

### 3. Sensores y Transductores.



#### 3.1. Sensores y Transductores.

Un **sensor** es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales, con el objetivo de mandar una señal y permitir que continúe un proceso, o bien detectar un cambio; dependiendo del caso que éste sea. Es un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir.

Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones.

De igual forma, existen otros dispositivos llamados transductores, que son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno.

Un **transductor** es el dispositivo que transforma una magnitud física (mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica, etc.) en otra magnitud, normalmente eléctrica.

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas), los velocímetros (velocidad).

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son:

- Transductores analógicos.
- Transductores digitales

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.

### **3.2. Terminologías de funcionamiento.**

Los siguientes términos se emplean para definir el funcionamiento de un sensor.

#### **Exactitud**

La exactitud es la cualidad o grado de un instrumento de medida de dar una lectura próxima al verdadero valor de la magnitud medida. En otras palabras, es el grado de conformidad de un valor indicado a un valor estándar aceptado o valor ideal, considerando este valor ideal como si fuera el verdadero. El grado de confiabilidad independiente es la desviación máxima entre la curva de calibración de un instrumento y una curva característica específica, posicionada de modo tal que se reduce al mínimo dicha desviación máxima.

#### **Precisión**

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

### **Rango de funcionamiento.**

El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

### **Velocidad de respuesta.**

El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

### **Calibración.**

El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

### **Fiabilidad.**

El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

### **Distancia operativa.**

Es la distancia característica más importante de un sensor. Depende básicamente del diámetro del sensor (bobina o condensador). Una influencia adicional tienen las dimensiones y la composición del material, como también la temperatura ambiente. Con los sensores magnéticos se debe tener en cuenta además la alineación y la fuerza del campo magnético.

### **Histéresis.**

La histéresis es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento o la señal de salida para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente. Se expresa en porcentaje del margen de la medida.

Los sensores se pueden clasificar desde algunos puntos de vista:

### **Clasificación de los sensores según la energía.**

Los sensores pueden ser:

- **Activos.**- Emiten energía a partir de la transformación realizada. Dentro de este tipo de sensores podemos citar a las termocuplas, cristales piezoeléctricos, etc.
- **Pasivos.**- Reciben energía para realizar la transformación. En este grupo están los termistores (su resistencia varía en función de la temperatura), micrófonos de condensador, los fotodiodos, etc.

### **Clasificación de los sensores según el principio de funcionamiento.**

Dentro de esta categoría los sensores se pueden clasificar en:

- Sensores primarios.
- Sensores resistivos.
- Sensores de reactancia variable y electromagnética.
- Sensores generadores.
- Sensores digitales

## Clasificación de los sensores según la magnitud a medir.

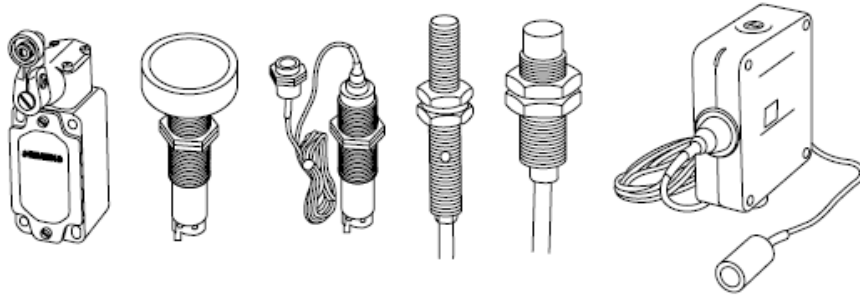
Esta clasificación está directamente relacionada con el fenómeno o estímulo físico que se desea medir. Los sensores pueden ser de:

### CLASIFICACIÓN DE SENSORES

| Magnitud detectada                       | Transductor  | Señal salida                      |
|--|--|-----------------------------------|
| Posición lineal o angular                | Finales de carrera   | Todo-Nada                         |
|  | Potenciómetros   | Analógica                         |
|  | Encoders (absolutos / incrementales)                                 | Digital                           |
| Pequeños desplazamientos o deformaciones | Transformadores diferenciales (LVDT)                                 | Analógica                         |
|  | Galgas extensiométricos  | Analógica                         |
| Velocidad lineal o angular               | Dinamos tacométricas   | Analógica                         |
|  | Encoders (absoluto / incremental)                                    | Digital                           |
|  | Detectores inductivos  | Digital                           |
| Aceleración                              | Acelerómetros  | Analógica                         |
|  | Sensores de velocidad + calculador                                   | Digital                           |
| Fuerza y par                             | Medición indirecta (mediante galgas o transformadores diferenciales) | Analógicas                        |
| Nivel                                    | Flotador + detector desplazamiento                                   | Analógica                         |
|  | Capacitivos  | Analógica                         |
|  | Ultrasonidos   | Digital                           |
| Presión                                  | Membrana + detector de desplazamiento                                | Analógica                         |
|  | Piezoeléctricos  | Analógica                         |
| Caudal                                   | Presión diferencial (Diafragmas / tubos de Venturi)                  | Analógica                         |
|  | De turbina   | Analógica                         |
|  | Magnético  | Analógica                         |
| Temperatura                              | Termostatos  | Todo-Nada                         |
|  | Termopares   | Analógica                         |
|  | Termorresistencias (PT100)   | Analógica                         |
|  | Resistencias NTC   | Analógica                         |
|  | Resistencias PTC   | Analógica                         |
|  | Pirómetros   | Analógica                         |
| Sensores de presencia o proximidad       | Inductivos   | Todo-Nada                         |
|  | Capacitivos  | Todo-Nada                         |
|  | Ópticos (Células fotoeléctricas)                                     | Todo-Nada                         |
|  | Ultrasonicos   | Analógica                         |
| Sistemas de visión artificial            | Cámaras de video y tratamiento de imagen                             | Procesamiento por puntos o pixels |
|  | Cámaras CCD  |                                   |

### 3.3. Sensores de desplazamiento, posición y proximidad.

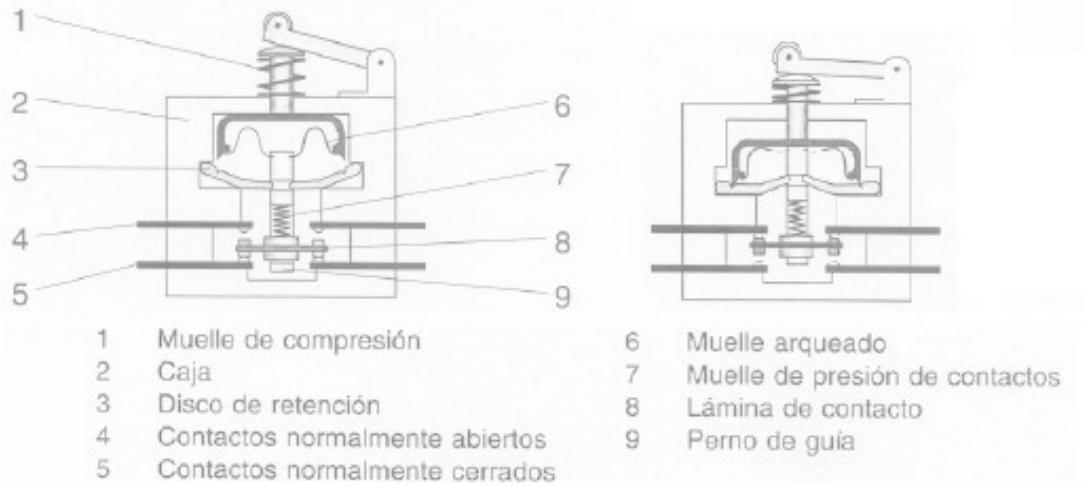
Los sensores de **desplazamiento** miden la magnitud que se desplaza un objeto; los sensores de **posición** determinan la posición de un objeto en relación a un punto de referencia. Los sensores de **proximidad** son una modalidad de sensor de posición y determinan en que momento un objeto se mueve dentro de una distancia crítica del sensor.

