TRANSDUCTORES & SENSORES. PUENTE DE WHEATSTONE. RELEVADORES ELECTROMAGNÉTICOS. PROCESO DE CONTROL AUTOMÁTICO. PROCESO DE LAZO ABIERTO Y PROCESO DE LAZO CERRADO.

Dr. Evaristo González Milanés, Ing. Carlos R. Molina Hernández

Departamento de Física Universidad de Matanzas

Introducción.

Actualmente en cada aplicación ingenieril existe la necesidad de medir alguna magnitud física tal como la fuerza, la temperatura, el flujo, el desplazamiento, etc. Estas mediciones son llevadas a efecto por dispositivos físicos llamados sensores o transductores, capaces de convertir una variación de una magnitud física en un cambio en una variable de una magnitud eléctrica que resulte más fácilmente manipulable.
No hay un consenso amplio en relación a qué llamar sensor y a qué llamar transductor, e incluso muchos autores los utilizan indistintamente. En nuestro caso, llamaremos sensor al elemento primario en el que actúa directamente la magnitud de entrada a medir y cuya modificación provoca un cambio que se convierte posteriormente en una señal eléctrica, que al acondicionarse y amplificarse dará lugar al transductor completo.
Frecuentemente la salida direct del sensor requiere de una manipulación adicional antes que la salida eléctrica esté disponible en forma útil. Esta manipulación necesaria es a lo que le llamamos acondicionamiento de la señal. Muy a menudo la señal acondicionada se convierte entonces a forma digital y almacenada en una computadora para lograr una ulterior manipulación o ser mostrada en una forma distinta.
Un transductor en su concepción más amplia será entonces el dispositivo encargado de convertir de un tipo de energía en otro, y en nuestro caso lo definiremos mejor como el encargado de convertir los valores y cambios de los parámetros de magnitudes físicas en una señal eléctrica, la cual podamos posteriormente manipular y medir.

1. Clasificación de los sensores.

En la actualidad existen muchos sensores con diferentes características, los cuales se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios entre los que se encuentra su principio de funcionamiento, el tipo de magnitud física a medir, el tipo de señal que entregan a su salida, etc. Los sensores en general sirven para captar magnitudes importantes necesarias para el trabajo y desarrollo de las ciencias puras y aplicadas, entre las que podemos señalar temperatura, presión, peso, distancia, campos magnéticos, radiación nuclear, bioquímica, etc.

A continuación se expone una posible clasificación atendiendo a las magnitudes físicas con las cuales trabajan:

Sensores térmicos.

Son los destinados a la medición de la temperatura, la que es una de las mediciones más comunes e importante en el entorno industrial.
Existe un gran número de principios físicos que pueden ser aplicables a la medición de temperatura entre los que podemos mencionar:

- *Variaciones de resistencias en conductores. (Sonda de resistencias, RTDs)*
- *Variaciones de resistencias en semiconductores. (Termistores, PTC, NTC.)*

- *f.e.m. generada en uniones de metal. (Termopares.)*
- *Propiedades de los semiconductores. (Monolíticos.)*
- *Variaciones de volumen. (Bimetal).*
- *Otros. Pirómetros de radiación, resonancia de cristales, etc.*

Sensores de presión.

Existen diferentes tipos de medida de la presión, pudiendo ser presión diferencial, absoluta, atmosférica, manométricos, de vacío, etc. De acuerdo con el principio de funcionamiento ellos pueden ser:

- *Electromecánicos.*
- *Equilibrio de fuerza.*
- *Electrónicos.*
- *Variación directa de una característica eléctrica de un material.*
- *Galgas, capacitivos, piezoeléctricos, monolíticos.*
-

Sensores de posición, desplazamiento y velocidad.

Absolutos. Indican la posición absoluta, bien sea la posición lineal o angular.
Relativos. Indican la posición contando a partir de una referencia. (Desplazamiento).
De umbral. Indican si han llegado a un umbral o posición. (Ciegos, todo/ nada, interruptores).

Sensores de nivel.

Estos sensores realizan la medida de niveles de sólidos y de líquidos.

Sensores de caudal.

Generalmente basan su funcionamiento en el efecto Venturi, en una turbina y principio térmico

Sensores de Fuerza, Torque y Presión,
Dentro de ellos se encuentran los strain gages, sensores piezoeléctricos, sensores capacitivos, etc.

Sensores ópticos.

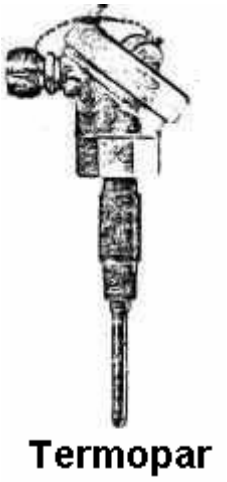
En ellos su trabajo está directamente vinculados con la emisión o recepción de la luz visible. En particular nos interesa tratar en este texto aquellos vinculados con la llamada Optoelectrónica, dentro de los cuales se encuentran los foto diodos, fototransistores, LEDs, optoacopladores, etc.,

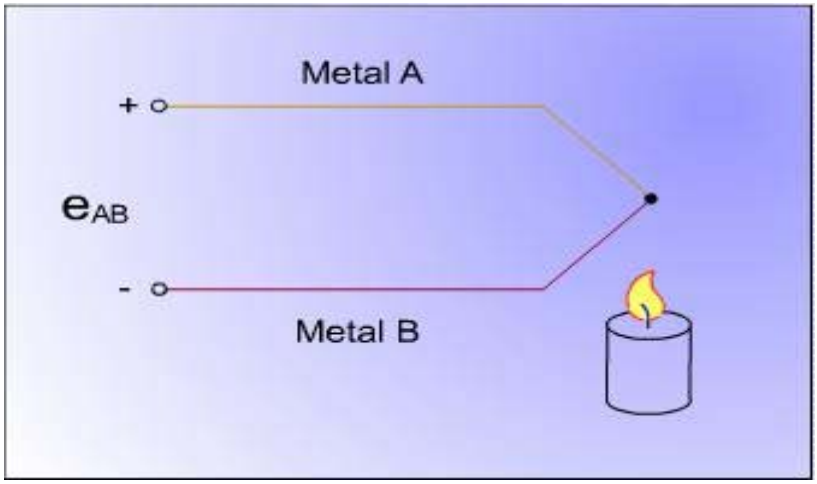
A continuación sin pretender tratar detalladamente el tema, se procede a la descripción mas detallada de algunos de los sensores anteriormente mencionados, comenzando con los sensores de temperatura.

2. Algunos tipos de sensores de temperatura

2.1 Termopares.

Su principio de funcionamiento está basado en el efecto de Seebeck. De acuerdo con este, al colocar dos metales diferentes, unidos por medio de una soldadura se logra una fem proporcional a la diferencia de temperatura entre la unión fría y caliente (efecto termoeléctrico). Generalmente se debe cubrir el termopar con un tubo de protección para evitar daños al mismo debido a que pudiera utilizarse en lugares donde el ambiente sea corrosivo, que posea alta humedad o que sea posible que pueda sufrir algún daño mecánico.
Los materiales usados para su construcción pueden ser cobre, constantan, hierro, cromel, alumel y otros; la selección de uno u otro material está en dependencia del rango de temperaturas que se necesita medir.





