

6

capítulo

Adquisición de datos: detección

Presentación:

- *Funciones y tecnologías en detección*
- *Tabla de selección*



6.1	Introducción
6.2	Interruptores electromecánicos de posición
6.3	Detectores de proximidad inductivos
6.4	Detectores de proximidad capacitivos
6.5	Detectores fotoeléctricos
6.6	Detectores por ultrasonidos
6.7	Identificación por radiofrecuencia (RFID)
6.8	Visión
6.9	Encoder óptico
6.10	Detectores para control de presión
6.11	Conclusión
6.12	Guía de elección de la tecnología

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

M

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 1 Funciones de los sensores

El campo de la adquisición de datos se divide en dos familias. La primera, conocida como detección, comprende los productos que pueden detectar un umbral o límite, o estimar una magnitud física. La segunda – medición o instrumentación – mide una magnitud física con un determinado nivel de precisión.

En esta sección, sólo describiremos los sensores y dispositivos de detección para máquinas y sus sistemas de automatización.

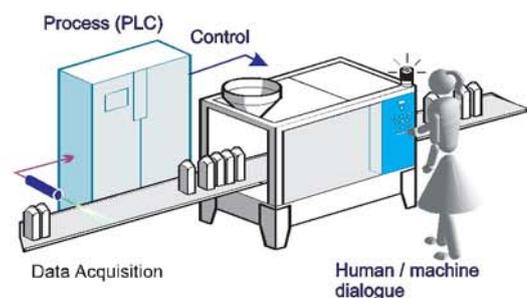
Los sensores diseñados para la seguridad en máquinas se tratarán en otro capítulo.

Si usted está interesado, existe una densa bibliografía sobre seguridad en máquinas que describe todos los dispositivos disponibles en el mercado.

Estos productos tienen tres funciones fundamentales como se ve en la figura 1.

La diversidad de estas funciones obliga a los fabricantes a producir un gran número de variantes de producto para cubrir todas las necesidades. Recientes avances en la modulación del producto permiten a Schneider Electric ofrecer rangos más reducidos con aplicaciones más versátiles.

6.1 Introducción



↑ Fig. 2 Cadena de transmisión de datos

■ La detección: una función esencial

La función de "detección" es esencial dado que es el primer eslabón de la cadena de transmisión de datos (⇒ Fig. 2) de un proceso industrial.

En un sistema de automatización, los detectores aseguran la captura de datos:

- en todas las etapas necesarias para el funcionamiento que se utilizan por parte de los sistemas de control de acuerdo con un programa preestablecido;
- en el desarrollo del proceso cuando el programa está ejecutándose.

■ Funciones de la detección

Hay un amplio rango de necesidades de detección.

Las básicas son:

- controlar la presencia, ausencia o posición de un objeto,
- chequear el movimiento, flujo u obstrucción de objetos,
- contaje.

Para ello se utilizan dispositivos "todo o nada", es el caso de las aplicaciones típicas de detección de piezas en cadenas de montaje o en mantenimiento, así como de la detección de personas o vehículos.

Hay otras necesidades más específicas como la detección de:

- presencia (o nivel) de un gas o fluido,
- formas,
- posición (angular, lineal, etc.),
- etiquetas, con la lectura y escritura de datos codificados.

Hay otros requerimientos adicionales, especialmente en lo que refiere al ambiente de trabajo, donde, dependiendo de la situación, los detectores deben ser capaces de resistir:

- humedad o inmersión,
- corrosión (es el caso de industrias químicas e instalaciones de agricultura),
- grandes variaciones de temperatura (como en regiones tropicales),
- polvo (en el aire ambiente o en las máquinas),
- e incluso vandalismo, etc.

Para cumplir estos requerimientos, los fabricantes han desarrollado todo tipo de detectores usando diferentes tecnologías.

■ Tecnologías de detección

Los fabricantes de detectores utilizan diferentes magnitudes físicas, siendo las más usuales:

- mecánicas (presión, fuerza) para interruptores electromecánicos de posición,
- electromagnéticas (campo, fuerza) para sensores magnéticos, detectores de proximidad inductivos,

6 - Adquisición de datos: detección

- de luz (potencia luminica o desviación) para células fotoeléctricas,
- de capacidad para detectores de proximidad capacitivos,
- acústicas (tiempo de recorrido de una onda) para detectores por ultrasonidos,
- de fluido (presión) para presostatos,
- ópticas (análisis de imagen) para la visión.

Estos sistemas tienen ventajas y límites para cada tipo de sensor: algunos son robustos pero necesitan estar en contacto con la pieza a detectar, mientras que otros trabajan en ambientes hostiles pero únicamente con piezas metálicas.

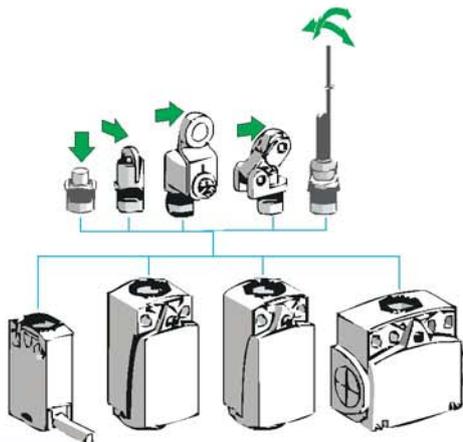
La descripción de las tecnologías usadas, que se presenta a continuación, está pensada para ayudar a comprender que se debe de hacer para instalar y utilizar los sensores disponibles en el mercado de los sistemas de automatización y del equipamiento industrial.

■ Funciones auxiliares de la detección

Existen algunas funciones desarrolladas para facilitar el uso de los detectores, uno de los cuales es el autoaprendizaje.

Esta función de aprendizaje puede implicar un botón que se presiona para definir el dominio de detección del dispositivo, como es el caso de unos rangos máximos y mínimos (precisión de $\pm 6\text{mm}$ para detectores por ultrasonidos) y de factores ambientales para detectores fotoeléctricos.

6.2 Interruptores electromecánicos de posición



↑ Fig. 3 Movimientos posibles en los sensores más utilizados

La detección se realiza a través del contacto físico (palpar o órgano de control) con un objeto móvil o inmóvil. Los datos se envían al sistema de procesado a través de un contacto eléctrico (todo o nada).

Estos dispositivos (órgano de control y contacto eléctrico) son conocidos como interruptores de posición. Se encuentran en todas las instalaciones automatizadas y en diferentes aplicaciones debido a las numerosas ventajas de su tecnología.

■ Movimientos del detector

El palpador puede tener diferentes tipos de movimiento (\Rightarrow Fig. 3), por lo que es capaz de detectar múltiples posiciones y adaptarse a los objetos a detectar de una manera fácil:

- movimiento rectilíneo,
- movimiento angular,
- movimiento multidireccional.

■ Modos de funcionamiento de los contactos

La oferta de los fabricantes se diferencia por la tecnología de funcionamiento del contacto usado.

□ Contacto de ruptura brusca

Se caracteriza por un fenómeno de histéresis, esto es, los puntos de accionamiento y de desaccionamiento son diferentes (\Rightarrow Fig. 4).

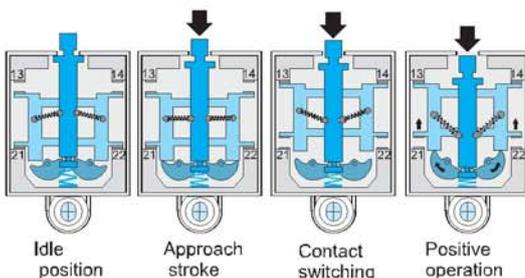
La velocidad de desplazamiento de los contactos móviles es independiente a la velocidad del elemento de mando. Esta particularidad permite obtener rendimientos eléctricos satisfactorios aún en el caso de bajas velocidades de desplazamiento.

Cada vez más los interruptores de posición con contacto de ruptura brusca tienen apertura positiva; esto envuelve la apertura del contacto y se define como sigue:

"Un dispositivo cumple este requerimiento cuando se pueden llevar con certeza todos los elementos de sus contactos de apertura a su posición de apertura, esto es, sin ningún tipo de enlace elástico entre partes móviles y dispositivos de control sujeto al esfuerzo del funcionamiento."

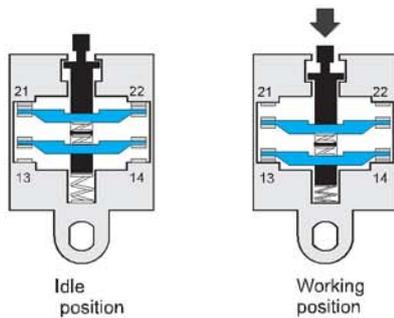
Todos los interruptores de posición de Telemecanique, ya sean con contactos de ruptura brusca o lenta, son de apertura positiva, de acuerdo con IEC 947-5-1.

El uso en aplicaciones de seguridad requiere dispositivos de apertura positiva.



↑ Fig. 4 Contacto de ruptura brusca

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 5 Contacto de ruptura lenta

□ Contacto de ruptura lenta (⇒ Fig.5)

Este modo de funcionamiento se caracteriza por:

- puntos de accionamiento y de desaccionamiento no diferenciados,
- velocidad de desplazamiento de los contactos móviles igual o proporcional a la velocidad del elemento de mando (que no debe ser inferior a 0,001 m/s). Por debajo de este valor, los contactos se abren demasiado lentamente, cosa que no es buena dado que existirá riesgo de arco eléctrico de larga duración,
- distancia de apertura dependiente de la carrera del elemento de mando.