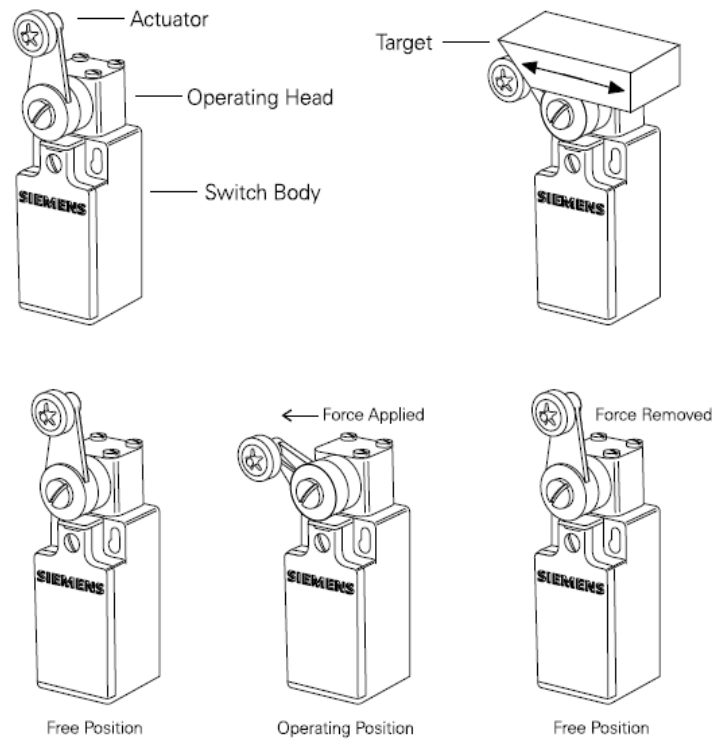


Los sensores de desplazamiento y de posición se pueden clasificar en dos tipos básicos: sensores de contacto, en los cuales, el objeto que se mide está en contacto mecánico con el sensor, y sensores sin contactos, en los que no hay contacto físico entre el objeto y el sensor.

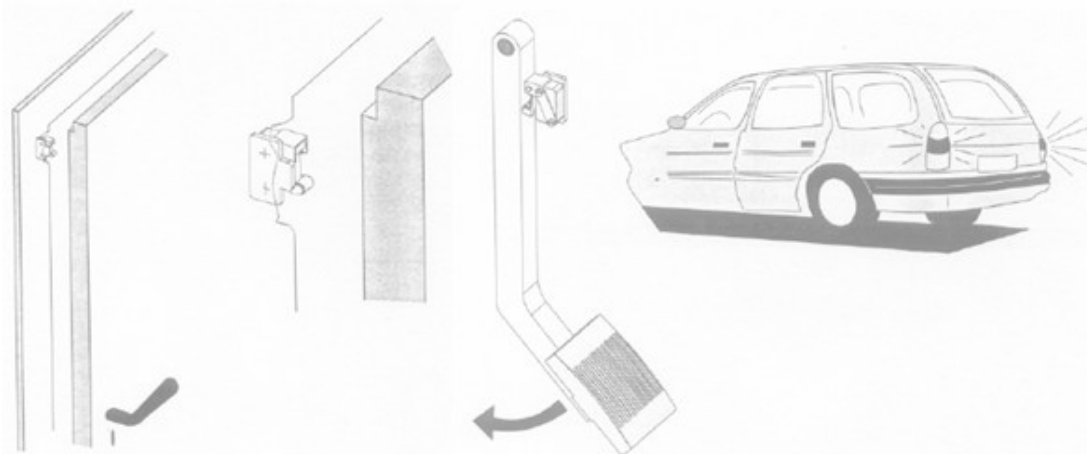
- **Sensores de posición electromecánicos.**

Un interruptor de límite de carrera, es un sensor de posición electromecánico que consiste de un cuerpo y una cabeza de operación. El cuerpo del interruptor incluye contactos eléctricos para energizar o para desenergizar un circuito. La cabeza de operación incorpora un cierto tipo de brazo, palanca o pulsador, designado como actuador. El interruptor de límite de carrera estándar es un dispositivo mecánico que utiliza el contacto físico para detectar la presencia de un objeto (Target). Cuando el objeto entra en contacto con el actuador, el actuador se gira de su posición normal a la posición de funcionamiento. Esta operación mecánica activa los contactos eléctricos dentro del cuerpo del interruptor, dejando el pasar el flujo de corriente o cortando el paso de corriente.





#### ■ Ejemplos de uso de interruptores electromecánicos

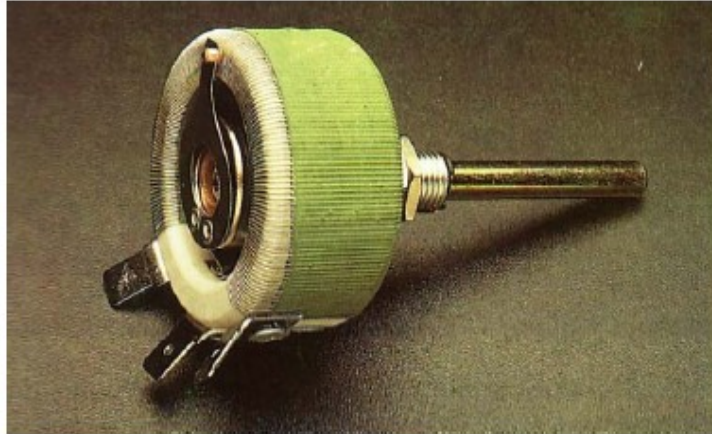


#### • Sensores de desplazamiento por medio de potenciómetros.

Los potenciómetros son unas resistencias especiales que están formadas por una parte fija con la resistencia y una móvil en contacto con la misma que, al desplazarse, hace variar la resistencia entre las tomas. En otras palabras un **potenciómetro** es un resistor al que se le puede variar el valor de su resistencia. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la *intensidad de corriente* que hay por una línea si se conecta en paralelo, o la *diferencia de potencial* de hacerlo en serie.



Consiguen variar la resistencia que ofrecen en función de un mayor o menor giro manual de su parte móvil. Suelen disponer de unos mandos giratorios que facilitan la operación, o bien unas muescas para introducir un destornillador adecuado.

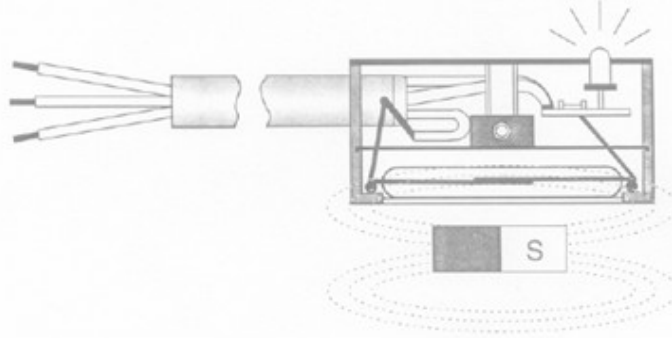


Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos con poca corriente, para potenciar la corriente, pues no disipan apenas potencia, en cambio en los reostatos, que son de mayor tamaño, circula más corriente y disipan más potencia.

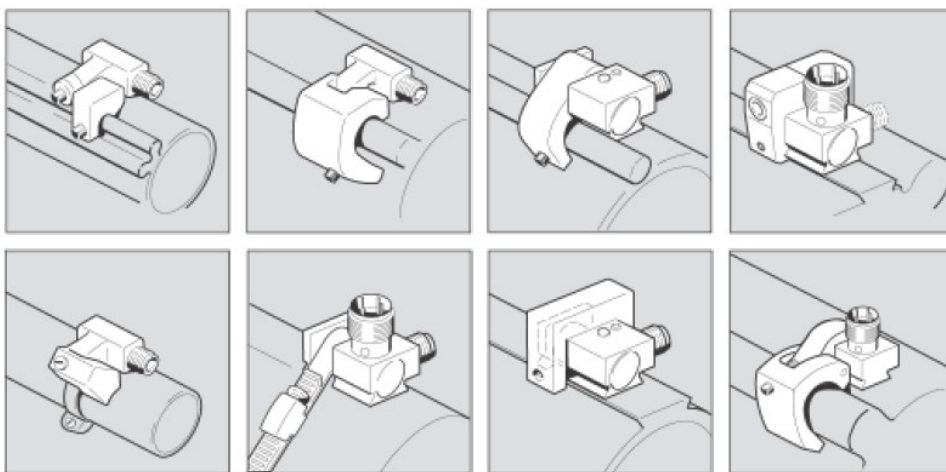
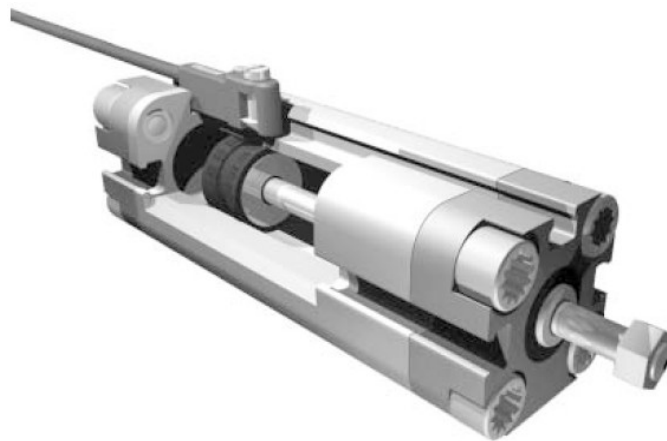


- **Sensores de proximidad magnéticos.**

Los sensores de proximidad magnéticos o reed, reaccionan frente a campo magnéticos generados por imanes permanentes o electroimanes instalados en dispositivos móviles. Al aproximarse un campo magnético se cierra los contactos, dando paso al flujo de corriente que genera la señal en el sensor



Una de la aplicaciones más común es como detectores de posición en los cilindros neumáticos. Puesto que estos incorporan imanes permanentes en el embolo, induciendo un cambio de estado en el sensor.