A continuación se muestran los rangos aproximados de temperatura en que pueden ser empleados los termopares atendiendo al material :

Cobre-Constantan	CuKo	-200 a + 350°C	42.8 μv/°C
Hierro-Constantan	Fe Ko	0°C a + 750°C	56.4 μv/°C
Cromel-Alumel	Ch A	0°C a + 1100°C	41.5 μv/°C
Platino Radio-Platino		0°C a + 1100°C	

Para su empleo, puede ser necesaria la utilización de varios termopares colocados en serie. En este caso, la diferencia de potencial entregado en los extremos libres es directamente proporcional a la cantidad de termopares utilizados en serie y esta dada por la fórmula.

$E = C\,(T1 - T_2) + K\,(T^2_1 - T^2_2)$

donde

T_1 *Temperatura caliente*

T_2 *Temperatura Fría*

C y K son constantes del material termopar mV/°C.

La Sensitividad y el ruido son otros dos factores importantes a considerar en la medición con termopares. Las salidas de los termopares son señales muy pequeñas y cambian de 7 a 50 µV por cada grado (°C) de cambio en la temperatura, haciendo que las señales sean muy susceptibles a los efectos del ruido eléctrico. Ello es por lo que a veces es necesario utilizar acondicionadores de la señal para que estos efectos sean minimizados. La utilización de filtros de ruido paso bajo se hace imprescindible para suprimir el ruido de 50 y 60 Hz. Además se incluyen amplificadores de instrumentación de alta ganancia para aumentar el nivel de la señal.
El amplificar la señal del termopar también incrementa la resolución o sensitividad de la medición. Por ejemplo, un típico dispositivo de adquisición de dato con un rango de entrada de ADC de ±10 V y una ganancia en tarjeta de 50 tiene una resolución de 98 µV. Esto corresponde a aproximadamente 2 °C para un termopar tipo J o K. Al añadir un acondicionamiento de señal con una ganancia adicional de 100, la resolución incrementa a 1 µV, lo cual corresponde a una fracción de un grado Celsius.

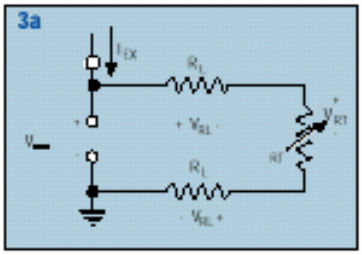
2.2 Medición de la temperatura con resistencias RTDs**.**

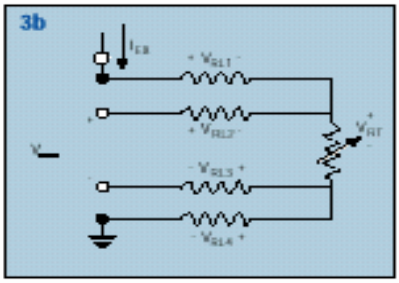
Existen metales que se usan para la medición de la temperatura, lo que se fundamenta en la proporcionalidad que existe entre la variación de la resistencia eléctrica y la temperatura. Para ello se utiliza cobre, níquel, wolframio y platino. Se usan para obtener gran precisión y simplicidad.

En la industria es muy común encontrar termoresistencia PT-100, la cual ofrece una excelente estabilidad y reproducibilidad para temperaturas que van de 50^0C a 300^0C. Posee la ventaja que la medición no es alterada por la distancia entre el punto donde se sensa y el indicador o circuito de control, gracias a su conexión de tres alambres que permite diferenciar la resistencia del sensor y la resistencia total de los alambres.

Con resistencias relativamente bajas (100 ohms) donde su variación con la temperatura es pequeña (menos de 0.4 ohm/°C), se hace necesario acondicionar la señal con fuentes de excitación de corriente altamente precisas, empleando a su vez amplificadores de alta ganancia y conectores para mediciones de 4 y 3 hilos.

La configuración de 4 hilos usa un segundo par de cables para pasar la corriente de excitación. De esta manera una corriente casi insignificante fluye a través de los cables del sensor y así el error de punta resistiva es muy pequeño.





Errores causados por la resistencia de punta RL, se pueden minimizar usando un RTD de cuatro hilos.

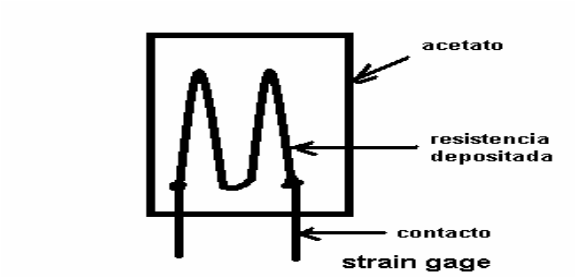
2.3 Medición de la temperatura con semiconductores.

Cuando se utilizan dispositivos semiconductores como sensores de temperatura se aprovecha la dependencia de la conductividad de este material de la temperatura. El voltaje en un diodo puede variar aproximadamente 26mV/°C.
Podemos encontrar además el **termo imán** dispositivo que basa su funcionamiento en las propiedades magnéticas. No es más que un imán, que al sobrepasar una temperatura determinada pierde sus propiedades magnéticas, accionando un vástago.

El **térmico** ampliamente usado en las planchas, basado en el principio de funcionamiento del **bimetal**, aprovechando la diferencia del coeficiente de dilatación superficial entre dos metales diferentes. Las variaciones de temperatura, provocan variaciones en la curvatura de la tira, de ahí que si uno de sus extremos de la tira bimetálica, se mantiene fijo, el otro se desviara un cierto ángulo con respecto al otro de su posición original. Los mismos deben tener dos contactos que deben soportar la corriente de la carga a los que comúnmente se les conoce popularmente como platino. En dependencia de los metales usados será la temperatura a las que se dispara.

3. Sensores de fuerza, torque y presión.

3.1 Sensor Strin gage o galga extensiométrico.



El strin gage es un transductor pasivo, su principio de funcionamiento esta basado en la medición de la variación de la resistencia producto de la deformación de la lámina producido por la fuerza o presión externa. El mismo es usado en mediciones de peso, presión, fuerza, desplazamiento. La distorsión es posible porque el acetato donde se difunde la resistencia es muy delgado y flexible.

$R = \rho L / A$

ρ Constante de resistividad del conductor.