El diseño de estos contactos es por naturaleza en modo de apertura positiva: el pulsador actúa directamente sobre los contactos móviles.

6.3 Detectores de proximidad inductivos

El principio físico de estos detectores se basa en el hecho de que sólo funcionan en sustancias metálicas.

■ Principio de funcionamiento

El componente sensible es un circuito inductivo (inductancia L). Este circuito está conectado a una capacitancia C para formar un circuito de resonancia a una frecuencia F_0 usualmente comprendida entre 100kHz y 1MHz.

Un circuito electrónico mantiene las oscilaciones del sistema basándose en la siguiente fórmula:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Estas oscilaciones crean un campo magnético alternativo en frente de la bobina.

Una armadura metálica situada dentro del campo permite crear corrientes de Foucault que inducen una carga extra y alteran la oscilación (⇒ Fig.6).

La presencia de un objeto metálico en frente del detector disminuye el factor de calidad del circuito de resonancia.

Caso 1, sin armadura: $Q_1 = \frac{R_1}{L\omega}$

Recordatorio:

$$Q = \frac{R}{L\omega} = \frac{L\omega}{r} \quad R = Q^2 r$$

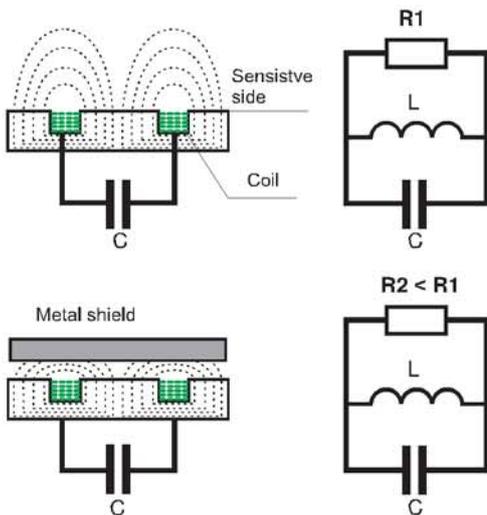
Caso 2, con armadura: $Q_2 = \frac{R_2}{L\omega}$

$$R_2 < R_1 \Rightarrow Q_2 < Q_1$$

La detección se realiza a través de la medida de la variación del factor de calidad (del 3% al 20% del umbral de detección).

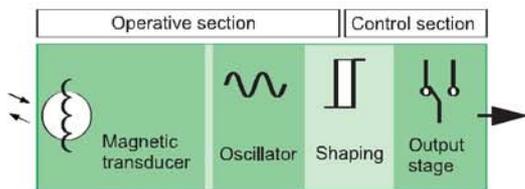
La aproximación de la armadura metálica provoca que el factor de calidad se reduzca y, de ese modo, se reduzca también la amplitud de oscilación.

La distancia de detección depende del metal a detectar.



↑ Fig. 6 Principio de funcionamiento de un detector inductivo

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 7 Esquema de un detector inductivo

■ Descripción de un detector inductivo (⇒ Fig.7)

Transductor: consta de una bobina de cobre de varios hilos (tipo Litz) dentro de un recipiente ferrítico que dirige las líneas de campo hacia la parte frontal del detector.

Oscilador: existen varios tipos de osciladores, incluyendo el de "resistencia negativa" fija $-R$, igual en valor absoluto a la resistencia paralelo R_p del circuito oscilando dentro del alcance:

- si el objeto a detectar está más allá del alcance nominal, $|R_p| > |-R|$, la oscilación se mantiene,
- si el objeto a detectar está dentro del alcance nominal, $|R_p| < |-R|$, la oscilación no se mantiene y el oscilador se bloquea.

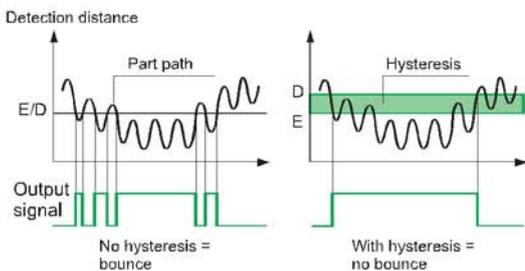
Fase de dar forma: consiste en un detector de pico monitorizado por un comparador con dos umbrales (trigger) para prevenir conmutaciones repentinas cuando el objeto a detectar se acerca al rango de alcance. Crea lo que se conoce como histéresis del detector (⇒ Fig.7bis).

Fases de entrada y salida de potencia: alimenta el detector con un amplio rango de tensiones (de 10V CC a 264 V CA). La tensión de salida controla cargas de 0,2A CC a 0,5A CA, con o sin protección contra cortocircuitos.

■ Factores que afectan a los dispositivos de detección inductiva

Los dispositivos de detección inductiva pueden ser afectados por determinados factores, incluyendo:

- la distancia de detección (hay que tener en cuenta que esta distancia depende de la extensión de la superficie de detección),
- el alcance nominal (en acero templado) varía de 0,8mm (detector $\varnothing 4$) a 60mm (detector 80 x 80); el alcance nominal se designa con S_n ,
- la histéresis, que es la carrera diferencial (del 2% al 10% del valor de S_n), para prevenir rebotes en la conmutación,
- la frecuencia con la que los objetos pasan por delante del detector, conocida como conmutación (límite máximo de aproximadamente 5kHz).



↑ Fig. 7bis Histéresis del detector

■ Funciones especiales

- Detectores protegidos contra los campos magnéticos generados por máquinas de soldadura.
- Detectores con salida analógica.
- Detectores con un factor de corrección de 1^* donde la distancia de detección es independiente del metal detectado (ferrítico o no-ferrítico).
- Detectores para seleccionar metales ferríticos y no-ferríticos.
- Detectores para controlar la rotación: estos detectores son sensibles a la frecuencia de paso de objetos metálicos.
- Detectores para atmósferas explosivas (normas NAMUR).

*Cuando el objeto a detectar no es de acero, la distancia de detección del detector (D) debería ser proporcional al factor de corrección del material de la que el objeto está hecho.

$$D_{\text{Material X}} = D_{\text{Acero}} \times K_{\text{Material X}}$$

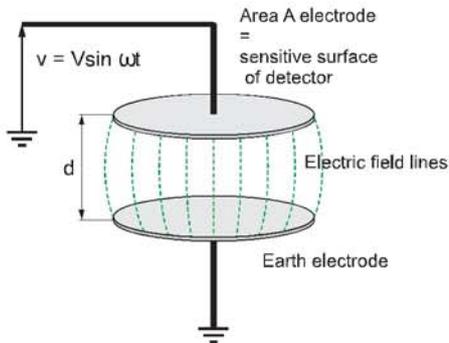
Los típicos valores de los factores de corrección ($K_{\text{Material X}}$) son:

- Acero = 1
- Acero inoxidable = 0,7
- Latón = 0,4
- Aluminio = 0,3
- Cobre = 0,2

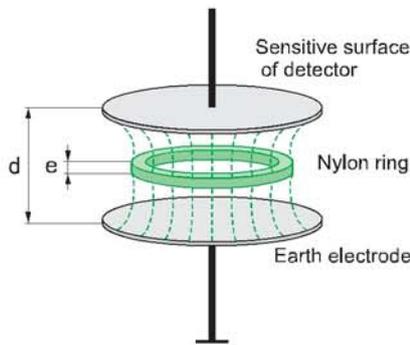
Ejemplo: $D_{\text{Acero inoxidable}} = D_{\text{Acero}} \times 0,7$

6 - Adquisición de datos: detección

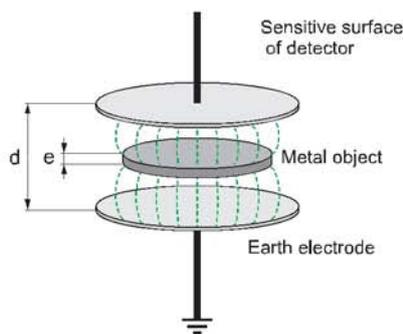
6.4 Detectores de proximidad capacitivos



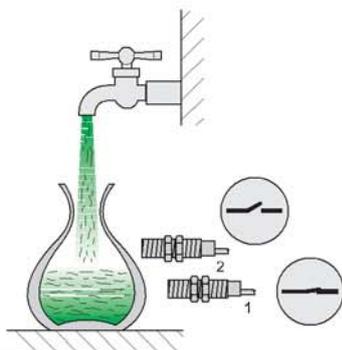
↑ Fig. 8 Sin objeto entre electrodos



↑ Fig. 9 Presencia de un objeto aislante entre electrodos



↑ Fig. 10 Presencia de un objeto conductor entre electrodos



↑ Fig. 11 Detección de agua en un recipiente de vidrio o de plástico

Esta tecnología se emplea para detectar todo tipo de sustancias conductoras y aislantes como vidrio, aceite, madera, plástico, etc.

■ Principio de funcionamiento

En este caso, la superficie sensible del detector constituye la armadura de un condensador.

A esta superficie se le aplica una tensión senoidal para crear un campo eléctrico alternativo en frente del detector.

Dado que esta tensión se referencia con relación a un potencial de referencia (como es el caso de la tierra), se constituye una segunda armadura con un electrodo conectado al potencial de referencia.

