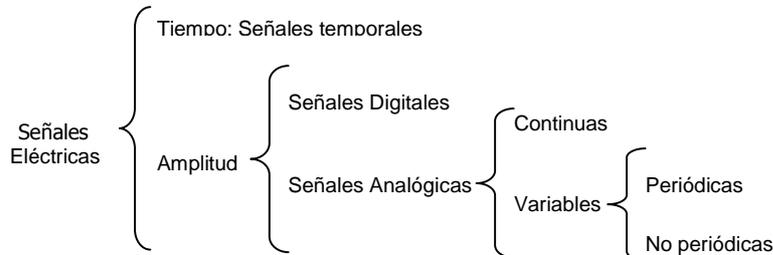


# 4 Elementos primarios. Transducción, Sensores.

## ELEMENTOS PRIMARIOS

Las señales eléctricas pueden representar su información clasificándolas como sigue:



**RECUERDE**  
 Los aparatos para medir señales analógicas y digitales pueden ser:

- Los Polímetros, que miden tensiones (corrientes).
- Las impedancias, que miden resistencias (capacidades).
- Las sondas lógicas, que indica si se encuentra en el nivel (0 ó 1).

**Los instrumentos Convertidores de Señales (Transductores)**, son dispositivos que convierten una señal eléctrica o no eléctrica en otra señal eléctrica de características y rangos determinados en cuyos parámetros está toda la información correspondiente a la primera.

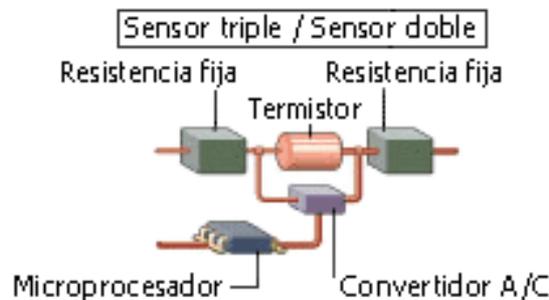
**EL SENSOR**, es el dispositivo que situado en un cierto medio genera una señal (función de alguna característica de dicho medio) de una determinada forma física (Presión, temperatura, nivel, etc.) convertible en otra señal física diferente. Es usual denominar **sensor** al *conjunto formado por el sensor en sí y el transductor acoplado a él.*

Debido a la gran cantidad de variables susceptibles a conversión, existen variadas tecnologías o principios de transducción (inductivo, piezoeléctrico, extensométrico, capacitivo, etc.) y por su principio pueden ser:

- **Activos** Cuando la magnitud sensada proporciona la energía necesaria para la generación de la señal eléctrica de salida, por ejemplo, el piezoeléctrico o el termoelectrónico.



- **Pasivos** Cuando la magnitud sensada se limita a modificar alguno de los parámetros eléctricos característicos del sensor, tales como la resistencia, capacidad, etc. Necesitan tensión externa.

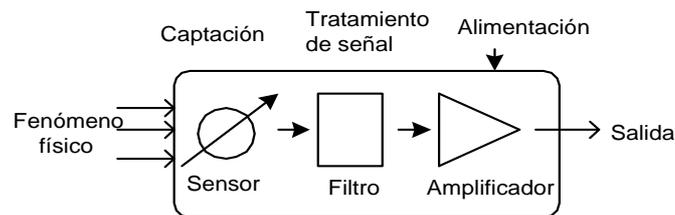


### CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES SEGÚN CRITERIOS

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moduladores</li> <li>• Generadores</li> </ul>	Termistor Piezoelectricidad
Señal de salida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógicos</li> <li>• Digitales</li> </ul>	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De deflexión</li> <li>• De comparación</li> </ul>	Acelerómetro de deflexión Servoacelerómetro

Adaptado de *Sensores y acondicionadores de señal*, Ramón Pallás, Alfaomega/Marcombo

### EL TRANSDUCTOR



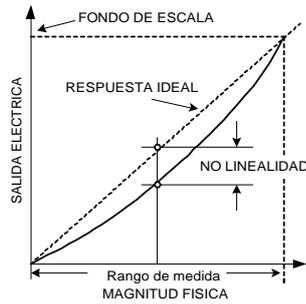
Es preciso indicar que en general, los *principios físicos* que suelen estar basados los elementos sensores son:

1. Cambios de resistividad
2. Electromagnetismo ( inducción electromagnética)
3. Piezoelectricidad
4. Efecto fotovoltaico
5. Termoelectricidad
6. Cambios moleculares

Un transductor ideal sería aquel en que la relación entre la magnitud de salida y la variable de entrada fuese puramente proporcional y de respuesta instantánea e idéntica para todos los elementos de un mismo tipo. Sin embargo, la respuesta real de los transductores nunca es del todo lineal, tiene un campo limitado de validez, suele estar afectado por perturbaciones del entorno exterior y tiene un cierto retardo a la respuesta. Todo ello hace que la relación salida/entrada deba expresarse por una curva, o mejor por una familia de curvas, para transductores de un mismo tipo y modelo.

Para definir el comportamiento real de los transductores se suelen comparar éstos con un modelo ideal de comportamiento o con un transductor “patrón” y se definen una serie de características que ponen de manifiesto las desviaciones respecto a dicho modelo; estas características se agrupan en dos grandes bloques:

- **CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS** Describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos a la variable a medir: *Exactitud, fidelidad o precisión, sensibilidad*. Las tres características son suficientes para describir el comportamiento estático de un sensor, pero a veces se emplean, además o en su lugar la *Linealidad y la Resolución*

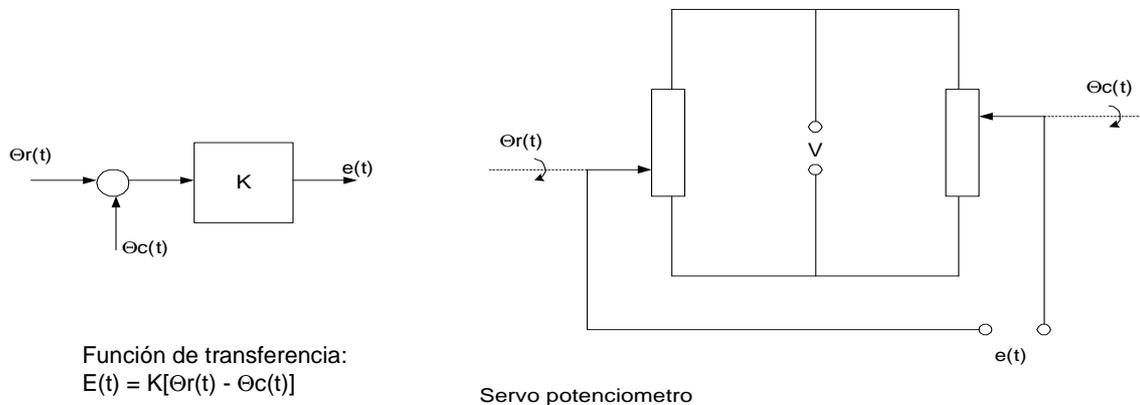
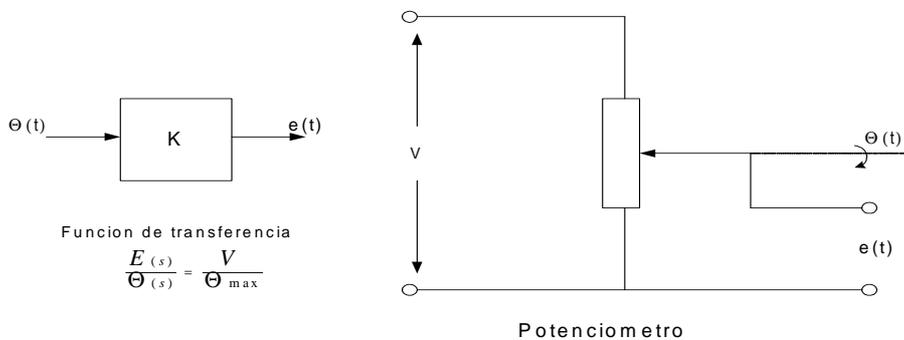


- **CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS** Describen la actuación del sensor en régimen transitorio, a base de dar su respuesta temporal ante determinados estímulos estándar e indicar las constantes de tiempo relevantes. La velocidad de respuesta indica la rapidez con que el sistema de medida responde a los cambios en la variable de entrada. Para poder determinar las características dinámicas hay que aplicarle una magnitud variable (impulso, escalón, rampa, senoidal, aleatoria o ruido blanco).

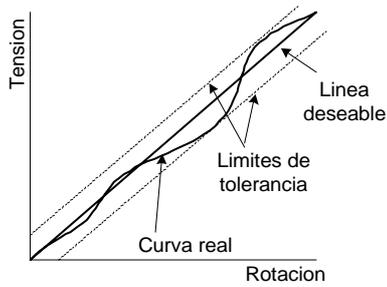
### SENSORES DE DESPLAZAMIENTO

#### **POTENCIOMETROS**

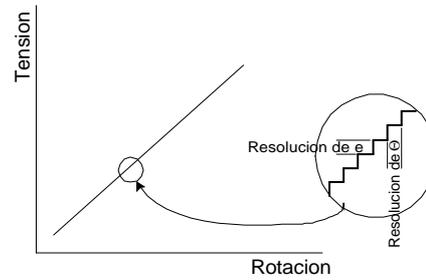
Es el elemento primario más común, pueden utilizarse solos o unirse a un sensor mecánico de tal manera que se convierta el movimiento mecánico en una variación eléctrica. Está formado por un elemento resistivo y un contacto móvil.



La gran mayoría de los potenciómetros son lineales, es sumamente importante el grado de linealidad por lo que algunos fabricantes especifican un porcentaje de linealidad. Muchos potenciómetros son del tipo bobinado, en este caso, el contacto no se mueve en forma uniforme sino que varía a pasos. Normalmente un potenciómetro se instala con una tensión aplicada a sus terminales como simple divisor de tensión; haciendo puente, con el potenciómetro formando un lado del puente ó en circuito puente con el potenciómetro formando una rama del puente.

