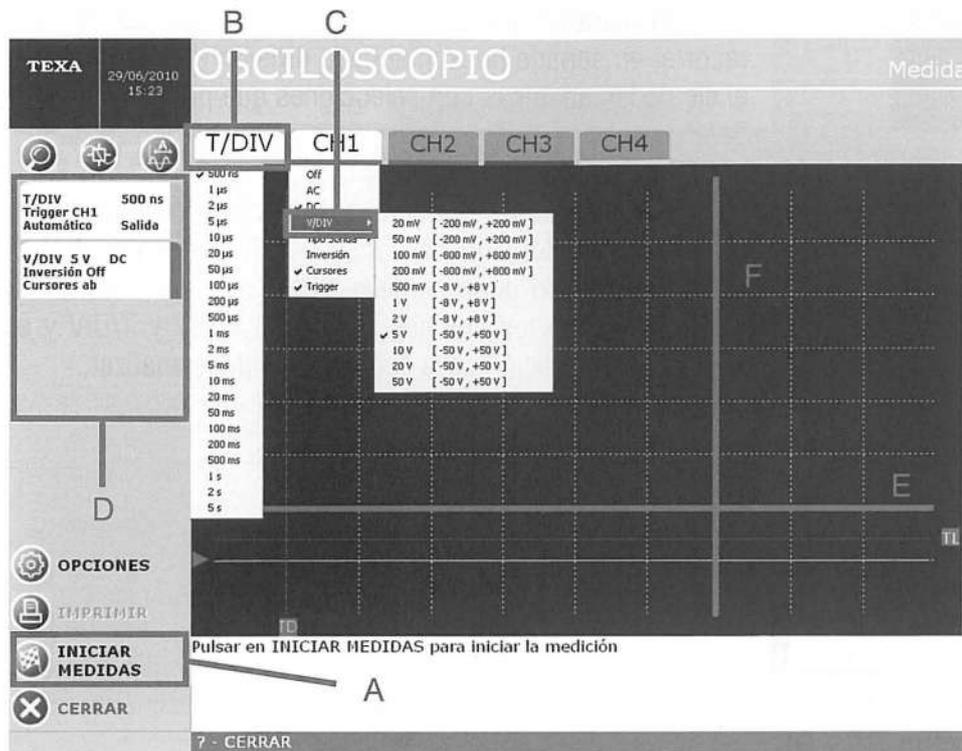
Los osciloscopios tienen la ventaja, sobre otros aparatos de medida como el multímetro, de poder representar señales de alta frecuencia, señales digitales de comunicación entre centralitas, señales de mando digitales PWM, y similares. Otra ventaja es la visualización de señales de sensores en todo su margen de trabajo, lo que posibilita la búsqueda de posibles fallos esporádicos o micro interrupciones que con un polímetro serían complicadas de apreciar.

La posibilidad de variar la unidad de tiempo del diagrama permite visualizar tensiones variables que van desde tiempos muy largos (en el caso de Uniprobe 50 seg.) hasta variaciones con tiempos infinitesimales (con Uniprobe 5 μ sec.). La valoración de las señales presentes sobre la pantalla de un osciloscopio, se realiza según la señal representada a lo largo de los ejes cartesianos.

Con el término "ejes cartesianos" se entiende un sistema de líneas de referencia para trazar coordenadas y diagramas en los mapas identificando así de un sólo modo un determinado sector. En el caso de la pantalla del osciloscopio, las líneas de referencia son reconocidas como: eje de las ordenadas, eje vertical y eje de las abscisas (eje horizontal).

En el eje de las ordenadas, son representados los valores en Voltios. En el eje de las abscisas, son representados los valores en "unidad temporal" o bien en segundos, con los relativos múltiplos y submúltiplos.

Para comprender mejor estos términos visualizaremos el siguiente esquema que nos permite ver en detalle las principales funciones de un osciloscopio, en nuestro caso utilizaremos Uniprobe.



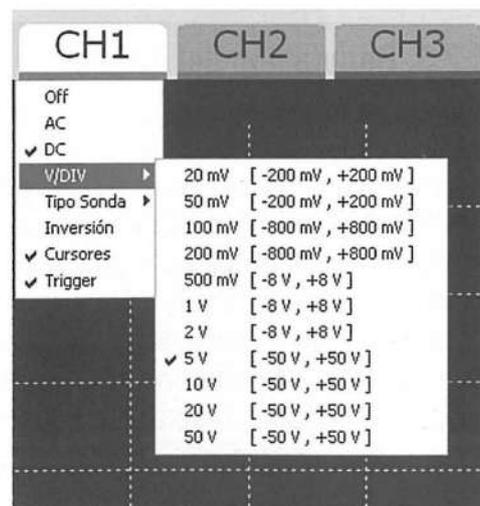
- A. Botón inicio lectura osciloscopio
- B. Menú para la escala de tiempo (T/Div)
- C. Menú para la escala de voltios (V/Div)
- D. Ventana de visualización de la selección efectuada
- E. Eje de abscisas, escala de tiempo
- F. Eje de ordenadas, escala de tensión

3.2.1. Selección escalas de tensión y tiempo

En los osciloscopios, la posibilidad de variar la escala de tensión y tiempo, permite ver la señal eléctrica aprovechando toda la pantalla disponible. Para el uso apropiado del osciloscopio, además de estas dos selecciones, se deben ejecutar otras funciones.

Con Uniprobe, estamos utilizando un instrumento de medida pensado para el manejo en el taller con funciones, simplificadas, que no se encuentran en los osciloscopios de laboratorio.

En el caso de la escala de Voltios el recurso ofrecido por Uniprobe permite disfrutar de una selección variable de 20mV/div. a 50V/div, permitiendo por lo tanto una visión de más tipologías de niveles de tensión de las señales eléctricas.



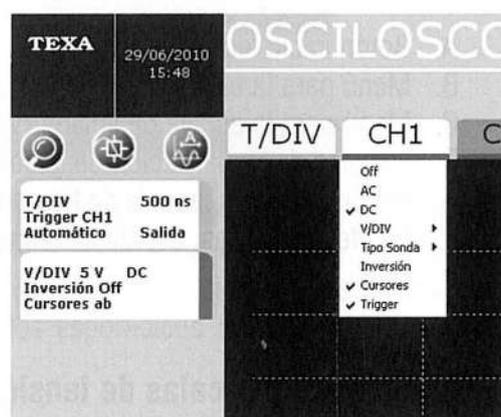


La particularidad que permite medir el tiempo que la señal emplea en recorrer en sentido horizontal cada división de la pantalla, es definida por el eje de las abscisas con selecciones que pueden variar de 500ns/div. a 5s/div.

La escala horizontal permite, por lo tanto, valorar la duración de un determinado fenómeno en consecuencia al tiempo de barrido prefijado por cada división de la pantalla. Para acceder a estas regulaciones se deben pulsar en los botones de mando V/DIV y T/DIV y elegir la escala adecuada, en función de la señal que se debe analizar.

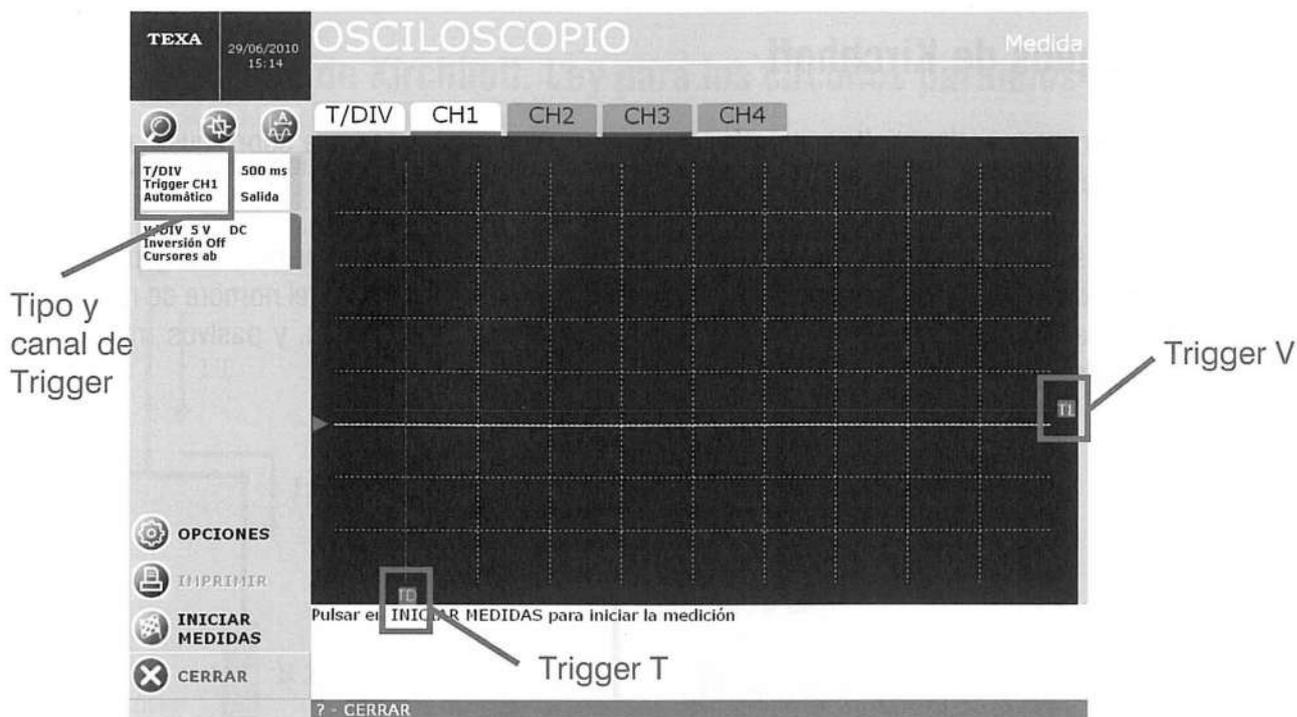
3.2.2. Selección DC / AC

La correcta selección de otros parámetros permite efectuar, en el mejor de los modos, la lectura de la señal tomada desde los terminales del componente a medir. Como ya se ha comentado, Uniprobe cuenta con selecciones particulares que permiten efectuar muchos tipos de funciones según el componente/señal a medir. Mediante la selección DC o AC, es posible programar el osciloscopio para que sea efectuada una correcta lectura de la señal. La selección DC nos permitirá visualizar la señal teniendo en cuenta su componente continua, mientras que con la selección AC se visualizará solamente la componente alterna.



3.2.3. Regulación del Trigger

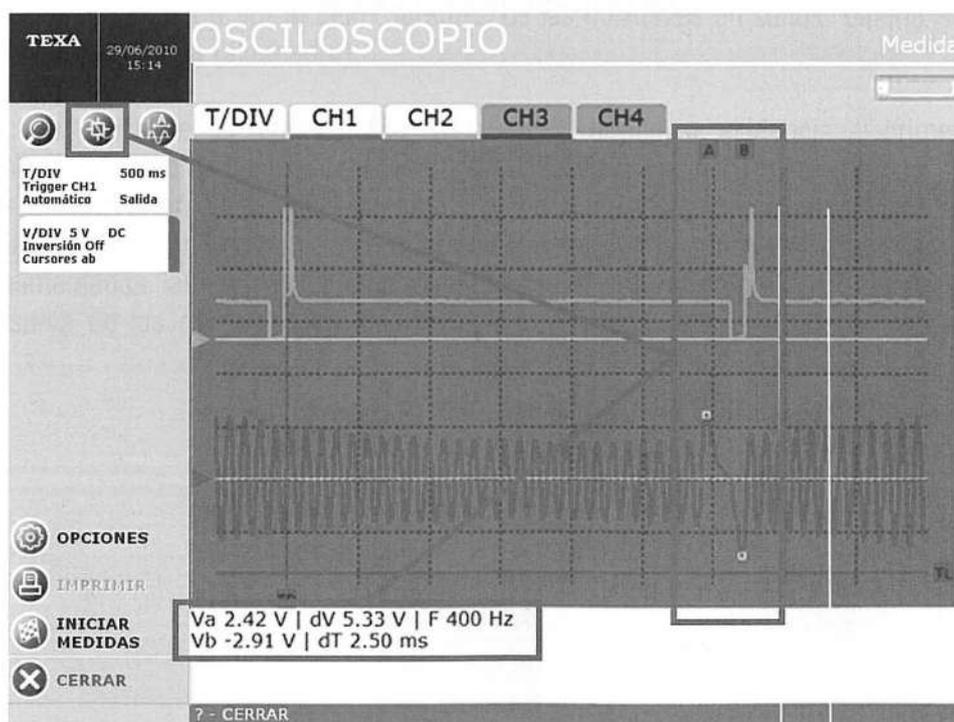
Con el término TRIGGER, se conoce la función que permite sincronizar una forma de onda en la pantalla del osciloscopio, con el objetivo de mantenerla estable, sin saltos o pérdida de datos. La posibilidad de sincronizar una forma de onda es generada por el TRIGGER V que se selecciona en el eje de las ORDENADAS y del TRIGGER T que se selecciona en el eje de las ABSCISAS. La selección tiene que ser efectuada de modo tal que, trazando coordenadas virtuales partiendo de los triangulitos parpadeantes situados en los ejes V y T, la intersección de ambas coordenadas se encuentre en un punto de la pantalla coincidente con la forma de onda a visualizar. En el ejemplo indicado en figura se visualiza la típica señal de un sensor de revoluciones con rueda fónica con diente ausente. El pico causado por el diente ausente puede ser "parado" programando los cursores del trigger como se ha descrito anteriormente y, por consiguiente, conseguir la correcta visualización de la señal.



3.2.4. Función "Cursores".

El empleo de esta función permite efectuar el control y la medida de la señal adquirida. Esta resulta particularmente útil cuando se tienen que comprobar medidas relativas a NIVEL de tensión, variación de tensión entre dos puntos diferentes y tiempo transcurrido entre las tensiones medidas. En la figura, es posible comprobar cómo en el caso del análisis de la forma de onda de una señal de punto muerto superior, es posible comprobar al mismo tiempo la duración del PMS y la tensión presente en los puntos A y B, con el valor del intervalo entre la medida de los dos puntos (Dt / Dv).

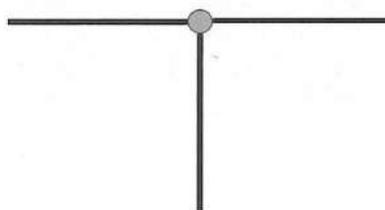
Para Uniprobe es necesario detener la imagen para poder seleccionar la opción cursores. En la parte inferior del menú aparecen los datos de tiempo y tensión medidos por los cursores.



4. Principios de Kirchhoff

Los dos principios de Kirchhoff, junto a la ley de Ohm, representan la base sobre que nacen todos los teoremas referidos a los circuitos eléctricos.

Consideramos un sistema compuesto por varios conductores recorridos por corriente y por uno o más generadores de f.e.m. Tal sistema recibe el nombre de red y cada conductor el nombre de rama de la red, constituido por una disposición en serie de elementos activos, generadores, y pasivos (resistencias) o, eventualmente, de un sólo tipo de elemento.



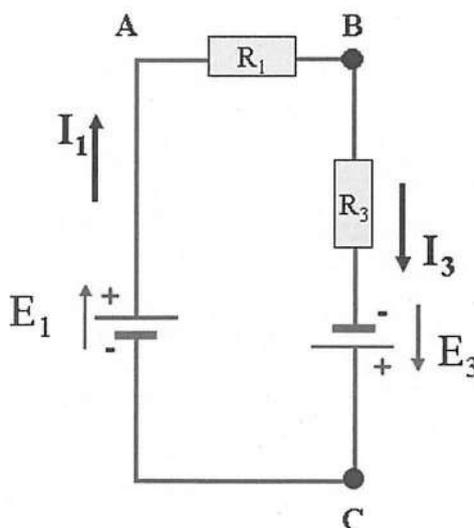
Las ramas se encuentran en puntos conocidos como **nodos o ramificaciones**.

Con el término NODO eléctrico entendemos un punto en la red en que convergen al menos tres conductores recorridos por una corriente.

Con el término MALLA de una red se entiende cualquier circuito cerrado trazable en una red.

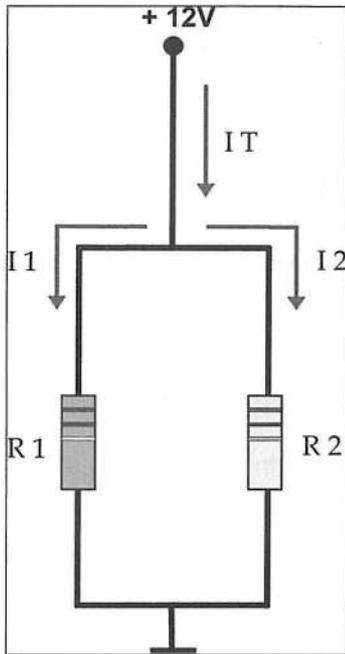
Se define RAMA como un tramo de la red comprendida entre dos nodos. En la figura inferior un ejemplo de rama es el tramo BC (R3-E3)

AB (R1) - BC (R3-E3) - CA (E1)



4.1 Primer principio de Kirchhoff. Ley para los circuitos paralelos

La suma de las intensidades de entrada y salida de un nodo es igual a cero.



El sentido de las corrientes de entrada en un nodo se representan con el signo + mientras que las de salida con el signo -, por lo que si se suman todas las corrientes presentes en el nodo se obtiene:

$$+ I_T - I_1 - I_2 = 0$$

o bien:

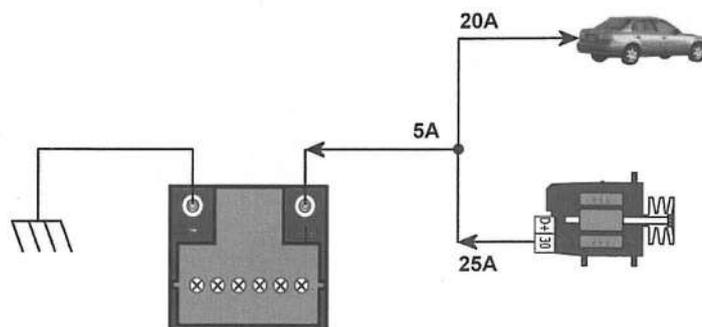
$$I_T = I_1 + I_2$$

La cantidad de carga que entra en un nodo es igual a la cantidad de carga que sale; en otras palabras, en el nodo no hay acumulación ni disminución de carga. Por este motivo, en un determinado intervalo de tiempo, la corriente entrante en un nodo es igual a la suma de las corrientes de salida.

Este principio es fundamental para comprender la dinámica de las corrientes y los sistemas de carga de los automóviles. Este conocimiento teórico como veremos en los cursos específicos, permite efectuar correctamente las verificaciones en los sistemas batería, arranque y carga.

Según el principio de Kirchhoff por lo tanto, la suma de las corrientes en salida, batería + cargas, serán igual a la corriente en entrada (alternador).

Un caso práctico puede ser el representado en la figura, dónde se evidencia el primero principio de Kirchhoff como el recorrido de las tres corrientes presentes en la instalación del alternador, de la batería y de las cargas eléctricas presentes en el vehículo. Es posible observar que el alternador, a través del propio sistema de regulación genera una corriente suficiente (25A) para mantener cargada la batería (5A) y mantener alimentadas las cargas eléctricas presentes en el vehículo (20A). Según el principio de Kirchhoff, la suma de las corrientes de salida (batería + cargas) será igual a la corriente en entrada (alternador). 1



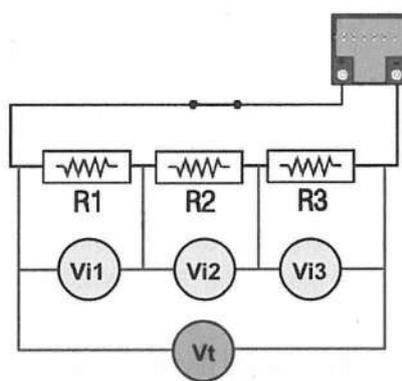
4.2 Segundo principio de Kirchoff. Ley para los circuitos serie

La suma de las f.e.m. presentes en la rama de una malla es igual a la suma de los productos de la intensidad que recorre la rama por las respectivas resistencias.