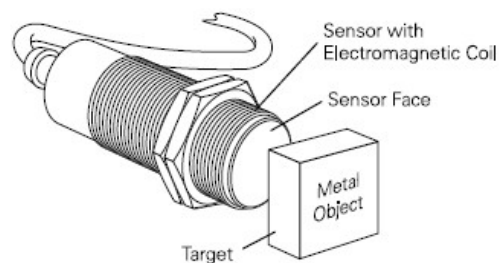


- **Sensores de proximidad inductivos.**

Los sensores de proximidad inductivos se utilizan para detectar la presencia de piezas metálicas en un rango de distancia que va de 1 mm a 30 mm, hasta 75 mm.

Trabajan mediante la inducción de corrientes parasitas o corrientes de Eddy en piezas metálicas. Dichas corrientes provocan un cambio en la amplitud del campo magnético generado por el sensor, esta reducción del campo magnético genera una señal eléctrica que se aprovecha para indicar la presencia de un objeto metálico en las cercanías del sensor.

Como interruptores de finales de carrera, tiene ventajas respecto a los sensores electromecánicos, tales como: ausencia de contacto con el objeto a detectar, robustez mecánica, resistencia a ambientes agresivos y de altas temperatura.



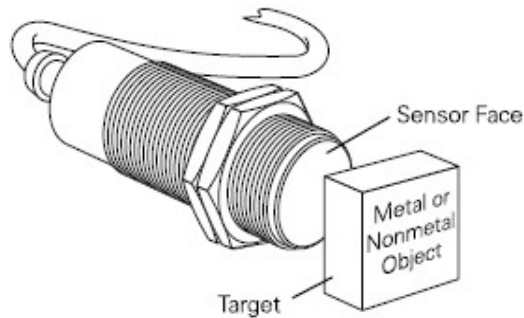
Ejemplos de distintas formas y tamaños de sensores inductivos.

- **Sensores de proximidad capacitivos.**

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en

la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

La detección de materiales metálicos o no metálicos esta en el rango de distancia de 1 mm a 30 mm. Pero la sensibilidad del sensor se ve afectada por el tipo de material y por el grado de humedad ambiental.



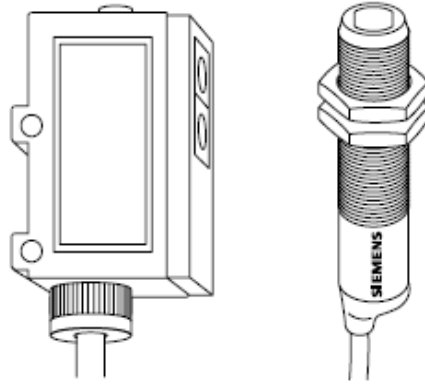
Las aplicaciones típicas son, la detección de materiales no metálicos como vidrio, cerámica, plásticos, madera, aceite, agua, cartón, papel, gomas, etc.



**Una aplicación para los sensores de proximidad capacitivos es la detección de nivel a través de barreras.**

- **Sensores de proximidad ópticos.**

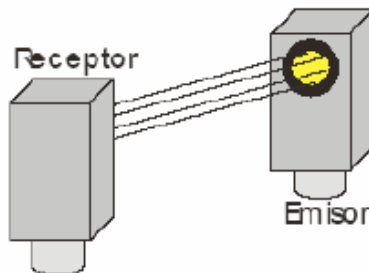
Un sensor fotoeléctrico es otro tipo de dispositivo de detección de posición. Los sensores fotoeléctricos, similares a los que están mostrados abajo, utilizan un haz luminoso modulado que puede ser interrumpido o reflejado por un objeto.



El control consiste en un emisor (fuente generadora de luz), un receptor para detectar la luz emitida, y la asociación electrónica que evalúa y amplifica la señal causando un cambio de estado en el sensor fotoeléctrico.

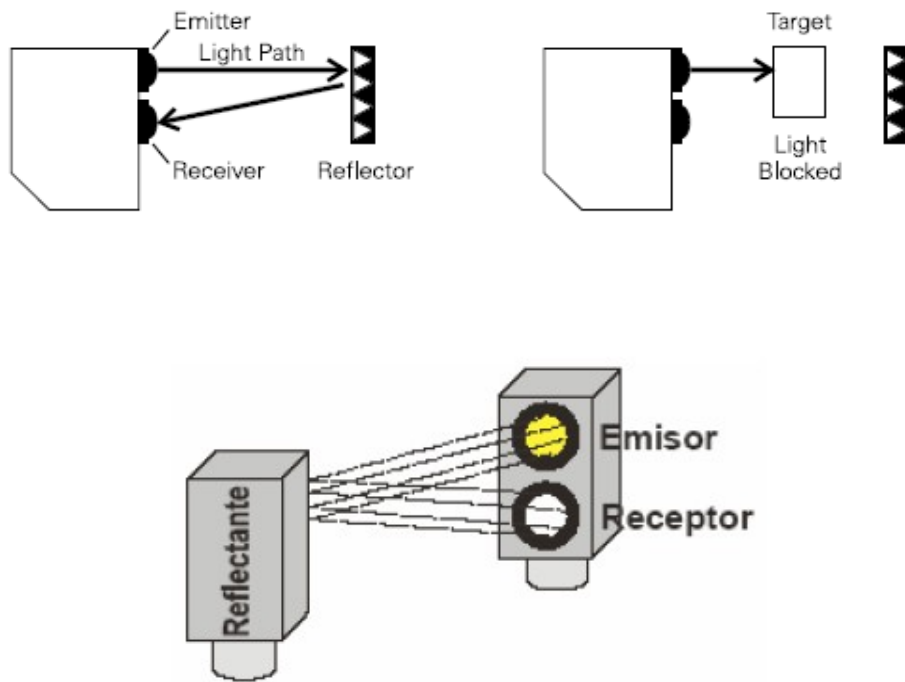
### ***Sensor Fotoeléctrico de Barrera.***

En los detectores de barrera, el objeto se interpone entre el emisor del haz luminoso y el receptor. Si la luz no llega al receptor se produce la acción de conmutación.



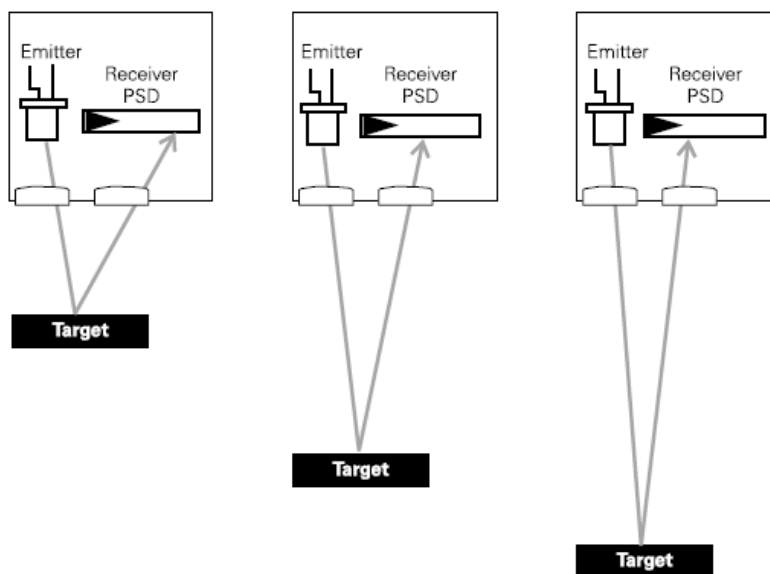
### ***Sensor Fotoeléctrico de Retroreflexión ( Réflex).***

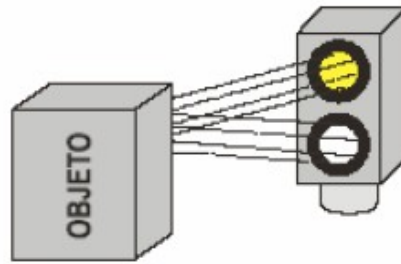
Los detectores se denominan réflex, cuando el emisor del haz de luz y el receptor, están en la misma ubicación y el elemento contrario es un reflector.