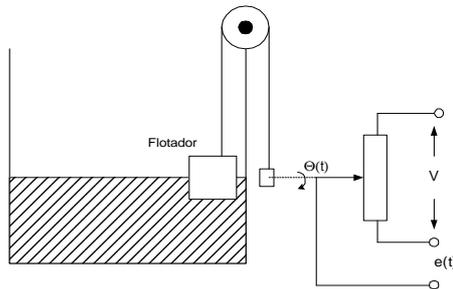


Linealidad de un potenciómetro

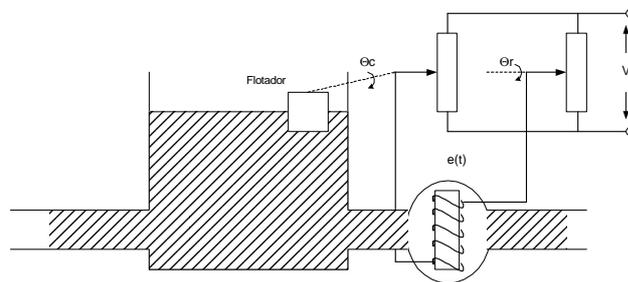


Resolución de un potenciómetro

La variable medida u otro estímulo podrá estar en función a la resistencia y la posición del eje del potenciómetro (contacto móvil) representa el valor de la variable. El eje puede unirse a algún dispositivo indicador para leer el valor de la variable medida.



Midiendo el nivel con un potenciómetro



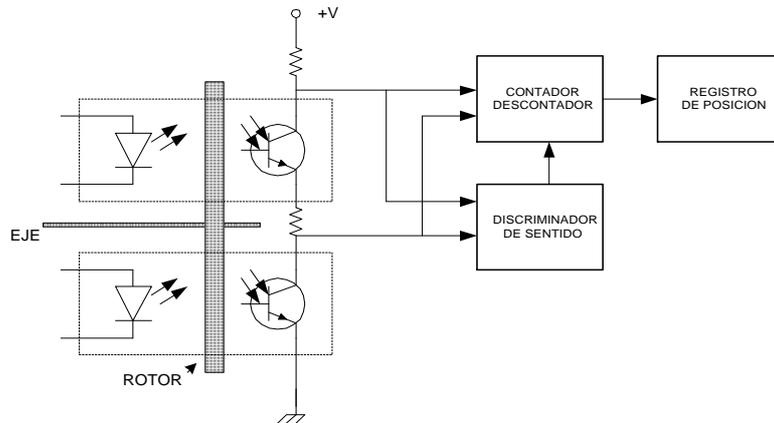
Midiendo el nivel con servo potenciómetros

## ENCODER

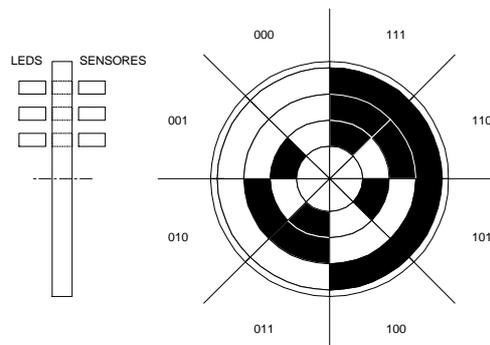
Son dispositivos formados por un rotor con uno o varios grupos de bandas opacas y translúcidas alternadas y por una serie de captadores ópticos alojados en el estator, que detectan la presencia o no de banda opaca frente a ellos.

Los **encoders incremental** dan un determinado número de impulsos por vuelta y requieren un contador para determinar la posición a partir de un origen de referencia.

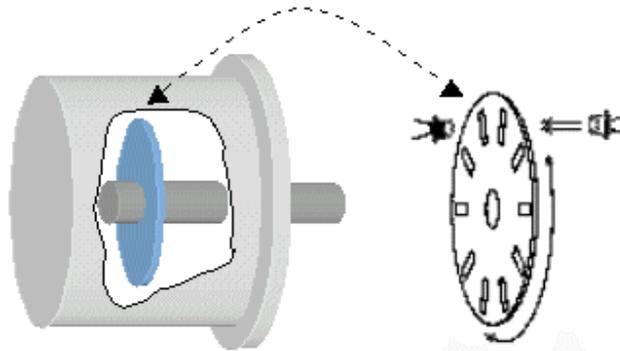
Los **encoders absolutos** disponen de varias bandas en el rotor ordenadas según un código binario. Los captadores ópticos captan un código digital completo, que es único para cada posición del rotor.



Discriminador de posición y sentido de giro con un ENCODER



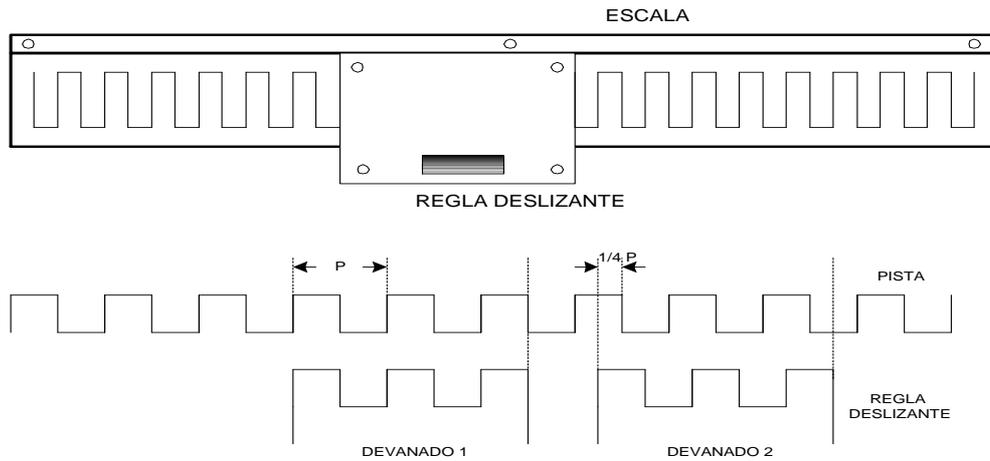
CODIFICADOR ABSOLUTO DE 3 BITS



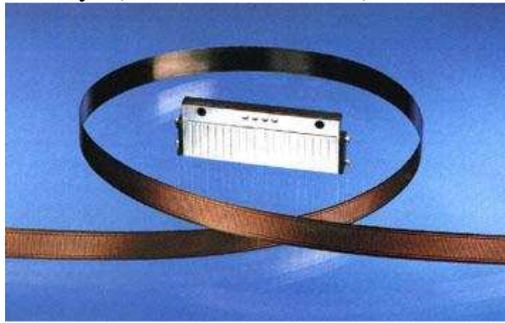
### ***SINCROS, RESOLVER, INDUCTOSYN, INTERFEROMETRO LASER***

Los sincros y resolver son transductores de tipo electromagnético cuyo principio de funcionamiento se puede resumir diciendo que se trata de un transformador con uno de sus devanados rotativo. Existen diversos tipos que difieren en su disposición de sus devanados y el número de los mismo.

El inductosyn es un sensor electromagnético para desplazamiento lineal y son sumamente precisas que se utilizan en las maquinas herramientas de control numérico, tiene dos partes acopladas magnéticamente, la primera denominada escala es fija en el eje de desplazamiento. La segunda solapada a la anterior es deslizante y solidaria con la parte móvil.

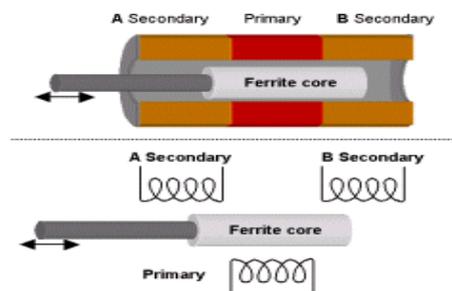


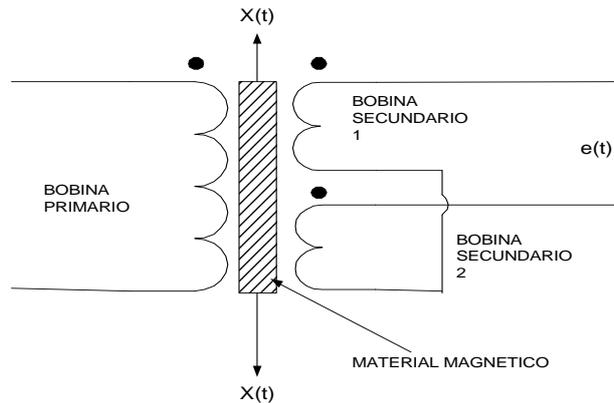
Los sensores láser se utilizan como detectores de distancias con técnicas de reflexión y triangulación parecidas a los otros sensores ópticos, o permiten por el análisis de interferencias en la emisión-recepción de un mismo rayo (interferómetros láser).



### ***TRANSFORMADORES DIFERENCIALES DE VARIACION LINEAL (LVDTs)***

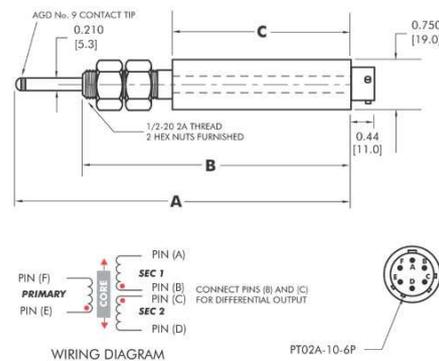
Un transformador diferencial de variación lineal entrega una señal de tensión de salida AC que es proporcional a un desplazamiento físico. Las figuras muestran la construcción así como la ubicación de las bobinas.





Función de transferencia:  $e(t) = K x(t)$  donde  $K$  es la ganancia o sensibilidad dado en  $mv/mm$  y esta en función del número de espiras de los arrollamientos del primario y del secundario.