La suma de las caídas de tensión presentes en los extremos de las resistencias es igual a la tensión aplicada por el generador.

$$V_1 = R_1 \times I_T \quad / \quad V_2 = R_2 \times I_T \quad / \quad V_3 = R_3 \times I_T$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \quad / \quad V_T = (R_1 + R_2 + R_3) \times I_T$$

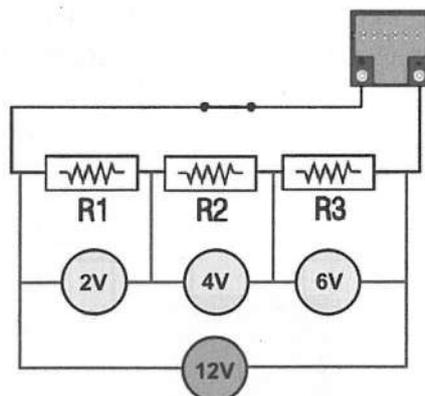


4.2.1 Divisor de tensión

La fórmula del divisor de tensión permite calcular directamente la tensión en los extremos de un componente, conociendo su valor de resistencia, la resistencia equivalente del circuito y la tensión producida por la fuente de alimentación. La fórmula, derivada de las leyes de Ohm y Kirchoff es:

$$V_{Ri} = R_i \times V / R_T$$

Ejemplo de circuito divisor de tensión donde $V_T = 12V$, $R_1 = 2 \text{ Ohm}$, $R_2 = 4 \text{ Ohm}$, $R_3 = 6 \text{ Ohm}$

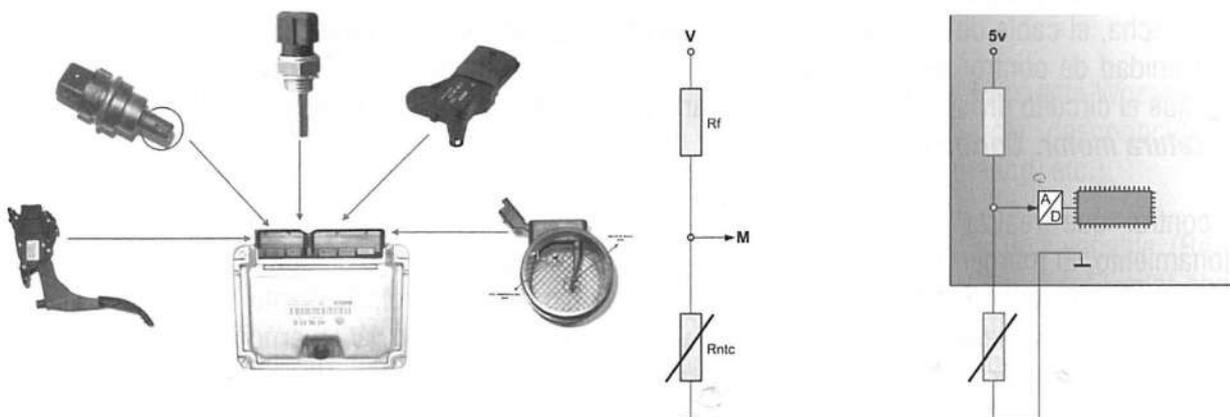


Aplicando la fórmula del divisor de tensión sobre el circuito superior, la caída de tensión en la R1 (Vi1) será igual a:

$$VRi = Ri \times V/RT \quad VR1 = 2 \times 12/12 = 2V$$

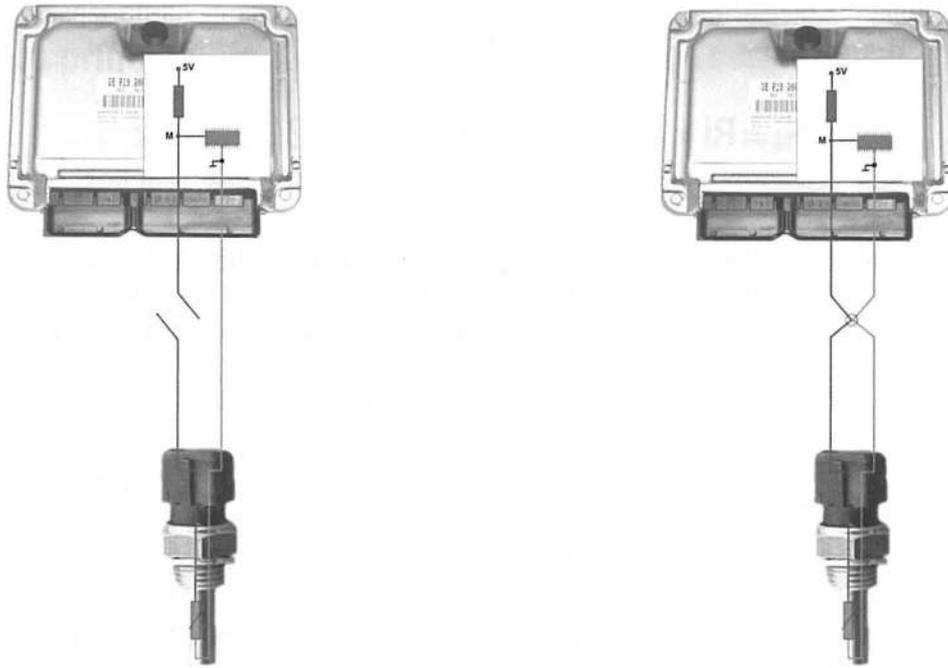
Los circuitos divisores de tensión permiten alimentar circuitos a diferentes tensiones con una fuente de alimentación común. Estos circuitos también suelen ser empleados por las unidades de control como circuitos análisis de señales de diferentes sensores en el automóvil (sobre todo para sensores de temperatura y presión).

En la imagen inferior se representa el circuito (simplificado) de análisis de la unidad de control motor sobre la señal de un sensor de temperatura. La conversión de la resistencia eléctrica en una tensión analógica se realiza normalmente mediante el complemento de una resistencia térmicamente neutra (Rf), en serie con la resistencia NTC y situada normalmente en el interior de la unidad de control que procesa la información. Las dos resistencias en serie forman un circuito DIVISOR DE TENSIÓN alimentado con 5V. La unidad de control tiene memorizada en su cartografía una curva característica de temperatura correspondiente a cada valor de tensión. El valor de tensión en el punto M es procesado como señal de temperatura. A su vez, el valor de tensión en el punto M depende del valor de resistencia ntc, debido al montaje en circuito divisor de tensión, como ya se ha descrito anteriormente.



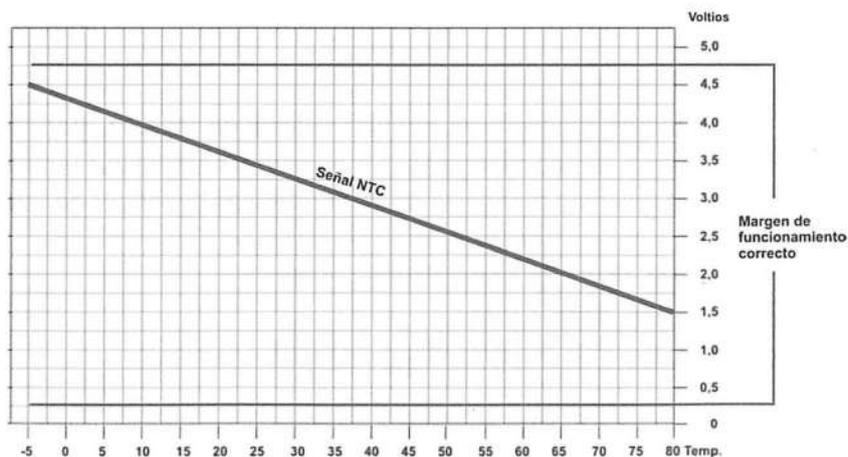
Los análisis de señales de sensores mediante el circuito divisor de tensión, permiten a la unidad de control reconocer diferentes averías de tipo eléctricas. En el ejemplo empleado anteriormente, la unidad de control puede memorizar los siguientes mensajes de error referidos al sensor de temperatura motor:

- Sensor temperatura motor. Circuito abierto o cortocircuito a positivo
- Sensor temperatura motor. Cortocircuitado a masa
- Sensor temperatura motor. Señal fuera de margen /Rango de funcionamiento



En el ejemplo de la figura izquierda, el cable de señal del sensor de temperatura agua está interrumpido. En este caso la unidad de control siempre mide 5V en el punto M, independientemente del valor de resistencia ntc, ya que el circuito divisor de tensión queda anulado. Esto sucedería también si dicho cable estuviera cortocircuitado continuamente con otro cable positivo de 5V. En este caso el mensaje de avería sería: **“Sensor temperatura motor. Circuito abierto o cortocircuito a positivo.”** En el ejemplo de la figura derecha, el cable de señal del sensor de temperatura agua está cortocircuitado con masa. En este caso la unidad de control siempre mide 0V en el punto M, independientemente del valor de resistencia ntc, ya que el circuito divisor de tensión queda anulado. En este caso el mensaje de avería sería: **“Sensor temperatura motor. Cortocircuitado a masa.”**

Otro control que realiza la unidad de control sobre la señal del sensor ntc es el margen de funcionamiento. El margen está memorizado en la UCE (varía según el tipo de sensor y el tipo de UCE) y está comprendido, por ejemplo, entre 4,7V y 0,3V. Si la unidad de control, mediante el circuito divisor de tensión, detecta una señal de entrada $>4,7V$ y $<4,9V$ o $<0,3$ y $>0,1V$, memorizará el mensaje de avería: **“Sensor temperatura motor. Señal fuera de margen /Rango de funcionamiento.”**

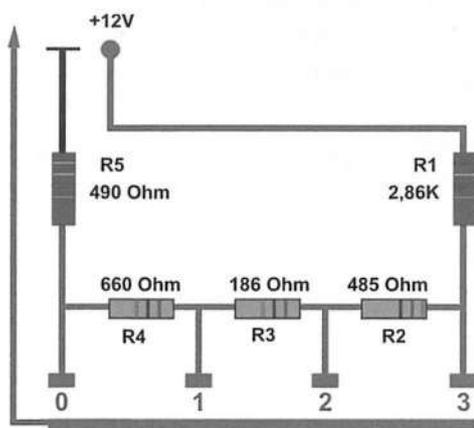


4.2.1.1 Divisor de tensión como sensor de posición

Los divisores de tensión también se emplean como sensores aplicados al automóvil. Un ejemplo es el selector para corregir la altura de luces (Honda Civic 97) que informa a los motores eléctricos de faros para adaptar la altura de luces a los deseos del conductor. La corrección de luces dispone de 4 posiciones y para cada una de ellas el selector envía una tensión diferente a la electrónica del motor de luces.



El esquema inferior representa el circuito divisor de tensión del selector. En función de la posición del selector, la corriente de salida atravesará más o menos resistencias, por lo que la tensión de salida será diferente:



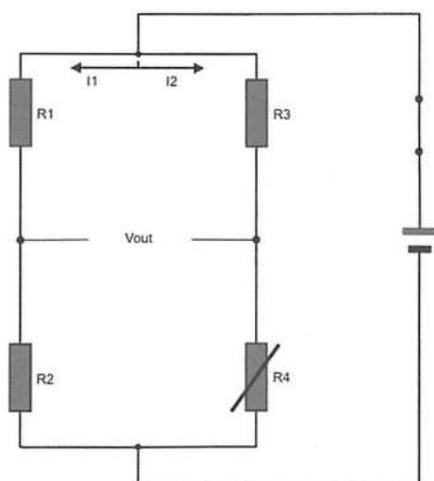
- Posición 0 (R1, R2, R3, R4) = 1,3V
- Posición 1 (R1, R2, R3) = 3V
- Posición 2 (R1, R2) = 3,5V
- Posición 3 (R1) = 4,8V

4.2.2 Puente de Wheatstone

Un circuito en puente es aquel donde hay más de un recorrido para la corriente. El puente Wheatstone se emplea básicamente para calcular con precisión el valor de una resistencia desconocida, que normalmente es variable (variable por temperatura, por presión, por campo magnético, etc.).

En el circuito inferior forman un puente 4 resistencias, 3 fijas (R1, R2, R3) y una variable (R4). La intensidad I1 depende del valor de las resistencias R1 + R2 y la I2 del valor de R3 + R4. El valor óhmico de R1, R2 y R3 se escoge para que el puente esté en reposo cuando R4 está en un valor óhmico concreto. Cuando el puente está en reposo, la diferencia de potencial (Vout) entre las dos ramas del puente es cero. Debido a ello la caída de tensión V1 es igual a la caída de tensión V3.

Cuando la R4 varía el puente se desequilibra, ya que la caída de tensión V3 será diferente de V1. Esto provoca una d.d.p. (Vout) entre las dos ramas del puente que es proporcional a la variación de resistencia R4.



5. Potencia eléctrica

Como hemos visto en los capítulos anteriores, los generadores de tensión tienen la misión de transformar energía de diferentes tipos en energía eléctrica. La batería utiliza energía química mientras el alternador utiliza energía cinética.

Hemos visto que cuando una resistencia es atravesada por una corriente se crea un calentamiento de su cuerpo, debido a un roce interior generado por la corriente. La energía absorbida por el generador (alternador-batería) y transformada luego en trabajo eléctrico para varios consumidores (motores eléctricos, bombillas) viene en parte, por el principio de conservación de la energía, transformada posteriormente en calor desarrollado por los consumidores y, por lo tanto, cedido al exterior. El fenómeno descrito se conoce con el nombre de efecto Joule. También por este motivo las potencias de los alternadores vienen sobredimensionadas con respecto a las exigencias de la instalación eléctrica, para tener en consideración las potencias pérdidas debidas al efecto joule.

En muchos casos sobre diferentes consumidores (bombillas, motores de arranque, etcétera) la potencia viene indicada en Watt cuya unidad de medida es expresada con la letra W. La fórmula de la potencia es la siguiente:

$$P = V \times I$$

o bien la Potencia (W), es obtenida por el producto de la tensión por la corriente, del que es posible obtener la fórmula inversa:

$$I = \frac{P}{V}$$

La expresión utilizada para obtener la potencia absorbida por una resistencia, recordando la ley de ohm:

$$P = R \times I^2$$



Una lámpara de carretera de 100 vatios absorberá, para un turismo, una corriente de 8,33 amperios teniendo una tensión de 12 voltios. Mientras con una lámpara siempre de 100 vatios pero para un vehículo industrial y, por lo tanto, con una tensión de 24 voltios absorberá una corriente de 4,16 amperios.

Componente		Potencia (Watt)	
Motor arranque DIESEL		1500 ÷ 2000	
Motor arranque GASOLINA		800 ÷ 1700	
Avisadores acústicos		120	
Luneta térmica		200	
Electroventilador líquido refrigerante max. velocidad		3	
Electroventilador climatizador max velocidad		90	
FAROS	Carretera	60	
	Cruce	Halógeno	55
		Xenon	35
Intermitentes anteriores		21	
Luces posición		5	
Antiniebla anteriores		55	
Intermitentes laterales		5	
Tercera luz de stop		18	
Intermitentes posteriores		21	
Luces de marcha atrás		21	
Antiniebla posteriores		21	
Luces matrícula		5	
Luces stop / Posición Posteriores	Tipo lámpara	21 / 5	
	Tipo led	4 / 0,4	
Luces maletero		5	
Luces habitáculo		5	
Luces lectura de mapas		10	

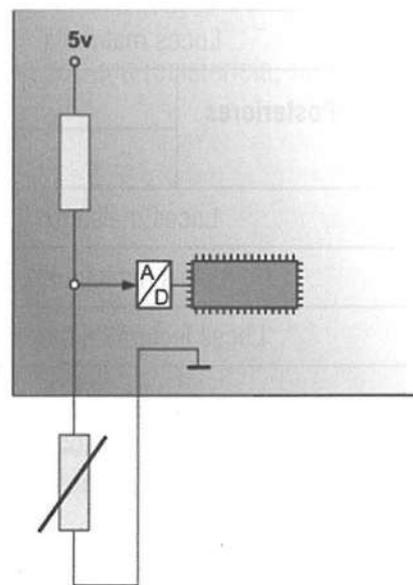
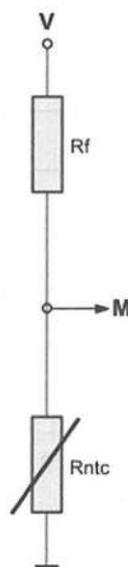
6. Sensores de temperatura NTC

Temperaturas en el automóvil

Ambiente de medición	Alcance en °C
Pinza de freno	-40.....2000
Aire admisión/sobrealimentación	-40.....170
Aire ambiente	-40.....60
Habitáculo	-20.....80
Evaporador	-10.....50
Agua refrigerante	-40.....130
Aceite motor	-40.....170
Combustible	-40.....120
Aire de los neumáticos	-40.....120
Gases de escape	100.....1000

La medición de temperatura en el automóvil se efectúa casi siempre mediante materiales resistivos de coeficiente de temperatura negativo (NTC). La conversión de la resistencia eléctrica en una tensión analógica se realiza normalmente mediante el complemento de una resistencia térmicamente neutra (R_f), en serie con la resistencia NTC y situada normalmente en el interior de la unidad de control que procesa la información.

Las dos resistencias en serie forman un circuito DIVISOR DE TENSIÓN alimentado con 5V. La unidad de control tiene memorizada en su cartografía una curva característica de temperatura correspondiente a cada valor de tensión. Si la precisión de fabricación no es suficiente, se puede ajustar incorporando en el circuito una resistencia de calibración, para conseguir un valor de resistencia exacto para una determinada temperatura de referencia (normalmente 20°C).



La caída de tensión entre el punto de medición (M) y masa dependerá del valor de la resistencia variable NTC. Según la fórmula del divisor de tensión, es posible calcular esta caída de tensión conociendo el valor óhmico de Rf y Rntc:

$$V_{ntc} = R_{ntc} \times V / R_T$$

La relación típica resistencia-temperatura de los sensores de temperatura más empleados en el automóvil se resume en la table inferior:

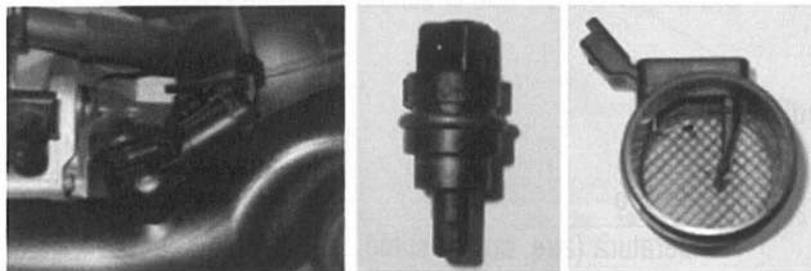
Temperatura (°C)	Resistencia (Kohm)
-20	15,97
0	5.67
20	2.50
40	1.15
60	0.58
80	0.31
100	0.18
120	0.11
130	0.08

6.1 Sensores de temperatura aplicados al automóvil

Sensores de temperatura de aire

Sensor ntc montado en el tramo de admisión del motor, registra la temperatura del aire que aspira el motor. Puede ir montado junto al sensor de presión, junto al sensor de masa de aire o independiente. Esta información es empleada normalmente por la unidad de control para:

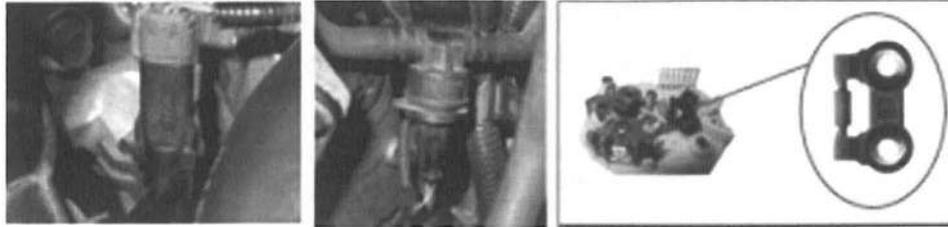
- ajustar el caudal inyectado
- controlar la cantidad de gases a recircular
- controlar la presión de sobrealimentación



Sensores de temperatura de combustible

Sensor ntc montado en el circuito de baja presión del combustible en gestiones diesel. Esta información es empleada normalmente por la unidad de control para:

- ajustar el caudal inyectado
- controlar los sistemas de refrigeración/calefacción del combustible



Sensores de temperatura motor

Sensor ntc montado en contacto con el líquido refrigerante. En algunos casos se monta un sensor doble para la información del cuadro de instrumentos y la unidad de control motor. Esta información es empleada por la unidad de control para:

- ajustar el caudal de inyección
- la cantidad de gases a recircular
- el funcionamiento del electroventilador de refrigeración
- controlar la fase de pre-post calentamiento

Sensores de temperatura de gases de escape.