Los electrodos, uno enfrente del otro, constituyen un condensador de capacidad:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}$$

Donde $\epsilon_0 = 8,854187 \cdot 10^{-12}$ F/m permisividad del vacío y ϵ_r permisividad relativa de la sustancia entre los dos electrodos.

Caso 1: Sin objeto entre electrodos (≈ Fig.8)

$$\epsilon_r \approx 1 \text{ (air)} \Rightarrow C \approx \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Caso 2: Presencia de un objeto aislante entre electrodos (≈ Fig.9)

$$\Rightarrow (\epsilon_r = 4)$$

En este caso, el electrodo de tierra puede ser, por ejemplo, la cinta metálica de una cinta transportadora.

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}$$

Cuando ϵ_r excede de 1 en presencia de un objeto, C se incrementa.

La medida del incremento del valor de C se usa para detectar la presencia de un objeto aislante.

Caso 3: Presencia de un objeto conductor entre electrodos (≈ Fig.10)

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d - e}$$

$$\text{Con } \epsilon_r = 1 \text{ (air)} \Rightarrow C \approx \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d - e}$$

La presencia de un objeto metálico también provoca el aumento del valor de C.

■ Tipos de detector capacitivo

□ Detectores capacitivos sin conexión a tierra

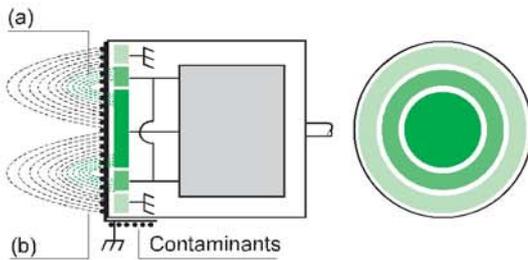
Estos detectores funcionan de acuerdo con el principio descrito antes.

Una conexión a tierra (potencial de referencia) se requiere para la detección.

Se utilizan para detectar sustancias conductoras (metal, agua) a grandes distancias.

Aplicación típica: detección de sustancias conductoras a través de una sustancia aislante (≈ Fig.11).

6 - Adquisición de datos: detección



(a) compensation field (eliminate of earlier contamination)
(b) main electric field

■ Main electrode
■ Compensation electrode
■ Earth electrode

↑ Fig. 12 Principio de un detector capacitivo con conexión a tierra

Sustancia	ϵ_r
Acetona	19.5
Aire	1.000264
Amoniaco	15-25
Etanol	24
Harina	2.5-3
Vidrio	3.7-10
Glicerina	47
Mica	5.7-6.7
Papel	1.6-2.6
Nylon	4-5
Petróleo	2-2.2
Barniz de silicona	2.8-3.3
Polipropileno	2-2.2
Porcelana	5-7
Leche en polvo	3.5-4
Sal	6
Azúcar	3
Agua	80
Madera seca	2-6
Madera verde	10-30

↑ Fig. 13 Constantes dieléctricas de diferentes sustancias

□ Detectores capacitivos con conexión a tierra

No siempre es posible encontrar una conexión a tierra. Esto es así cuando el recipiente aislante descrito en la última figura tiene que ser detectado.

La solución pasa por la incorporación de una conexión a tierra en la superficie de detección.

Elo crea un campo eléctrico independiente de la conexión a tierra (⇒ Fig.12).

Aplicación típica: detección de todas las sustancias.

Estos dispositivos detectan sustancias aislantes o conductoras detrás de una barrera aislante, como es el caso de cereales en una caja de cartón.

■ Factores que afectan a los dispositivos de detección capacitiva

La sensibilidad de los detectores capacitivos, de acuerdo con la ecuación antes descrita, depende de la distancia del objeto al sensor y de la sustancia que conforma el objeto.

□ Distancia de detección

Esto está relacionado con la constante dieléctrica o la permisividad relativa de la sustancia de la que está formado el objeto.

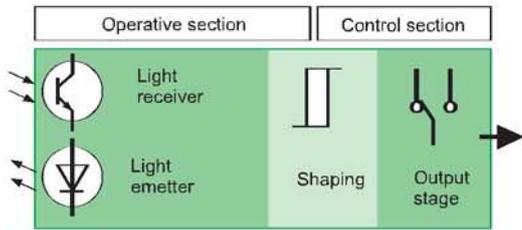
Para detectar una amplia variedad de sustancias, los sensores capacitivos suelen tener un potenciómetro para ajustar su sensibilidad.

□ Sustancia

En la tabla (⇒ Fig.13) se muestran los valores de las constantes dieléctricas de diferentes sustancias.

6 - Adquisición de datos: detección

6.5 Detectores fotoeléctricos



↑ Fig. 14 Esquema de un detector fotoeléctrico

Los detectores fotoeléctricos funcionan bajo un principio que los hace aptos para la detección de cualquier tipo de objeto: opaco, transparente, reflectante, etc. Són además utilizados para la detección de personas (apertura de puertas, etc.).

■ Principio de funcionamiento (⇒ Fig.14)

Un diodo electroluminiscente (LED) emite pulsaciones luminosas, normalmente en el espectro infrarrojo (de 850 a 950nm).

La luz la recibe (o no) un fotodiodo o un fototransistor dependiendo de si el objeto a detectar está presente (o ausente).

La corriente fotoeléctrica creada se amplifica y se compra con un umbral de referencia para dar una información "todo o nada".

■ Tipos de detector fotoeléctrico

□ De barrera (⇒ Fig.14bis)

El emisor y el receptor se sitúan en dos aparatos separados.

El emisor, que consta de un LED y de una lente convergente, crea un haz de luz paralelo.

El receptor, que consta de un fotodiodo (o fototransmisor) y de una lente convergente, proporciona una corriente proporcional a la energía recibida.

El sistema envía una información "todo o nada" en función de la presencia o ausencia de un objeto en el haz de luz.

Ventaja: la distancia de detección puede ser considerable (hasta 50m o más); ello depende de las lentes y, por lo tanto, de las dimensiones del detector.

Inconveniente: se requieren dos aparatos separados, lo que implica también dos alimentaciones diferenciadas.

La alineación para distancias superiores a 10m puede ser problemática.

□ Réflex

Existen dos sistemas Réflex: estándar y polarizado.

• Réflex estándar (⇒ Fig.15)

El haz de luz normalmente se encuentra en el espectro infrarrojo (de 850 a 950nm).

Ventajas: el emisor y el receptor se encuentran en el mismo aparato (una única alimentación). La distancia de detección es considerable, si bien menor que en el caso anterior (hasta 20m).

Inconveniente: un objeto reflectante (ventana, carrocería de un automóvil, etc.) puede ser interpretado como un reflector y no ser detectado.

• Réflex polarizado (⇒ Fig.16)

El haz de luz normalmente se encuentra en el espectro rojo (660 nm).

La radiación emitida se polariza verticalmente por un filtro de polarización lineal. El reflector cambia el estado de la polarización de la luz, por lo que parte de la radiación devuelta tiene una componente horizontal. El filtro de polarización lineal del receptor deja pasar esta componente y la luz alcanza el receptor.

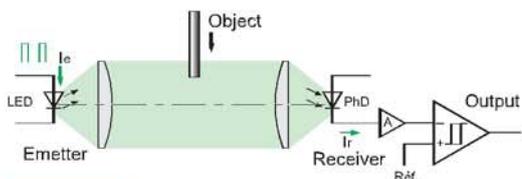
A diferencia del reflector, un objeto reflectante (espejo, placa metálica, etc.) no altera el estado de polarización; es por ello que la luz que éste refleja no puede alcanzar el polarizador del receptor (⇒ Fig.17).

Ventaja: este tipo de detector supera el problema que presenta un detector fotoeléctrico réflex estándar.

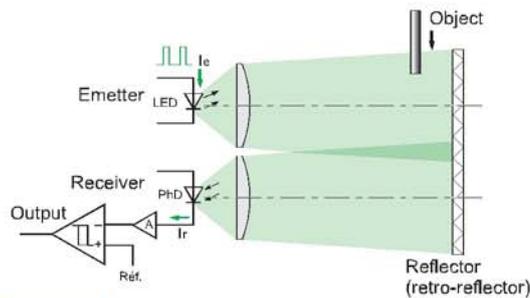
Inconvenientes: este detector es más caro y sus distancias de detección son más reducidas que en el caso de un réflex estándar:

Réflex estándar -->20m

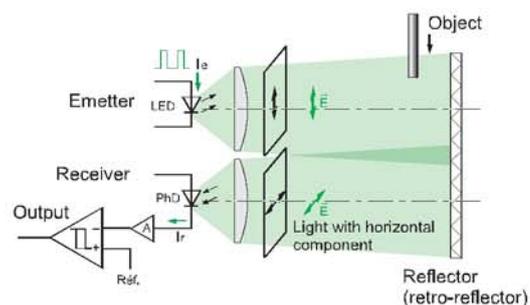
Réflex polarizado ---> 8m



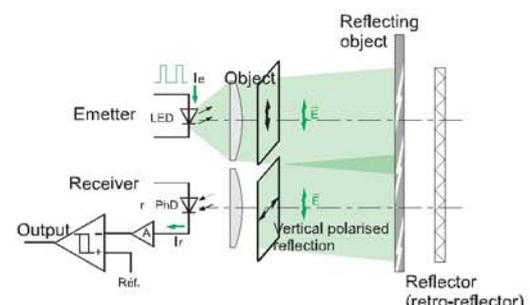
↑ Fig. 14bis Detector fotoeléctrico de barrera



↑ Fig. 15 Detector fotoeléctrico réflex estándar

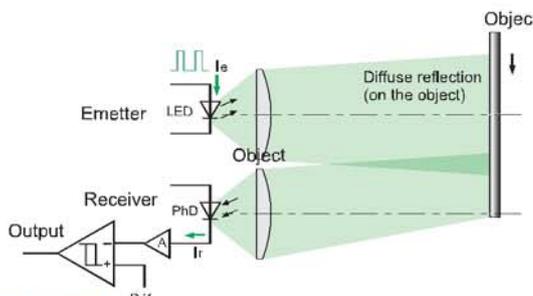


↑ Fig. 16 Detector fotoeléctrico réflex polarizado



↑ Fig. 17 Detector fotoeléctrico réflex polarizado: principio de no-detección de objetos reflectantes

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 18 Detector fotoeléctrico de proximidad estándar

□ De proximidad

• De proximidad estándar (⇒ Fig.18)

Este sistema se basa en la reflexión del objeto a detectar.