#### TRANSFORMADOR LINEAL - LVDT *Linear Variable Differential Transformer*



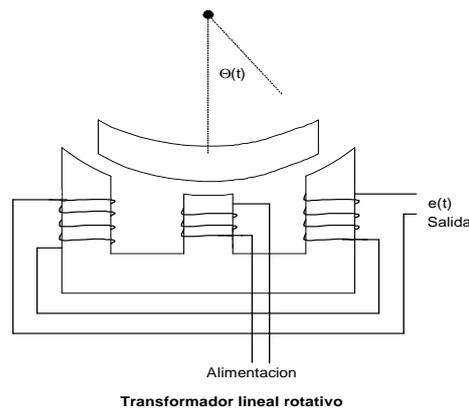
El LVDT se construye de tal manera que la **diferencia** entre los voltajes de los dos devanados secundarios es **proporcional** al desplazamiento del núcleo.

Cuando el LVDT se usa como dispositivo de medida, los devanados secundarios se conectan en serie sustractiva.

Por tanto, si el núcleo está centrado y el voltaje del devanado 1 es igual al voltaje del devanado 2, la salida neta ( $V_{out}$ ) es cero. A mayor desplazamiento del núcleo, mas grande es  $V_{out}$ . La entrada está en fase con las salidas (por polarización de bobinas) por tanto si el núcleo se mueve hacia abajo el voltaje del devanado 2 es mas grande que  $V_1$ , esta vez  $V_{out}$  estará  $180^\circ$  fuera de fase, con respecto a  $V_{in}$ . Si la medición de desplazamiento supera a 1 pulgada debe utilizarse un aparato mecánico de relación apropiada. La tensión de entrada es usualmente 10Vac y la salida está entre 0,5 y 10Vac, según modelo. En la figura se aprecia el tamaño que pueden tener.



Una variante del LVDT es el Transformador Lineal Rotativo, con los mismos principios.



Otros sensores de desplazamiento son los deformímetros o galgas extensiométricas (que se describen mas adelante)

## **EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LOS SENSORES DE DESPLAZAMIENTO**

En un sistema de seguridad cuando por ejemplo se tiene un sistema de alarmas de seguridad perimetral, los sensores de desplazamiento van midiendo todo el recorrido que hace el intruso desde que pisa el área perimetrada hasta que llega a una distancia más o menos corta entre dicha área y la puerta de entrada a la vivienda, para que en ese lapso de tiempo las receptoras de alarmas tengan la posibilidad de alertar a la policía acerca de los que esta sucediendo.

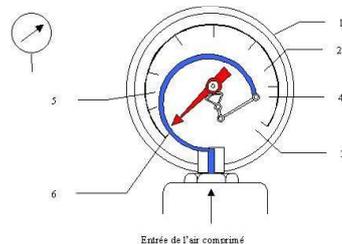
Estos sensores también son desarrollados para todo tipo de vehículos, sean automóviles, motocicletas o camiones con el fin de controlar en donde se encuentra el vehiculo mediante un sistema de monitoreo.

Asimismo los sensores de desplazamiento también están implementados en muchos países del mundo por el sistema carcelario en las tobilleras electrónicas que suelen ponerle a los presos cuando estos salen en libertad bajo alguna carátula condicionada esta tobillera utiliza un sistema de sensores de desplazamiento que permite controlar todos los movimientos de la persona que a está utilizando y de esta manera tener la certeza de que la misma se encuentra en el lugar en donde debe estar.

## **SENSORES DE PRESION**

Existen diversas técnicas para medir la presión, dos son las principales: los tubos **BOURDON** y los **FUELLES**. Estos dispositivos detectan la presión medida y la convierten en un movimiento mecánico, este movimiento es traducido a una señal eléctrica por un potenciómetro o un LVDT.

La figura muestra un Bourdon en forma de C (que es mas común) y otro en forma; existen también en forma de hélice, de espiral y de torsión. El tubo es elástico debido a la elasticidad del material que se usa.



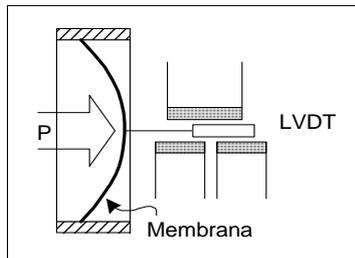
El fluido cuya presión se quiere medir es admitido al interior del tubo, dicho tubo entonces deflecta en una cantidad proporcional a la magnitud de la presión; esta deflexión es transmitida mecánicamente al contacto de un potenciómetro o al núcleo de un LVDT para proporcionar una

señal eléctrica. El rango de presión de los tubos bourdon están en el rango de 10 a 300 psi.

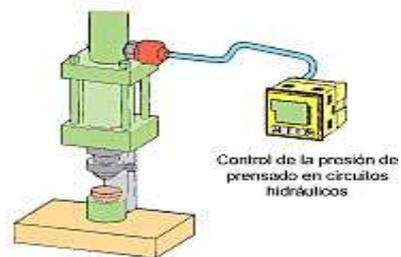
Un **fuelle** es esencialmente una serie de diafragmas metálicos conectados entre sí. Cuando se somete a la presión del fluido un diafragma se deforma ligeramente, cuando disminuye la presión el fuelle se contrae por la acción de un resorte interno o por el resortaje del propio fuelle, este desplazamiento acciona un enlace mecánico que mueve el contacto del potenciómetro o el núcleo del LVDT.

El rango de presión es de 0,5 a 20 psi.

Un método frecuente es utilizar el de diafragma o de **membrana** que está directamente conectado a un transformador diferencial LVDT, tal como se muestra en la figura del lado.

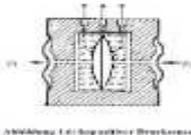
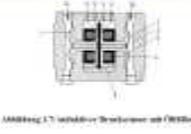
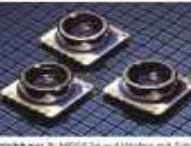


Transductor de presión de membrana



El Ing. Henry Mendiburu, publicó en <http://www.galeon.com/hamd/pdf/sensorpresion.pdf> la siguiente clasificación de los sensores de presión

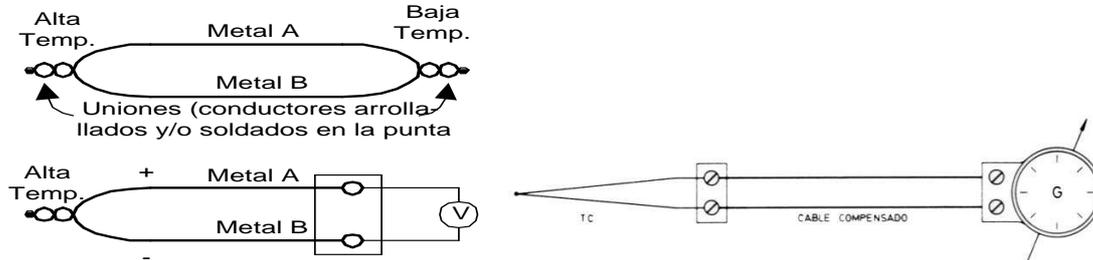
TIPO DE SENSOR	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	RANGO DE MEDICIÓN	APLICACIÓN	FOTO
Elementos primarios de medida directa	Miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas	0.1 a 3 mcdá	Medidas directa, para bajo costo	Barómetro cubeta, manómetro de tubo en U, manómetro de tubo inclinado, manómetro de toro pendular, manómetro de campana.
Tubo Bourdon	Anillo casi completo, cerrado por un extremo, al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora	0.5 - 6000 bar	Lectura directa, fluidos corrosivos, fluidos viscosos, altas temperaturas, vapor de agua	
Tubo en Espiral	Se forma enrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal arrollado más de una espira en forma de hélice.	0.5 - 2500 bar	Lectura directa, fluidos corrosivos, fluidos viscosos, altas temperaturas, vapor de agua	
Tipo Diafragma	Una o varias cápsulas circulares conectadas entre, de forma que al aplicar presión, cada cápsula se deforma y suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas	50 mcdá - 2 bar	Lectura directa, fluidos corrosivos, fluidos viscosos, altas temperaturas, vapor de agua	
Tipo Fuelle	Es como un diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible, la cual puede dilatarse o contraerse.	100 mcdá - 2 bar	Lectura directa, fluidos corrosivos, fluidos viscosos, altas temperaturas, vapor de agua	

Capacitivo	Tienen una variación de capacitancia que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas	0.05-5 a 0.5-600 bar	Mediciones estáticas y dinámicas	 <small>Abbildung 1.41 Kapazitiver Drucksensor</small>
Piezo - Eléctrico	son materiales cristalinos que al deformarse (por acción de una presión) generan una señal eléctrica	0.1 a 600 bar	Mediciones con poca sensibilidad	
Sensor Resistivo	Consiste en un elemento elástico que varía la resistencia (ohmios) de un potenciómetro en función de la presión	0-0.1 a 300 bar	Mediciones con alta sensibilidad	
Magnético de inductancia variable	Tienen un núcleo móvil que se desplaza dentro de una bobina aumentando la inductancia en forma casi proporcional a la porción de núcleo contenida dentro de la bobina	0-0.1 a 300 bar	Mediciones con alta sensibilidad	 <small>Abbildung 1.7 Induktiver Drucksensor mit (WEG)</small>
Galgas Extensiométricas	Consiste de un hilo resistivo sometido a una tensión, se basa en la variación de longitud y diámetro de este hilo, y por tanto del cambio de su resistencia	0.5 a 600 bar	Medición directa	
Piezo Resistivo	Varia su resistencia eléctrica por efecto de la presión	1 a 150 bar	Objetos pequeños, manos ortopédicas y robots	 <small>Abbildung 2: MS20.34 auf Wafer mit Silizium-Einkristallelement</small>

**SENSORES DE TEMPERATURA**

**TERMOCUPLAS**

La termocupla es un par de conductores metálicos distintos unidos entre si formando una bucla completa. Una unión (denominada caliente) está sometida a la alta temperatura y la otra unión (llamada fría) está a baja temperatura.



Cuando se hace esto, se crea un pequeño voltaje neto en el bucle; este voltaje es proporcional a la diferencia entre la temperatura de las dos uniones. Al poner un voltímetro sensible como unión baja podemos conocer los milivoltios generados, al hacer ello se debe considerar la temperatura del medio ambiente y compensar con las tablas o curvas de cada fabricante.