Sensor montado en el tramo de escape, normalmente delante del catalizador, cuya señal es empleada por la unidad de control para controlar el funcionamiento de sistemas para el tratado de gases de escape como catalizadores, filtros de Nox, filtros de partículas....

6.2 Diagnosis genérica de los sensores de temperatura NTC

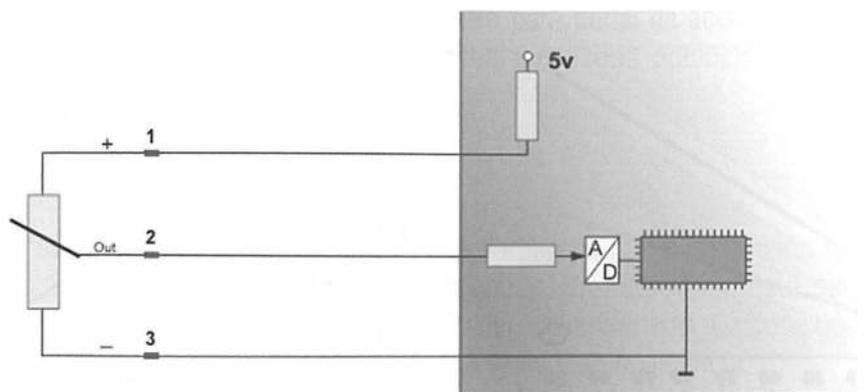
1. Tensión de referencia y masa electrónica del sensor:
 - Entre pin 1 y 2 = 5V (llave en posición de contacto, medir en el tramo de instalación con el sensor desconectado)
2. Señal de salida:
 - Entre pin 1 y 2 = 0,2 a 4,8V (medir con el sensor conectado a la instalación)

Parámetros de autodiagnosis

Parámetro	Unidades
Temperatura (aire, combustible.....)	..... °C /V

7. Potenciómetros

Son resistencias variables que se utilizan como sensores directos o sensores de posición de actuadores. Al funcionar como divisores de tensión, la señal que proporcionan es una tensión variable en función de la posición del cursor

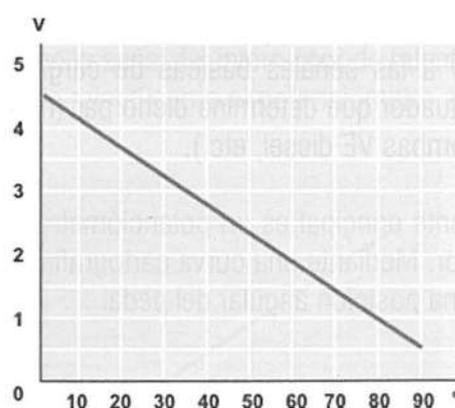
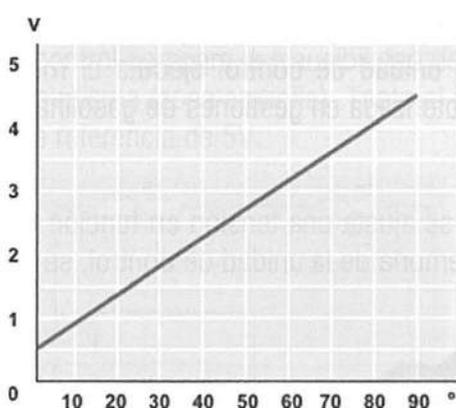


Ventajas	Inconvenientes
Amplio campo de medición	Desgaste mecánico, abrasión
Amplia gama de temperatura (<250°C)	Errores de medición debido a restos de abrasión
Alta precisión	Levantamiento del cursor en caso de fuertes vibraciones

7.1 Señales de información

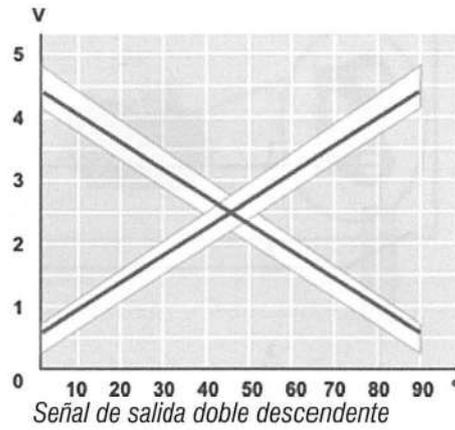
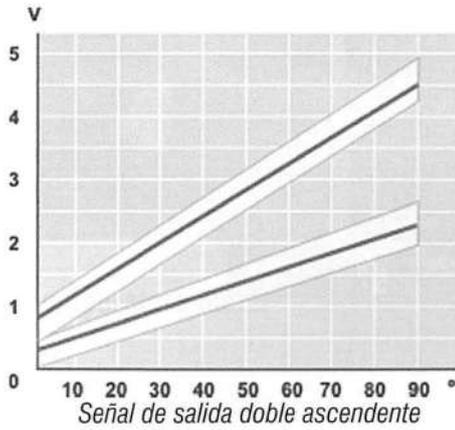
Para fines de diagnóstico normalmente los potenciómetros se montan como sensor doble (redundante). Redundancia significa "sobra o demasiada abundancia de cualquier cosa". En términos técnicos, esto significa que, por ejemplo, una información está disponible más veces de las que son necesarias para la función en cuestión. Este circuito redundante se monta con dos potenciómetros o con potenciómetro e interruptor (por ej.: interruptor de ralentí para pedal acelerador).

7.1.1 Potenciómetros de una sola pista. Sensor no redundante



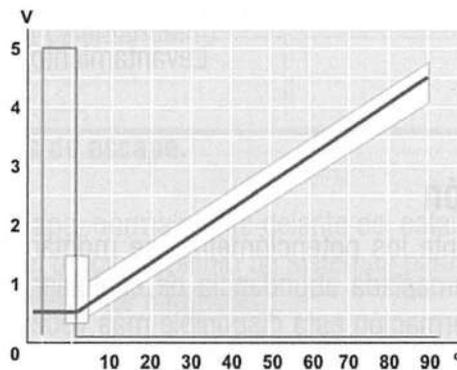
7.1.2 Potenciómetros de dos pistas. Sensores redundantes

La unidad de control compara la plausibilidad de las dos curvas y la linealidad de las mismas (zona amarilla).



7.1.3 Potenciómetros de una pista redundantes

La unidad de control compara la plausibilidad de la curva con la señal del interruptor de ralentí y la linealidad de la misma (zona amarilla).



7.2 Potenciómetros aplicados al automóvil

Potenciómetro pedal acelerador

Mediante este componente, el conductor transmite la petición de par a la unidad de control. En base a esta señal y a las señales básicas de carga motor, la unidad de control ejecuta el mando sobre el elemento actuador que determina dicho par (mariposa motorizada en gestiones de gasolina, regulador de caudal en bombas VE diesel, etc.).

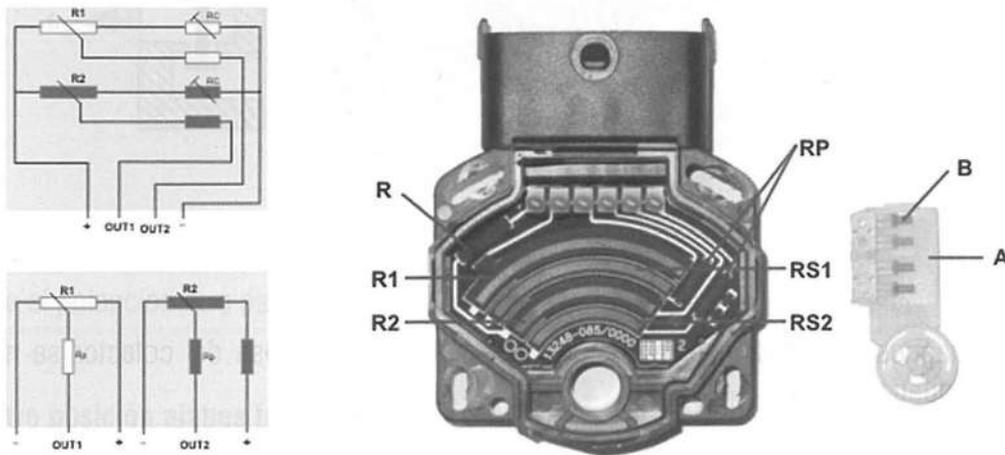
Su componente principal es un potenciómetro en el que se ajusta una tensión en función de la posición del acelerador. Mediante una curva cartografiada en la memoria de la unidad de control, se convierte esta tensión en una posición angular del pedal.



Para fines de diagnóstico normalmente el potenciómetro para pedal de acelerador se monta como sensor doble (redundante). Este circuito redundante se monta con dos potenciómetros o con interruptor de ralentí.

Sensor redundante con potenciómetro doble

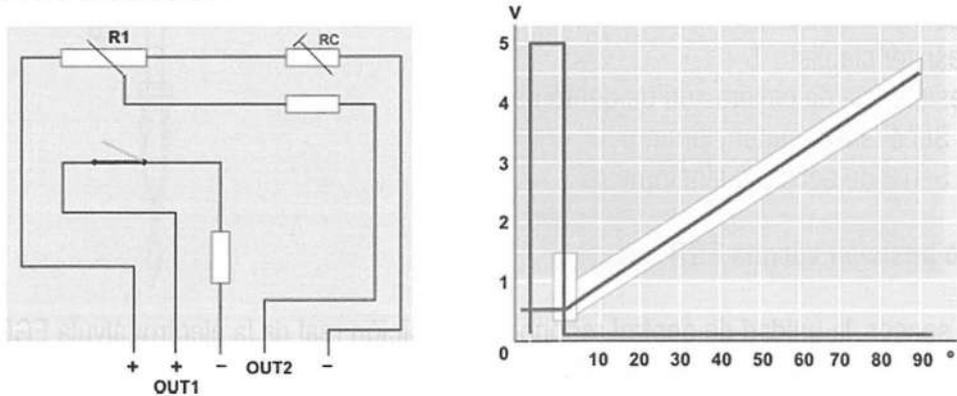
Normalmente un segundo potenciómetro suministra siempre la mitad de tensión que el primero, a fin de proporcionar dos señales independientes para la identificación de errores. Esto se consigue conectando una resistencia en serie con la resistencia de la pista del potenciómetro. La conexión del cursor se realiza generalmente a través de una segunda pista de contacto de baja resistencia.



- R1. Resistencia pista 1
- R2. Resistencia pista 2
- R. Resistencia en serie con pista 2
- RP. Resistencias de protección
- RS. Resistencias de contacto de cursor

Sensor redundante con potenciómetro de una pista e interruptor de ralentí

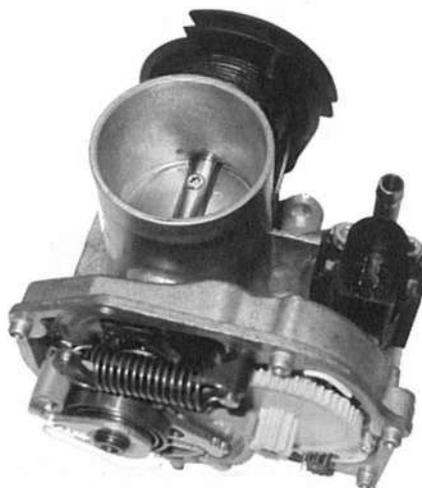
La unidad de control compara la plausibilidad de la curva con la señal del interruptor de ralentí y la linealidad de la misma (zona amarilla). Tanto el interruptor de ralentí como el potenciómetro suelen recibir una tensión de referencia de 5V.



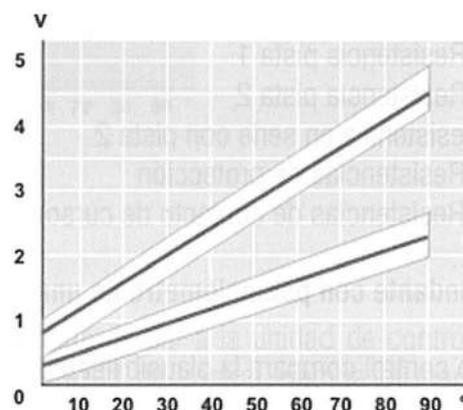
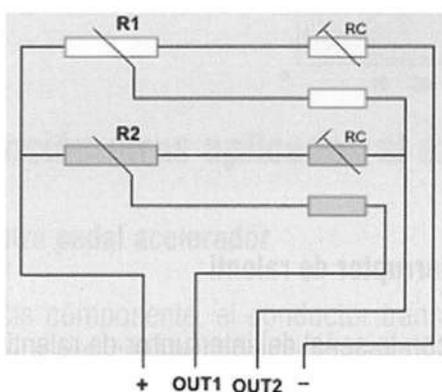
- R1. Resistencia pista potenciómetro
- Rc. Resistencia de calibración de punto cero
- Out 1. Señal salida interruptor ralentí (4,9 / 0,1V)
- Out 2. Señal de salida potenciómetro

Potenciómetro mariposa colector admisión

Mediante este sensor, la unidad de control reconoce la posición real de la mariposa de gases. Si este valor difiere en exceso del teórico memorizado en su cartografía, ejecuta el mando al actuador correspondiente (motor eléctrico) para ajustar con precisión la posición de la mariposa.



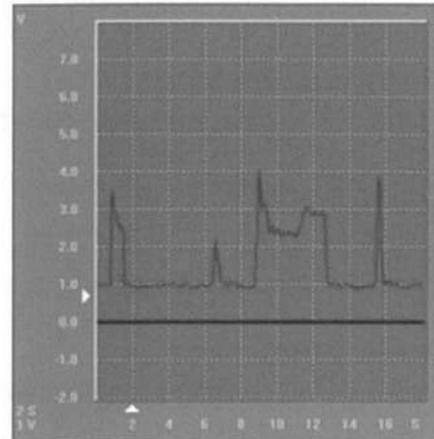
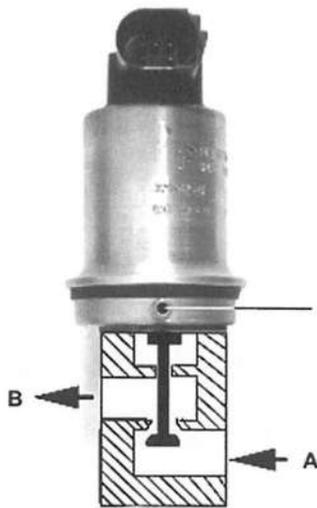
Para fines de diagnóstico normalmente el potenciómetro para la mariposa del colector se monta como sensor doble (redundante).



- R2. Resistencia pista 2
- R1. Resistencia pista 1
- Rc. Resistencia de calibración de punto cero
- Out 1. Señal salida potenciómetro
- Out 2. Señal de salida potenciómetro

Potenciómetro posición válvula EGR

Mediante este sensor, la unidad de control reconoce la posición real de la electroválvula EGR. Si este valor difiere en exceso del teórico memorizado en su cartografía, ejecuta el mando al actuador correspondiente (electroválvula) para ajustar con precisión la posición de la válvula EGR y la cantidad de gases a recircular.

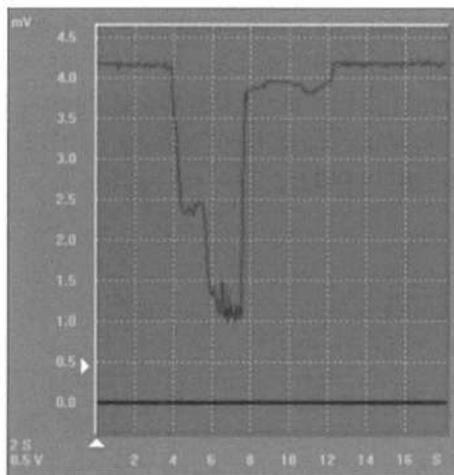
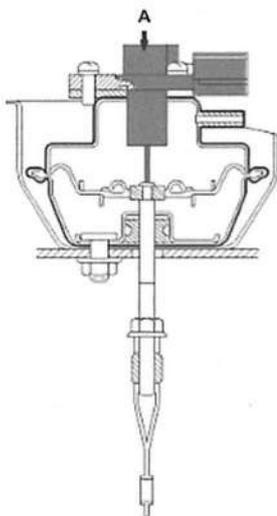


Electroválvula EGR (A. Entrada gases escape B. Salida gases escape)

Normalmente el potenciómetro para la electroválvula EGR se monta con una sola pista.

Potenciómetro posición alabes turbocompresor

Mediante este sensor, la unidad de control reconoce la posición real de los alabes del turbocompresor de geometría variable. Si este valor difiere en exceso del teórico memorizado en su cartografía, ejecuta el mando al actuador correspondiente (electroválvula) para ajustar con precisión la presión de sobrealimentación.



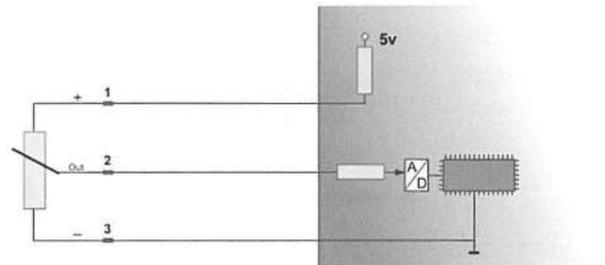
Válvula neumática de control presión sobrealimentación (A. Potenciómetro)

Normalmente el potenciómetro para la determinación de la posición de los alabes se monta con una sola pista.