**Sensor Fotoeléctrico Reflectivo Difuso.**

En los detectores difusos, el objeto a detectar realiza la función de reflector . El emisor y receptor están en el mismo espacio. Estos sensores no permiten que la distancia de conmutación sea aumentada.

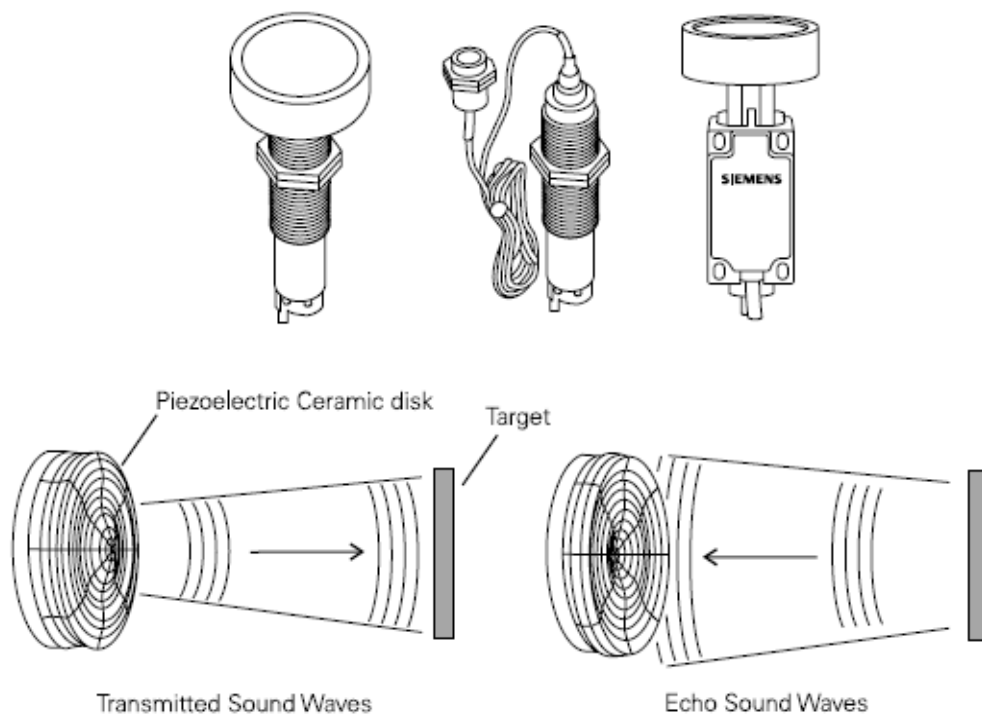




- **Sensores de proximidad ultrasónicos.**

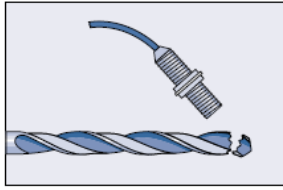
Los sensores de proximidad ultrasónicos usan un transductor para enviar y recibir señales de sonido de alta frecuencia.

Cuando un objeto entra al haz de la onda de sonido, el sonido es reflejado de regreso al sensor, haciendo que se conmute una señal de salida.



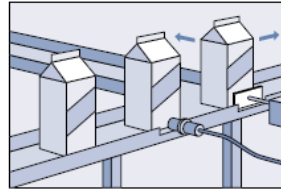
**Aplicaciones de los sensores de proximidad inductivos y capacitivos.**





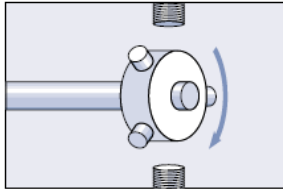
**Application**  
Detecting the Presence of a Broken Drill Bit

**Sensor**  
12 mm Normal Requirements



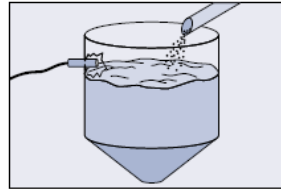
**Application**  
Detecting Milk in Cartons

**Sensor**  
Capacitive



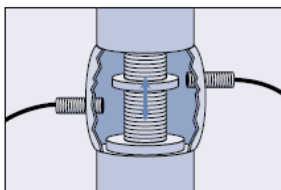
**Application**  
Detecting Presence of Set Screws on Hub for Speed or Direction Control

**Sensor**  
30mm Shorty



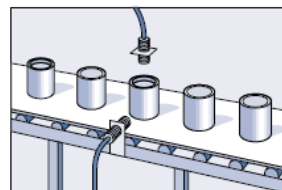
**Application**  
Controlling Fill level of solids in a bin

**Sensor**  
Capacitive



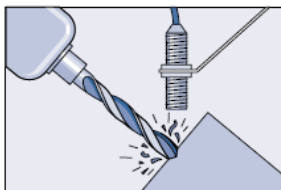
**Application**  
Detecting Full Open or Closed Valve Position

**Sensor**  
12mm or 18mm Extra Duty



**Application**  
Detecting Presence of Can and Lid

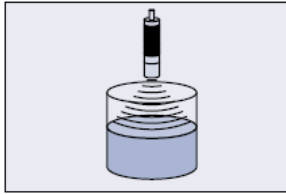
**Sensor**  
30mm Normal Requirements or UBERO, 18mm Normal Requirements Gating Sensor



**Application**  
Detecting Broken Bit on Milling Machine

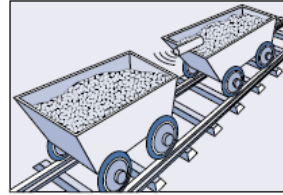
**Sensor**  
18 mm

**Aplicaciones con Sensores Ultrasónicos.**



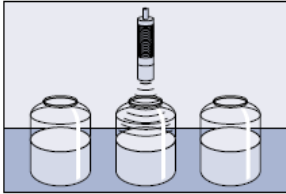
**Application**  
Level Measurement in Large Vessels (Tanks, Silos)

**Sensor**  
3RG61 13  
Compact Range III



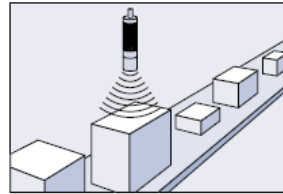
**Application**  
Anti-Collision

**Sensor**  
3RG60 14  
Compact Range I



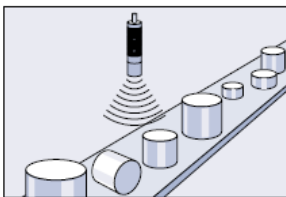
**Application**  
Level Measurement in Small Bottles

**Sensor**  
3RG61 12  
Compact Range III



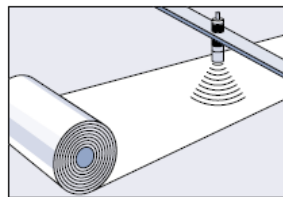
**Application**  
Height Sensing

**Sensor**  
3RG60 13  
Compact Range II



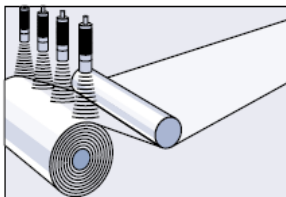
**Application**  
Quality Control

**Sensor**  
3RG61 12  
Compact Range III



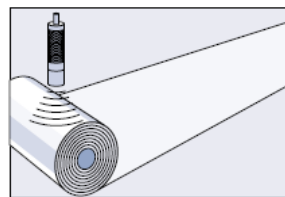
**Application**  
Breakage Sensing

**Sensor**  
3RG61 12  
Compact Range I



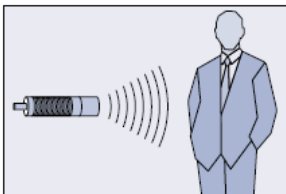
**Application**  
Contour Recognition

**Sensor**  
3RG61 13  
Compact Range III



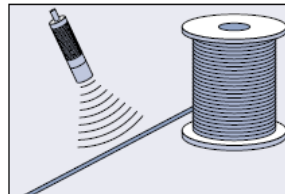
**Application**  
Diameter Sensing and Strip Speed Control