Muchas termocuplas usan puentes balanceados (Wheatstone) en la parte de la medición; se balancea moviendo el contacto de un potenciómetro cuyo eje está acoplado al eje de la aguja indicadora. Por tanto para cada valor de voltaje hay una posición correspondiente de la aguja indicadora de temperatura. Entonces la aguja se moverá frente a una escala marcada en temperatura. Para sensar se toma la señal eléctrica, se amplifica, se transmite para su procesamiento por el controlador respectivo.

### **BANDA BIMETALICAS**

Al constar de dos bandas unidas de distinto metal sus coeficientes de expansión son distintos y al cambiar la temperatura la banda conjunta se dobla y se curva. Esta deformación puede activar un determinado mecanismo para controlar la temperatura.

### **TERMISTORES Y DETECTORES RESISTIVOS DE TEMPERATURA (RTDS)**

Además de utilizar el voltaje de una termocupla para medir eléctricamente una  $T^\circ$ , es también posible utilizar el **cambio de resistencia** que sucede en muchos materiales a medida que cambia su  $T^\circ$ . Los materiales utilizados para este fin son de dos clases: metales puros y óxidos metálicos. Los metales puros tienen un coeficiente térmico positivo de resistencia constante, el **coeficiente térmico** es la relación de cambio en la resistencia al cambio de temperatura; un coeficiente positivo significa que la resistencia se hace mayor a medida que aumenta la  $T^\circ$ .

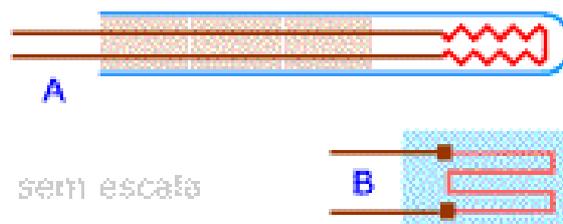
Cuando se utilizan óxidos metálicos este es moldeado en formas que se parecen a pequeños bulbos o pequeños condensadores, este dispositivo se denomina **TERMISTOR** que tiene gran coeficiente térmico negativo el cual no es constante así a una pequeña resistencia el cambio de temperatura es grande y en otra dirección.

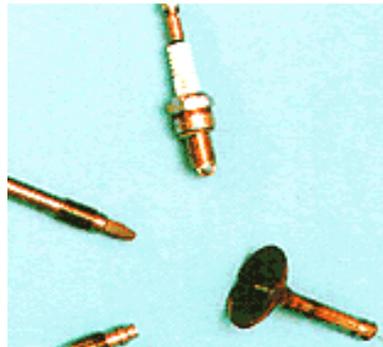
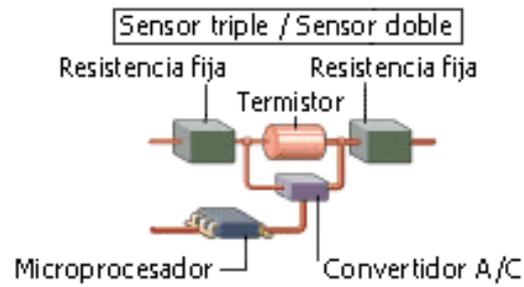
Dentro de los termistores podemos destacar dos grupos, NTC y PTC.

**Resistencias NTC.**- Se caracteriza por su disminución del valor resistivo a medida que aumenta la temperatura, por tanto presenta un coeficiente de temperatura negativo. Sus principales características son resistencia nominal de 10 ohmios a  $2M\Omega$ , potencias entre  $1\mu W$  y  $35W$ , coeficiente de temperatura de  $-1$  a  $-10\%$  por  $^\circ C$ . Sus aplicaciones está la regulación, compensación y medidas de temperatura, estabilización de tensión, alarmas, etc.

**Resistencias PTC.**- Estas a diferencia de las anteriores, tiene un coeficiente de temperatura positivo, de modo que su resistencia aumentará cuando aumenta la temperatura (aunque esto solo se da en un margen de temperaturas). Sus características son similares y su uso es cuando se requiera mediciones lineales o directas.

Si conocemos las características específicas del termistor es posible relacionar la medida de la corriente con la  $T^\circ$  operante, cuando se usa el voltímetro éste puede marcarse en unidades de  $T^\circ$  para así lecturar directamente la  $T^\circ$ , se hace con mayor precisión usando un puente.



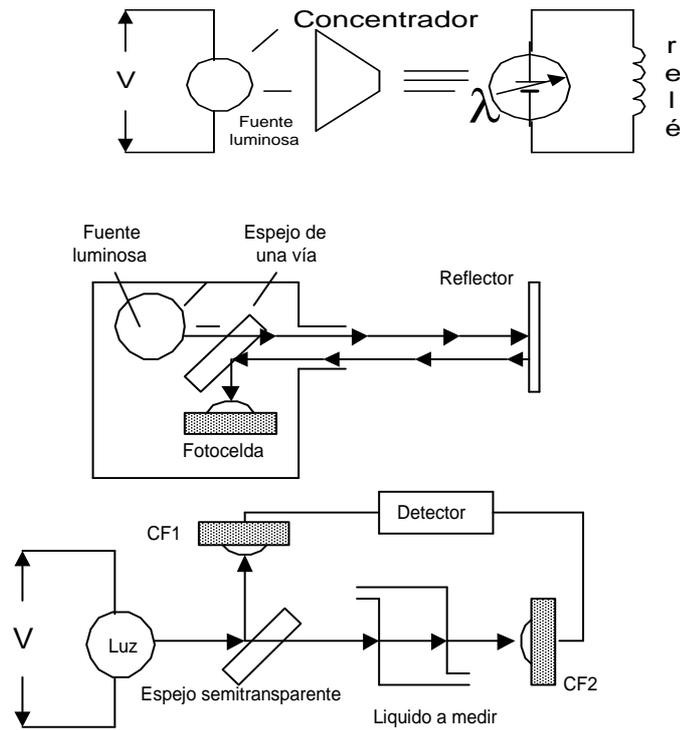


Además de sus usos como medidores de  $T^{\circ}$  los termistores también tiene aplicaciones que hacen uso del calor generado internamente por el paso de la corriente. Por ejemplo el termistor autocalentado puede utilizarse para establecer tiempos de retardo, proteger componentes delicados de las sobretensiones, detectar la presencia o ausencia de un material térmicamente conductor, etc.

### SENSORES DE PRESENCIA O PROXIMIDAD

#### *FOTOSENSORES O SENSORES OPTICOS*

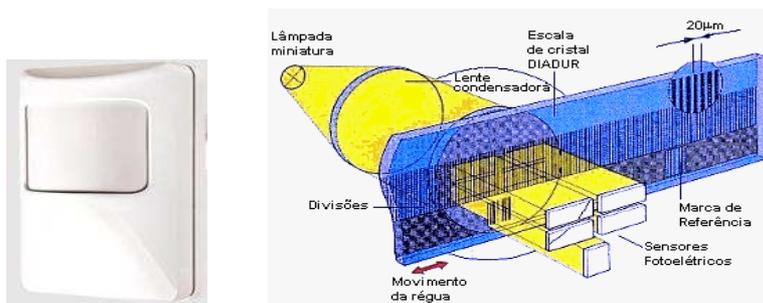
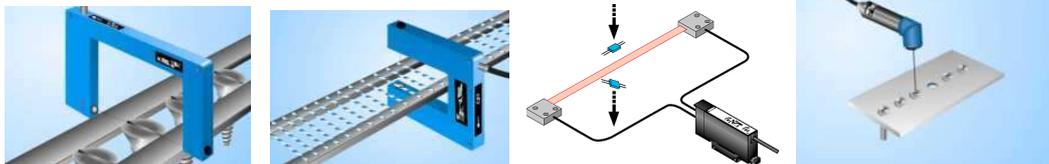
Las *Fotoceldas* son pequeños dispositivos que producen una variación eléctrica en respuesta a un cambio de intensidad luminosa. Las fotoceldas pueden clasificarse en *fotovoltáicas* o *fotoconductoras*.



Las fotoceldas industrialmente se usan para:

- Detectar la presencia de un objeto opaco.- En este caso actúa ante la presencia o no presencia del objeto, es decir todo o nada, on-off.
- Detecta el grado de translucidez (capacidad de dejar pasar la luz) o el grado de luminiscencia (capacidad de generar luz) de un fluido o un sólido. Algunos ejemplos de variables que pueden medirse de esta forma son densidad,  $T^\circ$ , concentración de algún compuesto químico.

La principal ventaja de los fotosensores es que no requieren contacto físico con el objeto que están detectando.



En las celdas **fotovoltaicas**, la luz proveniente de una fuente luminosa es enfocada (concentrada) hacia la celda que está a cierta distancia, genera corriente que activa un relé cuya señal pasa al circuito lógico.

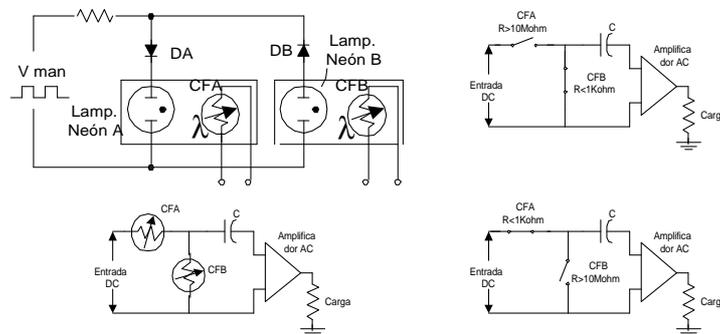
Si la celda no puede energizar directamente al relé puede operar a través de un amplificador o transmisor, de todas maneras es mejor hacerlo así para evitar la *fatiga* de la celda cuando entregan su máxima corriente. Los objetos a analizar se interponen entre el concentrador y la fotocelda; para distinguirse de la luz ambiente se “trocea” la luz a una determinada frecuencia (normalmente 400 Hz) y la fotocelda se sintoniza a esa frecuencia.

Las celdas **fotoconductoras** o **fotorresistencias** cambian su resistencia a un cambio en la intensidad luminosa; a medida que la iluminación aumenta, la resistencia disminuye. Su mayor virtud es su sensibilidad, por ello las fotoconductoras son preferidas a las fotovoltaicas cuando se necesita respuesta rápida, asimismo cuando una Fotoconductoras debe ser conmutada rápidamente de conducción a no conducción.