7.3 Diagnósis genérica potenciómetros

Comprobaciones eléctricas (la situación de los pins puede variar según sistemas):

1. Alimentación y masa electrónica:
 - Entre pin 1 y 3 = 5V (contacto accionado)
2. Señal de salida potenciómetro:
 - Entre pin 2 y 3 = 0,5 a 4,5V (contacto accionado y desplazando el cursor)
3. Resistencia pista potenciómetro:
 - Entre pin 1 y 3 =Ohm (circuito abierto)



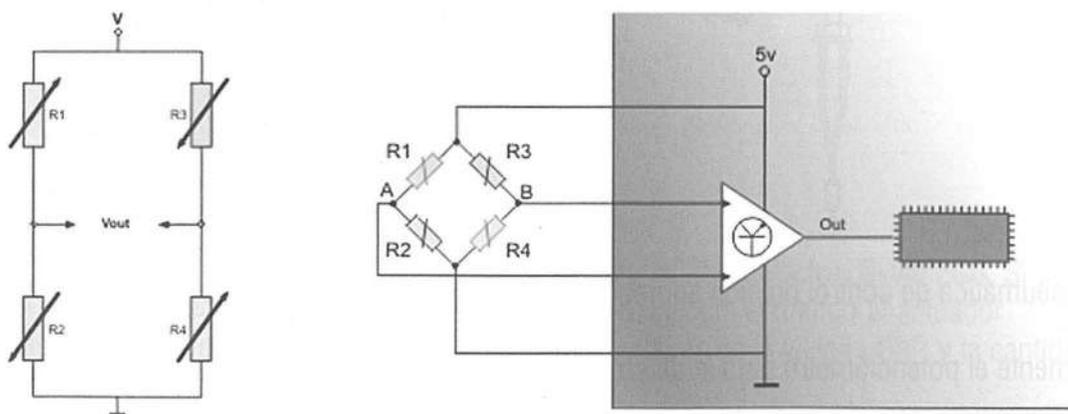
Parámetros de autodiagnósis

Parámetro	Unidades
Posición....(pedal acelerador, EGR, mariposa gases...etc.)	.....%/.....°/.....V

8. Sensores de presión piezorresistivos

Resistencias variables por presión. Piezorresistencias

Las piezorresistencias son resistencias cuyo valor óhmico varía cuando son deformadas por una magnitud física (normalmente presión). Para su funcionamiento se montan en circuito PUENTE DE WHEASTONE, estando el puente en equilibrio cuando las resistencias no son sometidas a presión. El puente de resistencias se suele montar sobre una membrana dilatante que se curva en función de la tensión mecánica que soporte. Las resistencias están conectadas de manera que, al ser deformada la membrana, aumenta la resistencia eléctrica de dos de ellas y disminuye la de las otras dos. Esto provoca el desequilibrio del puente, con lo que se genera una diferencia de potencial que es proporcional a la variación de presión medida.



Diferentes medidas de presión

Presión absoluta: se entiende la presión medida con respecto al vacío perfecto; por ejemplo: la presión medida en el colector de admisión.

Presión relativa: se entiende la presión medida con respecto a la presión atmosférica; por ejemplo: la presión del aceite de lubricación del motor o la presión medida en la instalación de frenado.

Presión diferencial: se entiende la diferencia de presión medida entre dos fuentes o puntos de presión; por ejemplo: la diferencia de presión existente entre la entrada y salida de gases en el filtro antipartículas.

magnitud de medición	Rango máximo		
presión del colector de admisión	1...5 bares		
presión de neumáticos	5 bares		
presión aire acondicionado	35 bares		
sobrepresión/depresión depósito combustible	0,5 bares		
presión de combustible sistemas CR	1500...1800 bares		
presión de combustible inyección directa gasolina	100 bares		
presión colector escape sistema FAP	1 bar		
Conversión unidades de presión..	Pa	Bar	mmHg
Pascal	1	10 ⁻⁵	7501 × 10 ⁻⁵
Bar	100.000	1	750
mmHg	133	1,33 × 10 ⁻³	1

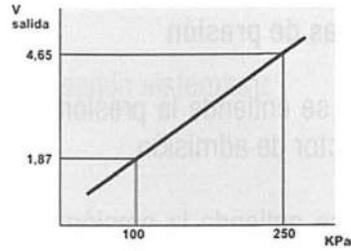
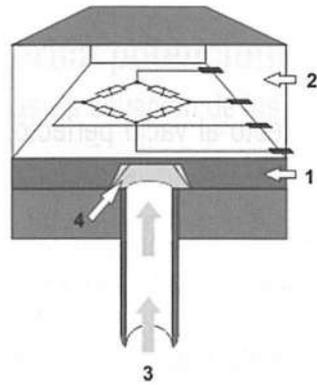
8.1 Tipos de sensores de presión

Según la composición de la membrana de medición, los sensores de presión piezorresistivos se pueden dividir en:

- sensores de presión micromecánicos
- sensores de presión de membrana metálica

8.1.1 Sensores de presión micro mecánicos

Miden el valor de presión respecto a un valor de vacío de referencia, por lo que miden la presión absoluta. El sensor está compuesto de un chip de silicio en el que está integrada la membrana con el puente de resistencias deformables. Esta membrana, por uno de sus lados está en contacto con una cámara cerrada donde se encuentra un vacío de referencia y por el otro está en contacto con la presión a medir. La señal de salida que genera el circuito de piezorresistencias en puente, es amplificada en la electrónica que incorpora el sensor y enviada a la unidad de control como tensión entre 0 y 5V.



1. Membrana deformable
2. Cámara de vacío
3. Entrada presión de medición
4. Cámara de presión

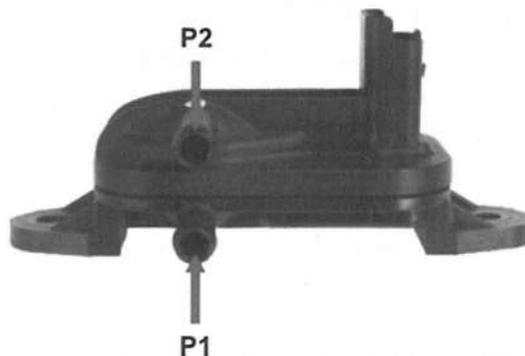


Sensores de presión micromecánicos

Sensores de presión micromecánicos	tipo de información	margen de trabajo
sensor de presión atmosférica	ajuste de cálculos	0.6.....1,15 bares
sensor de presión de admisión	cálculo masa aire feedback sistema sobrealimentación	0.....2,5 bares
sensor de presión en servofreno	ajuste posición mariposa colector	0.....1 bar

Sensores de presión micro mecánicos diferenciales

Funcionan bajo el mismo principio que los sensores micromecánicos (piezorresistencias en puente) pero con la diferencia principal que incorporan dos tomas de presión, por lo que desaparece la cámara de vacío. la electrónica del sensor evalúa la diferencia de presión entre las dos tomas del sensor, teniendo en cuenta para ello la deformación de la membrana interna.



Sensor de presión diferencial del sistema FAP

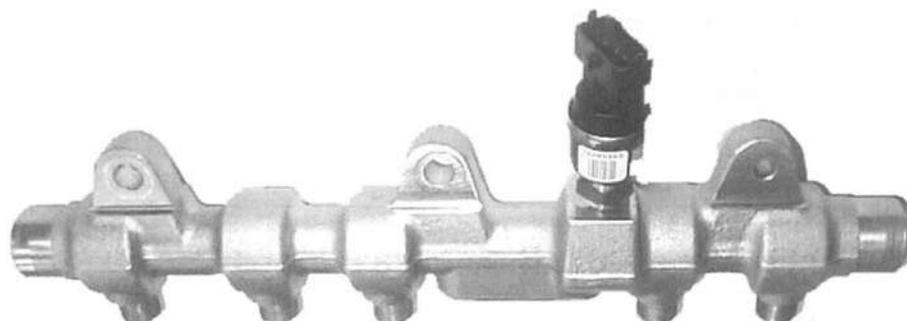
$$P_{total} = P1 - P2$$

Sensores de presión diferenciales	tipo de información	margen de trabajo
sensor de presión sistema fap	reconocer el nivel de saturación del fap	0.....1 bar

8.1.2 Sensores de presión de membrana metálica

Son sensores que se emplean para medir presiones elevadas. La diferencia principal con los sensores de presión micromecánicos de membrana es el material de ésta, siendo para los sensores de alta presión de acero, con diferentes espesores en función de la presión máxima que deban medir (la deformación máxima de la membrana es de 20µmm para 1500 bares). El resto del sensor es muy similar al micromecánico, con un circuito en puente de piezorresistencias y un amplificador incorporado que genera una señal hacia la unidad de control comprendida entre 0 y 5V.

Sensores de alta presión	tipo de información	margen de trabajo
sensor de presión de combustible sistema CR	feedback sistema control presión	0.....1.600 bar
sensor de presión de combustible inyección directa gasolina	feedback sistema control presión	0.....100 bar
sensor de presión circuito aire acondicionado	control presión circuito alta	0.....35 bar



Sensor de alta presión sistema Common Rail

8.2 Diagnóstico genérico sensores de presión

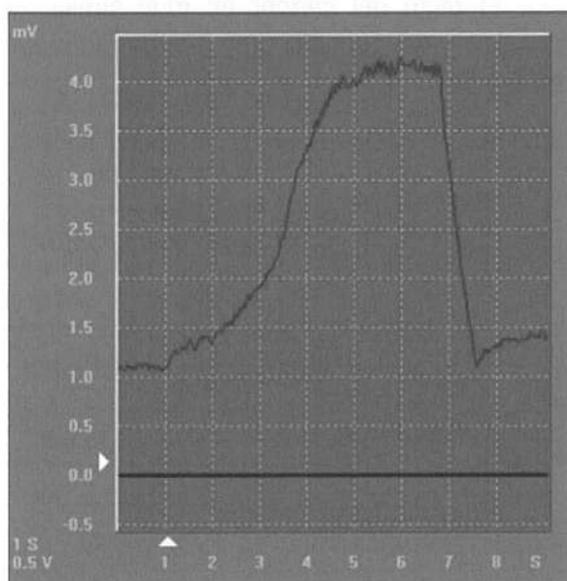
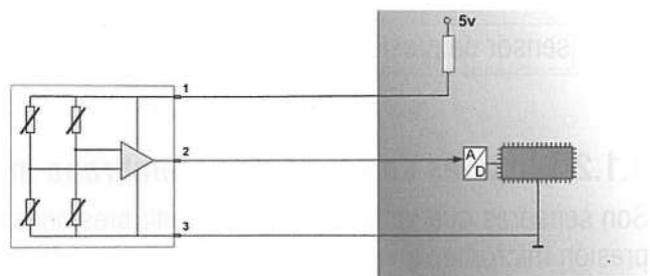
Comprobaciones eléctricas (la situación de los pins puede variar según sistemas)

1. Alimentación y masa electrónica del sensor:

Entre pin 1 y 3 = 5V (llave en posición de contacto)

2. Señal de salida:

Entre pin 2 y 3 = 0,5 a 4,5V (dependiendo de las condiciones de presión)



Señal de salida sensor de alta presión Common Rail

Parámetros de autodiagnóstico

Parámetro	Unidades
Presión.....(colector admisión, atmosférica...)	.....mBar / Bar / KPa
Sensor MAP	.....V

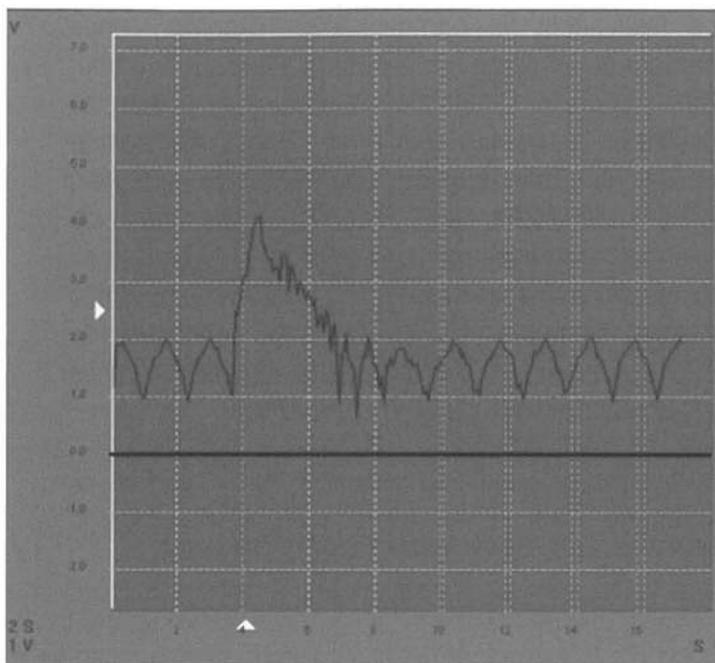
9. Sensores de masa de aire

Medidores de caudal

Los medidores de caudal informan de la cantidad de masa de aire que aspira el motor. Este parámetro es básico para el ajuste de la cantidad de combustible a inyectar (sobre todo en motores de gasolina).

El caudal máximo de aire a medir está comprendido normalmente entre 400 y 1200 Kg/h, según la potencia del motor. Las severas exigencias impuestas por las normativas anticontaminantes obligan a alcanzar exactitudes del 1 a 2% en el valor medido.

Por otro lado, el motor no recibe el aire en forma de corriente continua, sino al ritmo de los tiempos de apertura de las válvulas de admisión. Esto provoca pulsaciones en la corriente de aire en el punto de medición, que se encuentra siempre entre el filtro de aire y la mariposa de gases. A veces, las pulsaciones son tan elevadas que se producen reflujos de aire. Estos reflujos no tienen que ser tenidos en cuenta por el medidor de masa de aire si se quiere obtener una alta precisión en la medida.



Oscilograma señal de salida de un medidor de masa de aire. Se aprecian fluctuaciones de la señal en la zona de ralentí (1 a 2V) debido a las fluctuaciones de aire presentes en el colector de admisión.

Los medidores de masa de aire más empleados son:

- medidor de hilo caliente
- medidor de película caliente
- medidor de película caliente con detección de reflujos
- medidor de película caliente con detección de reflujos digital

Principio de funcionamiento de los medidores de hilo/película caliente

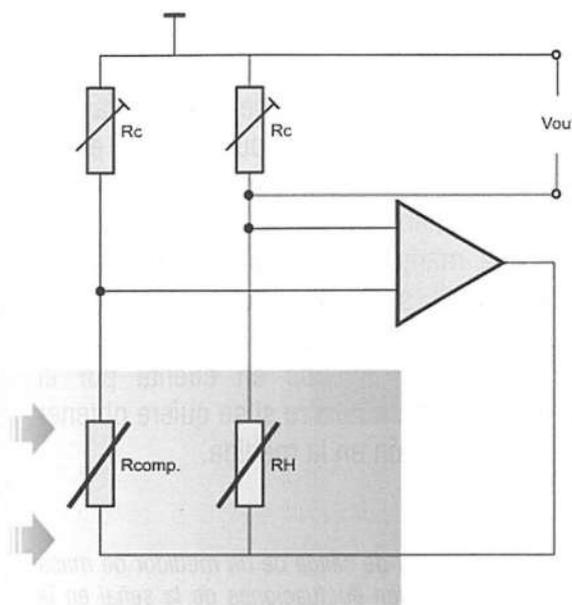
Al recorrer una corriente un delgado hilo metálico, este se calienta. Si este hilo es barrido por un flujo de caudal de aire, el hilo se enfría debido a la energía disipada. La corriente debe aumentar para mantener constante la temperatura del hilo. Por ello existe una relación directa entre la masa de aire aspirada y la corriente que circula por el hilo.

9.1 Medidor masa de aire por hilo caliente HLM

Consiste en un cuerpo tubular protegido en cada extremo por una reja a través del cual circula el flujo de aire que aspira el motor. Un delgado hilo de $70\mu\text{mm}$, de platino, está situado en forma de trapecio en la sección interior del tubo de medición. Una resistencia de compensación también está situada en el cuerpo tubular formando, junto a unas resistencias de calibración y junto al hilo de platino un circuito en puente. El puente de resistencias es controlado por un circuito electrónico que ajusta la corriente que circula por el hilo de platino para que este permanezca siempre a la misma temperatura.

La resistencia de compensación ($R_{comp.}$) mide primero la temperatura del aire de admisión entrante. Su valor de resistencia disminuye y el puente se desequilibra. Debido a ello el circuito electrónico reajusta la corriente que circula por el hilo de platino (RH) para evitar que, con la disminución de resistencia provocada por el paso de aire, su temperatura disminuya. Mediante este circuito el hilo adopta siempre una temperatura constante de 120°C . El reajuste de corriente que circula por el hilo está comprendido entre 500 y 1200 mA.

Circuito básico medidor de masa HLM: R_c . Resistencias de calibración. $R_{comp.}$: Resistencia de compensación. RH: Hilo de platino. V_{out} : Tensión de salida hacia unidad de control



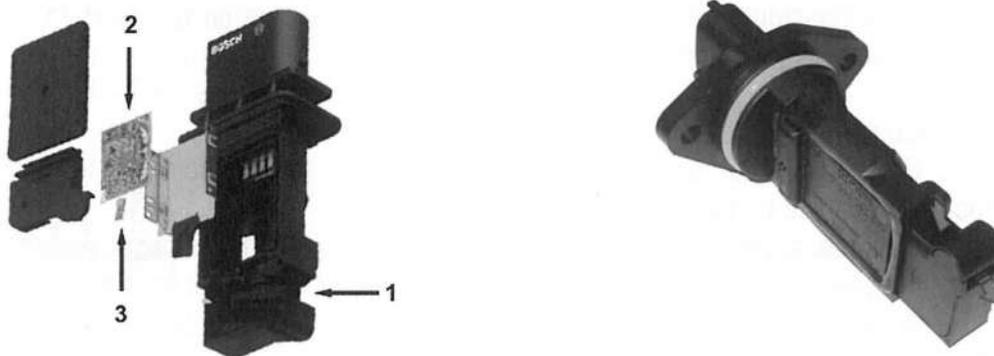
Debido a la estructura del hilo caliente, se depositan en él residuos que arrastra el aire de admisión. Para eliminarlos, se emplea un sistema de autolimpieza después de cada fase de funcionamiento del motor. La fase de autolimpieza dura 1 seg. aproximadamente y consiste en aumentar la temperatura del hilo a 1000°C (pirólisis).

Unidad masa de aire	Ralentí	Plena carga
mg/H	250-450	800-1100
Kg/h	30-60	400-480
g/s	10-15	100-150

9.2 Medidor de masa de película caliente HFM2/5

El principio de funcionamiento es similar al del medidor de hilo caliente. La diferencia principal radica en que el elemento "caliente" es una resistencia de platino que no precisa la fase de autolimpieza. El sensor está introducido en un tubo de medición que puede tener diferente diámetro según la masa de aire necesaria para el motor (370.....970 Kg/h).

El sensor posee un canal de medición de corriente parcial donde se encuentra ubicado el elemento de medición. Este canal está conformado de manera que puede fluir aire por la parte delantera y refluir por la salida. De ese modo se mejora el comportamiento del sensor en caso de corrientes de fuerte pulsación y, además de las corrientes en sentido directo, se reconocen también los reflujos.



1. Canal de entrada de corriente parcial 2. Electrónica 3. Elemento sensor

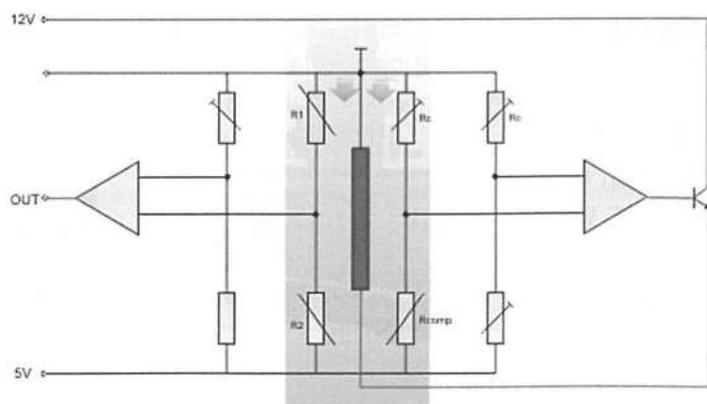
La electrónica del sensor está compuesta básicamente por dos “puentes de Wheatstone”. El puente P1 se encarga de mantener la película caliente siempre a 120°C. El puente P2 se encarga de informar a la UCE de la masa de aire aspirada.

Funcionamiento del puente P1

La resistencia de película caliente es alimentada por el circuito electrónico C1 incorporado en el propio medidor de manera que su temperatura sea de 120°C estables. Cuando pasa aire a través del medidor, la película tiende a enfriarse, por lo que el puente P1 se desequilibra. Debido a ello el circuito C1 aumenta la intensidad de paso por la resistencia para mantener su temperatura a 120°C.