**Sensor**  
3RG61 12  
Compact Range III



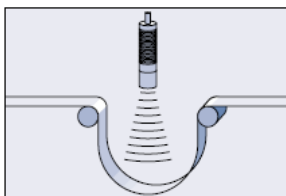
**Application**  
People Sensing

**Sensor**  
3RG60 12  
Compact Range II



**Application**  
Wire and Rope Breakage Monitoring

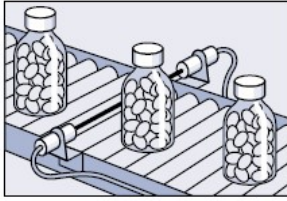
**Sensor**  
3RG60 12  
Compact Range I



**Application**  
Loop Control

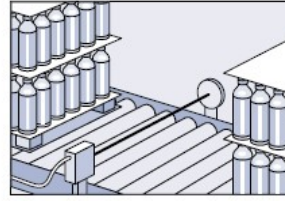
**Sensor**  
3RG60 15  
Compact Range II

**Aplicaciones con Sensores Fotoeléctricos.**



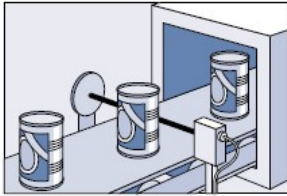
**Application**  
Verifying Objects in  
Clear Bottles

**Sensor**  
M12 Thru Beam



**Application**  
Flow of Pallets  
Carrying Bottles

**Sensor**  
K40 Retroreflective



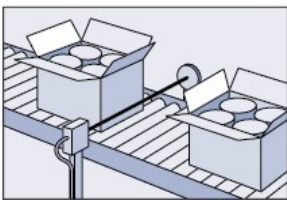
**Application**  
Counting Cans

**Sensor**  
K50 Polarized  
Retroreflective



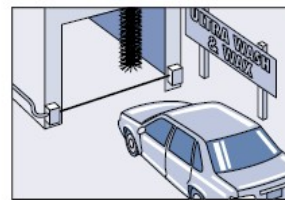
**Application**  
Counting Bottles

**Sensor**  
SL18 Retroreflective



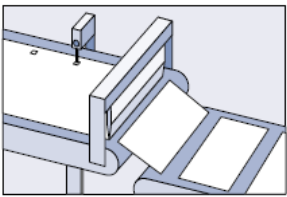
**Application**  
Counting Cartons

**Sensor**  
K65 Retroreflective



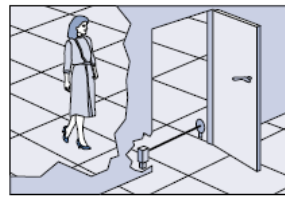
**Application**  
Car Wash

**Sensor**  
SL Thru Beam



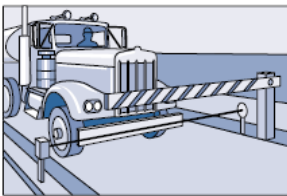
**Application**  
Reading Reference  
Marks for Trimming

**Sensor**  
C80 Mark Sensor



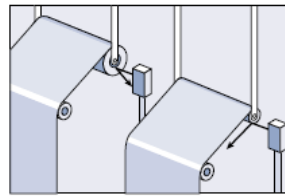
**Application**  
Detecting Persons

**Sensor**  
K50 Retroreflective



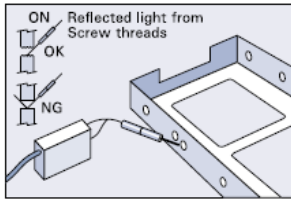
**Application**  
Controlling Parking  
Gate

**Sensor**  
SL Retroreflective



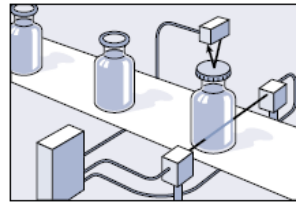
**Application**  
End of Roll Detection

**Sensor**  
K31 Diffuse



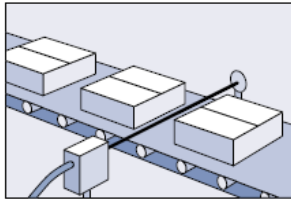
**Application**  
Detecting Tab Threads

**Sensor**  
KL40 Fiber Optic



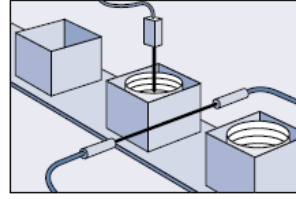
**Application**  
Detecting Caps on Bottles

**Sensor**  
K20 Diffuse with Background Suppression and K31 Thru Beam



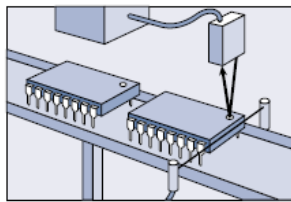
**Application**  
Counting Packages

**Sensor**  
K80 Retroreflective



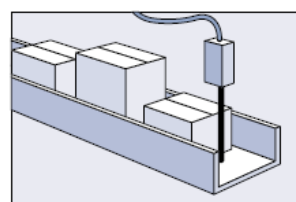
**Application**  
Detecting Components Inside Metal Can

**Sensor**  
K50 Background Suppression



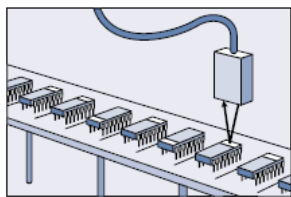
**Application**  
Determining Orientation of IC Chip

**Sensor**  
L50 Laser with Background Suppression



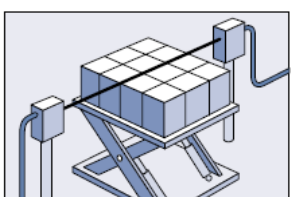
**Application**  
Detecting Items of Varying Heights

**Sensor**  
K80 Background Suppression



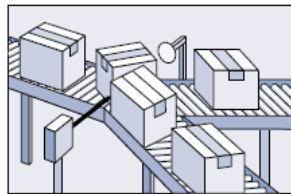
**Application**  
Detecting Orientation of IC Chip

**Sensor**  
Color Mark or Fiber Optic



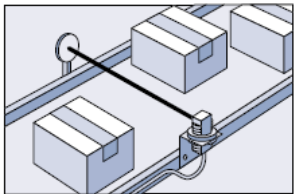
**Application**  
Controlling Height of a Stack

**Sensor**  
SL Thru Beam



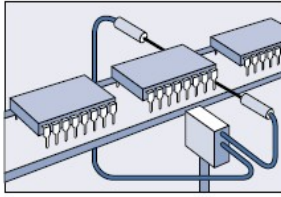
**Application**  
Detecting Jams on a Conveyor

**Sensor**  
K50 Retroreflective



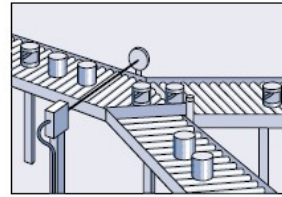
**Application**  
Counting Boxes Anywhere on a Conveyor

**Sensor**  
SL18 Right Angle Retroreflective



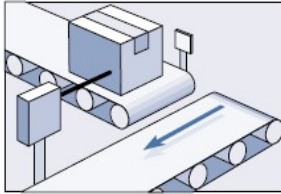
**Application**  
Counting IC Chip Pins

**Sensor**  
KL40 Fiber Optic



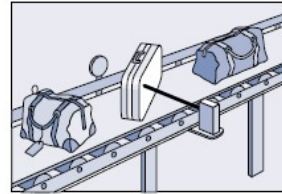
**Application**  
Batch counting and  
Diverting Cans  
Without Labels

**Sensor**  
K40 Polarized



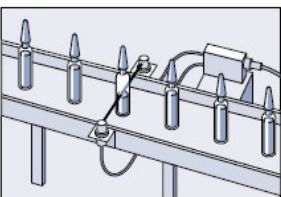
**Application**  
Detecting Presence of  
Object to Start a  
Conveyor

**Sensor**  
K35 Retroreflective



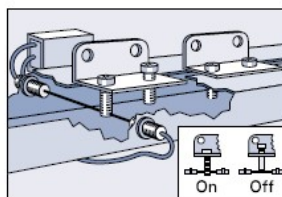
**Application**  
Detecting Reflective  
Objects