De manera análoga funcionan los **fotodiodos**.

La gama de utilización de los fotosensores es sumamente amplia, desde aplicaciones elementales en circuitos de apertura y cierre en función de la luminosidad, como para sofisticados sistemas de control tales como los vehículos seguidores del haz luminoso, alarmas con infrarrojos u otros que no están del espectro visible del ojo humano, como ejemplo colocamos lo siguiente:

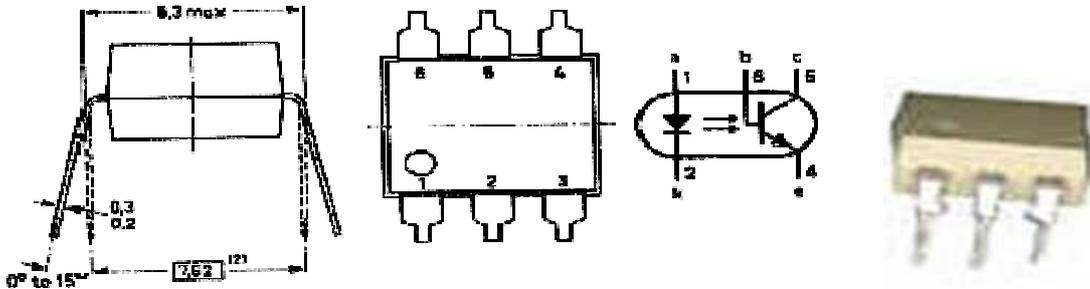
*Fototroceadores.* Una aplicación interesante de las FC es el troceado de una señal de voltaje DC para inyectarla a un amplificador AC.



Cuando el voltaje manejador de onda cuadrada  $V_{man}$  es positivo el diodo DA está polarizado directamente y DB inversamente por tanto la lámpara de neón A estará encendida y la B apagada (se usa lámparas de neón por su rápido encendido no como el incandescente). Cuando  $V_{man}$  es negativo DB es polarizado directamente y DA inversamente por tanto se enciende la lámpara B y se apaga A; la resistencia R limita la corriente que fluye a través de las lámparas. Las celdas fotoconductoras CFA y CFB están expuestas a sus respectivas lámparas y para el troceado CFA se conecta en serie con el amplificador y CFB en paralelo con las entradas del amplificador, funcionando perfectamente como interruptores por su alta/baja resistencia según sea el caso. Este método de trocear tiene la ventaja de la confiabilidad electrónica (sin partes móviles) y podría ser menos costoso que un interruptor de vibración mecánica.

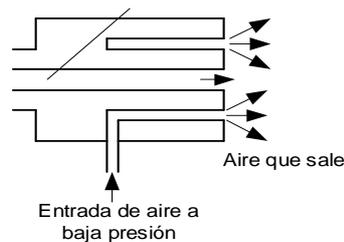
*Optoacopladores.* También se utilizan para acoplar o aislar circuitos de fuerza con los de control colocando un emisor de luz en el de fuerza (puede ser una lámpara incandescente) y un

fotodiodo en el de control que al variar su resistencia coloca en corte o conducción de un interruptor electrónico y este a su vez el sistema lógico; puede usarse un Diodo Emisor de Luz LED para ser el emisor, en este caso el fotodiodo deberá ser sensible a los rayos infrarrojos que emite el LED. Estas formas de acoplar/aislar tiene ventajas con respecto a los relés por su costo, volumen, no crea campos electromagnéticos ni chispas.

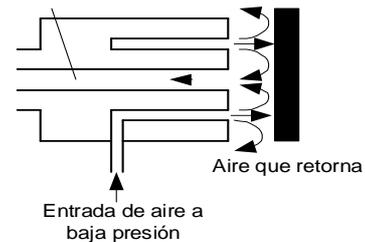


### SENSORES NEUMATICOS

Aire extraído y consecuente caída en la presión del sistema



Al detectar objeto bloquea el aire y aumenta la presión del sistema



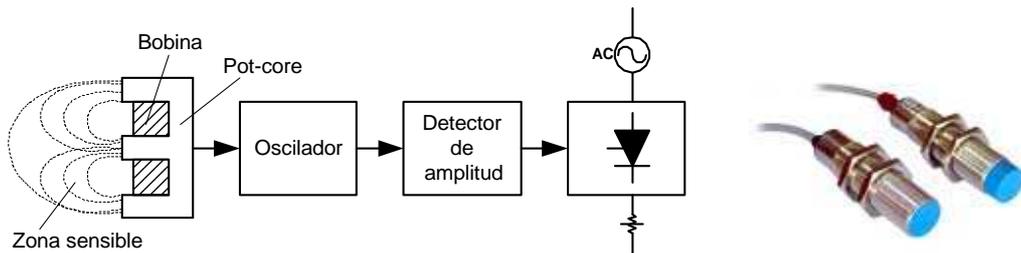
### SENSOR DE PROXIMIDAD NEUMATICO

#### EL SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO

Los sensores *inductivos* se basan en el electromagnetismo y actúa por variación de este mediante la conductancia del material, tienen rangos amplios, etc.



El principio de funcionamiento se basa en el mismo del electromagnetismo, con una fuente osciladora a 20kHz siendo el efecto similar al de un transformador donde el objeto a sensar actúa como el secundario. El campo magnético intersecta el objeto y crea un "remolino" de corrientes en círculos alrededor de cada línea magnética. Si el material del objeto tiene una relativa alta resistencia magnética entonces actúa como el secundario y se refleja en el primario (sensando la bobina). El oscilador se detiene y las salidas cambian su estado inicial.



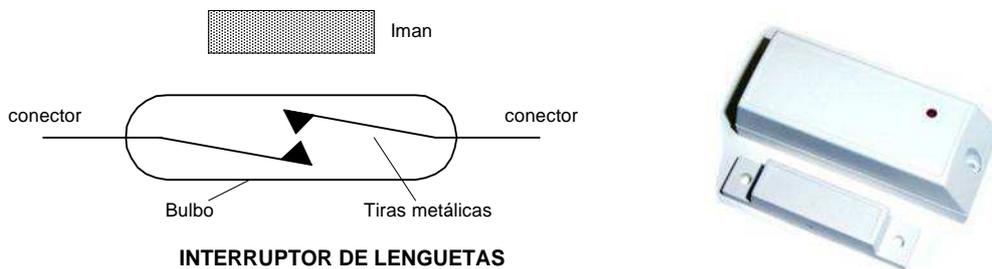
**DETECTOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO**

Un material con resistencia magnética baja es difícil detectar porque la energía pequeña no permite actuar como secundario y no es reflejada en el primario.

Trabajan en pequeñas distancias, pueden actuar como interruptores límite y solo con metales. Se recomienda usar este tipo de sensores en lugares de paso, nunca en lugares finales, asimismo el objeto a sensarse debe ser del mismo diámetro del detector, la distancia de objeto a objeto debe ser como mínimo 3 veces el diámetro del sensor. entre otras consideraciones.

**REED**

La utilización del campo magnético desde los imanes permanentes también son de diversa aplicación y desde principios elementales como los interruptores de lengüetas que se instalan en un punto y un imán en el otro punto móvil.



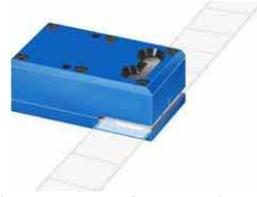
**INTERRUPTOR DE LENGUETAS**

Cashtec Position Sensor Solution			
<p>LY-23</p>	<p>LY-25</p>	<p>LY-27</p>	<p>LY-30</p>
<p>LY-60</p>	<p>LY-25-1</p>	<p>LY-30-2 (NO,NC)</p>	<p>LY-30-1</p>

**EL SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO**

Este sensor detecta diferentes materiales de los objetos a sensar. Funciona bajo el principio de la *capacitancia* entre dos placas. Cuando existe un equilibrio entre las

cargas positivas y negativas no hay flujo de corriente. Colocando un objeto entre las placas cargadas con una constante dieléctrica diferente será como mover las placas, posibilitando un flujo de corriente o cargas electrostáticas que se mueven.

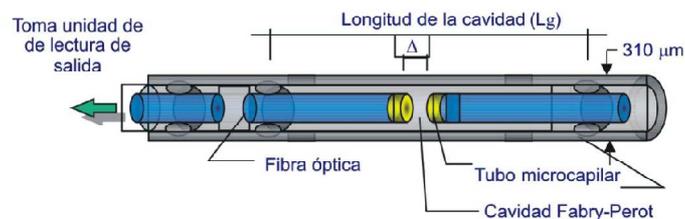
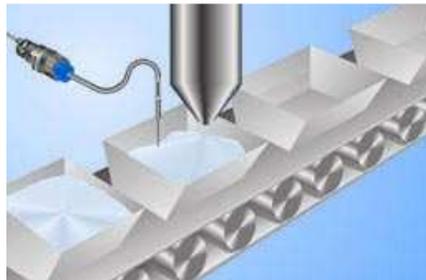
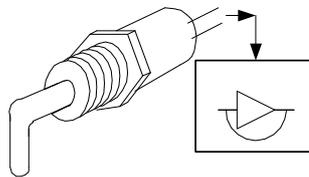


El sensor de este tipo usa una placa de un capacitor y el otro es la masa o tierra, para activar esta tierra referencial es provista por una fuente conectada al sensor y dicha masa; cuando un objeto es detectado la capacitancia activa un oscilador RC que setea a un nuevo estado posibilitando la activación de un actuador.

Las características del objeto ayudan para determinar el tipo de sensor, por ejemplo si queremos sensor agua es fácil que sea detectado por un capacitivo por la polarización molecular entretanto que el aceite es un elemento no polarizado y será difícil de detectar mediante este tipo de sensores.