Funcionamiento del puente P2

El puente incorpora dos termoresistencias (para reconocer los reflujos de aire) y dos resistencias de calibración. Al variar la temperatura de la R1 debido al paso del aire por el medidor, el puente se desequilibra. El circuito electrónico C2 amplifica y convierte la caída de tensión generada en el puente, en una señal analógica de salida hacia la UCE. Esta señal es interpretada como masa de aire, ya que la caída de tensión generada en el puente P2 es proporcional a la masa de aire espirada.

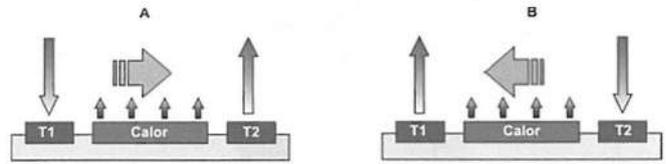


Circuito básico medidor HFM5.
R1 y R2: termoresistencias
Rc: resistencias de calibración

Detección de reflujo de aire

En sentido normal de aspiración, el aire enfría el sensor T1 más que el T2, ya que el aire caliente arrastrado por el flujo de aspiración afecta al sensor T2. Con esta diferencia de temperatura, el circuito electrónico calcula la masa de aire aspirada.

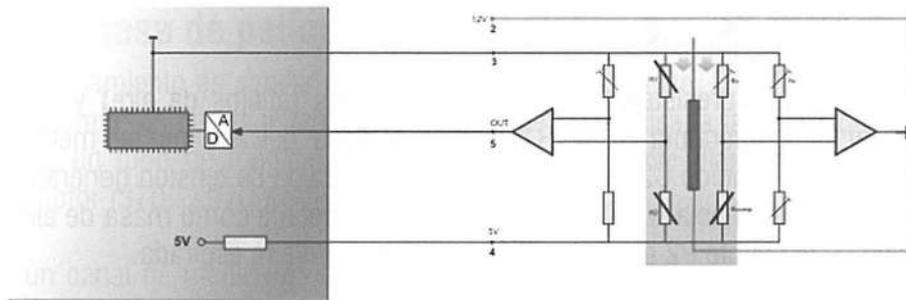
Si el aire fluye en sentido opuesto, el sensor T2 se enfría más que T1. Gracias a esto, el circuito electrónico reconoce que se trata de una masa de aire en sentido inverso a la aspiración del motor. El valor de esta masa, es restado de la masa total para que la señal que reciba la UCE sea sólo referente al flujo de aire que aspira el motor.



9.2.1 Diagnóstico sensor HFM5

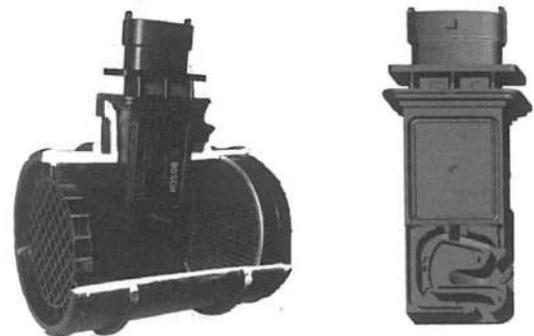
Comprobaciones eléctricas (la situación de los pins puede variar según sistemas):

1. Alimentación y masa electrónica:
 - Entre pin 2 y 3 = 12V (contacto accionado)
 - Entre pin 4 y 3 = 5V (contacto accionado)
2. Señal de salida masa de aire:
 - Entre pin 5 y 3 = 2 a 4,5V (motor en funcionamiento)
3. Señal de salida temperatura aire:
 - Entre pin 1 y 3 = 0,5 a 4,5V (contacto accionado)



9.3 Medidor masa de película caliente digital HFM6

El principio de funcionamiento es similar al del medidor de película caliente. La diferencia principal radica en que la electrónica del sensor trata la señal de salida y la digitaliza (convierte la señal analógica en digital).



El sensor está introducido en un tubo de medición que puede tener diferente diámetro según la masa de aire necesaria para el motor (370.....970 Kg/h). El sensor posee un canal de medición de corriente parcial donde se encuentra ubicado el elemento de medición. Este canal está conformado de manera que puede fluir aire por la parte delantera y refluir por la salida. De ese modo se mejora el comportamiento del sensor en caso de corrientes de fuerte pulsación y, además de las corrientes en sentido directo, se reconocen también los reflujos.

Las ventajas del nuevo caudalímetro son:

- Mayor protección del elemento sensible integrado en el sensor con respecto a las impurezas presentes en el aire (partículas, agua, vapores de aceite, etc.)
- Mediciones más exactas.

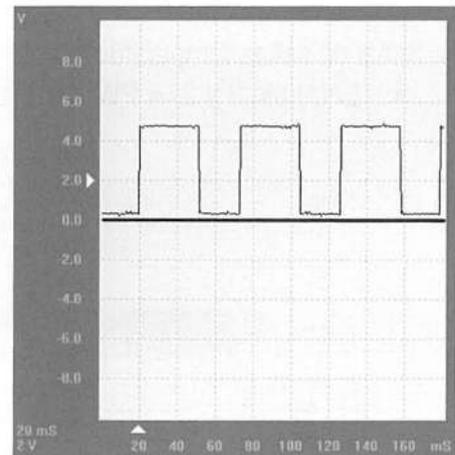
Las diferencias entre el caudalímetro HFM6 y los anteriores son:

- Señales digitales de temperatura y caudal del aire
- Conexión eléctrica de cuatro hilos.
- Distinta canalización del flujo de aire al cual el elemento sensible de medición está expuesto (nuevo by-pass).
- Torreta soldada térmicamente al conducto del aire.

9.3.1 Diagnósis del sensor HFM6

En el caudalímetro digital, el valor de temperatura, enviado a la centralita de control del motor es una señal de tipo PWM en duty-cycle (de frecuencia fija).

La tensión de trabajo es de 5 Voltios y el intervalo de medición está comprendido entre -50 °C y +150 °C (con el consiguiente valor de duty cycle comprendido entre 10% y 90%).

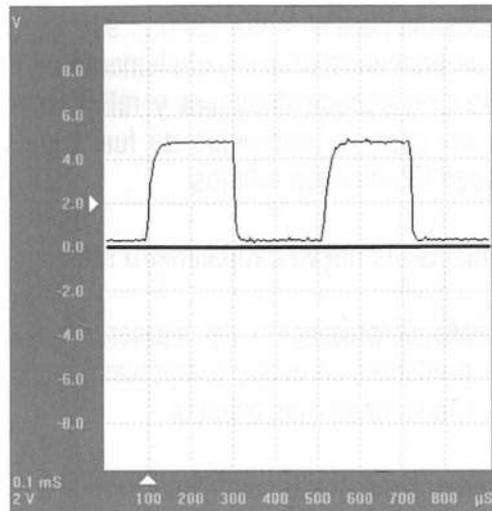


Oscilograma señal digital de temperatura aire (1ª 18°C)

En el caudalímetro digital, la señal de masa de aire enviada a la centralita de control del motor tiene una amplitud de 5 Voltios y es variable en frecuencia, entre 1,4 kHz y 12 kHz.

A un aumento del caudal del aire en la entrada corresponde un aumento de la frecuencia de la señal de salida del medidor (y, consiguientemente, una disminución del valor del intervalo de tiempo)

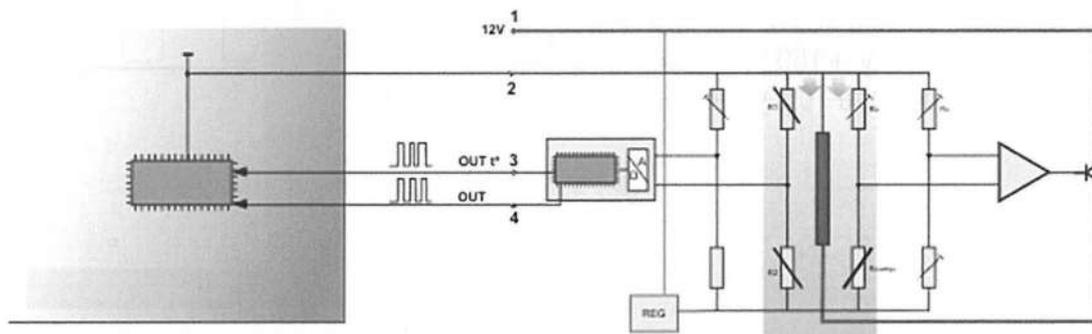
Revoluciones motor	Frecuencia salida digital (KHz)
850	2,35
1500	2,75
2000	2,93
2500	3,19
3000	4,23
3500	4,84
4000	5,30
4500	5,62
5000	6



Señal masa de aire a ralentí (800-900 rpm)

Comprobaciones eléctricas:

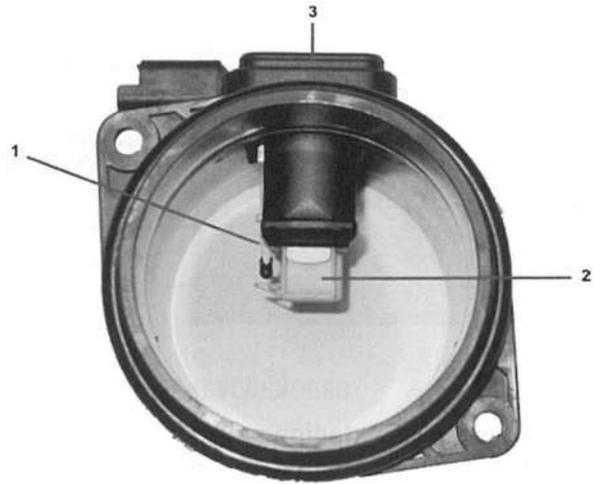
1. Alimentación y masa electrónica del sensor:
 - Entre pin 1 y 2 = 12V (contacto accionado)
2. Señal de salida masa de aire:
 - Entre pin 4 y 2 = 1,4 a 12 KHz (motor en funcionamiento)
3. Señal de salida temperatura aire:
 - Entre pin 3 y 2 = PWM (contacto accionado)



9.4 Medidor masa de aire digital Siemens

El principio de funcionamiento es mediante película caliente. La electrónica del sensor trata la señal de salida y la digitaliza (convierte la señal analógica en digital). El sensor está introducido en un tubo de medición que puede tener diferente diámetro según la masa de aire necesaria para el motor (370.....970 Kg/h). El sensor incorpora una ntc para información de temperatura de aire, siendo esta señal analógica y convertida a digital en la unidad de control.

El flujo de medición deriva del flujo principal en la entrada mediante una canalización secundaria denominada by-pass. El flujo en excedencia se elimina a través de un orificio, obtenido en la tapa de cierre y se vuelve a introducir en el conducto principal. Dicha canalización, que tiene un menor espesor y mayor longitud con respecto a la canalización del flujo principal, aloja el elemento sensible. La nueva forma del by-pass asegura que los agentes contaminantes presentes en el flujo de entrada procedan por energía cinética hacia el orificio de salida sin lograr entrar en la canalización de medición. El flujo de medición ha sido estudiado para ser proporcional a la cantidad de aire del conducto principal.

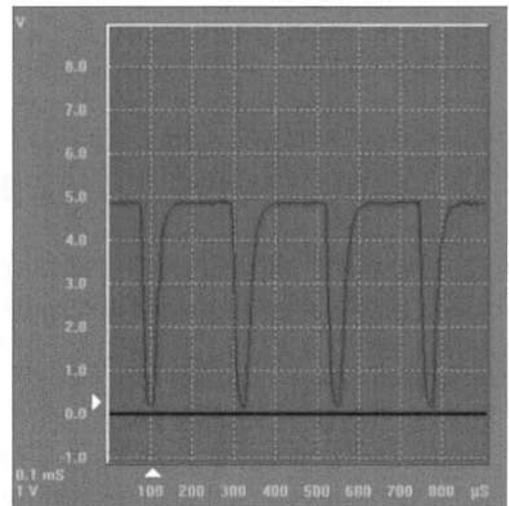


1.Sensor temperatura aire, 2. Canal by pass de medición, 3. Electrónica del sensor

9.4.1 Diagnósis sensor masa de aire Siemens

En el caudalímetro digital, la señal enviada a la centralita de control del motor tiene una amplitud de 5 Voltios y es variable en frecuencia, entre 11 kHz y 2 kHz.

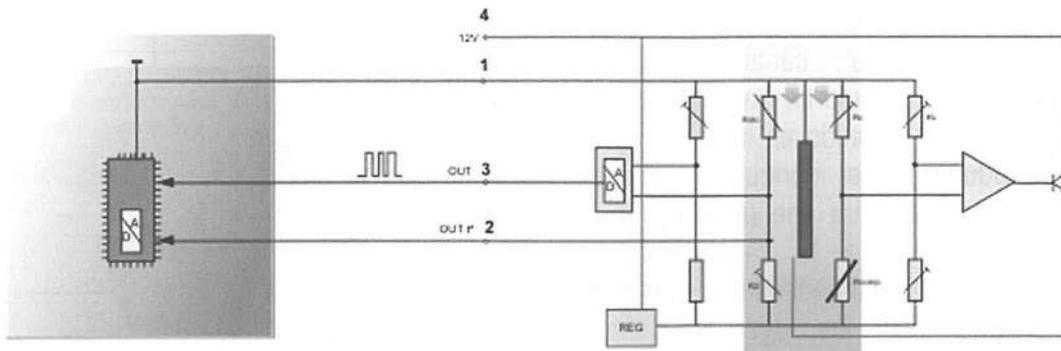
Revoluciones de motor	Frecuencia de salida (KHz)
Motor parado. Llave en posición de contacto	11
850 rpm	4
4000 rpm	2



Oscilograma señal salida motor ralenti

Comprobaciones eléctricas

1. Alimentación y masa electrónica del sensor:
 - Entre pin 4 y 3 = 12V (contacto accionado)
2. Señal de salida masa de aire:
 - Entre pin 1 y 3 = 11 a 2 KHz (motor en funcionamiento)
3. Señal de salida temperatura aire:
 - Entre pin 2 y 3 = 0,2 a 4,8V (contacto accionado)



Parámetros de autodiagnos

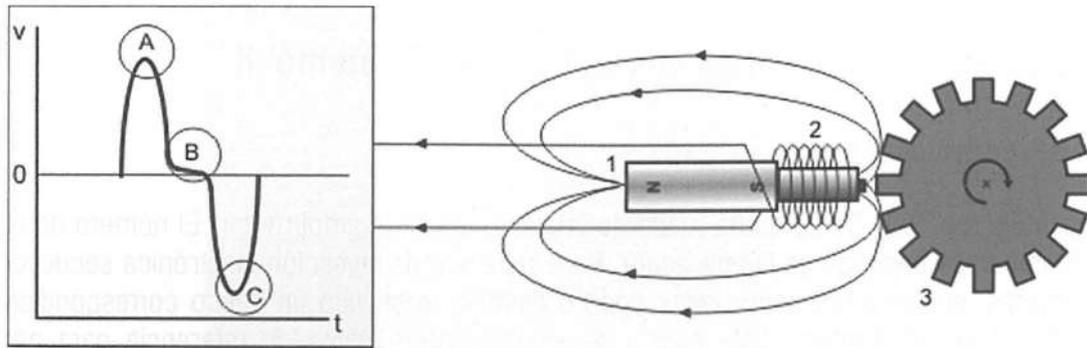
Parámetro para masa de aire medida	Unidades
Masa de aire medida/real.....	.....mg/H.....Kg/h.....g/s.....V
Cantidad/flujo aire aspirado.....	
Debímetro.....	
Parámetro aire masa de aire teórica	
Masa de aire objetiva.....	
Mando EV EGR.....	

10. Sensores inductivos pasivos

Los sensores de velocidad inductivos basan su funcionamiento en el principio de INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA. La señal que generan es senoidal y es directamente proporcional a la velocidad de variación de campo magnético.

Este tipo de sensor suele ir montado frente a una rueda de impulsos de material ferromagnético (hierro dulce) que está compuesta de una serie de dientes y huecos distribuidos en su periferia. El sensor inductivo está formado por un imán permanente (1) unido a una barra de material ferromagnético. Esta barra está situada dentro de una bobina (2) donde se inducirá una tensión cuando exista una variación del flujo magnético que genera el imán permanente. El flujo magnético recorre la bobina y depende de si delante del sensor se encuentra un hueco o un diente de la rueda de impulsos (3). Un diente concentra y refuerza el flujo generado por el imán; en cambio, un hueco debilita el flujo. Esta variación de flujo induce en la bobina una tensión senoidal que es proporcional a la velocidad de variación de campo magnético, y por tanto al número de revoluciones de la rueda de impulsos. Las características principales de esta señal son:

- La amplitud de la tensión alterna crece desde pocos mV hasta 100V
- La amplitud mínima necesaria para procesar la señal se consigue normalmente con 30 rpm.
- Tanto la amplitud como la frecuencia de la tensión alterna son proporcionales a la velocidad de la rueda de impulsos.



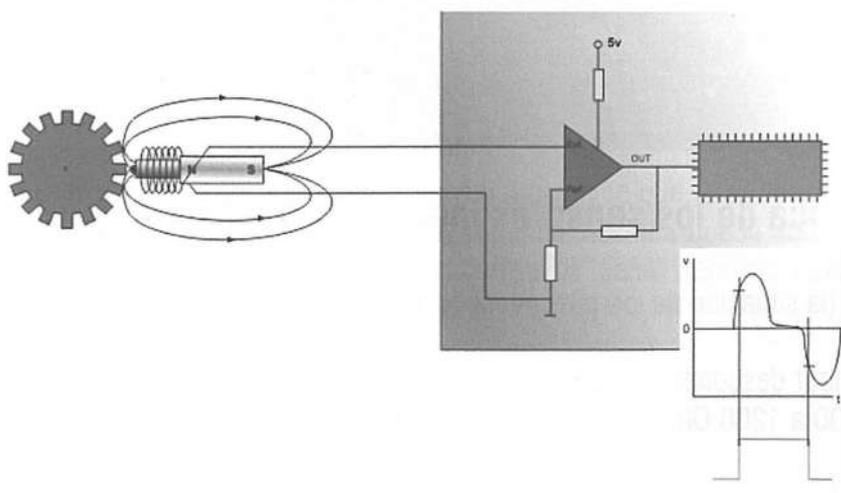
En la imagen superior se aprecia la señal típica de un sensor inductivo de revoluciones:

- **A.** Tensión positiva generada por la aproximación de un diente de la rueda de impulsos al sensor. El campo magnético generado por el imán se refuerza, por lo que varía (aumenta).
- **B.** No hay generación de tensión inducida debido a que el diente continúa enfrente al sensor. Como el campo magnético continua reforzado, su magnitud no ha variado respecto al punto A. Al no haber variación de campo la tensión inducida cae a cero.
- **C.** Tensión negativa generada por el alejamiento de un diente de la rueda de impulsos. El campo magnético generado por el imán se debilita, por lo que varía (de su valor máximo a mínimo).