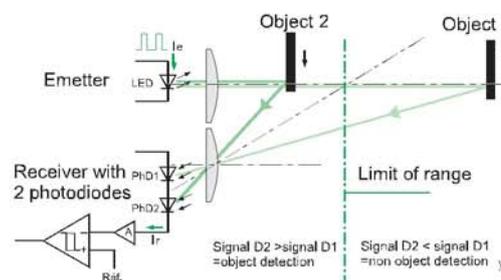
Ventaja: no se requiere un reflector.

Inconvenientes: la distancia de detección es muy corta (hasta 2m). Además varía con el color del objeto a detectar y el plano posterior que éste presenta (para unas condiciones dadas, la distancia es mayor para un objeto blanco y menor para un objeto gris o negro); un plano posterior más claro que el objeto a detectar puede hacer que la detección resulte imposible.

• De proximidad con borrado del plano posterior (⇒ Fig.19)

Este sistema de detección utiliza la triangularización.

La distancia de detección (hasta 2m) no depende de la reflectividad del objeto sino de su posición, por lo que un objeto claro se detecta a la misma distancia que un objeto oscuro y un plano posterior más allá de la distancia de detección será ignorado.



↑ Fig. 19 Detector fotoeléctrico de proximidad con borrado del plano posterior

□ De fibra óptica

• Principio de funcionamiento

El principio de propagación de una onda de luz en la fibra óptica se basa en la reflexión interna total.

La reflexión interna es total cuando un haz de luz pasa de un medio a otro con un índice de refracción menor. La luz se refleja en su totalidad, como se puede ver en la (⇒ Fig. 20), sin pérdidas cuando el ángulo de incidencia del haz es mayor que el ángulo crítico θ_c .

La reflexión interna total está determinada, pues, por dos factores: el índice de refracción de cada medio y el ángulo crítico.

Estos factores están relacionados según la siguiente ecuación:

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

Si se conocen los índices de refracción de los dos medios, el ángulo crítico resulta, pues, fácil de calcular.

La física define el índice de refracción de un medio como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y su velocidad en el medio en cuestión (v).

$$n = \frac{c}{v}$$

El índice correspondiente al aire se considera igual al del vacío 1, dado que la velocidad de la luz en el aire es casi igual a la del vacío.

Es una aproximación que se puede considerar en cualquier caso.

• Hay dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo

(⇒ Fig.21)

- Multimodo

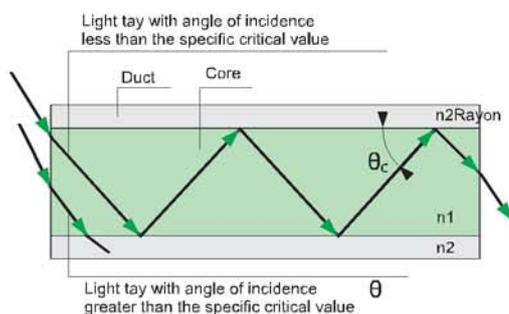
Estas fibras tienen un diámetro del corazón (parte que conduce la luz) grande si se compara con la longitud de onda usada ($\Phi \approx$ de 9 a 125 μm , $L_0 =$ de 0,5 a 1 mm). Dos tipos de propagación son usados en estas fibras: de salto de índice o de gradiente de índice.

- Monomodo

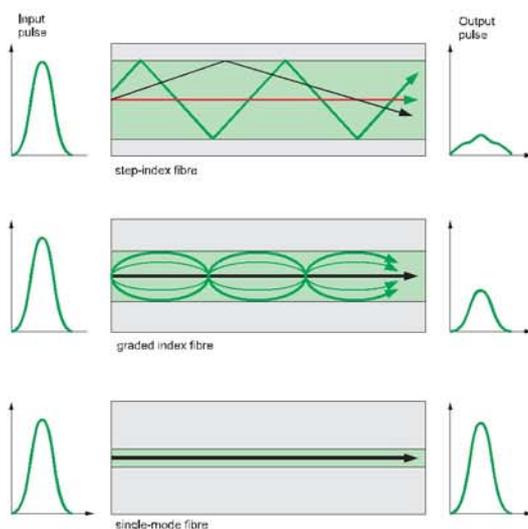
Por contraste, estas fibras tienen un diámetro muy pequeño si se compara con la longitud de onda usada ($\Phi \leq 1 \mu\text{m}$, $L_0 =$ usualmente 1,5 μm). Usan propagación de salto de índice. Sus aplicaciones están en el ámbito de las telecomunicaciones.

La definición de estas fibras ilustran el cuidado que se tiene que tener con ellas cuando, por ejemplo, son estiradas (resistencia a la tracción reducida y radios de curvatura moderados, de acuerdo con las especificaciones del fabricante).

Las fibras ópticas multimodo son las más usadas en la industria, dado que tienen la ventaja de ser robustas desde el punto de vista electromagnético (compatibilidad electromagnética, CEM) y fáciles de instalar.

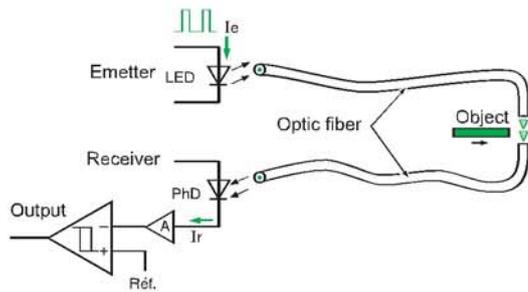


↑ Fig. 20 Principio de propagación de una onda de luz en la fibra óptica



↑ Fig. 21 Tipos de fibra óptica

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 22 Detector fotoeléctrico de fibra óptica

• Tecnología de los detectores

Las fibras ópticas se posicionan delante del LED emisor y delante del fotodiodo o fototransistor receptor (⇒ Fig.22).

Esta disposición es utilizada para:

- alejar los componentes electrónicos del punto de control,
- alcanzar lugares exiguos o a elevadas temperaturas,
- detectar objetos muy pequeños (de alrededor de 1mm),
- dependiendo de la configuración del final de las fibras, funcionar en modo barrera o proximidad.

Nótese que se debe tener extremo cuidado con las conexiones entre LED emisor o fototransistor receptor y fibra óptica para minimizar las pérdidas en la transmisión de señal.

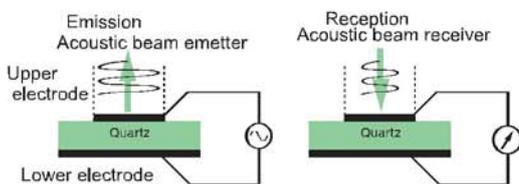
■ Factores que afectan a los dispositivos de detección fotoeléctrica

Existen una serie de factores que pueden influir en las prestaciones de estos sistemas de detección.

Algunos de ellos ya han sido mencionados:

- distancia (detector-objeto),
- tipo de objeto a detectar (sustancia difusa, reflectante o transparente, color y dimensiones),
- ambiente (iluminación, fondo, etc.).

6.6 Detectores por ultrasonidos



↑ Fig. 23 Principio de un transductor electroacústico

■ Principio de funcionamiento

Los ultrasonidos se producen eléctricamente con un transductor electroacústico (efecto piezoeléctrico) alimentado con energía eléctrica que es convertida en vibraciones mecánicas mediante la piezoelectricidad o mediante el fenómeno que se conoce como magnetostricción (⇒ Fig.23).

Este principio consiste en medir el tiempo que necesita la onda acústica para propagarse entre el sensor y el objeto a detectar.

La velocidad de propagación es de 340m/s en el aire a 20°C, esto es, para 1m el tiempo medido ronda los 3ms.

El tiempo lo mide un contador integrado en un microcontrolador.

La ventaja de los detectores por ultrasonidos radica en el hecho que pueden trabajar a grandes distancias (hasta 10m) y, por encima de todo, detectar cualquier objeto que refleje el sonido, sin importar su forma o color.