### ***EL SENSOR DE FIBRA OPTICA***

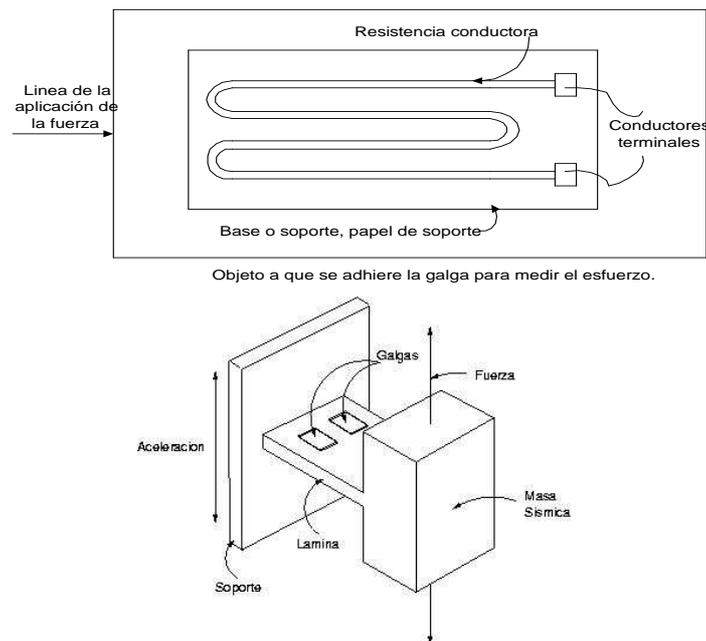
Este sensor puede instalarse en espacios sumamente restringidos y riesgosos, puede detectar objetos muy pequeños, es disponible para uso en grandes temperaturas, se cuenta con gran variedad de opciones especiales y accesorios. Se instala con un amplificador que posibilita sensor hasta marcas de líneas finas sea a través del objeto, en forma difusa, en ángulo recto, con sondas de prueba o montaje directo.



## SENSORES DE ESFUERZOS Y DE PAR

### *GALGAS EXTENSIOMETRICAS PARA SENSAR ESFUERZOS*

Son dispositivos (Strain gages) que se utilizan en la industria para medir con precisión grandes fuerzas, especialmente grandes pesos. Una galga extensiométrica básicamente es un hilo de resistencia que está firmemente adherido a una superficie de un objeto fuerte que recibe una presión. Cuando es aplicada una fuerza al objeto, ésta se deforma ligeramente sea por compresión o por tracción, el hilo que está adherido también se deforma ligeramente modificando su resistencia, la cual es detectada y relacionada al valor de la fuerza.



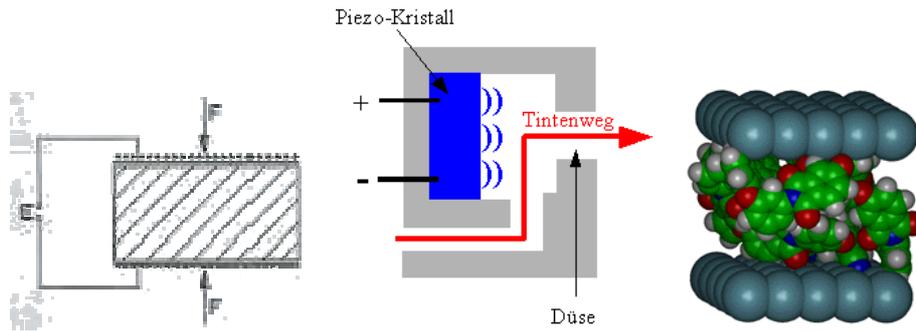
La resistencia del hilo que forma la galga depende de la resistividad, la longitud y de su sección, luego la longitud final de la resistencia depende de la longitud del objeto y esta a su vez depende de la fuerza aplicada.

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Midiendo con precisión el cambio de la resistencia podemos medir la fuerza. Se usa como transductor principal en las balanzas de grandes pesos, o en sistemas para detectar deformaciones en diferentes materiales sean éstos de ensayo o de trabajo.

### **SENSORES PIEZOELÉCTRICOS**

Cuando un *material piezoeléctrico* se estira o comprime genera cargas eléctricas; una de sus caras se carga en forma positiva y la cara opuesta se carga en forma negativa. En consecuencia, se produce una tensión. Los materiales piezoeléctricos son cristales iónicos que al estirarlos o comprimirlos originan un desplazamiento neto de la carga.



### ***SENSORES DE PAR***

Los sensores del esfuerzo de torsión de la reacción utilizan una configuración completa del puente calibrador de tensión sin necesidad de mantenimiento de las piezas no-giratorias y se pueden utilizar para comprobar el esfuerzo de torsión residual.



### **SENSORES DE VELOCIDAD ANGULAR**

#### ***TACOGENERADORES***

Un tacómetro es un dispositivo para medir la velocidad angular de rotación de un eje. Las unidades mas comunes son revoluciones por minuto (rpm) y radianes por segundo. Los tacómetros en la industria se basan en uno de los dos métodos siguientes:

- La velocidad está representada por la magnitud de un voltaje generado
- La velocidad angular está representada por la frecuencia de un voltaje generado.

El Tacómetro generador DC es un puro y simple generador DC. El voltaje de salida es generado en un devanado de armadura convencional dentro de un campo, con un conmutador y escobillas. La ecuación que da el voltaje generado en un generador DC es:  $V_G = KB (rpm)$

VG es el voltaje generado, K constante de proporcionalidad que depende de los detalles de la construcción (longitud y diámetro del rotor, etc.), B la fuerza del campo magnético y rpm la velocidad angular.

Es posible aplicar el tacogenerador a un eje, medir la tensión y calibrar en términos de rpm, teniendo otra característica: puede indicar la dirección de rotación conforme a la polaridad del voltímetro.

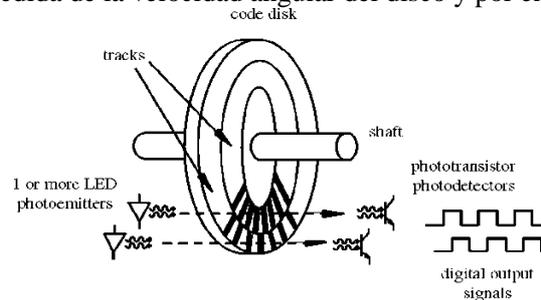
El Tacómetro AC de campo rotatorio es un puro y simple alternador de campo rotatorio. El campo es creado por imanes montados en el rotor, al girar induce un voltaje AC en los devanados de salida localizados en el estator; su ecuación es:  $f = \frac{P(rpm)}{120}$

f es la frecuencia en Hertz; P el número de polos magnéticos en el rotor y rpm es la velocidad rotacional. Puede verse que la frecuencia de salida es una medida exacta de la velocidad angular del

eje.



El **Tacómetro de captador fotoeléctrico** es un troceador de haz luminoso. Un disco rotatorio se coloca entre la fuente luminosa y la celda fotovoltaica; parte del disco deja pasar el haz luminoso y otra parte lo bloquea. Por tanto la celda es activada y desactivada constantemente a una frecuencia que depende de la velocidad angular del disco. Al conectar el eje del disco con el eje que se quiere medir la velocidad, sería generado una onda de voltaje por la fotocelda, la frecuencia de la forma de onda será entonces una medida de la velocidad angular del disco y por ende del eje medido.



En general los tacómetros de frecuencia no están sujetos a perturbaciones por carga o temperatura o vibración del eje medido además que se prestan para la detección y medida digital permitiendo observar en un display de lectura amigable y no escalas, sin embargo para aplicaciones con realimentación se prefieren los tacómetros de magnitud.

El **Generador de impulsos (que es un transductor digital de velocidad)** está basado en la detección de frecuencia de generadores de impulsos a base de captadores ópticos o inductivos, de forma similar al **encoder** incremental. La velocidad es directamente proporcional a la frecuencia de la señal obtenida de acuerdo a:

$$f = n \cdot N / 60$$



Donde  $f$  = frecuencia en Hz.  $n$  = velocidad en r.p.m. y  $N$  = número de impulsos por revolución del generador.

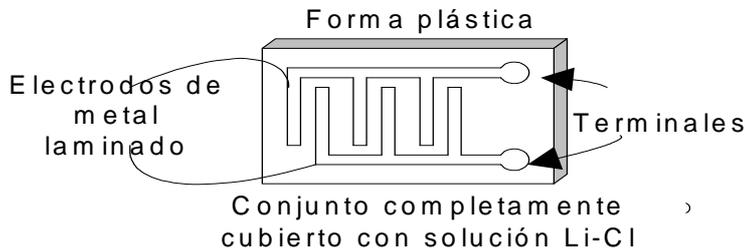
La robustez, la buena adaptación a sistemas de control digital y la buena relación costo/precisión de estos sensores hacen que se utilice en muchas aplicaciones, inclusive reemplazando a los generadores tacométricos.

## SENSORES DE HUMEDAD

### **HIGROMETROS**

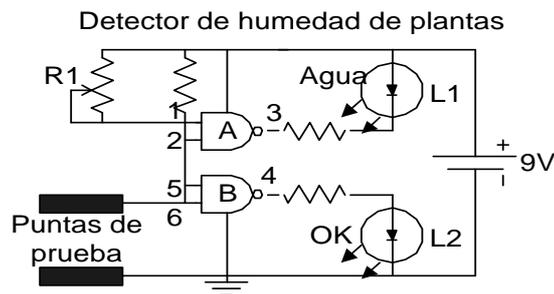
El principio es medir el contenido de humedad en el medio ambiente o la humedad en un lugar específico. Para ello se usan los **Higrómetros resistivos** que es un elemento cuya resistencia cambia con los cambios en la humedad relativa del aire en contacto con el elemento. (HR es la relación del vapor de agua, humedad, presente en el aire con la máxima cantidad de vapor de agua que

posiblemente podría contener el agua).



Los higrómetros resistivos están formados por dos electrodos de metal laminado sobre una forma plástica. Una solución de cloruro de litio es utilizada para cubrir completamente el dispositivo. A medida que la humedad del aire circundante crece el compuesto absorbe vapor de agua del aire, haciendo que su resistencia disminuya y como está en contacto estrecho con los electrodos de metal, también decrece la resistencia entre los terminales, pudiendo relacionarse con la humedad relativa.