L longitud

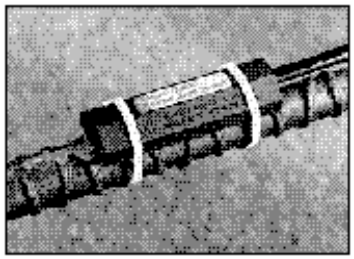
A área en m²

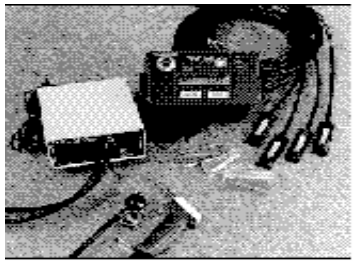
$$\Delta R = \rho \frac{\Delta l}{S}$$

También se fabrican galgas de esfuerzos con semiconductores. Se logra obtener una delgada lámina del semiconductor con un espacio donde se difunde o implanta una resistencia o varias resistencias conectadas en Puente de Wheatstone. Cuando se ejerce presión sobre el semiconductor varia su sección cristalográfica, haciendo que la(s) resistencia(s) varié(n) su resistividad.

El sensor mostrado es la estructura interna de un sensor de presión absoluta fabricado por Gems. Detecta presiones desde 0 hasta 600 PSI, utiliza un diafragma que es una galga extensiométrica semiconductora y un circuito de aplicación especifica como bloque de tratamiento de la señal.

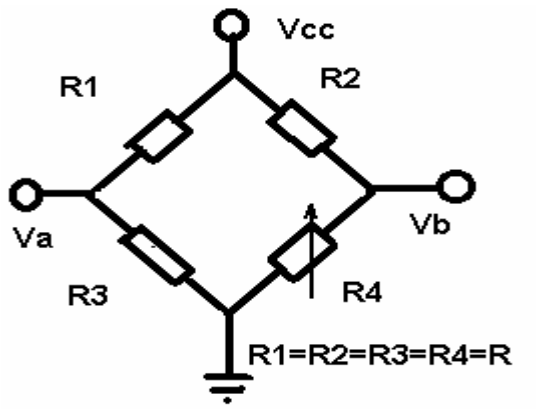
Cuando se usa una galga extensiométrica, se pega la galga directamente al dispositivo bajo prueba, aplica fuerza y mide la carga detectando los cambios en resistencia. Las galgas extensiométricas también son usadas en sensores que detectan fuerza, aceleración, presión y vibración.





Las mediciones de carga requieren detectar cambios muy pequeños de resistencia, el circuito de puente Wheatstone es usado.

El Puente de Wheatstone, es un circuito puente con una configuración similar al puente de diodos ya estudiado para la realización de un rectificador de onda completa, pero sustituyendo los diodos por resistores. Este circuito comúnmente es usado para realizar la medición, cuando el elemento sensor entrega una señal eléctrica relativamente pequeña. Su funcionamiento se basa en la existencia de dos ramas balanceadas y en la introducción en una de ellas o ambas de los elementos sensores, el cual(es) varia(n) su parámetro. De esta manera se toma una muestra de las dos ramas para ser procesada. En la fig. Las cuatros resistencias poseen igual valor igual a R, la variación del elemento sensor aporta un valor por encima o por debajo del valor de R.



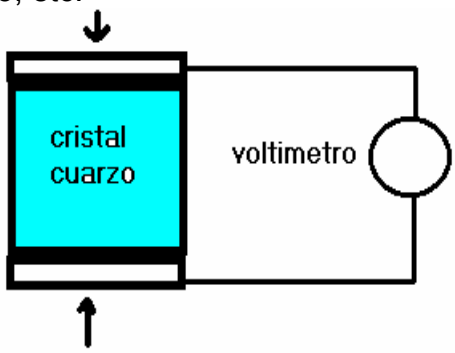
Puede demostrarse que:
Vb = Vcc (R4+ Δr)/(R4+ Δr+R2)
Como R1=R2=R3=R4=R entonces nos queda al sustituir:
Vb = Vcc (R+ Δr)/(R+R+ Δr)= Vcc (R+ Δr)/(2R + Δr)
Va = Vcc ½
Vb – Va = Vcc (R+ Δr)/(2R + Δr) - Vcc ½
Vb – Va = Vcc [(R+ Δr)/(2R + Δr) - ½]
Vb – Va = Vcc [(2R+ 2Δr- 2R+ Δr) /(4R + 2Δr)]
Vb – Va = Vcc [(Δr)/(4R + 2Δr)]

El valor de 2Δr es despreciable frente a 4R por lo que quedaría como
Vb – Va = Vcc [Δr /4R]

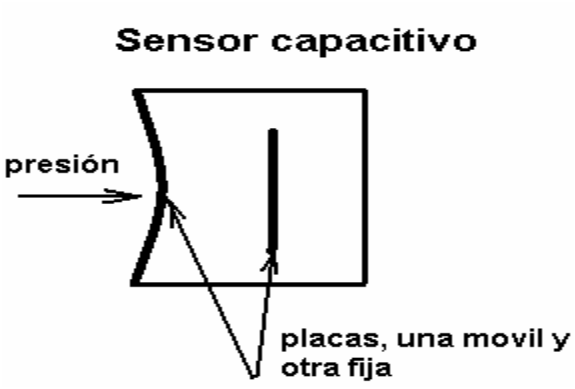
Por lo que se puede apreciar como la diferencia de potencial entre el punto b y a depende de la variación de la resistencia Δr. Esta variación puede ser procesada por un circuito donde entregue una corriente de 4 a 20 mA, corriente estándar en los circuitos de control automático. En este caso analizamos la variación del resistor, pero puede ser otra magnitud, ejemplo capacitancia.

3.2 Sensor piezo eléctrico.

El transductor **piezo eléctrico** al aplicar una fuerza sobre un cristal, genera un voltaje proporcional a la fuerza aplicada, esta condición se cumple reversiblemente. No todos los cristales poseen esta propiedad y es más común encontrarlo en cristales asimétricos. Entre los cristales que son piezo eléctricos podemos encontrar al quartz (cuarzo), zirconate titanate, Barium Titanate, Rochelle SALT. Ellos oscilan a una frecuencia determinada en dependencia del corte que se le haga al cristal y el tamaño del mismo, se utilizan ampliamente en la construcción de osciladores a cristal por su alta estabilidad. Se puede con ellos sensar fuerza, peso, etc.



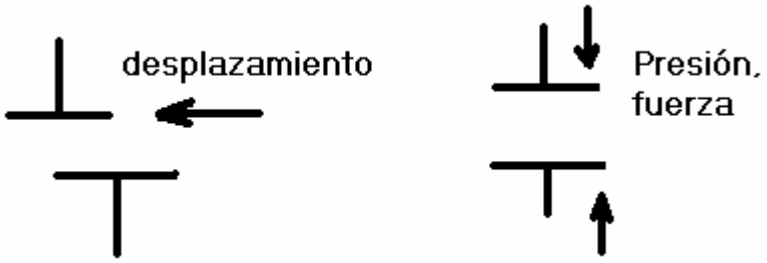
3.3 Sensor capacitivo



$C = \kappa\ \varepsilon_0 A / d$.