Ventajas e inconvenientes principales de los sensores inductivos pasivos:

Ventajas	Inconvenientes
Bajos costes de fabricación	No genera señal con revoluciones reducidas
Sensor pasivo, sin electrónica	Sensibilidad elevada a variaciones de entrehierro
Amplio margen de temperaturas	Límites de reducción del tamaño constructivo

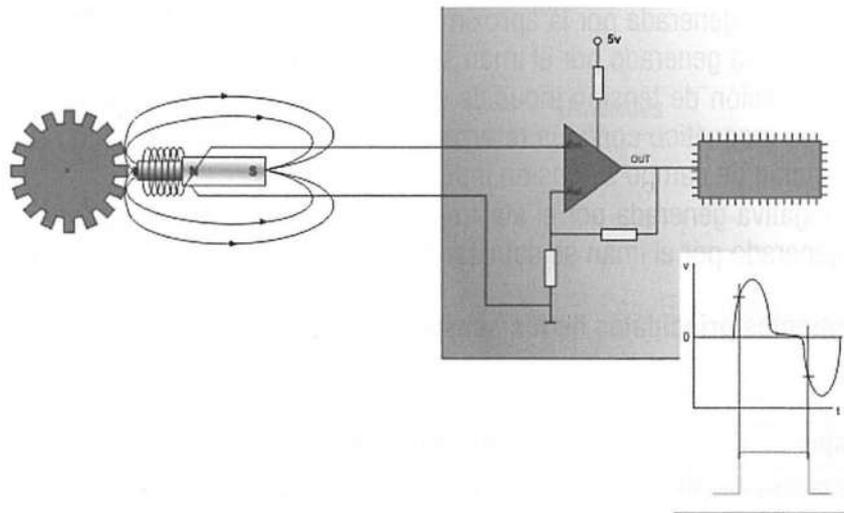
El procesamiento de la señal analógica del sensor inductivo en la unidad de control se realiza mediante un circuito disparador que convierte la señal senoidal en una señal digital cuadrada. Para la conversión el circuito electrónico lee la tensión que genera el sensor y lo compara con un valor de tensión establecido (umbral).



10.1 Sensores inductivos pasivos aplicados al automóvil

Sensores de revoluciones y pms

Sensor inductivo montado frente a una rueda de impulsos unida al árbol motor. El número de dientes de la rueda de impulsos depende de la aplicación. Para sistemas de inyección electrónica secuencial con electroinyectores, suelen emplearse ruedas con 60 dientes, existiendo un hueco correspondiente a dos dientes ($60 - 2 = 58$ dientes). Este hueco se emplea como marca de referencia para pms. Otros sistemas emplean ruedas de impulsos con cuatro dientes (motores de cuatro cilindros), por lo que se obtienen cuatro impulsos de tensión en el sensor inductivo por cada vuelta del árbol motor



Sensores de revoluciones de rueda para sistemas ABS

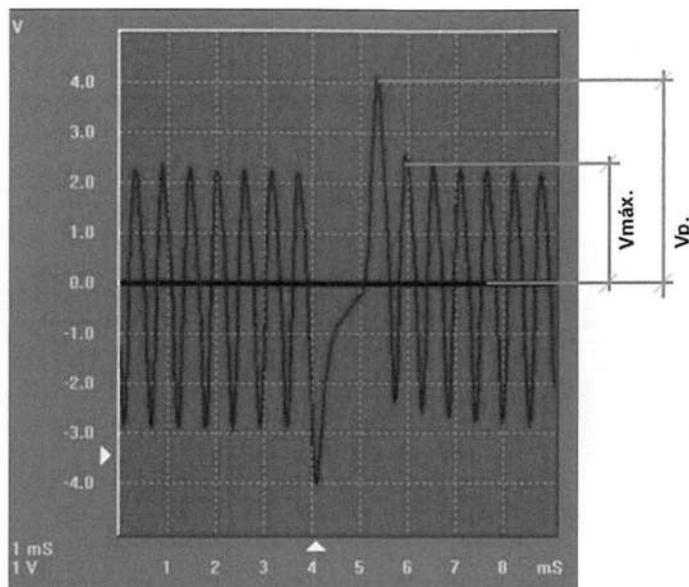
Sensor inductivo montado frente a una rueda de impulsos unida al eje de transmisión de cada rueda. Su estructura y funcionamiento es prácticamente igual al de los sensores de revoluciones y pms.



10.2 Diagnóstico genérico de los sensores inductivos pasivos

Comprobaciones eléctricas (la situación de los pins puede variar según sistemas):

1. Resistencia eléctrica (sensor desconectado de la instalación eléctrica):
 - Entre pin 1 y 2 = 200 a 1200 Ohm (valores más frecuentes)
2. Señal de salida:
 - Entre pin 1 y 2 = de 2 a 100Vac (Sensor conectado y rotor girando)



Parámetros de autodiagnos

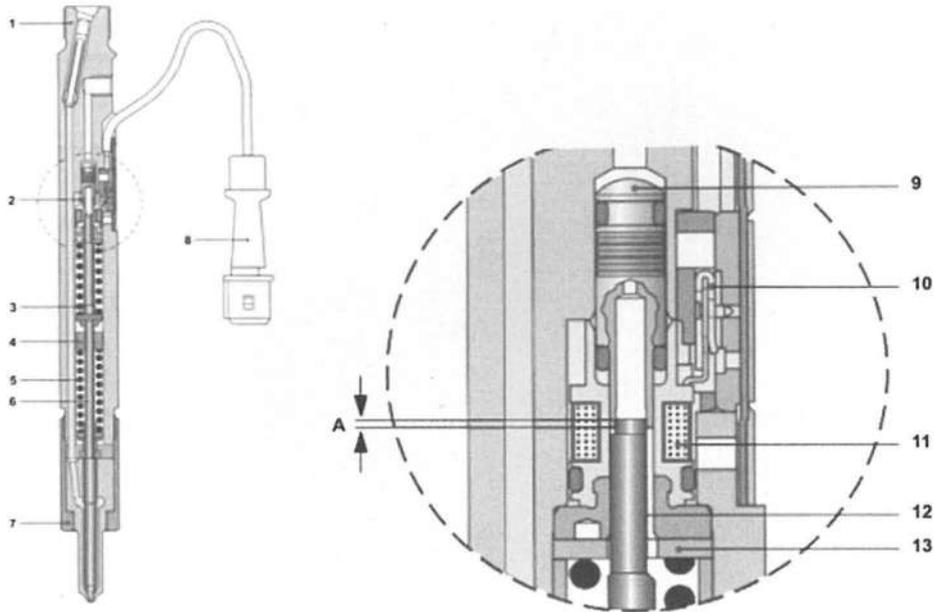
Parámetro	Unidad
Revoluciones motor/bomba.....	.....rpm
Velocidad rueda.....	.....Km/h

11. Sensores inductivos activos

Los sensores inductivos activos funcionan bajo el principio de INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA y ELECTROMAGNETISMO. La diferencia principal con los sensores pasivos es que por la bobina del sensor activo circula una corriente que genera un pequeño campo magnético (electromagnetismo). Este campo magnético se refuerza cuando penetra en el interior de la bobina un núcleo de magnetismo permanente y se debilita cuando este núcleo se aleja de la misma.

Sensores inductivos activos de inicio de inyección

Estos sensores suelen ser empleados para reconocer el inicio de inyección real en gestiones EDC. El sensor va montado en el interior del inyector y está formado por una bobina en el interior de la cual se desplaza axialmente un núcleo magnético unido a la aguja del inyector. Con el movimiento de la aguja del inyector, se provoca el desplazamiento del núcleo magnético que, a su vez, genera una variación del flujo magnético generado en la bobina debido a la corriente eléctrica que la atraviesa. Esta variación de flujo induce en la bobina una tensión alterna en forma de señal senoidal cuya polaridad dependerá del desplazamiento de la aguja del inyector (apertura o cierre).

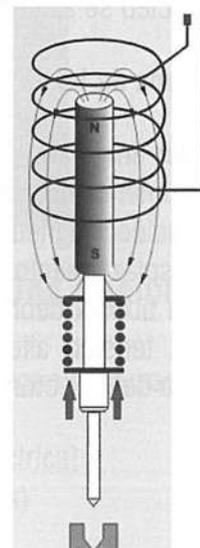
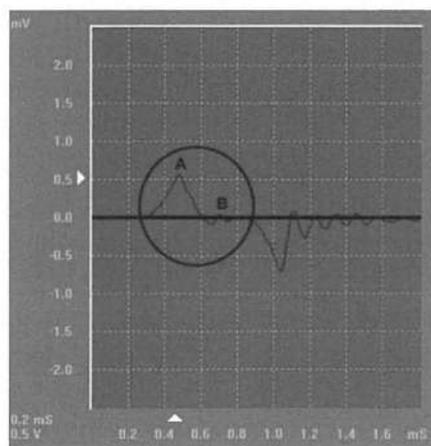


- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Cuerpo del inyector | 8. Conexión eléctrica 2 vías |
| 2. Sensor inductivo | 9. Perno de ajuste |
| 3. Muelle de compresión | 10. Lámina de contacto |
| 4. Arandela | 11. Bobina |
| 5. Muelle de compresión | 12. Núcleo magnético |
| 6. Vástago de presión | 13. Arandela de apoyo |
| 7. Tuerca del inyector | A. Desplazamiento del núcleo magnético |

Señal de sensor inductivo inicio de inyección. Tensión inductiva polaridad positiva:

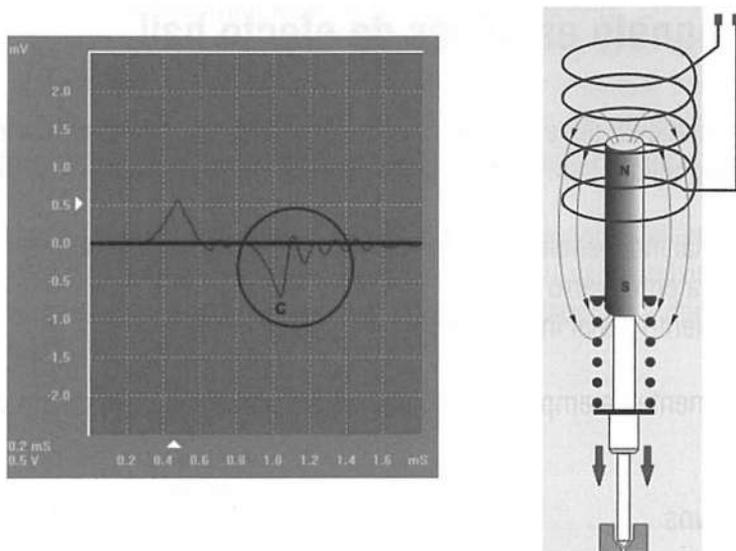
A. En esta fase el núcleo magnético se desplaza por el interior de la bobina reforzando el campo magnético generado por la misma. La tensión se detiene en su punto máximo cuando el inyector está completamente abierto.

B. El inyector permanece completamente abierto, por lo que el núcleo magnético permanece estático, por lo que la tensión inducida es 0



Señal de sensor inductivo inicio de inyección. Tensión inductiva polaridad negativa:

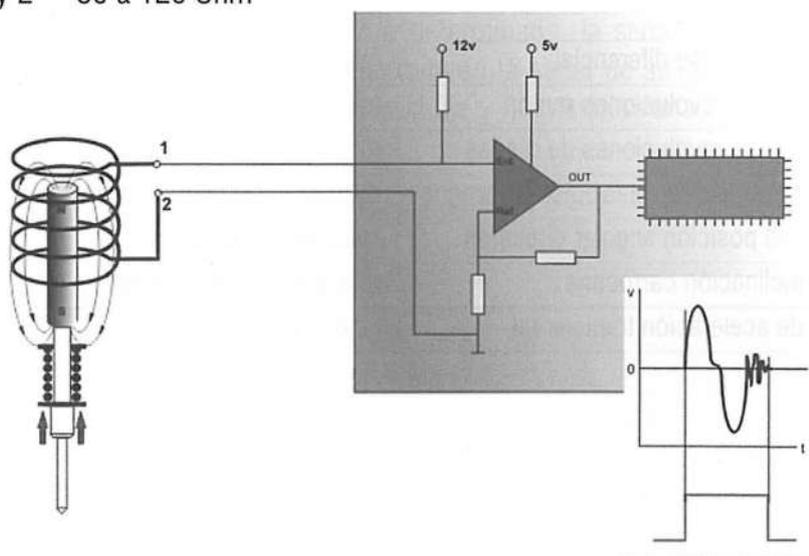
C. El inyector inicia su carrera descendente (final de inyección), por lo que el núcleo se desplaza en sentido opuesto por el interior de la bobina. El campo magnético pasa de su valor máximo a mínimo, lo que genera una tensión inducida de amplitud similar pero de sentido contrario a la obtenida con la apertura del inyector.



11.1 Diagnósis del sensor de inicio de inyección

Comprobaciones eléctricas:

1. Alimentación y masa electrónica:
 - Entre pin 1 y 2 = 12V (contacto accionado y sensor desconectado de la instalación eléctrica)
2. Señal de salida:
 - Entre pin 1 y 2 = 1 a 5Vac (sensor conectado y motor en funcionamiento)
3. Resistencia eléctrica (sensor desconectado de la instalación eléctrica):
 - Entre pin 1 y 2 = 80 a 120 Ohm



Parámetros de autodiagnos

Parámetro	Unidad
Inicio de inyección real.....	.....⁰

12. Sensores magneto estáticos de efecto hall

Los sensores magnetoestáticos generan una señal de corriente continua cuando están sometidos a variaciones de campo magnético. Las ventajas principales frente a sensores inductivos son:

- Generación de señal independiente de la velocidad de variación de campo
- Poca sensibilidad a entrehierro
- Electrónica tratamiento señal incorporada

En el automóvil, principalmente se emplean dos tipos de sensores magnetostáticos:

Sensores Hall
 Sensores magnetorresistivos

Principio de funcionamiento

Los sensores Hall se basan en el conocido EFECTO HALL. La tensión Hall generada en el CI Hall es proporcional a la intensidad de campo magnético que corta perpendicularmente al elemento Hall. Cuando se aplica el efecto Hall a sensores, la tensión Hall alimenta una electrónica que suministra una señal de salida digital. Si la inducción magnética aplicada es inferior a un valor mínimo determinado, la señal de salida corresponde a un 0 lógico; en cambio, si es superior a un valor determinado la señal de salida corresponde a un 1 lógico.

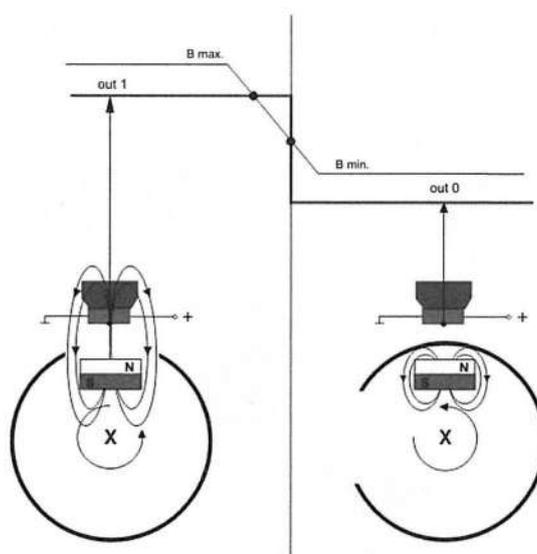
Diferentes tipos de sensores Hall	Método variación campo magnético
sensor hall para sistemas de encendido	rotor pasivo de pantallas
sensor hall de fase	rotor pasivo de pantallas o de impulsos
sensor hall de fase diferencial	rotor pasivo de impulsos
sensor hall de revoluciones motor	rotor activo
sensor hall de revoluciones de ruedas	rotor activo
sensor hall posición interruptor embrague	desplazamiento lineal imán
sensor hall posición angular dirección	disco de impulsos
sensor inclinación carrocería	rotación imán permanente
sensor de aceleración transversal	resorte oscilante

12.1 Sensores hall aplicados al automóvil

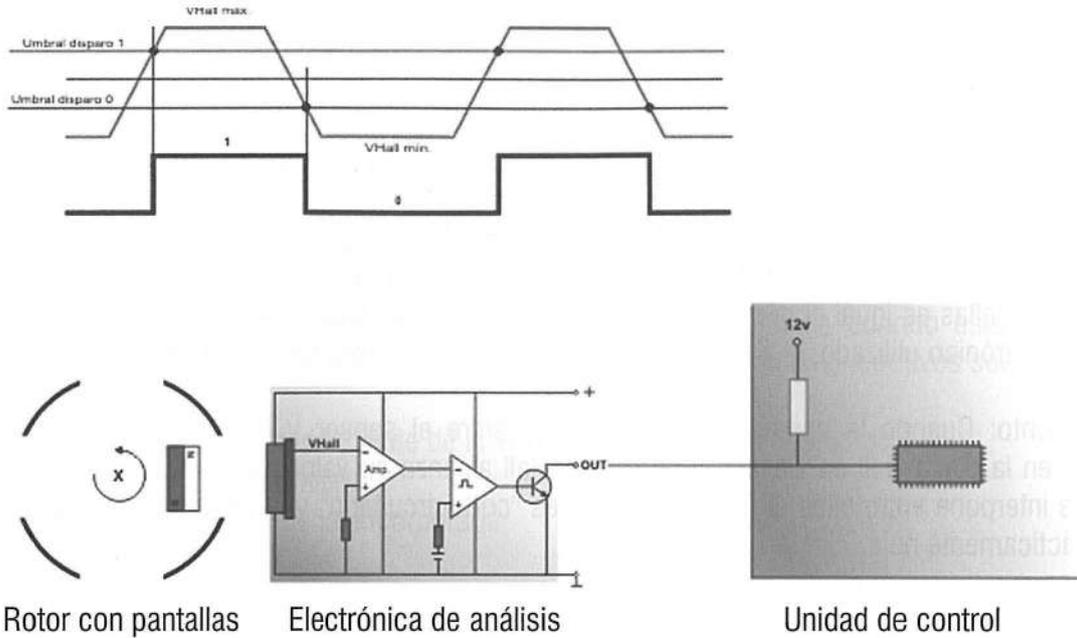
Sensor Hall para sistemas de encendido.

El sensor Hall suele ir montado en el distribuidor de encendido. El sensor está compuesto de una placa Hall unida a una pieza de material ferromagnético y un imán permanente. Entre la placa Hall y el imán se encuentra un rotor de pantallas y ventanas de material ferromagnético que, debido a su rotación, interrumpe de forma intermitente el flujo de campo magnético generado por el imán permanente. El número de pantallas es igual al número de cilindros. El ancho de cada pantalla puede determinar, según el módulo electrónico utilizado, el ángulo de cierre máximo del sistema de encendido.

Funcionamiento: Cuando la pantalla no se interpone entre el sensor y el imán, la densidad de flujo magnético en la placa Hall es elevada y la tensión Hall alcanza su valor máximo. En cambio cuando la pantalla se interpone entre ellos el flujo magnético es "cortocircuitado" y la densidad de flujo en la placa Hall es prácticamente nula.



La tensión Hall generada es de pocos mV, por lo que es amplificada en la electrónica que incorpora el sensor. La tensión amplificada pasa por un circuito disparador para que sea digitalizada. Si la inducción magnética aplicada es inferior a un valor mínimo determinado, la señal de salida corresponde a un 0 lógico; en cambio, si es superior a un valor determinado la señal de salida corresponde a un 1 lógico. Con esto se obtiene una señal cuadrada de amplitud fija y frecuencia variable en función de la velocidad de giro del rotor de pantallas.



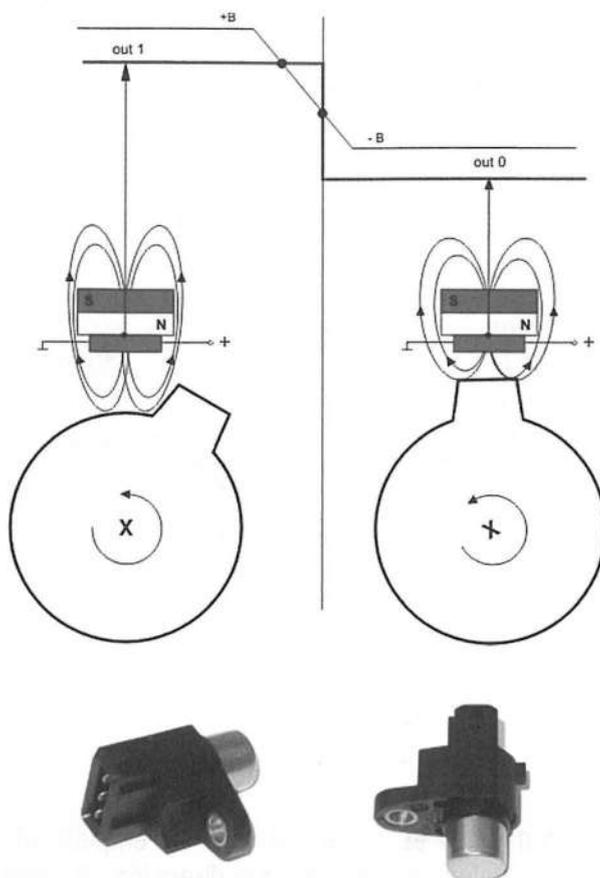
En la salida OUT se obtiene una señal cuadrada (debido al trabajo del transistor como interruptor) de amplitud constante y frecuencia proporcional a la velocidad de giro del rotor. La amplitud de la señal normalmente es de 12 o 5V, dependiendo de la electrónica que trata la señal.