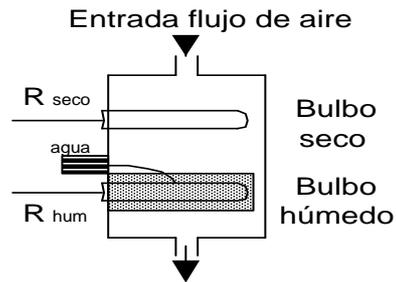
En los jardines o lugares similares se usan detectores de humedad. Una aplicación práctica del control de humedad se tiene en este circuito que permite monitorear la humedad de la tierra de un jardín, el LED indica que puede accionar cualquier sistema de control para abrir o cerrar válvulas de agua según sea el caso. Las puntas de prueba van en la tierra y actúan en función de la resistividad de ella, por otro lado R1 ayuda a predeterminedar cuanta humedad (resistividad) debe existir en la puntas para que active el LED respectivo.



## SICRÓMETROS

**La Humedad Relativa** se mide con los **Sicrómetros** que tiene dos transductores de  $T^{\circ}$ , uno que está localizado en el medio ambiente (bulbo seco) y otro que está circundado por un material fibroso saturado con agua pura (bulbo húmedo), el aire del ambiente es forzado a fluir del bulbo seco al húmedo mediante un ventilador.

Cuanto mayor sea en rango de evaporación del agua mayor es el efecto de enfriamiento sobre el bulbo húmedo y mas baja lectura de  $T^{\circ}$ . La diferencia de temperaturas es por consiguiente una indicación de la humedad relativa del medio.



## SENSORES DE FLUJO

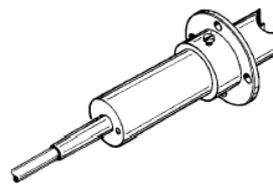
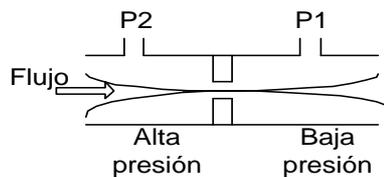
El flujo indica el movimiento de un fluido. La diversidad de los materiales hace necesario una selección del tipo de transductor a utilizar.

- Un grupo introduce la obstrucción y utiliza energía del flujo para poder medir la presión diferencial mediante sensores del tipo orificio, venturi, tubos de pitot, turbinas y paletas, rotámetros.
- Otro grupo que son los transductores no intrusivos que incluyen la técnicas electromagnéticas y de ultrasonido.

La adquisición del dato que se transmitirá al sistema de control es muchas veces indirecta por el que se procura utilizar un solo transductor para evitar esa doble o triple transducción que distorsiona la señal.

### **PLACA ORIFICIO**

Es el más simple de los medidores de presión diferencial. Se coloca una placa con un orificio en la línea de fluido. La caída de presión a través de la placa es medida con un transductor de presión diferencial; por Bernoulli se obtiene la relación entre el flujo y la caída de presión a través del orificio:



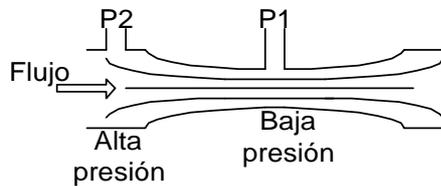
$$Q = K \times \sqrt{P_2 - P_1}$$

Donde Q es el flujo; K constante dada por la geometría del orificio, P2 Presión del lado de entrada; P1 presión del lado de salida. La salida del transductor diferencial de presión es no lineal y se debe usar un extractor de raíz cuadrada.

### **VENTURI**

En el *Venturi* en lugar de una abrupta obstrucción en la línea de fluido, el diámetro del tubo es

suavemente disminuido. La relación entre el flujo y la presión diferencial es la misma que la placa orificio.



### **VORTEX**

Otro modo de medir el flujo es mediante el **Vortex**, cuando el flujo de un fluido gaseoso está cerca de los cantos del VORTEX los efectos relativos a la viscosidad produce vértices y perturbaciones. Un sensor piezoeléctrico es puesto dentro del VORTEX fuera de la turbulencia; cuando los vértices están chocando el derrame es hacia arriba y la dirección de la perturbación alterna la frecuencia del vortex. El piezoeléctrico convierte en señales eléctricas y su especial característica es un error aproximado de 0.3% de la velocidad.



### **EL FLUJÓMETRO MAGNÉTICO**

Se basa en la ley de Faraday, en la cual el estado del voltaje inducido a través de todo conductor que se mueve en ángulo recto respecto a un campo magnético es proporcional a la velocidad de ese conductor, es decir:  $E = V * B * D$  Donde E voltaje generado en conductor; V velocidad del conductor; B campo magnético; D diámetro del conductor. Para aplicar este principio el fluido tiene que ser conductor y la conductividad es función de la concentración.



### **MEDIDORES POR PRESIÓN DINÁMICA**

Se basan en el desplazamiento de un pequeño **pistón o flotador** sometido a la presión dinámica de la corriente del fluido. Dicha presión equilibra el peso del cuerpo y provoca un desplazamiento que permite tener una indicación indirecta de velocidad. Como variante de estos se pueden considerar los **de turbina**, donde la presión dinámica hace girar un rodete. La velocidad de giro de una turbina intercalada en la tubería es proporcional al caudal en el caso de fluidos incomprensibles, la medida de dicha velocidad puede hacerse mediante un simple captador inductivo u óptico sin romper la estanqueidad de la tubería.

### **SENSORES ULTRASÓNICOS**

Se basan en el uso del desplazamiento en frecuencia (efecto Doppler) de una señal ultrasónica

reflejadas por partículas suspendidas o burbujas de gas (discontinuidades). Esta técnica de medición utiliza el fenómeno físico de la onda de sonido que cambia de frecuencia cuando es reflejada por discontinuidades móviles en un fluido líquido. El sonido ultrasónico es transmitido dentro de un tubo con fluido líquido y las discontinuidades reflejan la onda con una pequeña diferencia de frecuencia, la cual es directamente proporcional al flujo del líquido. Esta tecnología requiere al menos de 25 partes por millón (ppm) de partículas suspendidas o burbujas de 30 micrones o más.

## SENSORES DE NIVEL

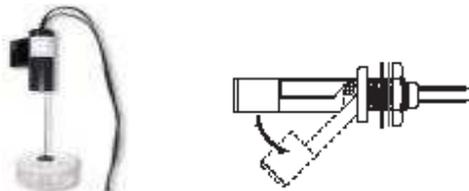
El nivel es a menudo para inferir volumen  $V = h \cdot A$  donde V volumen, h altura, A área.

También puede ser usado para calcular masa, calculando el volumen y multiplicando por su densidad.

Los medidores de nivel de líquidos pueden trabajar en base a lecturas directas tal como la sonda, la cinta y plomada, instrumentos con flotador, nivel de cristal o en base a medidas indirectas como los medidores manométricos, medidor de membrana, medidor de presión. También se puede utilizar las características conductivas de los líquidos, entonces se tendrán medidores capacitivos, conductivos, resistivos, de radiación, etc.

El **MEDIDOR DE SONDA** consiste en una varilla o regla graduada de longitud conveniente para introducirla en el depósito y la lectura se hace de la longitud mojada por el líquido. Del mismo modo se usa la **CINTA GRADUADA Y PLOMADA** se usa cuando es difícil el acceso con la regla graduada.

Los **SENSORES DE FLOTADOR** consisten en un flotador que experimenta la fuerza de gravedad y la fuerza opositora del líquido. Un sistema flotante simple usa un brazo rígido convirtiendo el nivel del líquido a un ángulo rotacional el cual puede ser medido por un transductor de posición (potenciómetro) o ligado a un transductor Todo o Nada.



El **MEDIDOR MANOMÉTRICO** mide la presión debida a la altura de líquido 'h' que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento.



El **MEDIDOR DE TIPO BURBUJEO** emplea un tubo sumergido en el líquido por el que se hace burbujear aire mediante un rotámetro con un regulador de caudal. La presión del aire en la tubería equivale a la presión hidrostática ejercida por la columna de líquido, es decir el nivel.



El **MEDIDOR DE NIVEL CONDUCTIVO O RESISTIVO** consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja dichos electrodos, el líquido debe ser suficientemente conductor pues cuando el líquido moja los electrodos se cierra el circuito eléctrico y circula una corriente segura. El dispositivo tiene un enclavamiento de retardo para evitar perturbaciones como ‘olas’ del líquido así como el sistema de alarmas predeterminadas.

El **MEDIDOR CAPACITIVO** mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. El circuito electrónico alimenta el electrodo a una frecuencia elevada, lo cual disminuye la reactancia capacitiva del conjunto y permite aliviar en parte el recubrimiento del electrodo por el producto.

Sensor de nivel capacitivo S46



En los instrumentos basados en **SISTEMAS DE ULTRASONIDOS** se emite un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque. Los sensores trabajan a una frecuencia de 20 KHz, estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases y vapores y se refleja en la superficie del líquido.



Puede determinarse el nivel también midiendo la **DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA** entre un electrodo sumergido y el otro no sumergido. Analógicamente puede determinarse el nivel de líquidos midiendo la **PRESIÓN SOBRE EL FONDO DEL DEPÓSITO** que los contiene; la diferencia de presiones entre el fondo y la superficie es directamente proporcional al nivel (h) respecto a dicho fondo y al peso específico ( $\rho$ ) del líquido:  $P_f - P_s = \rho h$

El **MEDIDOR DE NIVEL USANDO RADAR** mide el nivel mediante RF



## SENSORES DIVERSOS

### *PHMETRO*



Rango	0,0 a 14,0 pH
resolución	0,1 pH
Precisión	+/- 0,2 pH
Calibración	Manual 2 puntos
Almacenaje	0 a 50 °C / 95% HR. max
Batería/Duración	9V/300 horas
Dimensiones	80 x 145 x 35 mm



#### **HI98110 pHMetro per cosmesi**

Lo Skincheck1 è un phmetro tascabile con elettrodo adatta a rilevare il ph della pelle, capelli, etc. Range di lavoro: 0,0-14,0 pH.  $\pm 0,2$ . Calibrazione manuale su 2 punti.

000000 Skincheck1 con electr.HI1413B

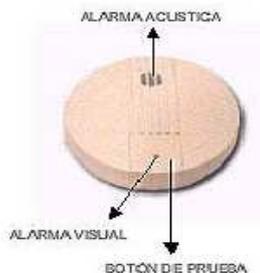
**000000** HI11413/B Elettrodo pH di ricambio.