κ ctte dieléctrica.
ε_0 $8.854*10^{-2}$
d distancia en m.
A área en m^2

Al variar la distancia, el área o el dieléctrico en el condensador, varia la capacidad, este cambio es sensado por el circuito que registra esta variación en función del parámetro a medir. Se puede medir fuerza, peso, presión, desplazamiento, etc. Un micrófono capacitivo es un ejemplo de este sensor, donde al variar el nivel de presión sonora, se convierte en una señal eléctrica proporcional.



También se puede usar este principio de funcionamiento para sensar humedad. El sensor de humedad capacitivo es uno de los más difundidos en la industria y la meteorología ya que es de fácil producción bajo costo y alta fiabilidad. Se utiliza una mezcla gaseosa que contengas vapor de agua como dieléctrico. Al variar la constante dieléctrica en presencia de humedad seria fácil entregar una señal eléctrica.

4. Sensores ópticos.

Estos sensores son ampliamente usados donde el sensor no está en contacto directo con el medio. Los elementos básicos de estos sistemas están basados en una fuente de luz óptica y la incidencia del haz de luz en el detector óptico de forma directa o por la reflexión de la fuente emisora. En general están incluidos dentro de lo que hoy se suele llamar como optoelectrónica.

La optoelectrónica es el nexo de unión entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos. Los componentes optoelectrónicos son aquellos cuyo funcionamiento está relacionado directamente con la luz.
Los sistemas optoelectrónicos están cada vez más de moda. Hoy en día parece imposible mirar cualquier aparato eléctrico y no ver un panel lleno de luces o de dígitos más o menos espectaculares

Dispositivos optoelectrónicos básicos.

A nivel de componentes podemos distinguir tres tipos de dispositivos:

- **Dispositivos emisores**: emiten luz al ser activados por energía eléctrica. Son dispositivos que transforman la energía eléctrica en energía luminosa. A este nivel corresponden los diodos LED o los LÁSER.
- **Dispositivos detectores**: generan una pequeña señal eléctrica al ser iluminados. Transforma, pues, la energía luminosa en energía eléctrica.
- **Dispositivos fotoconductores**: Conducen la radiación luminosa desde un emisor a un receptor. No se producen transformaciones de energía.

Dispositivos emisores: Los dispositivos emisores son aquellos que varían sus propiedades ópticas con la aplicación de un determinado potencial. Estas propiedades pueden ser la emisión de luz o simplemente la absorción o reflexión de la luz . Entre ellos se encuentran los diodos LED y los diodos laser.

Un diodo emisor de luz (LED) es un dispositivo de unión PN que cuando se polariza directamente emite luz.

Al aplicarse una tensión directa a la unión, se inyectan huecos en la capa P y electrones en la capa N. Como resultado de ello, ambas capas tienen una mayor concentración de portadores (electrones y huecos) que la existente en equilibrio. Debido a esto, se produce una recombinación de portadores, liberándose en dicha recombinación la energía que les ha sido comunicada mediante la aplicación de la tensión directa.

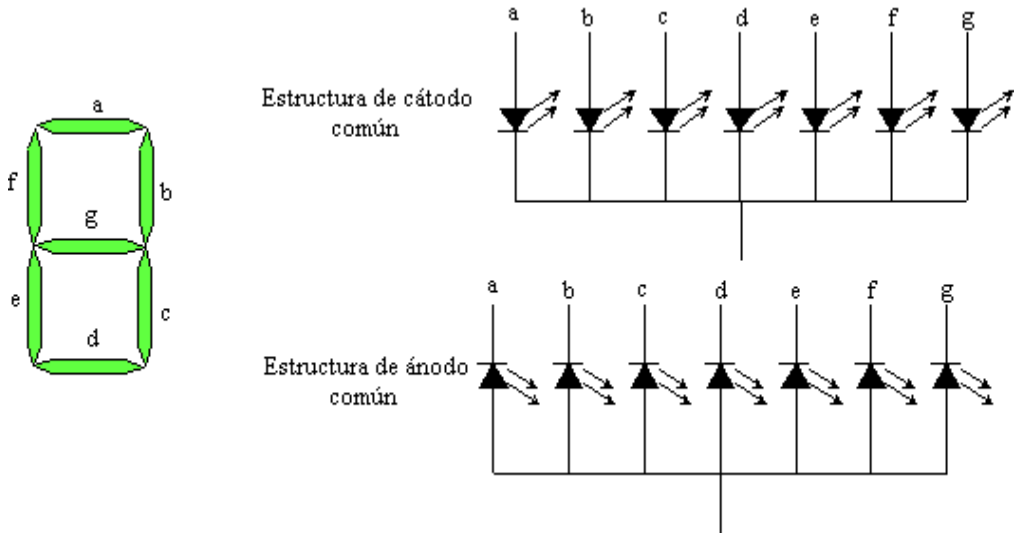


Figura 9.4: *Display* de 7 segmentos. A la izquierda aparecen las dos posibles formas de construir el circuito

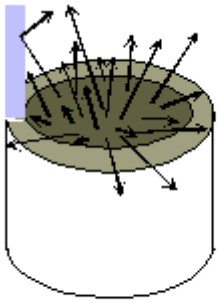
Una de las aplicaciones más populares de los LEDs es la de señalización. Quizás la más utilizada sea la de 7 LEDs colocados en forma de ocho tal y como se indica en la figura anterior.

Polarizando los diferentes diodos, se iluminarán los segmentos correspondientes. De esta manera podemos señalizar todos los números en base 10.

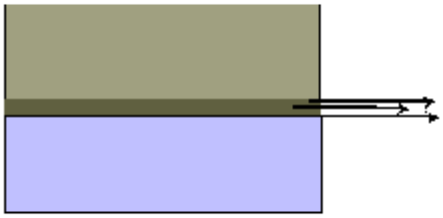
En lo que respecta a los diodos laser, LASER es un acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Las aplicaciones de estos diodos son muy diversas y cubren desde el corte de materiales con haces de gran energía hasta la transmisión de datos por fibra óptica.

Los diodos láser son constructivamente diferentes a los diodos LED normales. Las características de un diodo láser son

1. **La emisión de luz es dirigida en una sola dirección**: Un diodo LED emite fotones en muchas direcciones. Un diodo láser, en cambio, consigue realizar un guiado de la luz preferencial una sola dirección.
2. **La emisión de luz láser es monocromática:** Los fotones emitidos por un láser poseen longitudes de onda muy cercanas entre sí. En cambio, en la luz emitida por diodos LED, existen fotones con mayores dispersiones en cuanto a las longitudes de onda.