Sensor Hall para encendido transistorizado

Sensor Hall de fase motor

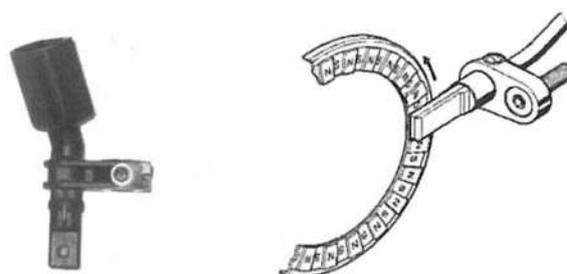
El sensor suele ir montado junto al árbol de levas. Con el árbol de levas gira un rotor pasivo (de dientes o de diafragma con aberturas) de material ferromagnético. El imán permanente está situado en el interior del sensor, de manera que la placa Hall se encuentra entre el imán y el rotor. El rotor varía la intensidad de campo magnético que afecta al sensor Hall. Como la tensión Hall es proporcional a la magnitud del campo magnético (la velocidad de variación de campo no interviene), cada vez que se acerca un diente o hueco del rotor pasivo varía la intensidad de campo y con él la tensión Hall generada en la placa Hall. La tensión Hall alimenta una electrónica que suministra una señal de salida digital. Si la inducción magnética aplicada es inferior a un valor mínimo determinado, la señal de salida corresponde a un 0 lógico; en cambio, si es superior a un valor determinado la señal de salida corresponde a un 1 lógico.



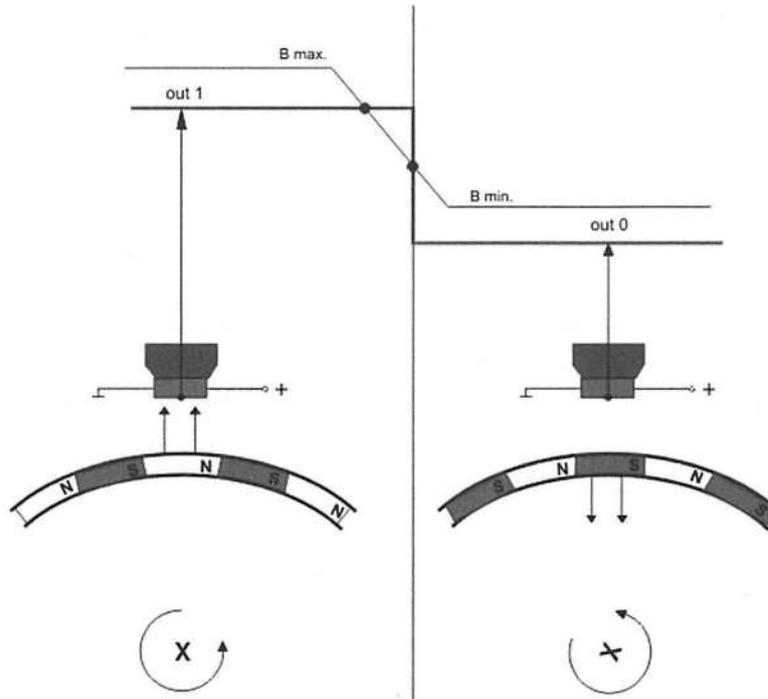
Sensor de fase Hall

Sensor Hall de velocidad de ruedas

El sensor suele ir montado en el cojinete de rueda. El rotor está formado por pequeños imanes dispuestos en su periferia. Las líneas de campo magnético de los polos norte cortan al sensor Hall en el sentido correcto y de manera perpendicular al mismo. Con ello se genera una tensión Hall que es tratada por la electrónica que genera la señal de salida correspondiente. Cuando un polo sur queda enfrente al sensor Hall no se genera ninguna tensión Hall.



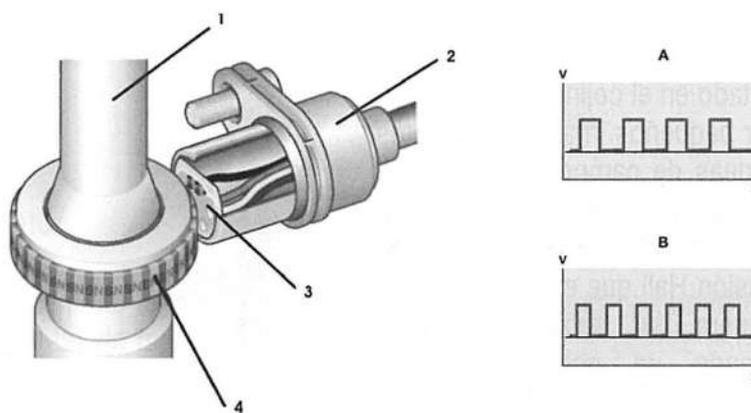
La señal obtenida es una onda cuadrada de amplitud fija y frecuencia proporcional a la velocidad de giro de la rueda. Como la señal se genera siempre que exista variación de campo (no importa la velocidad de cambio) el sensor puede detectar velocidades de rueda muy reducidas.



Sensor Hall de velocidad para servodirecciones

Otro ejemplo de sensor Hall con rotor activo es el que se emplea en los sistemas de dirección electrohidráulicos para reconocer la velocidad de giro de la dirección. El sensor Hall está enfrentado a una rueda polar con 60 imanes que está unida al eje de la dirección. La rotación de los imanes provoca variaciones de flujo magnético en el sensor, con lo que se obtiene diferentes niveles de tensión Hall.

Esta tensión es tratada por la electrónica del sensor, obteniéndose como resultado una señal cuadrada de amplitud fija y frecuencia proporcional a la velocidad de giro de la dirección. Esta señal es empleada por la unidad de control para modificar el caudal de envío del motor eléctrico de la bomba de servoasistencia.



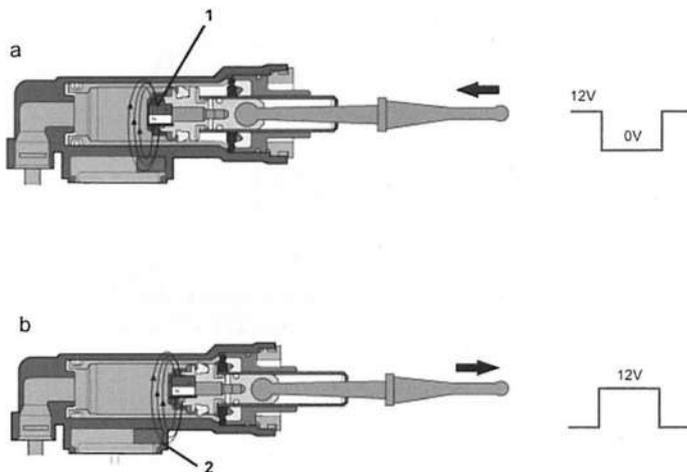
- 1. Eje de dirección
- 2. Electrónica
- 3. Placa Hall
- 4. Rueda polar
- A. Velocidad lenta de giro
- B. Velocidad elevada de giro

Sensor Hall de posición pedal embrague

El sensor Hall está ubicado en el interior del sensor de posición de pedal de embrague. La placa Hall está fija y el imán permanente se desplaza axialmente junto a la varilla de transmisión que va unidad al pedal.

Cuando el pedal está en reposo, el campo magnético no afecta a la placa Hall, por lo que no se genera tensión Hall. La salida del sensor Hall, tratada previamente por la electrónica, está a 12V (el transistor final no conduce).

Cuando el pedal está accionado, el imán se desplaza y sus líneas de flujo magnético cortan perpendicularmente a la placa Hall. Se genera una pequeña tensión Hall que, tratada previamente por la electrónica interna provoca una señal de salida de 0V.



- a. Pedal accionado
- b. Pedal en reposo
- 1. Imán permanente
- 2. Placa Hall

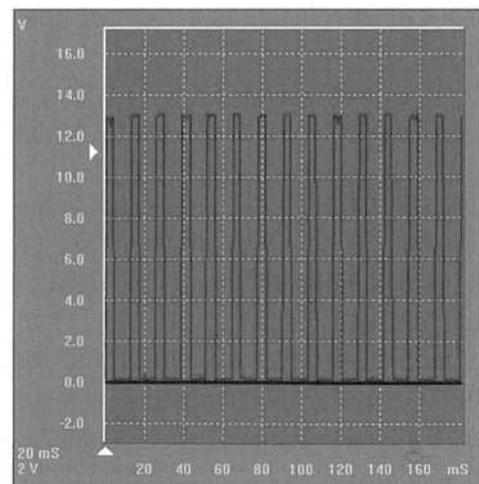
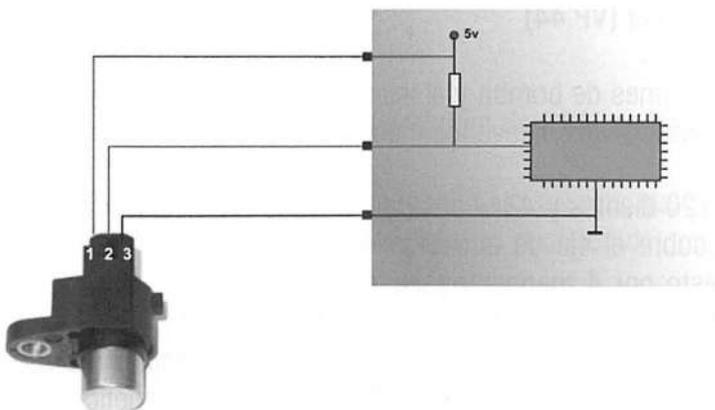
12.2 Diagnósis genérica de los sensores hall

1. Alimentación y masa electrónica del sensor:

- Entre pin 1 y 3 = 5/12V (contacto accionado)

2. Señal de salida:

- Entre pin 2 y 3 = señal cuadrada de amplitud fija y frecuencia variable (rotor en movimiento)

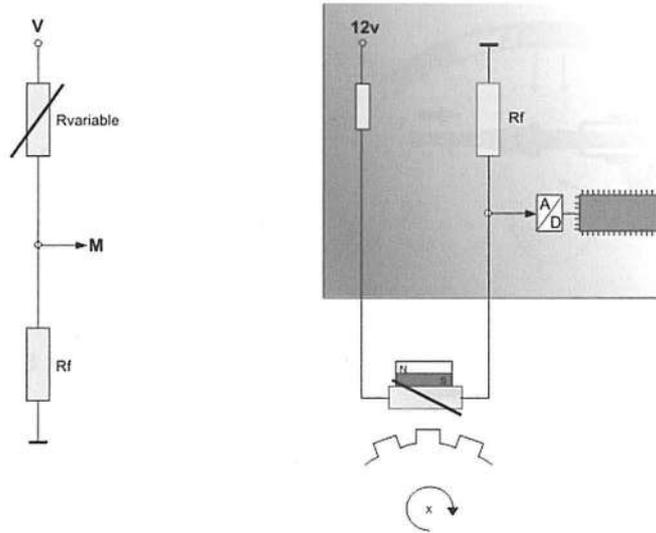


Señal genérica sensor Hall

13. Sensores magneto estáticos de efecto resistivo

Las magnetorresistencias son elementos semiconductores cuyo valor óhmico varía debido a la influencia de un campo magnético. Generan una tensión unipolar de corriente continua cuando están sometidas a las líneas de flujo de un campo magnético. Normalmente se montan junto a imanes permanentes para aumentar la sensibilidad de medición y en circuito divisor de tensión.

La rueda de impulsos puede ser de material ferromagnético o de imanes permanentes. El flujo magnético que afecta a la resistencia varía cuando la rueda dentada gira, ya que los dientes y huecos refuerzan y debilitan el campo magnético. Esto genera valores diferentes de resistencia que se convierten en diferentes niveles de tensión gracias al circuito divisor de tensión.



La ventaja de las magnetorresistencias es su alto nivel de señal que, incluso sin amplificación, se halla generalmente en el margen de voltios. Con ello es posible suprimir el montaje de una electrónica de amplificación interna. También hay que destacar que son elementos muy insensibles a interferencias electromagnéticas.

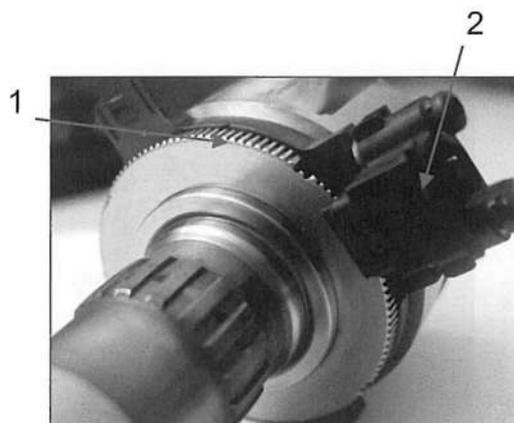
13.1 Sensores magneto resistivos aplicados al automóvil

Sensor de revoluciones de bomba electrónica diesel (VP 44)

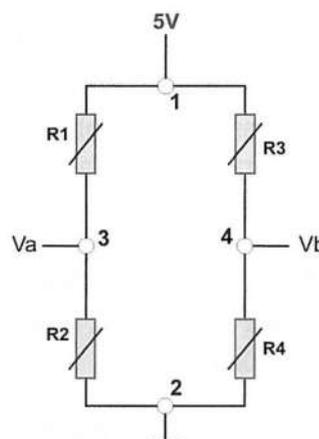
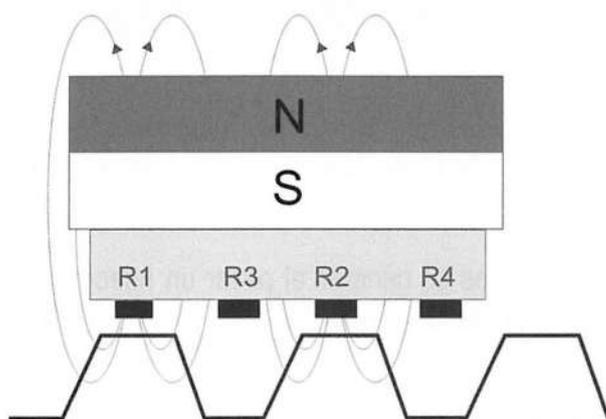
Este sensor se emplea para reconocer las revoluciones de bomba y el inicio de inyección. En función de estas señales la unidad de control gestiona la electroválvula de avance y de caudal.

El sensor explora una rueda dentada que tiene 120 dientes y 4 huecos para indicar el momento de inicio de inyección de cada cilindro. Está montado sobre el eje de accionamiento de la bomba rotativa. El sensor empleado es diferencial doble, compuesto por 4 magnetorresistencias conectadas en puente y separadas entre sí por una distancia igual a la mitad de la existente entre dientes.

La rueda de impulsos es de material ferromagnético. El flujo magnético que afecta a la resistencia varía cuando la rueda dentada gira, ya que los dientes y huecos refuerzan y debilitan el campo magnético. Esto genera valores diferentes de resistencia en el puente, caídas de tensión diferentes que son analizadas por la unidad de control. La frecuencia de la señal aumenta con el número de revoluciones de la bomba.



1. Rueda dentada
2. Sensor magnetorresistivo



Pins del sensor: 1. Alimentación 5V, 2. Masa eléctrica, 3. Señal a, 4. Señal b

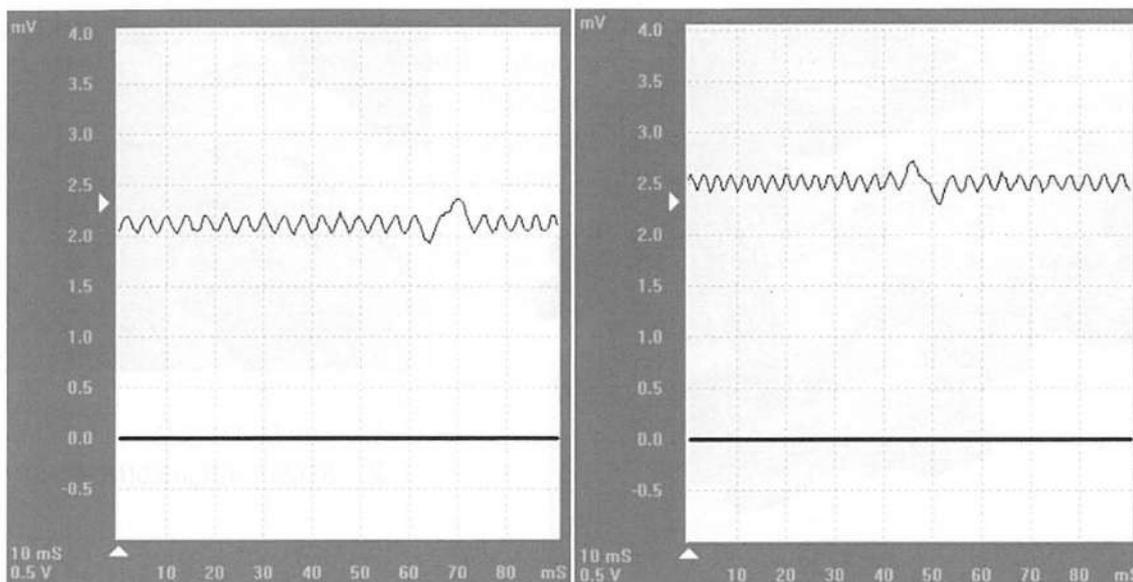
Parámetro en autodiagnos	Unidad
Revoluciones de bomba.....	.....rpm

Diagnosis del sensor magneto resistivo de RPM de bomba

1. Tensión de alimentación: (la situación de los pins puede variar según sistemas)
 - Entre pin 1 y masa = 5V (llave en posición de contacto)
2. Señal de salida:
 - Entre pin 3/4 y masa = señal de tensión variable de amplitud fija frecuencia variable

Señal salida Va (pin 3)

Señal salida Vb (pin 4)



Las dos tensiones variables obtenidas en los pins de salida del sensor son opuestas. De esta manera la señal es comparada y tratada para su procesamiento en la unidad de control (conversión analógico – digital).

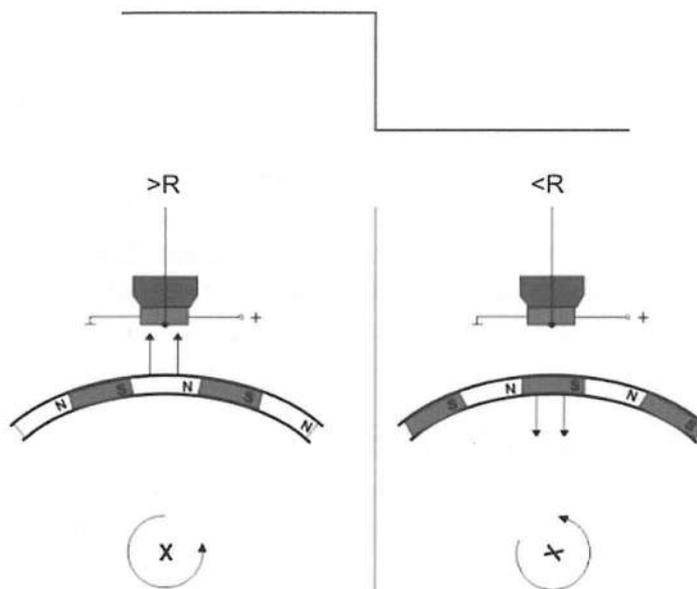
Los picos de tensión que se observan en ambas señales se generan al pasar un hueco de la corona de impulsos delante del sensor. Esta señal la emplea la unidad de control para reconocer el momento de inicio de inyección real.