### *ANEMOMETRO*



*L' anemometro a mano fornisce una lettura immediata della velocità istantanea del vento. In navigazione essa è riferita al vento apparente quale risulta dalla combinazione del vento relativo, dovuto al moto della nave, con quello reale. Quest'ultimo viene dedotto con una semplice costruzione grafica.*

### *SENSOR DE HUMO*



- ✓ Función: Detección de humo. (Función de interconexión de hasta 38 unidades adicionales).
- ✓ Aplicaciones: Viviendas, colegios, hoteles, etc.
- ✓ Alimentación: Pila de 9V.
- ✓ Duración de la pila: Aproximadamente 18 meses.
- ✓ Relé externo (opcional): N.A/N.C/COM.
- ✓ Alarma visual: LED permanente luz roja.
- ✓ Alarma sonora: Sonido intermitente a 85 dB.
- ✓ Aviso cambio de pila: Beep intermitente.
- ✓ Área de cobertura: <= a 12 metros.
- ✓ Temperatura de trabajo: 0° a +50°.
- ✓ Humedad de trabajo: 10% a 85% de humedad relativa sin condensación.
- ✓ Material chasis: ABS.
- ✓ Dimensiones: diámetro 100mm / alto 30mm.
- ✓ Peso: 80 gr.

## SENSORES ELECTRÓNICOS

Como sabemos los sensores son las entradas al controlador y convierte los fenómenos físicos a señales eléctricas, pudiendo ser sensores discretos on/off que normalmente activan interruptores o fines de carrera, otros que se basan el efecto hall y los sensores electrónicos. Por otro lado están los sensores análogos o sensores de medida que se basan en el proceso de la tensión o intensidad de corriente de la variable física detectada. Existe gran diversidad en el mercado que posibilitan la detección de diversas señales muchas veces no eléctricas y que luego de transducidas reciben el respectivo tratamiento, sin embargo de los que se han indicado en estas páginas están los fotoeléctricos (ya vistos en temas anteriores) y los de proximidad.

Las ventajas de los sensores electrónicos, principalmente, son:

- No existe contacto con el objeto sentido, evitando fraudes
- No daña dicho objeto.
- No se activan los interruptores de límite con unidades sensadas delicadas o frágiles (las películas, plástico, algodón, tela, el papel delgado, las unidades pequeñas etc.).
- Fiable, no tendrá ninguna modificación en especial.
- Como es de estado sólido, no tienen ningún contacto abierto para producir chispas.
- Capacidad de sensar gran variedad de elementos tales como detectar metales, vidrio, plástico, etc.
- Posibilita detectar fenómenos débiles
- Variedad de diseño en sus características tales como:
  - Tamaño pequeño
  - Actuación rápida (típicamente es de 1 ms pudiendo llegarse a 20 microsegundos en algunos casos).
  - Capacidad para diagnosticar (revisar entradas, salidas de alarmas)
  - Configuración de sus características (estabilización)
  - Variedad de construcción para los ambientes difíciles tales como los industriales
- Tipos para aplicaciones específicas, tales como:
  - Direccionables
  - Sensores de sombras o manchas
  - Sensores de objetos transparentes
  - Sensores de marcas coloridas, etc.

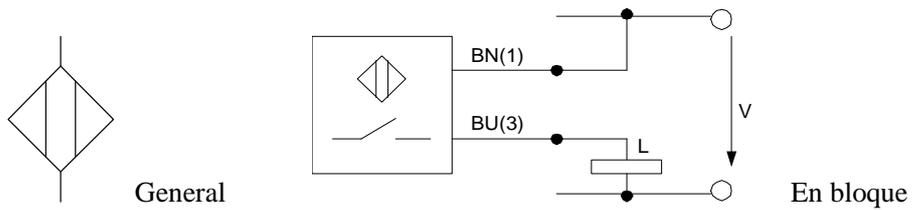
Los sensores se basan en principios de funcionamiento básicos y en función de ellas existen diversos tipos, como se indican a continuación:

- De proximidad, inductivos (distancias cortas, solo metales)
- De proximidad, capacitivos (distancias cortas, todos los materiales)
- Fotoeléctricos (utilización de fuente luminosa, detecta diversos materiales, distancias variables)
- Fibra óptica (utilización de fuente luminosa, detecta diversos materiales, distancias variables)
- Controladores de sensor (lógicos, temporizadores on-delay, off-delay, AND, OR, sistemas programables)

### **NOMENCLATURA DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD**

Los **sensores de proximidad** se basan en principios elementales de la ingeniería eléctrica tales como la inducción o la capacidad; normalmente son encapsulados, se alojan en compartimentos precableados que disminuye sus costos, tienen salida de estado sólido.

Símbolo del sensor de proximidad según la norma DIN 40900



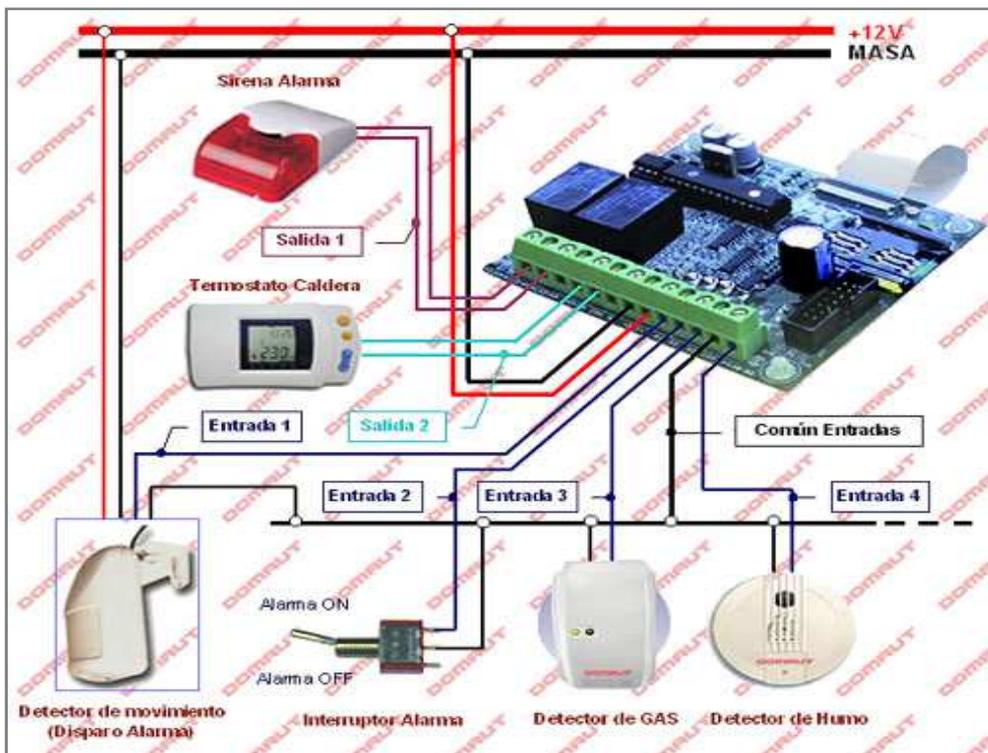
**SIMBOLO DE COLORES SEGUN NORMA DIN IEC 757**

Black	negro	BK	Grey	gris	GY
Brown	marrón	BN	White	blanco	WH
Red	rojo	RD	Pink	rosado	PK
Orange	naranja	OG	Gold	dorado	GD
Yellow	amarillo	YE	Turquoise	turquesa	TQ
Green	verde	GN	Silver	plateado	SR
Blue	azul	BU	Green/yellow		GNYE
Violet	violeta	VT			

**DESIGNACION NUMERICA SEGUN LA NORMA EN 50 044**

- Esta designación distingue los sensores de proximidad polarizados y no polarizados
- Para los no polarizados, los terminales 3 y 4 tienen la función de contacto N.A. y los terminales 1 y 2 de N.C.
- Para sensores de proximidad para corriente continua con dos terminales, el terminal positivo debe identificarse con el 1 (polarizados)
- El número 4 es para el contacto N.A.
- El número 2 para el contacto N.C.

**PRESENTACION DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CON SUS SENSORES**



Resumen de los transductores en forma general:

<b>SENSORES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS Campo de medida, Resolución, Precisión, Repetibilidad, Linealidad, Sensibilidad, Ruido, Histéresis,</li> <li>♦ CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS Velocidad de respuesta, Respuesta frecuencial, Estabilidad y entorno.</li> </ul>	<b>PRINCIPIOS FÍSICOS DE LOS SENSORES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Cambios de resistividad</li> <li>♦ Electromagnetismo</li> <li>♦ Piezoelectricidad</li> <li>♦ Efecto fotovoltaico</li> <li>♦ Termoelectricidad</li> <li>♦ Camdios moleculares</li> </ul>	
<b>TRANSDUCTORES DE DIVERSAS MAGNITUDES FÍSICAS</b>		
MAGNITUD DETECTADA	TRANSDUCTOR	CARACTERÍSTICA
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógico
	Encoders	Digital
	Sincro y resolver	Analógicos
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Transformador diferencial	Analógico
	Galga extensiométrica	Analógico
Velocidad lineal o angular	Dinamo tacométrico	Analógico
	Encoders	Digital
	Detector inductivo u óptico	Digitales
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Sensor de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y par	Medición indirecta mediante galgas o transformadores diferenciales	Analógico
Presión	Membrana + detectr desplazamiento	Analógico
	Piezoeléctricos	Analógico
Caudal	De turbina	Analógico
	Magnético	Analógico
Temperatura	Termopar	Analógico
	Resistencias PTC 100	Analógico
	Resistencias NTC	Analógico
	Resistencias PC	Todo-Nada
	Bimetálicos	Todo-nada
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Todo-Nada o analógicos
	Capacitivos	Todo-Nada
	Ópticos	Todo-Nada o analógicos
	Ultrasónicos	Analógicos
Sensores Táctiles	Matriz de contactos	Todo-Nada
	Matriz capacitiva piezoeléctrica u optica	Todo-Nada
	Piel artificial	Analógico
Sistemas de visión artificial	Cámara de video y tratamiento de imagen	Procesamiento digital por puntos o pixeles
	Cámaras CCD	