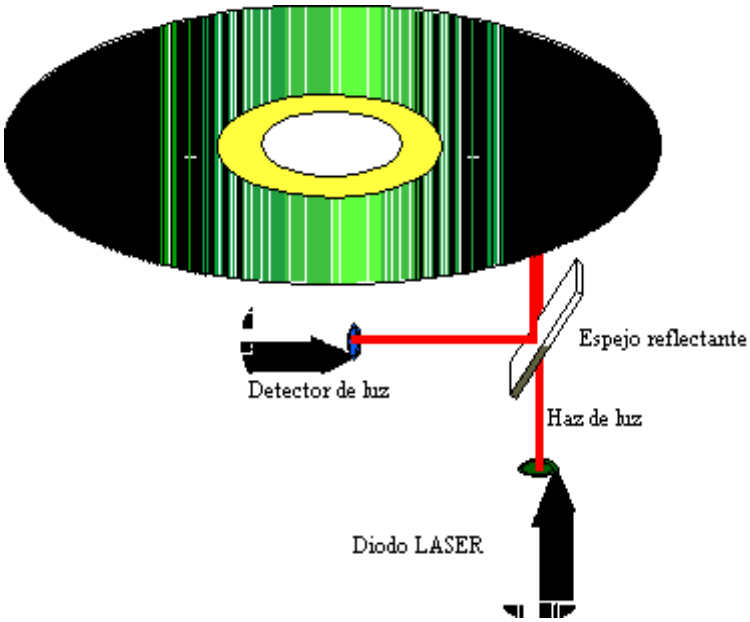
Emisión fotónica en diodo LED



Emisión fotónica en diodo LASER

Debido a estas dos propiedades, con el láser se pueden conseguir rayos de luz monocromática dirigidos en una dirección determinada. Como además también puede controlarse la potencia emitida, el láser resulta un dispositivo ideal para aquellas operaciones en las que sea necesario entregar energía con precisión.

Una de las muchas aplicaciones de los diodos láser es la de lectura de información digital de soportes de datos tipo CD-ROM o la reproducción de discos compactos musicales. El principio de operación de uno y otro es idéntico.



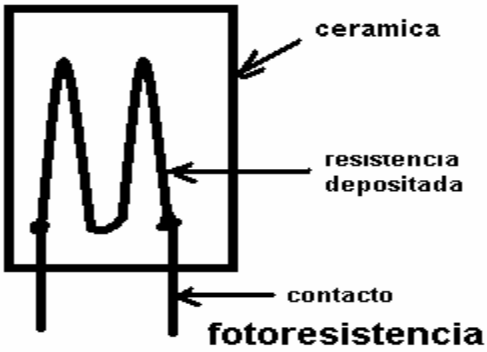
Dispositivos detectores: Ya se ha expresado que los componentes fotodetectores son aquellos componentes que varían algún parámetro eléctrico en función de la luz.

Todos los componentes fotodetectores están basados en el mismo principio. Si construimos un componente con un material semiconductor de manera que la luz pueda incidir sobre dicho material, la luz generará pares electrón - hueco. Esta generación se realiza de manera análoga a la generación térmica de portadores ya estudiada.

En esta parte se estudiarán principalmente el funcionamiento de tres componentes: Fotorresistencias, Fotoceldas, Fotodiodos y Fototransistores

Fotorresistencia.

Son resistencias que al aplicarles una cantidad de lúmenes (iluminación), varía su resistencia por efecto fotoeléctrico. Generalmente se construyen de sulfuro de cadmium o selenide de cadmium. Su valor varía de 1 Megohmios hasta cientos de ohms. La resistencia es depositada en zigzag en una cerámica y se utiliza un encapsulado que la proteja del medio ambiente.



Su utilización por lo general esta asociada para medir el nivel de luz en el medio ambiente. Se les puede encontrar en aplicaciones del apagado automático de la iluminación de la ciudad

Foto celdas.

La foto celda produce una corriente eléctrica cuando se le aplica una iluminación, conectada a una carga, generalmente se fabrica de silicio Si, y selenio Se. Actualmente son muy usadas en la celda fotovoltaica de las escuelas aisladas geográficamente donde no ha llegado la electrificación.

Fotodiodo y fototransistor

Un **fotodiodo** es un semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.

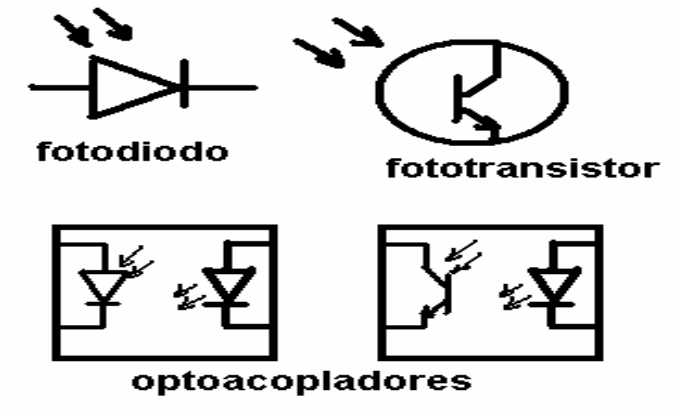
El material empleado en la composición de un fotodiodo es un factor crítico para definir sus propiedades. Suelen estar compuestos de silicio, sensible a la luz visible (longitud de onda de hasta 1μm); germanio para luz infrarroja (longitud de onda hasta aprox. 1,8 μm); o de cualquier otro material semiconductor.

Material	Longitud de onda (nm)
Silicio	190–1100
Germanio	800–1700
Indio galio arsénico (InGaAs)	800–2600
Sulfuro de plomo	<1000-3500

También es posible la fabricación de fotodiodos para su uso en el campo de los infrarrojos medios (longitud de onda entre 5 y 20 μm), pero estos requieren refrigeración por nitrógeno líquido.

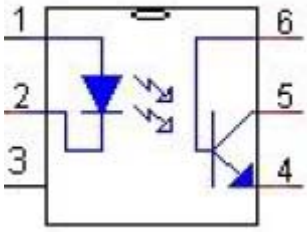
Los **diodos infrarrojos** (IRED) se emplean desde mediados del siglo XX en mandos a distancia de televisores, habiéndose generalizado su uso en otros electrodomésticos como equipos de aire acondicionado, equipos de música, etc. y en general para aplicaciones de control remoto, así como en dispositivos detectores.

El fototransistor es un transistor sin conexión de pin externo de base y la conducción es de colector al emisor al incidir luz sobre el mismo. Estos elementos los podemos encontrar en circuitos integrados acompañados por un diodo emisor de luz LED quien es el encargado de la excitación lumínica, este circuito integrado se conoce como opto-acoplador.