■ Aplicación (⇒ Fig.24)

Excitado por el generador de alta tensión, el transductor (emisor-receptor), genera una onda ultrasónica pulsante (de 100 a 500kHz, dependiendo del producto) que viaja a través del aire ambiente a la velocidad del sonido. Tan pronto como la onda choca contra un objeto, una onda reflejada (eco) vuelve al transductor. Un microprocesador analiza la señal de entrada y mide el intervalo de tiempo entre la señal emitida y el eco. Comparando este intervalo con tiempos predefinidos, se determina y controla el estado de las salidas. Si se conoce la velocidad a la que se propaga el sonido, se puede calcular la distancia existente utilizando la siguiente fórmula:

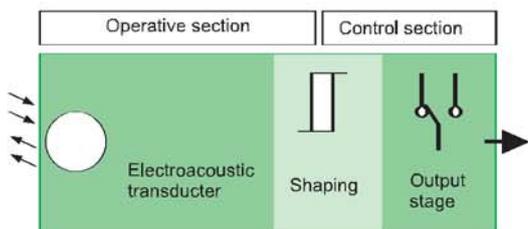
$$D = T \cdot S_s / 2$$

D: distancia entre detector y objeto,

T: tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción de la onda,

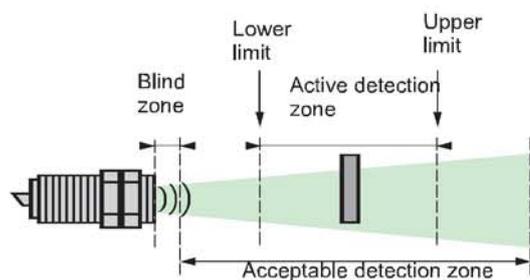
Ss: velocidad del sonido (300m/s).

La fase de salida controla un interruptor estático (transistor PNP o NPN) correspondiente a un contacto de apertura o de cierre, o proporciona una señal analógica (corriente o tensión) directamente o inversamente proporcional a la distancia al objeto.



↑ Fig. 24 Principio de un detector por ultrasonidos

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 25 Límites de funcionamiento

■ Particularidades de los detectores por ultrasonidos

□ Definiciones (⇒ Fig.25)

Zona ciega: zona entre la cara sensible del detector y la distancia mínima a la cual un objeto no puede ser detectado de forma fiable. Es imposible detectar objetos correctamente en esta zona.

Los objetos no deberían ser situados en la zona ciega durante el funcionamiento del detector ya que éstos pueden hacer que las salidas sean inestables.

Zona de detección: área en la que el detector es sensible. Dependiendo del modelo de detector, esta zona se puede ajustar o fijar con un pulsador de tipo ordinario.

Factores de influencia: los detectores por ultrasonidos son especialmente adecuados para detectar objetos duros con una superficie plana perpendicular al eje de detección.

Sin embargo, existen una serie de factores que pueden alterar el funcionamiento del detector:

- Las corrientes de aire bruscas pueden acelerar o desviar la onda acústica emitida.
- Gradientes de temperatura importantes en la zona de detección. Cuando un objeto emite mucha calor, éste crea zonas de temperaturas diferentes que alteran el tiempo de propagación de la onda y provocan una detección no fiable.
- Materiales aislantes del sonido. Materiales como el algodón o el caucho absorben el sonido; se aconseja el modo de detección "réflex" para aquellos productos hechos con estos materiales.
- Ángulo entre la parte frontal del objeto a detectar y el eje de referencia. Si este ángulo es diferente a 90° , la onda no se refleja en el eje del detector y la zona de funcionamiento se reduce. Cuanto más grande sea la distancia entre el objeto y el detector, más se acentúa este efecto. Más allá de $\pm 10^\circ$, la detección resulta imposible.
- Forma del objeto a detectar. Teniendo en cuenta el factor anterior, los objetos angulosos son más difíciles de detectar.

□ Modos de funcionamiento (⇒ Fig.26)

• **Modo de proximidad:** un único detector emite la onda de sonido y la recibe después de ser reflejada por un objeto.

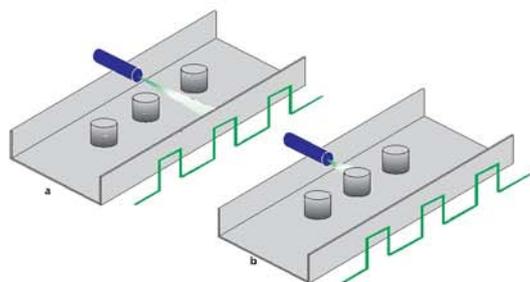
En este caso, es el objeto el que refleja la onda.

• **Modo réflex:** un único detector emite la onda de sonido y la recibe después de reflejarse en un reflector, por tanto el detector está permanentemente activo. En este caso, el reflector es una pieza plana y rígida. El objeto es detectado cuando la onda se "interrumpe". Este modo está especialmente indicado para detectar objetos que absorben el sonido o con formas angulosas.

• **Modo de barrera:** el sistema de barrera consiste en dos productos separados, un emisor por ultrasonidos y un receptor, situados de forma opuesta.

■ Ventajas de la detección por ultrasonidos

- No existe contacto físico con el objeto, por tanto no hay juego mecánico y se pueden detectar objetos frágiles o recién pintados.
- Cualquier material, independientemente de su color, puede ser detectada en el mismo rango sin factores de ajuste o de corrección.
- Dispositivos estáticos: no hay partes móviles en el detector, por lo que su vida útil no queda afectada por el número de ciclos de funcionamiento.
- Buena resistencia en ambientes industriales: vibraciones, impactos, humedad, polvo, etc.
- Función de aprendizaje presionando un botón para definir la zona de detección. Se memorizan los rangos mínimo y máximo (eliminación muy precisa del fondo y del primer plano hasta $\pm 6\text{mm}$).



↑ Fig. 26 Modos de funcionamiento de un detector por ultrasonidos a/ En modo de proximidad b/ En modo réflex

6 - Adquisición de datos: detección

6.7 Identificación por radiofrecuencia (RFID)

Esta sección describe los dispositivos que utilizan las señales de radiofrecuencia para almacenar y utilizar información en etiquetas electrónicas.

■ Descripción

La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología reciente de identificación automática diseñada para aplicaciones que requieren el seguimiento de objetos y personas (trazabilidad, control de accesos, selección, almacenamiento).

Su principio de funcionamiento se basa en asociar a cada objeto una memoria accesible sin contacto, tanto para su lectura como para su escritura.

La información se almacena en una memoria accesible a través de una conexión por radiofrecuencia que no necesita ni contacto ni campo de visión, a una distancia que puede ir desde escasos cm hasta varios metros. Esta memoria tiene forma de etiqueta electrónica o transpondedor (TRANSMISOR + RESPONDEDOR), que contiene un circuito electrónico y una antena.

■ Composición de un sistema RFID

Un sistema RFID consta de los siguientes componentes (⇒ Fig.27 y 28):

- Una etiqueta electrónica,
- Una estación de lectura/escritura (o lector RFID).

□ Lector

Modula la amplitud del campo emitido por su antena para transmitir órdenes de lectura o escritura en la lógica de tratamiento de la etiqueta. Simultáneamente, el campo electromagnético generado por su antena alimenta el circuito electrónico de la etiqueta.

□ Etiqueta

Transmite información a la antena modulando su consumo propio. El circuito de recepción del lector detecta la modulación y la convierte en señales digitales, tal y como se puede ver en la (⇒ Fig.29).

■ Descripción de los componentes

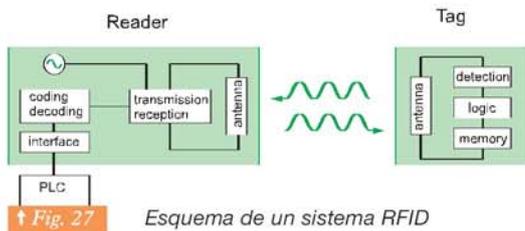
□ Etiquetas electrónicas

Las etiquetas electrónicas constan de tres componentes principales.

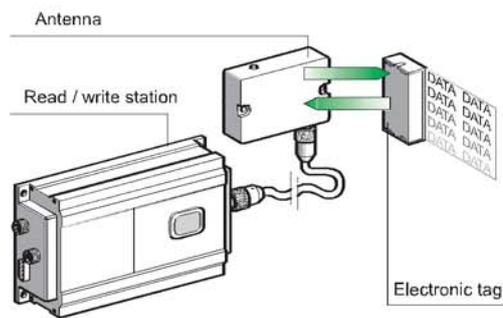
• Antena (⇒ Fig.30):

Debe ajustarse a la frecuencia del portador por lo que puede presentarse de formas diferentes:

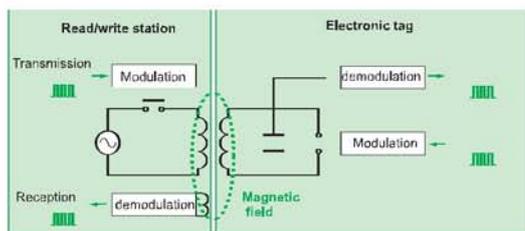
- bobina de cobre, con o sin núcleo de ferrita (canalización de las líneas de campo), o grabado en un circuito impreso flexible o rígido, o impreso (con tinta conductora) para frecuencias por debajo de 20MHz;
- dipolo grabado en un circuito impreso, o impreso (con tinta conductora) para muy altas frecuencias (>800MHz).