**Sensor**  
K80 Polarized  
Retroreflective



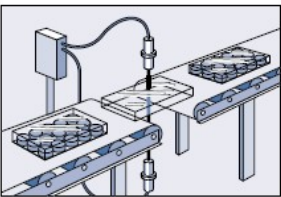
**Application**  
Verifying Liquid in Vials

**Sensor**  
K35 Fiber Optic



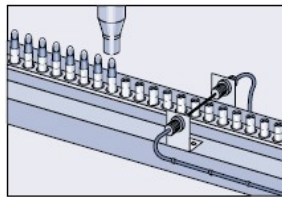
**Application**  
Verifying Screws are  
Correctly Seated

**Sensor**  
KL40 Fiber Optic



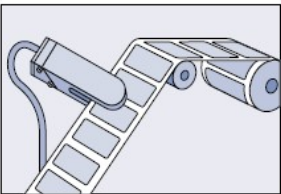
**Application**  
Verifying Cakes are  
Present in Transparent  
Package

**Sensor**  
KL40 Fiber Optic



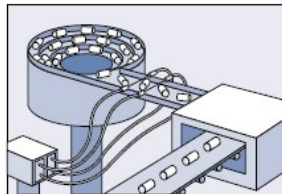
**Application**  
Verifying Lipstick  
Height Before Capping

**Sensor**  
M5 or M12 Thru Beam



**Application**  
Detecting Labels with  
Transparent  
Background

**Sensor**  
G20 Slot Sensor



**Application**  
Monitoring Objects as  
they Exit Vibration  
Bowl

**Sensor**  
K35 Fiber Optic

### 3.4. Sensores de Velocidad y Movimiento.

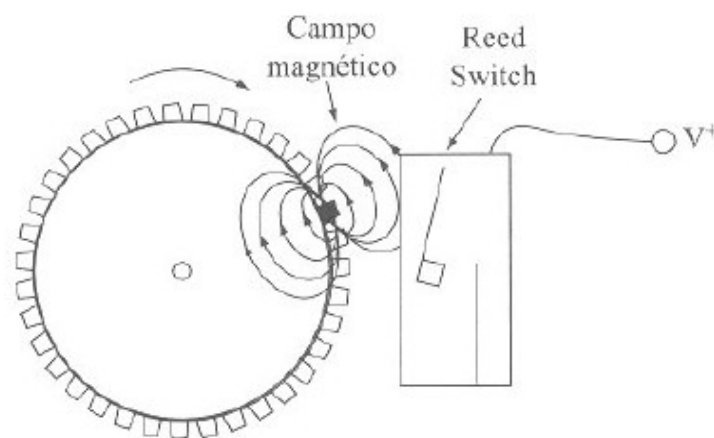
**Los sensores tacométricos**, se encargan de medir la velocidad angular. Estos miden la frecuencia de impulsos de cualquier tipo de señal, que generalmente es de tipo fotónica por su fácil manejo ante la oposición al paso de luz.



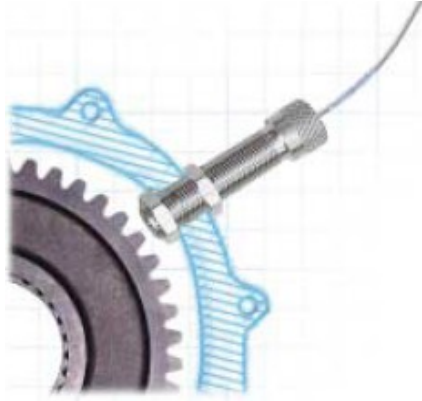
Consiste en el conjunto de un círculo con ranuras por las cuales un led y un fototransistor se encargan de medir la frecuencia a causa de cada pulso de luz que capta, determinando así la velocidad angular proporcional a una salida en tensión. posee un disco con 60 aberturas sensando una frecuencia máxima de 10KHz.

**Tacogenerador:** proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro del eje. Utiliza un interruptor llamado “reed switch”, que utiliza fuerzas magnéticas para activarse o no dependiendo si un objeto magnético se encuentra físicamente cercano al interruptor.

Permiten medir la velocidad de giro de una rueda dentada, se dispone de uno de los dientes magnetizados de forma que cada vez que éste diente pase junto al interruptor será accionado por la fuerza magnética. Así por cada vuelta descrita por la rueda, el interruptor se activa y en su salida se obtiene un pulso de corriente. Midiendo estos pulsos de corriente (número de vueltas) por unidad de tiempo se determina la velocidad.



*Reed switch usado como tacogenerador.*

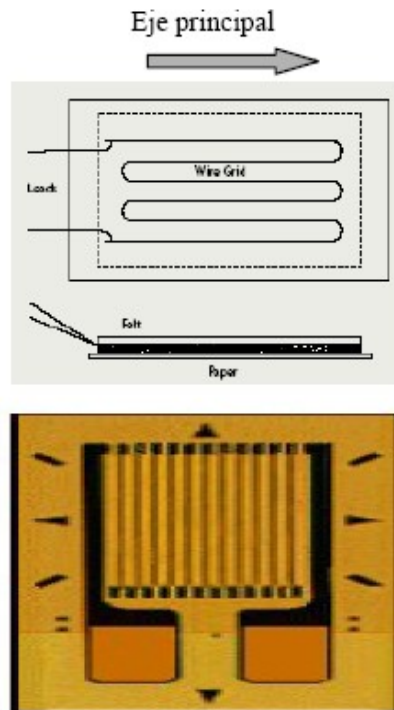


### 3.5. Sensores de Fuerza y Presión.

Los **sensores de fuerza** trabajan básicamente midiendo la diferencia de potencial que se produce por la deformación causada por una fuerza a medir en elementos llamados galgas extensiométrica o strain gauge. Estos que trabajan bajo el principio del efecto piezorresistivo



Imagen: galga extensiométrica.



## TIPO DE SENSOR DE PRESIÓN.

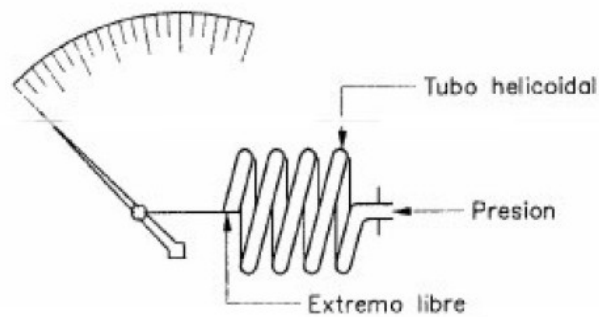
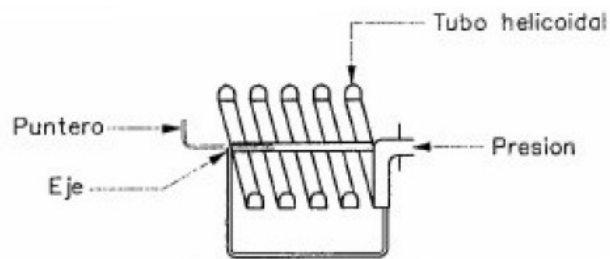
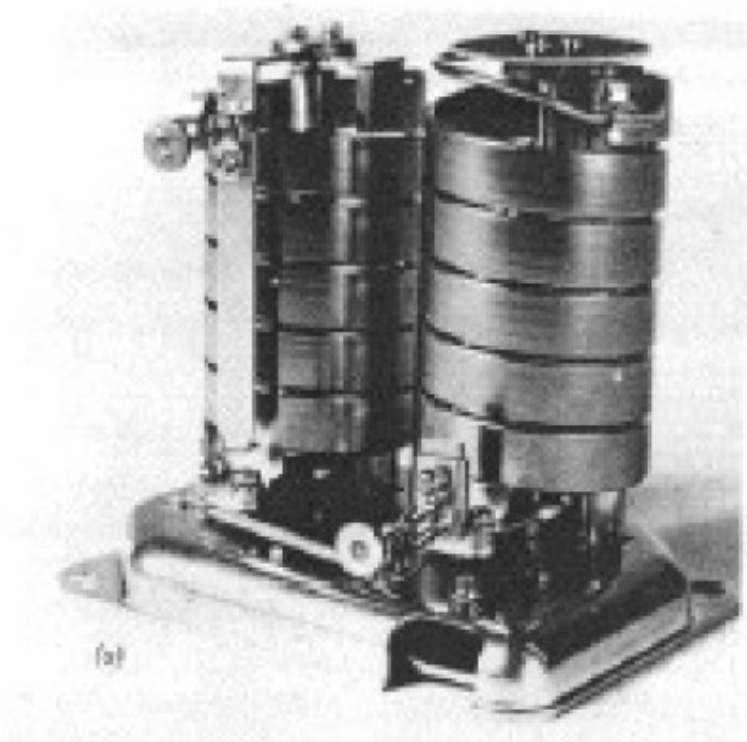
a) **Elementos primarios de medida directa:** Miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas. Su rango de medida va de 0.1 a 3 mda. Medidas directa, de bajo costo. Ejemplo barómetro cubeta, manómetro de tubo en U, manómetro de tubo inclinado, manómetro de toro pendular, manómetro de campana.