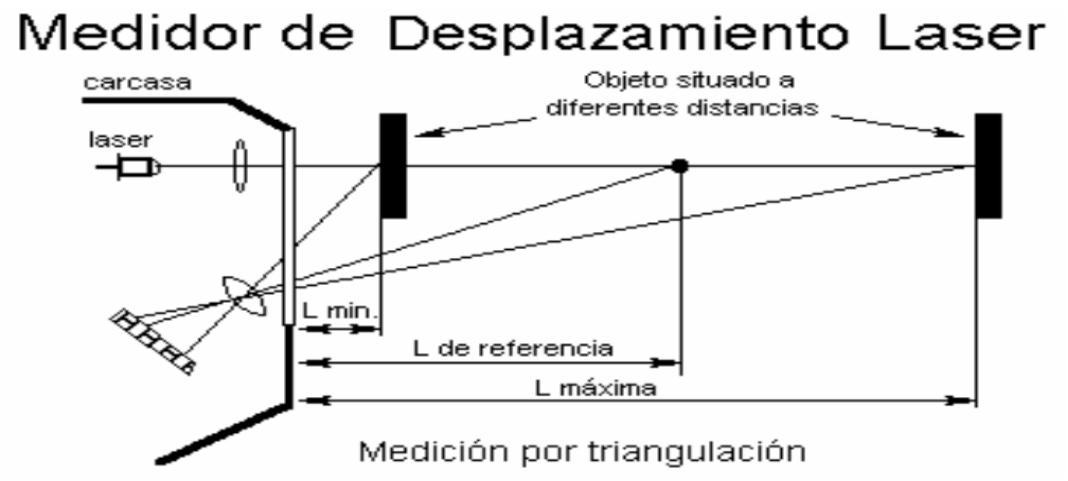
Dispositivos fotoconductores: Como ya se expresó, conducen la radiación luminosa desde un emisor a un receptor. No se producen transformaciones de energía. Aquí se encuentran los llamados optoacopladores.

Un optoacoplador es un componente formado por la unión de un diodo LED y un fototransistor acoplados a través de un medio conductor de luz y encapsulados en una cápsula cerrada y opaca a la luz.



Cuanta mayor intensidad atraviesa el fotodiodo, mayor será la cantidad de fotones emitidos y, por tanto, mayor será la corriente que recorra el fototransistor. Se trata de una manera de transmitir una señal de un circuito eléctrico a otro. Obsérvese que no existe comunicación eléctrica entre los dos circuitos, es decir existe un trasiego de información pero no existe una conexión eléctrica: la conexión es óptica.

El medidor de desplazamiento con empleo de un rayo LASER es un ejemplo de su aplicación; este sensor es un detector óptico y se esta implementando ampliamente por la precisión y bajo costo. El diodo LASER es una de las fuentes de luz mas usadas y la longitud de onda y la intensidad de la luz emitida por el diodo depende del punto de operación.



5. **Proceso de control automático.**

Hasta el presente hemos visto de manera independiente algunos dispositivos electrónicos utilizados como sensores, pero es importante considerarlos como parte de circuitos más complejos que se utilizan de manera muy amplia dentro de los modernos sistemas productivos.

El sistema automatizado de dirección de un proceso, es aquel sistema que realiza un determinado proceso en la industria mediante el uso de equipos y subsistemas eléctricos, neumáticos, hidráulico, etc. Donde la mano del hombre interviene en su puesta en marcha y ajuste. Permite que se eleve la productividad social del trabajo y se obtengan productos y equipos de una calidad óptima.

La mecanización jugo un papel importante con la manejo de maquinas en el proceso industrial adquiriendo acciones más precisas y exaltas siendo menos vulnerables a los errores humanos y liberando a este de trabajo físico arduo.

La utilización de la computadora y de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (NTIC), se ha adueñado de la automatización industrial de forma que no es concebible el control del proceso sin el uso de las redes de automatización con autómatas programables (PLC_s) y microcomputadoras, en varios niveles jerárquicos, que abarcan desde el nivel de medición y acción sobre el proceso, hasta el manejo de todo el sistema mediante Internet.

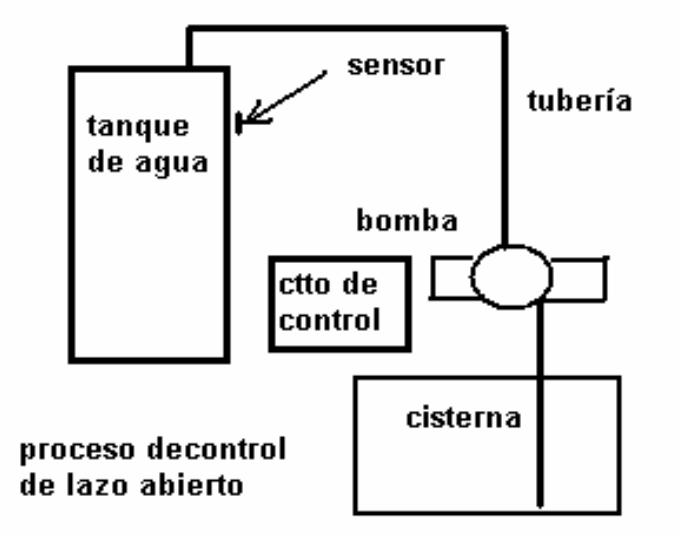
¿Que es un sistema automatizado?

La automatización es un sistema donde se trasfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

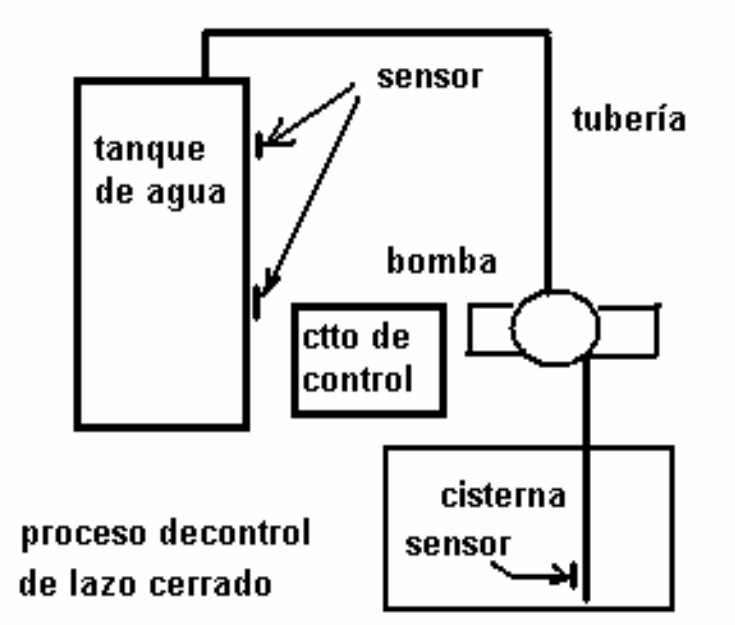
Objetivos de la automatización

Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
Integrar la gestión y producción.

Proceso de control de lazo abierto y cerrado.



En el **proceso de control automático de lazo abierto**, se realiza una acción de control sobre el mismo proceso. La fig. Anterior la cual representa un sistema donde existe un tanque de agua, es llenado a través de una motobomba y con un circuito de control realiza un muestreo de los estados del sensor, si el tanque de agua esta lleno, una vez que alcanza el nivel prefijado, el sensor lo detecta y el circuito de control hace que la motobomba se apague, impidiendo que se derrame el liquido al exterior. En este proceso el usuario debe encender la motobomba y chequear el nivel de agua de la cisterna, y una parte del proceso es automático, (solamente el apagado de la motobomba), el cual constituye un proceso de control automático de lazo abierto.