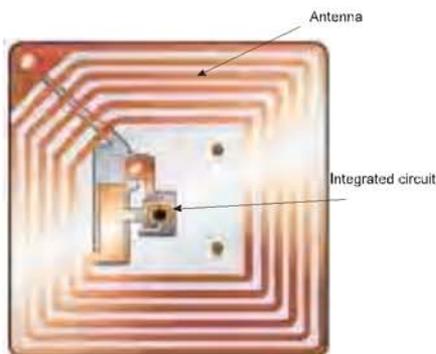
↑ Fig. 27 Esquema de un sistema RFID



↑ Fig. 28 Componentes de un sistema RFID (Inductel, de Telemecanique)



↑ Fig. 29 Funcionamiento de un sistema RFID



↑ Fig. 30 Interior de una etiqueta RFID

6 - Adquisición de datos: detección

- **Circuito de procesamiento lógico**

Este circuito actúa como un interface entre las órdenes recibidas por la antena y por la memoria.

Su complejidad depende de la aplicación y puede ir desde un simple formateo al uso de un microcontrolador (por ejemplo, tarjetas de pago securizadas por algoritmos de encriptación).

- **Memoria**

Se utilizan de diferente tipo, para almacenar datos en las etiquetas (\Rightarrow Fig.31).

Tipo	Ventajas	Inconvenientes
ROM	Buena resistencia a altas temperaturas Barata	Sólo lectura
EEPROM	Sin necesidad de pila de backup	Tiempo elevado de acceso a datos para lectura/escritura Número de escrituras limitado a 100.000 ciclos por octeto
RAM	Rapidez de acceso a datos Capacidad elevada	Necesidad de pila de backup en la etiqueta
FeRAM (ferroeléctrica)	Rapidez de acceso a datos Sin necesidad de pila de backup Capacidad elevada	Número de ciclos de escritura limitado a 10^{12}

↑ Fig. 31 Diferentes tipos de memorias utilizadas para almacenar la información dentro de las etiquetas electrónicas



↑ Fig. 32 a y b a - RFID para diferentes usos
b - RFID para usos industriales (Inductel, de Telemecanique)

Las etiquetas "activas" contienen una pila para alimentar su electrónica. Esta configuración aumenta la distancia de diálogo entre la etiqueta y la antena pero requiere la sustitución regular de la pila.

- **Revestimiento**

El revestimiento se diseña de forma diferente para cada tipo de aplicación para agrupar y proteger los tres componentes de una etiqueta: (\Rightarrow Fig.32a)

- tarjeta para el control del acceso de personas,
- soporte adhesivo para la identificación de libros de una biblioteca,
- tubo de vidrio, para la identificación de animales domésticos (inyectado bajo la piel con la ayuda de una jeringuilla),
- "botones" plásticos, para la identificación de ropa,
- etiqueta para el seguimiento del correo.

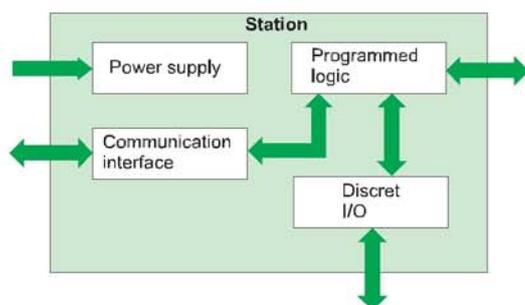
Existen otros formatos, incluyendo: llavero, "clavo" de plástico para identificar paletas de madera, cajas resistentes a los golpes y a las sustancias químicas para aplicaciones industriales (\Rightarrow Fig.32b).

- **Estación**

Una estación (\Rightarrow Fig.33a) actúa como un interface entre el sistema de control (automata, ordenador, etc.) y la etiqueta electrónica a través de un puerto de comunicaciones adecuado (RS232, RS485, Ethernet, etc.).

Además, puede incluir una serie de funciones auxiliares adaptadas a cada aplicación en particular:

- salidas/entradas todo o nada,
- tratamiento local para un funcionamiento autónomo,
- control de varias antenas,
- detección con una antena integrada para un sistema compacto (\Rightarrow Fig.33b).

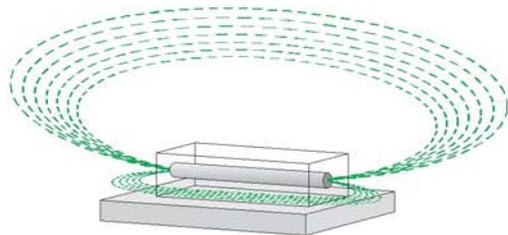


↑ Fig. 33a Esquema de un lector RFID



↑ Fig. 33b Fotografía de un lector RFID (Inductel, de Telemecanique)

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 34 Influencia de una antena ferrítica en las líneas del campo electromagnético

□ Antena

Las antenas se caracterizan por sus dimensiones (que determinan la forma de la zona donde pueden intercambiar información con las etiquetas) y la frecuencia del campo radiado. Los núcleos de ferrita se usan para concentrar las líneas de campo electromagnético para incrementar la distancia de lectura (⇒ Fig.34) y reducir la influencia de cualquier cuerpo metálico que pueda estar cercano a la antena.

Las frecuencias utilizadas por las antenas cubren varias bandas, cada una de las cuales presentan sus ventajas e inconvenientes (⇒ Fig.35).

Frecuencia	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones típicas
125-134 khz (LF)	Inmunes al ambiente (metal, agua, etc.)	Capacidad de almacenamiento reducida Tiempo de acceso elevado	Identificación de animales domésticos
13,56 Mhz (HF)	Protocolo de diálogo antena/etiqueta estándar (normas ISO 15693 e ISO 14443 A/B)	Sensible a ambientes metálicos	Seguimiento de libros de biblioteca Control de accesos Sistemas de pago
850 - 950 Mhz (UHF)	Etiquetas de muy bajo coste Distancia de diálogo elevada	Los rangos de frecuencia varían según el país Interferencias en zonas de diálogo por culpa de obstáculos (metales, etc.)	Control en comercio minorista
2,45 Ghz (microondas)	Muy alta velocidad de transferencia entre etiqueta y antena Distancia de diálogo elevada	"Agujeros" difíciles de controlar en la zona de diálogo Coste de los sistemas de lectura	Seguimiento de vehículos (peajes de autopista)

↑ Fig. 35 Descripción de las bandas de frecuencia utilizadas en RFID

Las potencias y frecuencias utilizadas varían según la aplicación y la zona geográfica. Se distinguen tres grandes zonas: Norteamérica, Europa y el resto del mundo. Cada zona y cada frecuencia tiene un rango de emisión autorizado (norma CISPR 300330) dentro de la cual cada estación/antena RFID debe funcionar sin problemas.

□ Códigos y protocolos

Los protocolos de intercambio entre estaciones y etiquetas están definidos por normas internacionales (ISO 15693 e ISO 14443 A/B).

Existen normativas más especializadas en proceso de definición, como aquellas pensadas para el comercio minorista (EPC, Electronic Product Code) o para la identificación de animales (ISO 11784).

■ Ventajas de la RFID

Comparado con los sistemas de código de barras (etiquetas o marcas y lectores), la RFID tiene las siguientes ventajas:

- la información en la etiqueta se puede modificar,
- acceso de lectura/escritura a través de la mayoría de materiales no-metálicos,
- insensibilidad a la suciedad, humedad, etc.,
- varios miles de caracteres se pueden guardar en la etiqueta,
- confidencialidad de datos (bloqueo del acceso a la información en la etiqueta).

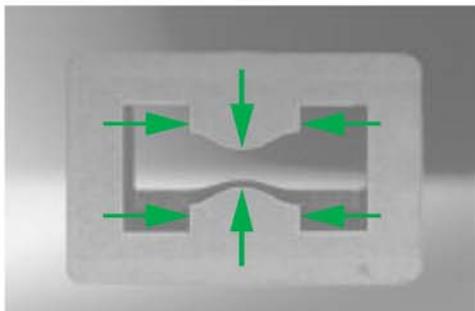
Estas ventajas contribuyen a su desarrollo en el sector de servicios y de comercio minorista.

Además, la progresiva reducción del coste de las etiquetas RFID acabará por reemplazar los códigos de barras convencionales en recipientes (cajas, contenedores, equipaje) en logística y transporte y también en los procesos de fabricación industrial.

Debe notarse, sin embargo, que la idea de utilizar el sistema RFID para la identificación automática del contenido del carrito de la compra en un supermercado sin tener que descargar su contenido todavía no es viable por motivos físicos y técnicos.

6 - Adquisición de datos: detección

6.8 Visión



↑ Fig. 36 Inspección de un componente mecánico, donde las flechas indican las zonas chequeadas por el sistema

■ Principio de funcionamiento

Es el "ojo" de una máquina que da visión a un sistema de automatización. Una cámara hace una foto de un objeto y digitaliza sus características físicas para proporcionar información relacionada con (≅ Fig.36):

- sus dimensiones,
- su posición,
- su apariencia (acabado superficial, color, brillo, presencia de defectos, etc.),
- su marcaje (logos, caracteres, etc.).

El usuario puede además automatizar funciones complejas tales como:

- funciones de medida,
- funciones de guiado,
- funciones de identificación.

■ Puntos clave de la visión

La visión industrial consta de un sistema óptico (iluminación, cámara y lente) conectado a una unidad de procesamiento y un sistema de control de un actuador.

• Iluminación

Es vital tener el tipo de iluminación adecuado, especialmente diseñado para crear un contraste adecuado y estable para resaltar los elementos a inspeccionar.

• Cámara y lente

La calidad de la imagen (contraste, nitidez) depende de la elección de las lentes junto con una distancia definida cámara/objeto y un objeto específicamente determinado a inspeccionar (dimensiones, acabado superficial y detalles a grabar).