b) **Tubo Bourdon:** Es un 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, el rango de medida es 0.5 \_ 6000 bar . Lectura de la medida es directa, y entre las aplicaciones se usa en fluidos corrosivos, fluidos viscosos, altas temperaturas, vapor de agua.





c) **Tubo en Espiral** : Se forma enrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común. Permite medir presiones en un rango de 0.5 \_ 2500 bar. La lectura de la medida es directa. Se utiliza en aplicaciones con fluidos corrosivos, fluidos viscosos, altas temperaturas, vapor de agua.



d) **Tipo Diafragma:** Una o varias cápsulas circulares conectadas entre si, de forma que al aplicar presión, cada cápsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. El rango de medida es de 50 mcd a 2 bar. Lectura directa, aplicaciones en fluidos corrosivos, fluidos viscosos, altas temperaturas, vapor de agua.



Abbildung 1.3: Plattenfedermanometer

e) **Capacitivo:** Tienen una variación de capacitancia que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas. Rango 0.05 – 5 a 0.5 – 600 bar . Se utiliza en mediciones estáticas y dinámicas

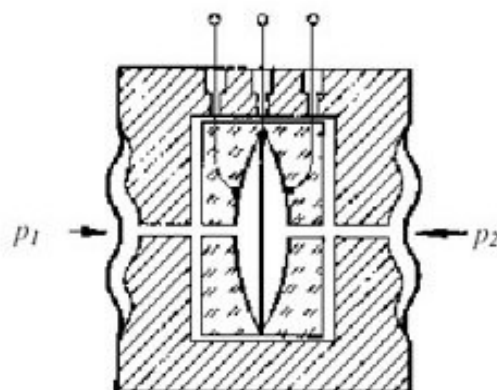
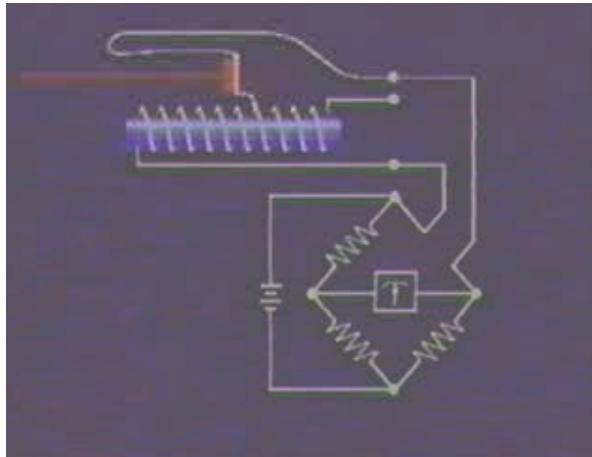


Abbildung 1.6: kapazitiver Drucksensor

f) **Piezo – Eléctrico**: son materiales cristalinos que al deformarse (por acción de una presión) generan una señal eléctrica. Permiten medir presiones 0,1 a 600 bar. Mediciones con poca sensibilidad

h) **Sensor Resistivo**: este sensor consiste en un elemento elástico que varía la resistencia (ohmios) de un potenciómetro en función de la presión. El rango de medida va de 0 - 0.1 a 300 bar. Mediciones con alta sensibilidad



i) **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. Rango de medida 0 - 0.1 a 300 bar . Mediciones con alta sensibilidad.

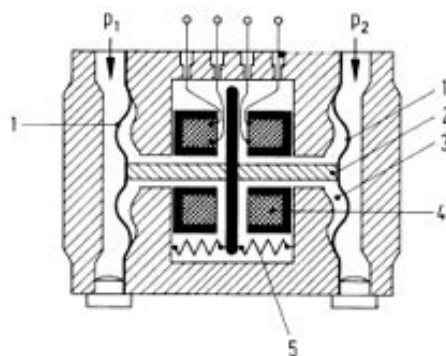
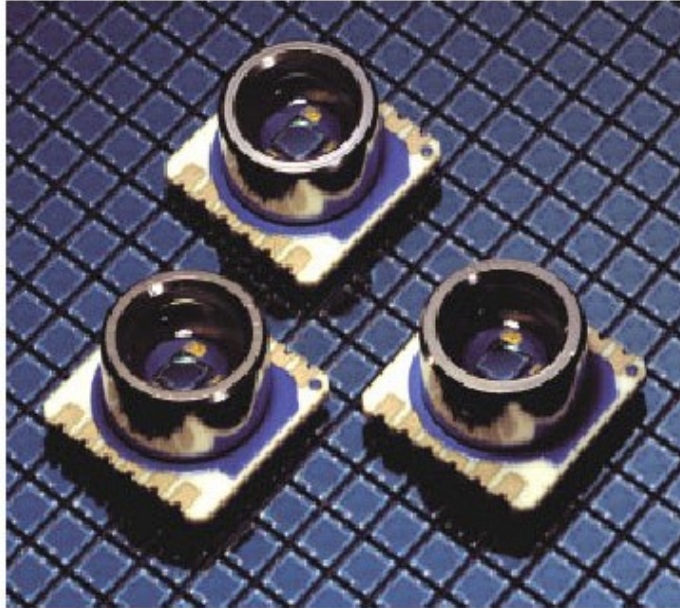


Abbildung 1.7: induktiver Drucksensor mit Ölfüllung

j) **Galgas Extensiométricos:** Consiste de un hilo resistivo sometido a una tensión, se basa en la variación de longitud y diámetro de este hilo, es decir, en la deformación de la galga, producida por la presión y por tanto se mide el cambio de su resistencia. Rango de medida de 0.5 a 600 bar. Permiten una medición directa, post amplificación de la señal eléctrica.



k) **Piezo Resistivo:** Al igual que la galga extensiométrica, varia su resistencia eléctrica por efecto de la presión. Permite medir presiones entre 1 a 150 bar . Las aplicaciones más importantes son en objetos pequeños, manos ortopédicas y robots.

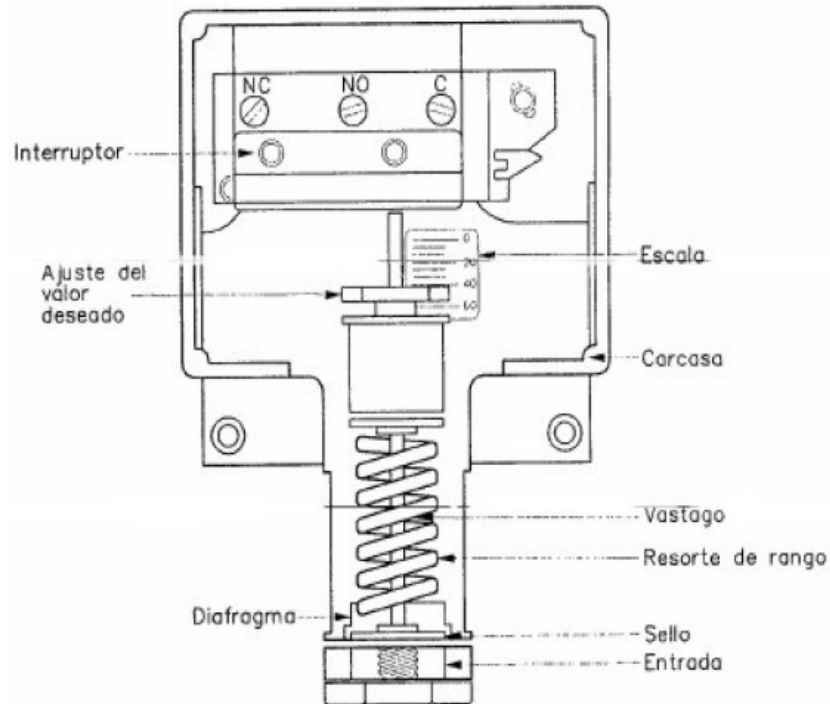


**Abbildung 2:** MS5534 auf Wafer mit Silizium Druckelementen

L) **Presostato:** Estos aparatos permiten regular o controlar una presión o depresión en los circuitos neumáticos o hidráulicos. Cuando la presión o la depresión alcanzan el valor de reglaje , cambia el estado del contacto de NO/NC ( normalmente abierto/normalmente cerrado).