La fig. Anterior representa un sistema, al cual se le han agregaron dos sensores más, para lograr una mejor comprensión del proceso de control de lazo cerrado. Se muestrean tres condiciones. Para ello existen niveles prefijado por el usuario, para encender la motobomba y rellenar el tanque, este encendido es condicional mientras que en la cisterna haya un nivel adecuado de agua, o apagar la motobomba al culminar su llenado. El objetivo de sensar el nivel de agua en la cisterna, es proteger a la motobomba, porque si se enciende sin existir el líquido puede llegar a su destrucción. Una vez que alcanza el nivel de agua de tanque semivacío, el sensor correspondiente detecta esta situación, enviándole la señal al circuito de control, quien determina, encender la motobomba si las condiciones son las que corresponde, una vez llenado el tanque es detectado y el circuito de control hace que la motobomba se apague, impidiendo que se derrame el fluido al exterior. Esto proceso cíclico constituye un proceso de lazo cerrado, porque controla todo el tiempo el encendido y apagado de la motobomba, o sea, es un **proceso de control automático de lazo cerrado** sin la necedad de la intervención humana.

¿QUE ES UN AUTÓMATA PROGRAMABLE?

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venia haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de

instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores,...) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores,...) por otra.

PARTES DE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

- **Fuente de alimentación**
- **CPU**
- **Módulo de entrada**
- **Módulo de salida**
- **Terminal de programación**
- **Periféricos.**

Respecto a su disposición externa, los autómatas pueden contener varias de estas secciones en un mismo módulo o cada una de ellas separadas por diferentes módulos. Así se pueden distinguir autómatas Compactos y Modulares.

Fuente de alimentación.

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220v c.a., a baja tensión de c.c, normalmente 24 v. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el Autómata.

CPU.

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las ordenes, del operario por medio de la consola de programación y el modulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

Modulo de entradas.

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores,...). La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente.

Los **Captadores Pasivos** son aquellos que cambian su estado lógico, activado o no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc. Los **Captadores Activos** son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (Inductivos,

Capacitivos, Fotoeléctricos). Muchos de estos aparatos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del autómata.

El que conoce circuitos de automatismos industriales realizados por contactores, sabrá que puede utilizar, como captadores, contactos eléctricamente abiertos o eléctricamente cerrados dependiendo de su función en el circuito. Sin embargo en circuitos automatizados por autómatas, los captadores son generalmente abiertos.

Modulo de salidas.

El modulo de salidas del autómata es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores peque os, etc). La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados. Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, podemos utilizar diferentes módulos de salidas.

Existen tres tipos bien diferenciados: A relés, triac., A transistores.

Módulos de salidas a relés.

Son usados en circuitos de corriente continua y alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.

Módulos de salidas a Triacs.

Se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesiten maniobras de conmutación muy rápidas.

Módulos de salidas a Transistores a colector abierto.

El uso del este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de c.c. Igualmente que en los de Triacs, es utilizado en circuitos que necesiten maniobras de conexión/desconexión muy rápidas. La forma de conectar los actuadores a los módulos de salidas, dependerá del tipo de módulo utilizado.

TERMINAL DE PROGRAMACIÓN

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia. y modificación de programas.

- Verificación de la programación.

- Información del funcionamiento de los procesos.

Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el autómata, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software especialmente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

PERIFÉRICOS.

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario.

Los más utilizados son:

- Grabadoras a cassettes.

- Impresoras.

- Cartuchos de memoria EEPROM.

- Visualizadores y paneles de operación OP

6. Sensor magnético.

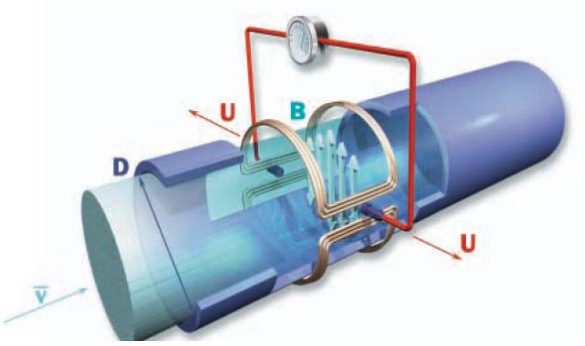
La utilización del efecto GMR hace posible contar con estos tipos de sensores, los cuales basan su funcionamiento en la variación de la resistencia en función de un campo magnético externo. La trayectoria del electrón se ve alterada si se mueve a través de un campo magnético, efecto exageradamente acentuado en metales magnéticos. Su uso esta ampliamente difundido en sensores para cabezas lectoras (máquinas computadoras), detección de nivel, velocidad de rotación, detección de corriente, etc.

7. Flujométro Electromagnético.

El voltaje inducido (U) es directamente proporcional a la velocidad del flujo (v), a la inducción magnética (B) y la distancia entre los electrodos (D).

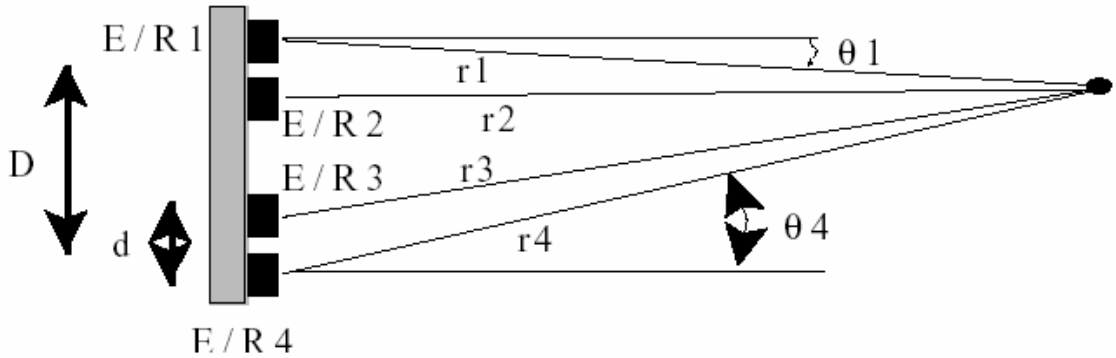
$$\mathbf{U} = \mathbf{K} \times \mathbf{B} \times \mathbf{v} \times \mathbf{D}$$

K constante del instrumento.
U voltaje inducido.
v velocidad del flujo
D distancia entre los electrodos.