• Unidad de procesamiento

La imagen de la cámara se transmite a la unidad de procesamiento que contiene los algoritmos de formateo y análisis de imagen para ser chequeada.

Los resultados son enviados al sistema de automatización o accionan de forma directa un actuador.

□ Sistemas de iluminación

• Tecnologías de iluminación

- Iluminación por LEDs

Actualmente, el sistema más usado: proporciona una iluminación uniforme y tiene una vida útil larga (30.000 horas).

Está disponible en color, pero entonces sólo cubre un campo de unos 50cm.

- Iluminación por tubo fluorescente de alta frecuencia

Este sistema da una luz blanca y tiene una vida útil larga (5.000 horas). El área iluminada (campo) es amplia, si bien ello depende obviamente de la potencia utilizada.

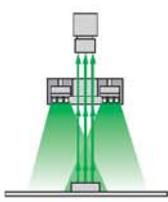
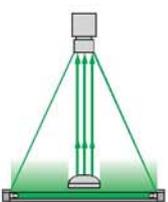
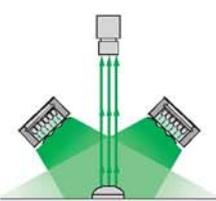
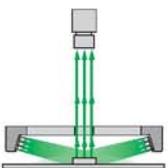
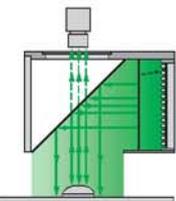
- Iluminación halógena

Este sistema también proporciona luz blanca. Tiene una vida útil corta (500 horas) pero una gran potencia de alumbrado por lo que cubre un amplio campo.

6 - Adquisición de datos: detección

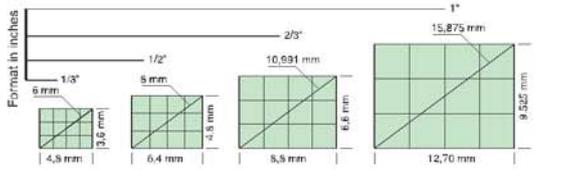
Estos sistemas de iluminación se pueden usar de diferentes maneras. Existen cinco sistemas principales (= Fig.37) para resaltar la característica controlar:

- anular,
- retroiluminación,
- lineal directa,
- rasante,
- coaxial.

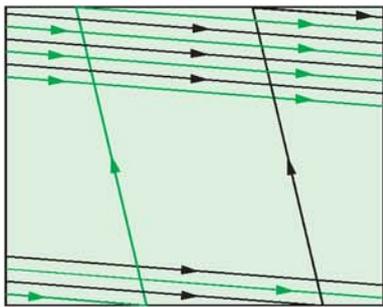
Sistemas	Características	Aplicaciones típicas
<p>Anular</p> 	<p>LEDs dispuestos en forma de anillo Sistema de iluminación muy potente Ilumina un objeto en su eje, desde arriba</p>	<p>Indicado para aplicaciones de gran precisión</p>
<p>Retroiluminación</p> 	<p>Iluminación tras un objeto de cara a la cámara Resalta el contorno de un objeto (sombografía)</p>	<p>Medida de las dimensiones de un objeto o análisis de objetos opacos</p>
<p>Lineal directa</p> 	<p>Resalta un detalle del objeto a chequear</p>	<p>Búsqueda de defectos específicos</p>
<p>Rasante</p> 	<p>Detecta el borde de un objeto Controla el marcaje Detecta fallos en superficies de vidrio y de metal</p>	<p>Chequeo de caracteres impresos, acabados superficiales, detección de rayadas, etc.</p>
<p>Coaxial</p> 	<p>Resalta superficies lisas perpendicularmente al eje óptico reflejando la luz en un espejo con superficie semireflectante</p>	<p>Inspección, análisis y medida de la rugosidad en superficies metálicas y otras superficies reflectantes</p>

↑ Fig. 37 Tabla de tecnologías de iluminación para sistemas de visión industrial

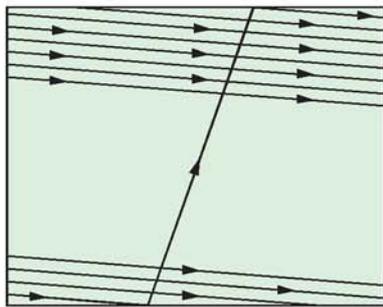
6 - Adquisición de datos: detección



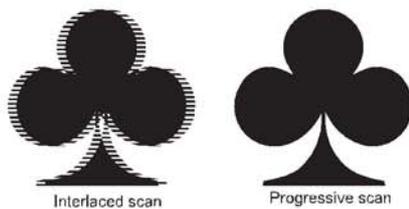
↑ Fig. 38 Formatos de captura usados en la industria



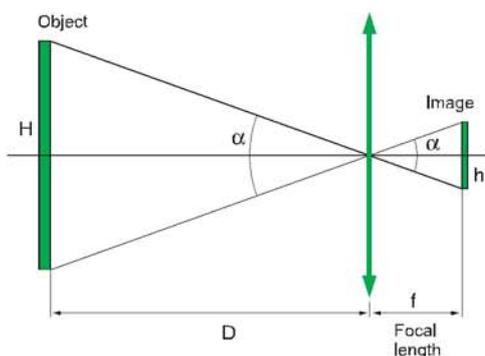
↑ Fig. 39 Barrido entrelazado



↑ Fig. 40 Barrido progresivo



↑ Fig. 41 Comparación de sistemas de barrido



↑ Fig. 42 Distancia focal

□ Cámaras y lentes

• Tecnologías de cámara

- Cámara CCD (Charged Coupled Device)

Estas cámaras son las más utilizadas actualmente por su gran definición.

Para procesos continuos, se usan cámaras lineales (CCD lineal).

Para otros propósitos, se usan cámaras matriciales (CCD matricial).

Las cámaras industriales utilizan una serie de formatos de captura, como se ve en la (⇒ Fig.38), definidas en pulgadas: 1/3, 1/2 y 2/3 (1/3 y 1/2: videocámaras, 2/3 y superiores: alta resolución industrial, televisión, etc.).

Existen lentes para cada formato para asegurar el uso de todos los pixels.

- Cámara CMOS

Están siendo gradualmente sustituidas por el sistema CCD.

Es un sistema barato, por lo que ha quedado relegado a aplicaciones básicas.

- Cámara Vidicon (tubo)

Sistema actualmente obsoleto.

• Barrido

Las cámaras pueden tener un barrido de tipo entrelazado o un barrido de tipo progresivo.

En el caso de vibraciones frecuentes y de toma de imágenes "al vuelo", se recomienda utilizar el barrido progresivo.

La tecnología CCD permite la exposición de todos los pixels a la vez.

• Barrido entrelazado

Este sistema deriva del video. Analiza una imagen por barrido sucesivo de una línea cada dos de forma alternativa (⇒ Fig.39).

Se diseña para ahorrarse la mitad del ancho de banda, pagando por ello algunos defectos poco visibles, como el parpadeo. Una trama, representada por las líneas negras, analiza las líneas impares y la otra trama, verde, analiza las líneas pares.

• Barrido progresivo

Este es el tipo de análisis de imagen utilizado en las tecnologías de la información. Funciona mostrando todas las líneas de una imagen al mismo tiempo (⇒ Fig.40).

Tiene la ventaja de eliminar el parpadeo y aportar una imagen estable, como se ve en la (⇒ Fig.41).

• Lentes

- Los montajes "C" y "CS" con un diámetro 25,4mm son los más utilizados en la industria.

- La distancia focal (f en mm) se calcula a partir de la altura del objeto a mostrar (H en mm), la distancia entre el objeto y la lente (D en m) y la altura de la imagen (h en mm): $f = D \times h/H$ (⇒ Fig.42). Existe, además, lo que se conoce como ángulo de campo = $2 \times \arctg(h/(2xf))$. Por tanto, cuanto más corta sea la distancia focal, mayor será el campo.

- El tipo de lentes se escoge, por tanto, de acuerdo con la distancia D y el tamaño del campo H.

□ Unidad de procesamiento

Su sistema electrónico tiene dos funciones: formatear la imagen y analizarla una vez mejorada.

6 - Adquisición de datos: detección

• Algoritmos de formateo de imagen

El preprocesado cambia el valor de la escala de grises de los píxeles. Su propósito es mejorar la imagen de tal manera que pueda ser analizada de forma efectiva y fiable. Las operaciones más comunes de preprocesado son:

- binarización,
- proyección,
- erosión/dilatación,
- apertura/cierra.

• Algoritmos de análisis de imagen

La tabla (⇐ Fig.43) muestra varios algoritmos de análisis de imagen.

Nótese que las operaciones de procesamiento de imagen previas al análisis se muestran en la columna "prerrequisitos".