Los presostatos se utilizan frecuentemente para:

- Controlar la puesta en marcha de grupos de compresores en función de la presión del deposito.
- Asegurarse de la circulación de un fluido lubricante o refrigerador.
- Limitar la presión de ciertas máquinas – herramientas provistas de cilindros hidráulicos.
- Detener el funcionamiento de una máquina en caso de baja de presión.

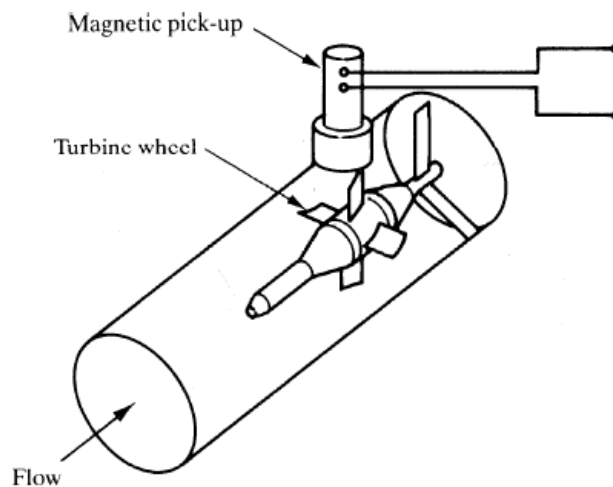


### 3.6. Medidores de Flujo.

El fluido entra en el medidor y hace girar un rotor a una velocidad que es proporcional a la del fluido, y por tanto al caudal instantáneo.

La velocidad de giro del rotor se mide por conexión mecánica (un sensor registra el número de vueltas) o por pulsos electrónicos generados por cada giro. Son los más precisos (Precisión 0.15 - 1 %). Son aplicables a gases y líquidos limpios de baja viscosidad.

Problemas: Pérdida de carga y partes móviles



### 3.7. Sensores de Temperatura.

A menudo la temperatura se define como aquella propiedad que miden los termómetros. También se introduce la temperatura basándose en alguna propiedad termométrica, por ejemplo la expansión de un líquido, un gas, la resistencia de un conductor, la tensión eléctrica generada por un par termoeléctrico (termocupla), etc. En la práctica existen numerosos tipos de sensores de temperatura o termómetros que, según la aplicación específica, pueden ser los más adecuados. En la tabla siguiente se indican algunos tipos de termómetros y sensores de temperatura usuales junto a algunas de sus características más notables.

| Tipo de termómetro   | Rango Nominal [°C] | Costo | Linealidad | Características Notables                    |
|--|--------------------|-------|------------|---|
| Termómetro de mercurio   | -10 a 300          | Bajo  | Buena      | Simple, lento y de lectura manual.          |
| Termorresistencia (Pt, Ni, etc.)<br>RTD (Resistance Temperature Detectors) | -150 a 600         | Medio | Alta       | Exactitud                                   |
| Termocupla   | -150 a 1500        | Bajo  | Alta       | Requiere referencia de temperatura.         |
| Termistor  | -15 a 115          | Medio | No lineal  | Muy sensible.                               |
| Integrado Lineal   |                    | Medio | Muy alta   | Fácil conexión a sistemas de toma de datos. |
| Gas  | -20 a 100          | Medio | Buena      | No muy versátil                             |
| Diodos   | -200 a 50          | Bajo  | Alta       | Bajo costo                                  |

**Termopares / termocuplas:** son sensores activos. Usan el efecto Seebeck: circula una corriente cuando dos hilos de metales distintos se unen y se calienta uno de los extremos

- Se puede medir el voltaje, que es proporcional a la diferencia de temperaturas.
- Señal de salida muy baja: milivoltios. Necesita acondicionamiento de la señal.
- Sensibilidad baja: microvoltios por grado
- Aguantan altas temperaturas (p.e. calderas).
- Bastante lineales

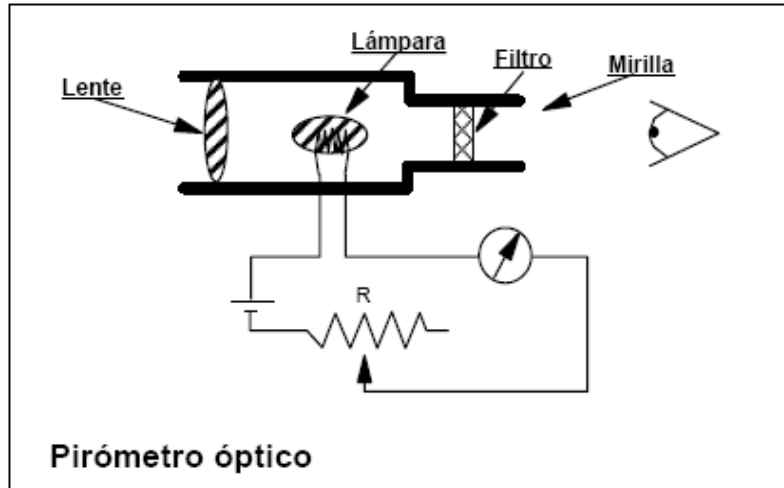
### **Pirómetros ópticos**

\_ Se basan en el hecho de comparar visualmente la luminosidad del objeto radiante con el filamento de una lámpara incandescente.

\_ Para ello se superponen ambas ondas luminosas y se varía la corriente eléctrica de la lámpara hasta que deja de ser apreciable a la vista.

\_ La variación de la corriente nos da un valor de la  $T^a$ , pero hay que calibrar la luminosidad de la lámpara previamente.



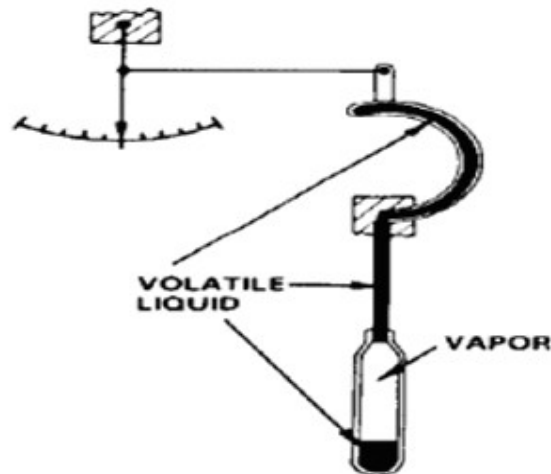


\_ Trabajan en la banda de ondas visibles: 0,45 micras (violeta)-0,75 micras (rojo).

\_ Fueron los primeros aparatos de pirometría, todavía se usan pero no son elementos convencionales.

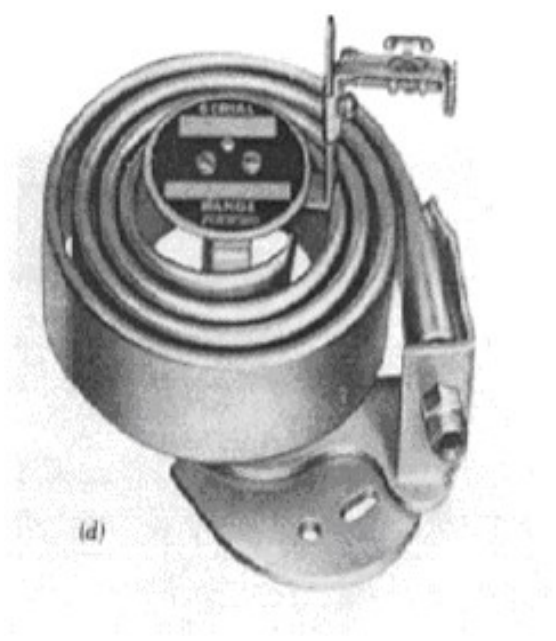
**Termómetros de vidrio:** Indican la  $T^a$  como diferencia entre el coeficiente de dilatación del vidrio y del líquido empleado. Los más comunes son:

- Mercurio: (-37° C, 315°C),
- Mercurio con gas inerte (N<sub>2</sub>): (-37°C, 510°C),
- Alcohol: hasta -62°C
- Precisión 1% del rango.



**Termómetros de Bulbo:** La variación de temperatura produce la expansión o contracción del fluido lo que deforma el recinto que lo contiene. La deformación es apreciada por un muelle **Bourdon** y transmitida a un indicador o transmisor

- Rango: (-40°C a +425°C)
- Precisión: 1%



(d)