8. Sensor ultrasónico.

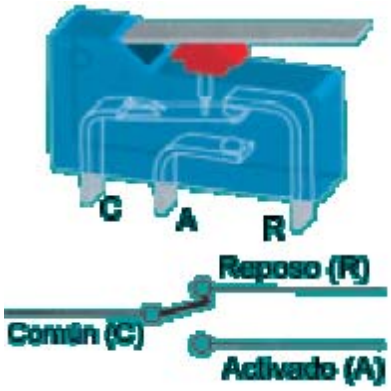
El sensor puede estar constituido por dos transductores situados en el extremo del sensor separado una distancia D determinada por un compromiso entre la zona de ambigüedad del sensor y su capacidad de discriminar reflectores básicos. Los transductores se encuentran orientados en la misma dirección y tienen la posibilidad de funcionar como emisor y receptor según se configure. Un transductor emite, la posible señal de eco es esperada realizando un análisis de correspondencia de eco entre los mismos. Su utilización tiene justificación por el bajo costo, bajo consumo, influyendo en procesamiento de señal muy simple lo que posibilita la operación en tiempo real. Sin embargo posee pobre directividad, reflexiones especulares y sensibilidad a variables del entorno como temperatura y humedad.

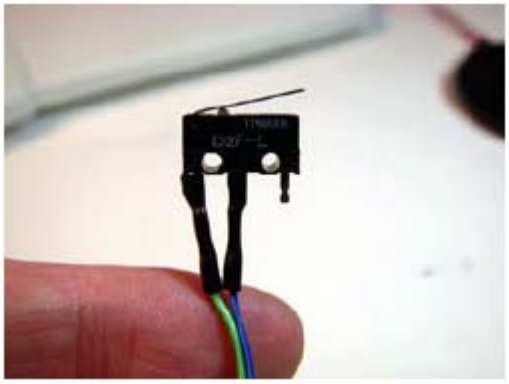


Configuración del sensor de ultrasonidos.

9. Micro switch.

El **micro switch,** es otro elemento que puede ser utilizado como sensor, el cual es un conmutador, tipo push botón, el cual puede tener 2 ó 4 terminales, el mismo micro switch puede tener simultáneamente contactos normalmente abierto y cerrado.

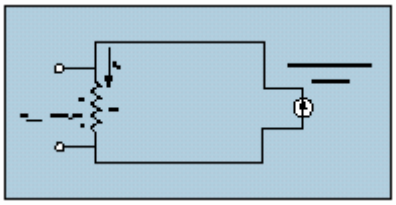




Es sumamente importante tener conocimiento sobre el error que puede introducir en el sistema el sensor, por lo que si lo permite se deben someter a la verificación, calibración y ajuste.

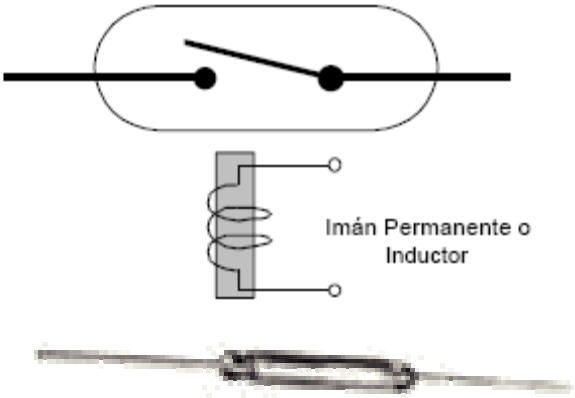
10. El Bulbo de mercurio es un interruptor. Es una ampolla de vidrio con contactos hacia el exterior. La unión de estos dos contactos para lograr su conductividad se realiza a través del posicionamiento correcto del mercurio depositado dentro del bulbo.

Señales de corriente
Muchos de los dispositivos y transmisores que se usan en aplicaciones de control y monitoreo de procesos generan una señal de corriente, normalmente de 0 a 20 mA o de 4 a 20 mA. Las señales de corriente se usan porque son menos propensas a los errores causados por ruido o caídas de voltaje en cables que son muy largos. Los acondicionadores de señal convierten las señales de corriente a señales de voltaje al pasar la corriente a través de una resistencia de precisión. El voltaje que resulta (VMEAS = IS R) después puede ser digitalizado.



Las señales de corriente de 0 a 20 mA o 4 a 20mA se convierten en señales de voltaje pasando por un resistor de alta precisión.

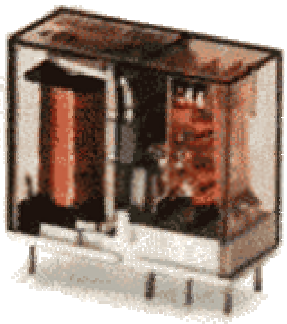
11. El **reed relé** es una ampolla de vidrio en la que se introduce una mezcla de gas inerte, el cual tiene en su interior dos contactos magnéticos y al pasar frente a ellos un campo magnético exterior los hace conmutar (cerrar los contactos). Puede utilizarse como sensor.

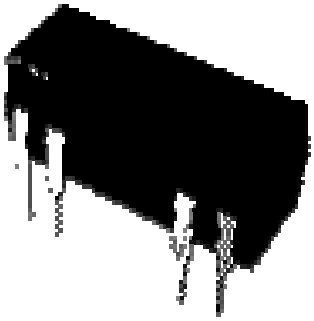


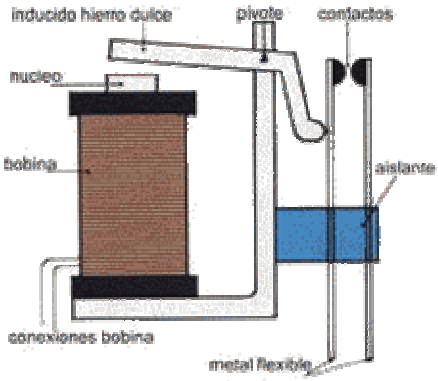
Reed relé

12. Relevadores electromagnéticos.

Relé es un componente que permite gobernar corrientes de valor elevado, produciendo un aislamiento eléctrico entre una parte del dispositivo y la carga. Costa de una bobina con núcleo de hierro que se magnetiza al circular una corriente de directa por la bobina y el flujo magnético que se crea es capaz de atraer a una armadura de hierro que hace conmutar la posición de los contactos. Estos relevadores pueden ser de simple o múltiples contactos, además pueden estar normalmente abiertos o cerrados.







Relés

13. Actuadores.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

Hidráulicos
Neumáticos
Eléctricos

Los actuadores AUMA y ROTOK son actuadores eléctricos que acoplados a grandes válvulas permiten abrir y cerrar las mismas desde mandos electrónicos.

Rotork Syncroset actuators

Bibliografía:

http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/21113765B0DF130086256B6000663586
http://cursos de autómatas programables\REEA\auto.htm.
González Emilio. Electrónica y sus aplicaciones. Editorial Pueblo y Educación. Cuba .1990.
Millman J. “Microelectronics”. Mc Graw –Hill. 2000.

Componentes y materiales electrónicos. Manuel García Gómez Cordobés. Edición Revolucionaria.
Circuitos de pulsos digitales y de conmutación. Jacob Millman y Herbert Taub. Editorial Pueblo y Educación.
Curso de electrónica digital. http://www.cienciasmisticas.com.ar/