Sensor de revoluciones de rueda para sistemas ABS

Este sensor se emplea en sistemas ABS para reconocer las velocidades de giro de cada rueda. Al tratarse de un sensor magnetoestático, se reconocen velocidades de rueda muy reducidas.

El sensor suele ir montado junto al cojinete de rueda. Esta posicionado de manera que explora una rueda generatriz de impulsos formada por pequeños imanes cuyos polos están alternados (polos norte u sur). La resistencia eléctrica del sensor varía en función del polo magnético al que es sometido. Cuando se enfrenta a un polo norte su resistencia es muy elevada y cuando se enfrenta a un sur su resistencia es pequeña, permitiendo así una elevada circulación de corriente.

Cuando el rotor de polos magnéticos gira, se genera en el sensor dos niveles de resistencia y, por lo tanto dos niveles de intensidad diferente, ya que la UCE aplica una tensión de 12v entre los extremos del sensor. El sensor se encuentra montado en circuito divisor de tensión, lo que da lugar a una señal cuadrada cuya frecuencia es directamente proporcional a la velocidad de giro de las ruedas.



Parámetro	Unidades
Velocidad de rueda di/dd/ti/td.....	.....Km/h

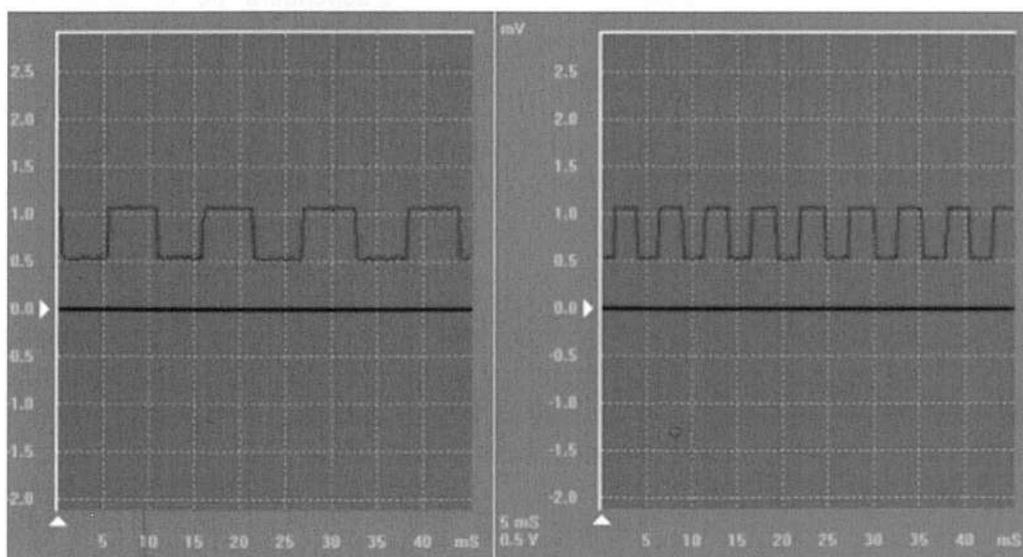
Diagnosis genérica de los sensores magneto resistivos para sistemas ABS

1. Tensión de alimentación: (la situación de los pins puede variar según sistemas)

- Entre pin 2 y masa = 12V (llave en posición de contacto)

2. Señal de salida:

- Entre pin 1 y masa = señal cuadrada de amplitud fija comprendida entre 0,5 y 1V y frecuencia variable



Señal sensor a 15 Km/h

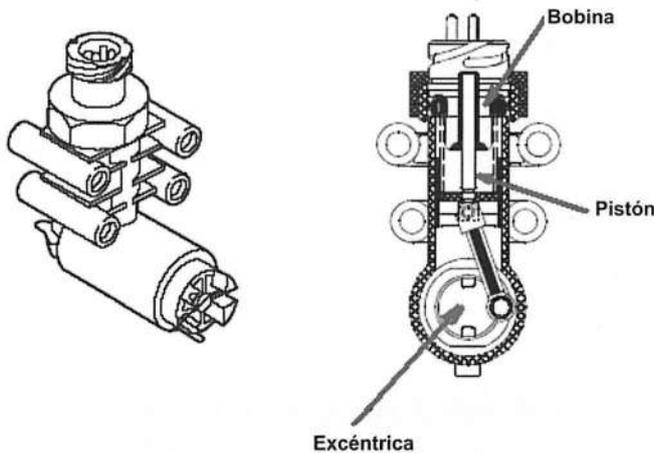
Señal sensor a 30 Km/h

14. Sensores de inductancia variable

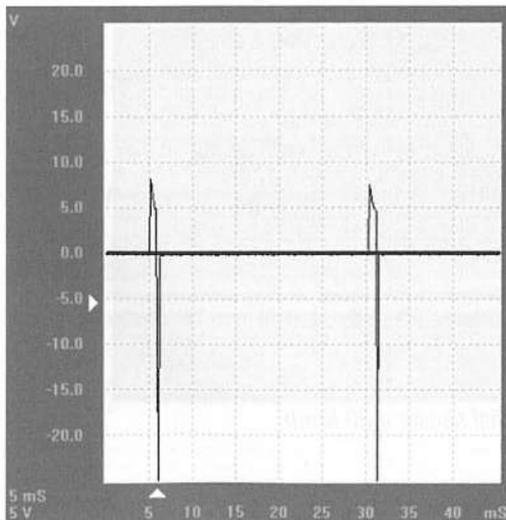
La inductancia de una bobina depende, entre otros factores, del material del núcleo de la misma y de su posición. Los sensores que trabajan bajo este fenómeno están formados por una bobina con un núcleo móvil en su interior de material ferromagnético. La posición de este núcleo respecto a la bobina hace variar la inductancia de ésta. Este factor hace variar el tiempo que dura la autoinducción que se genera en la bobina al abrirse el circuito de alimentación al que está conectada. Este tiempo, por lo tanto, depende de la posición del núcleo respecto a la bobina y es empleado como señal de información por la unidad de control electrónica.

14.1 Sensor de nivel de suspensión ECAS

El sensor de nivel se encarga de informar a la unidad de control sobre la variación del nivel del chasis del vehículo respecto a la superficie de la carretera. Este sensor está formado por una bobina fijada al chasis, por el interior de la cual se desplaza un pistón de material ferromagnético unido al eje del vehículo con una leva excéntrica. Si se produce una variación de altura entre el chasis y la carretera, la leva gira desplazando al pistón y provocando una variación de la inductancia de la bobina conectada eléctricamente a la centralita ECAS.



La unidad de control del sistema de suspensión ECAS envía un pulso de corriente al sensor con una frecuencia aproximada de 40 Hz. Con cada pulso, la unidad controla el tiempo que tarda en atravesar la bobina un determinado valor máximo-mínimo de intensidad. Este tiempo dependerá del valor de inductancia de la bobina que, a su vez, dependerá de la posición del núcleo interno.



Pulso de corriente regulado por la unidad de control

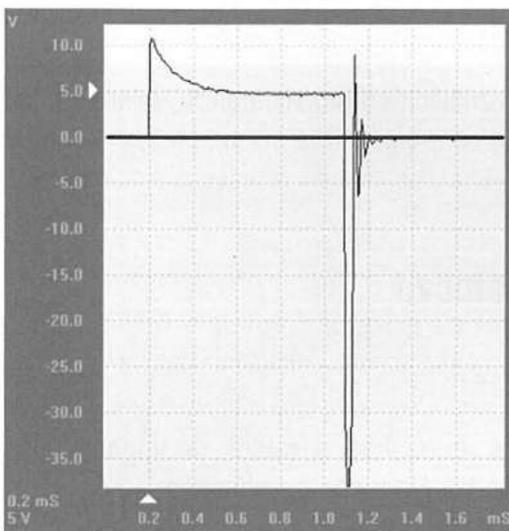
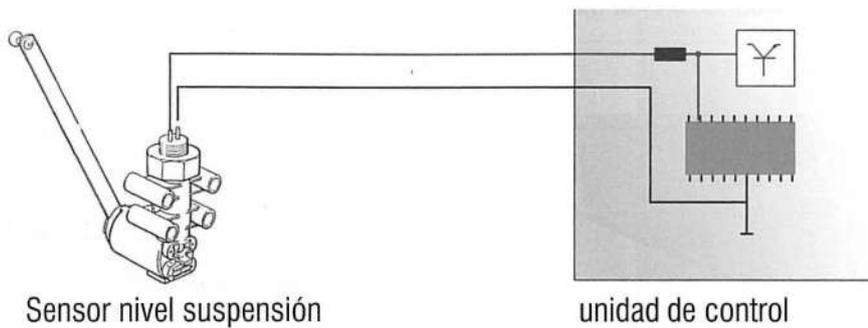
14.2 Diagnósis genérica del sensor de inductancia variable

Comprobaciones eléctricas (la situación de los pins puede variar según sistemas)

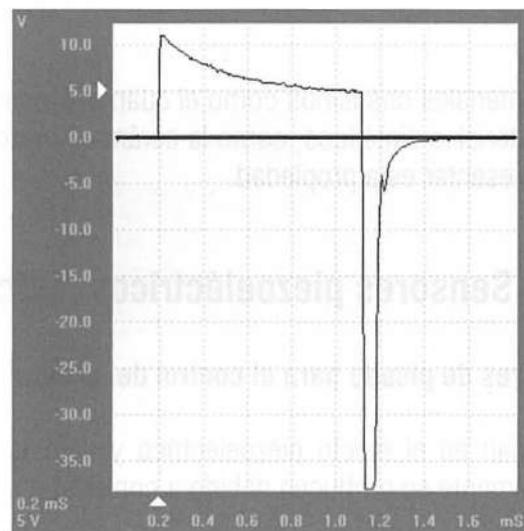
Resistencia eléctrica: entre pin 1 y 2 70 Ohm aprox.

Pin 1. Señal de salida

Pin 2. Masa electrónica



Señal sensor con suspensión posición mínima



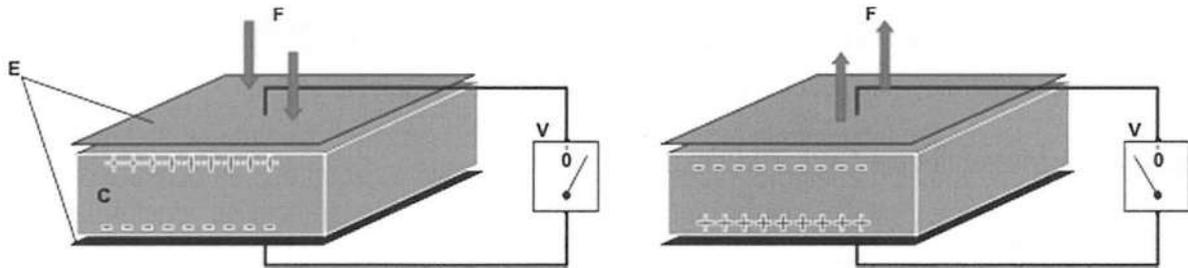
Señal sensor con suspensión posición máxima

15. Sensores piezoeléctricos

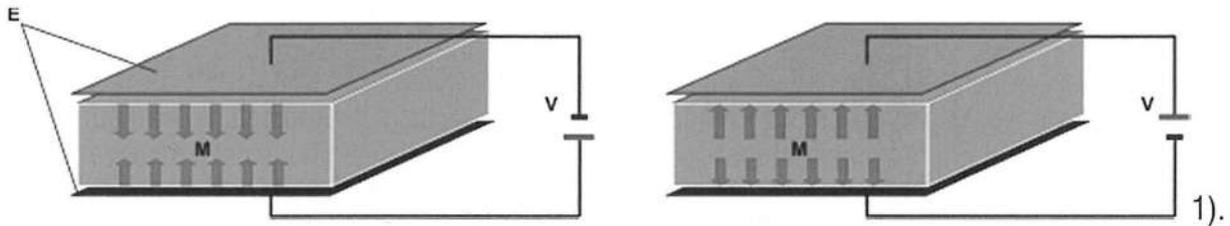
Efecto piezoeléctrico

Algunos cristales generan cargas eléctricas entre sus superficies cuando son sometidos a presiones o vibraciones mecánicas. Las cargas generadas son proporcionales a la intensidad de la fuerza aplicada al cristal, y la polaridad se invierte al invertirse el sentido de la presión o de la tensión. Este efecto es reversible, o sea, si se aplica una carga a dos armaduras metálicas entre las cuales hay un cristal, se obtiene un movimiento mecánico.

La cantidad de energía generada depende de las características del cristal, así como de los esfuerzos mecánicos a los que est  sometido. Es importante tener en cuenta que si bien la diferencia de potencial aumenta con el incremento del esfuerzo mecánico, no debe superar el valor máximo que puede soportar el cristal. El cristal más empleado es el cuarzo.



Obtención de carga eléctrica. C, cristal piezoeléctrico E, electrodos F, fuerza aplicada V, d.d.p generada



Obtención de movimiento (M) a partir de una tensión de alimentación (V)

Los materiales cristalinos como el cuarzo, presentan el efecto piezoeléctrico por naturaleza, mientras que los materiales sintéticos, como la cerámica piezoeléctrica, han de ser polarizados por un campo eléctrico para presentar esta propiedad.

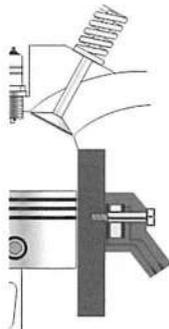
15.1 Sensores piezoeléctricos aplicados al automóvil

Sensores de picado para el control del encendido

Se basan en el efecto piezoeléctrico y detectan las vibraciones producidas a ruidos de impacto, que normalmente se producen debido a combustiones inadecuadas en la cámara de combustión.

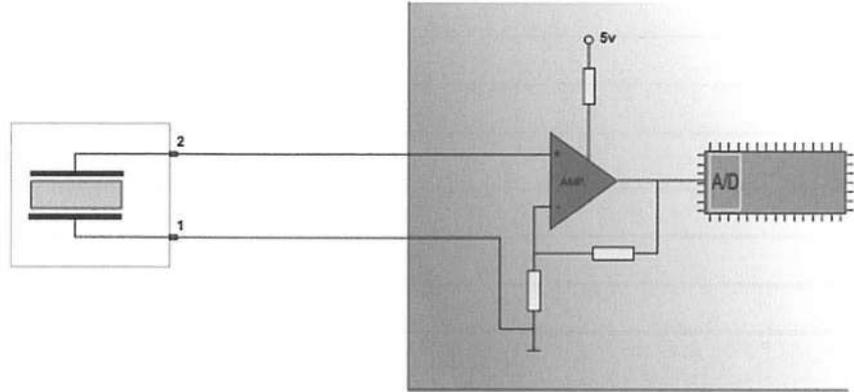
El lugar de montaje del sensor de picado se elige de manera que se pueda detectar de manera fiable el picado originado en cada cilindro. Para asegurar un correcto funcionamiento del sensor es básico:

- el par de apriete del sensor (normalmente de 1,5 a 2,5 Kgm)
- superficie de contacto entre el sensor y el motor en perfecto estado (no emplear arandelas de fijación).



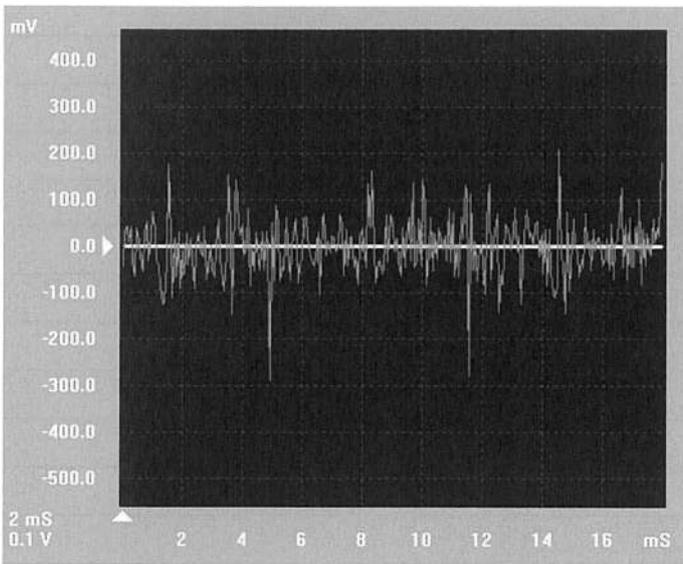
15.2 Diagnósis genérica el sensor piezoeléctrico

Comprobaciones eléctricas (la situación de los pins puede variar según sistemas)



- 1. Masa electrónica
- 2. Señal de salida (c/a)

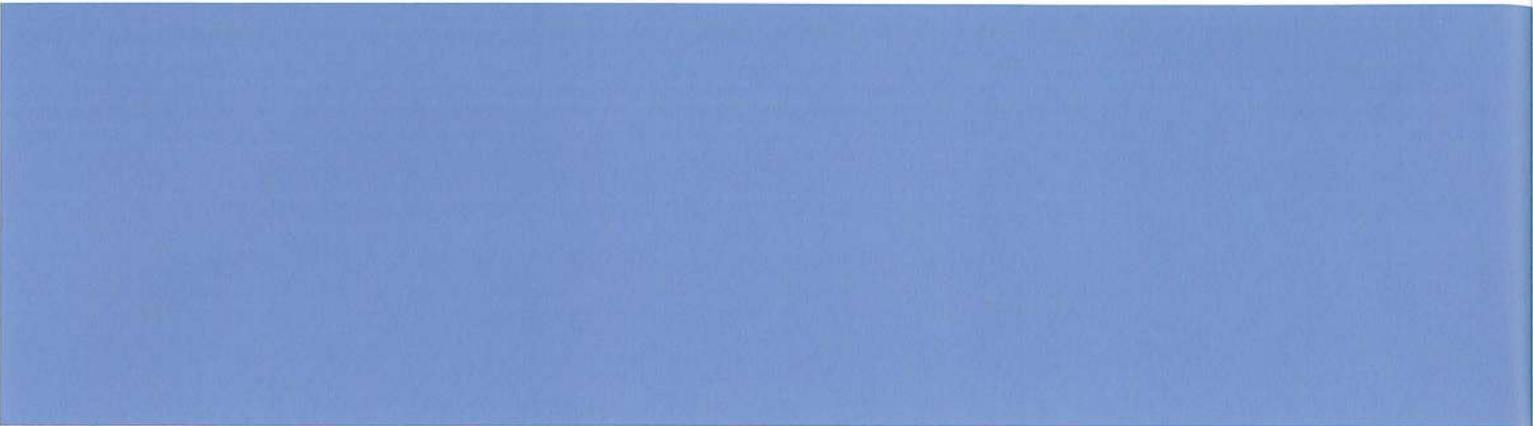
Señal genérica sensor de picado



Parámetros de autodiagnósis

Parámetro en autodiagnósis	Unidades
Detonación cilindro 1/2/3/4	.....mV/..... ^o
Sensor/Limitador detonación	





TEXA

TEXA IBÉRICA DIAGNOSIS, S.A.
Can Mascaró-C/Llevant, 2
08756 - La Palma de Cervelló - Barcelona
Tel. +34 936 535 099
Fax +34 936 535 083
www.texaiberica.com
info@texaiberica.com