Algorit.	Principio de funcionamiento y uso principal	Prerrequisitos	Ventajas	Limitaciones
Líneal	Contaje de píxeles y objetos. Presencia/ausencia y contaje.	Binarización y eventualmente ajuste de la exposición.	Muy rápido (<ms).	La binarización puede afectar la estabilidad de la imagen.
Ventana binaria	Contaje de píxeles. Presencia/ausencia, análisis superficial y chequeo de la intensidad.	Binarización y eventualmente ajuste de la exposición.	Rápido (ms).	La binarización puede afectar la estabilidad de la imagen.
Ventana esc. grises	Cálculo del nivel de escala de grises. Presencia/ausencia, análisis superficial y chequeo de la intensidad.	Ninguno.		
Borde binario	Localización de bordes en imagen binaria. Medida, presencia/ausencia y posicionamiento.	Binarización y eventualmente ajuste de la exposición.		Precisión máxima al píxel. La binarización puede afectar la estabilidad de la imagen.
Borde esc. grises	Localización de bordes en imagen escala grises. Medida, presencia/ausencia y posicionamiento.	Ninguno (eventualmente ajuste de la posición).	Precisión subpíxel posible. Proyección de escala de grises posible por preprocesado.	Requiere un reposicionamiento preciso.
Extrac. de forma	Contaje, detección de objetos, lectura de medidas y parámetros geométricos. Posicionamiento, reposicionamiento, medida, contaje e identificación	Binarización y eventualmente ajuste de la exposición.	Extracción de numerosos resultados. Polivalencia. Posibilidad de reposicionar a 360°.	Precisión máxima al píxel. La binarización puede afectar la estabilidad de la imagen. Lento (10-100 ms).
Comparac. avanzada	Reconocimiento de forma, posicionamiento, reposicionamiento, medida, selección, contaje e identificación.	Ninguno.	Fácil de implementar.	Límite reconocimiento a 30°. Lento (10-100 ms) si el modelo o la zona de búsqueda es importante.
OCR/OCV	Reconocimiento de caracteres (OCR) o verificación de caracteres y logos (OCV).	Especial atención al contraste de la imagen. Maximizar las dimensiones imagen.	Lectura de todo tipo de caracteres o logos por aprendizaje de una librería.	La estabilidad del marcaje se debe controlar en el tiempo.

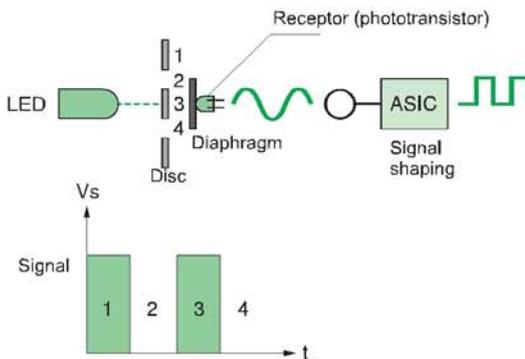
† Fig. 43 Algoritmos de análisis de imagen para sistemas de visión industrial

6 - Adquisición de datos: detección

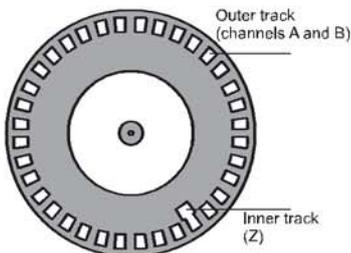
6.9 Encoder óptico



↑ Fig. 44 Ejemplo de un sensor óptico (de Telemecanique)



↑ Fig. 45 Principio de un encoder incremental



↑ Fig. 46 Vista de un disco graduado en un encoder incremental

■ Presentación de un encoder óptico

□ Constitución

Un encoder óptico rotativo es un sensor angular de posición que consta de un diodo electroluminiscente (LED), un receptor fotosensible, y un disco con una serie de zonas opacas y transparentes físicamente conectado por su eje al órgano de la máquina a controlar.

La luz emitida por los LEDs llega a los fotodiodos cuando ésta cruza las zonas transparentes del disco; en tal caso, los fotodiodos generan una señal eléctrica, que se amplifica y convierte en una señal de onda cuadrada antes de ser enviada a un sistema de procesamiento. Cuando el disco rota, la señal de salida del encoder coge una forma de señales de onda cuadrada sucesivas; esto se puede observar en la (⇒ Fig.44).

□ Principio de funcionamiento

La rotación de un disco graduado genera impulsos idénticos en la salida del sensor óptico, dependiendo del movimiento del objeto a controlar. La resolución, esto es, el número de impulsos por vuelta, corresponde al número de graduaciones en el disco o un múltiplo de este número. Cuanto más grande es este número, mayor es el número de medidas por vuelta, lo que permite conocer de forma más precisa el desplazamiento o la velocidad de la parte móvil de la máquina conectada al encoder.

Aplicación típica: máquina de corte longitudinal.

La resolución se expresa según

$$\frac{\text{distancia recorrida en 1 vuelta}}{\text{número de puntos}}$$

Por ejemplo, si la máquina de corte consta de un disco de 200mm de longitud de circunferencia, para obtener una precisión de 1 mm la resolución del encoder debe ser de 200 puntos. Para una precisión de 0,5mm la resolución debe ser de 400 puntos.

□ Implementación técnica (⇒ Fig.45)

La parte emisora consta de una triple fuente de luz con tres fotodiodos y tres LEDs (por temas de redundancia), con una vida útil de entre 10 y 12 años.

Un ASIC asociado al conjunto sensor óptico permite obtener señales de onda cuadrada después de la amplificación.

El disco está fabricado en polyflass (mylar-myca) para resoluciones de hasta:

- 2048 puntos para un diámetro de 40mm,
- 5000 puntos para un diámetro de 58mm,
- 10000 puntos para un diámetro de 90mm,

o vidrio para mayores resoluciones y frecuencias de lectura elevadas (hasta 300kHz).

■ Familias de encoders ópticos

Los fabricantes ofrecen una amplia oferta de productos para cubrir todas las aplicaciones industriales. Se dividen en dos grandes familias:

- encoders incrementales que detectan la posición de una parte móvil y controlan su desplazamiento incrementando o reduciendo los impulsos que éstos generan,
- encoders absolutos de posición que dan la posición exacta sobre una o varias vueltas.

Estas familias incluyen variantes como por ejemplo:

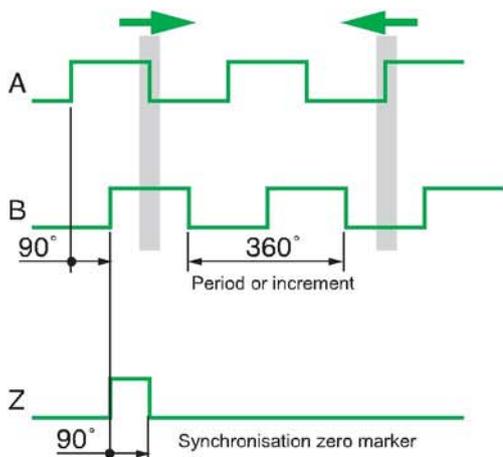
- encoders absolutos multivuelas,
- tacoencoders que proporcionan información sobre velocidad,
- tacómetros, donde se procesan datos para dar información sobre la velocidad.

Todos estos dispositivos utilizan técnicas similares. Difieren los unos de los otros en las "ventanas" del disco y en la manera de codificar o procesar la señal óptica.

□ Encoders incrementales (⇒ Fig.46)

Los encoders incrementales están diseñados para aplicaciones de posicionamiento de partes móviles y controlar su desplazamiento incrementando/reduciendo los impulsos que genera.

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 47 Principio de detección del sentido de rotación y de la "señal cero"

- El disco de un encoder incremental tiene dos tipos de pista:
 - una pista exterior (canales A y B) dividida en "n" intervalos de igual ángulo y alternativamente opacos y transparentes, siendo "n" la resolución o número de periodos. Dos fotodiodos desfasados detrás de esta pista generan señales de onda cuadrada A y B cada vez que el haz de luz cruza una zona transparente. El desfase eléctrico a 90° (1/4 de periodo) de las señales A y B define el sentido de rotación (⇒ Fig.47). Cuando se rota en un sentido, B es igual a 1; cuando A cambia de 0 a 1 se rota en sentido contrario y en este caso B es igual a 0,
 - una pista interior (Z) con una única ventana transparente. La señal Z, conocida como "señal cero", con un periodo de 90 grados eléctricos, está sincronizada con las señales A y B. Define una posición de referencia y permite la reinicialización en cada vuelta.

• Funcionamiento de los canales A y B

- Los encoders incrementales permiten tres niveles de precisión de funcionamiento:
- utilización de los frentes ascendentes sólo del canal A: funcionamiento sencillo, correspondiente a la resolución del encoder,
 - utilización de los frentes ascendentes y descendentes sólo del canal A: la precisión de funcionamiento se dobla,
 - utilización de los frentes ascendentes y descendentes de los canales A y B: la precisión de funcionamiento se cuadruplica (⇒ Fig.48).

• Eliminación de interferencias

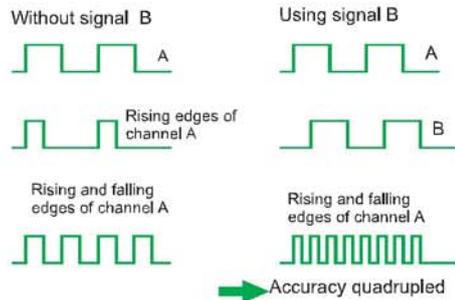
Cualquier sistema de conteo puede ser perturbado por la aparición de interferencias en la línea que se pueden interpretar como impulsos del encoder.

Para prevenir este riesgo, la mayoría de encoders incrementales generan señales complementarias de A, B y Z además de las señales regulares. Si el sistema de procesado se diseña de tal manera que sea compatible (por ejemplo, en control numérico NUM), estas señales complementarias se pueden usar para diferenciar entre impulsos del encoder e interferencias (⇒ Fig.49), para evitar que éstos últimos se contabilicen, o bien para reconstruir la señal emitida (⇒ Fig.50).

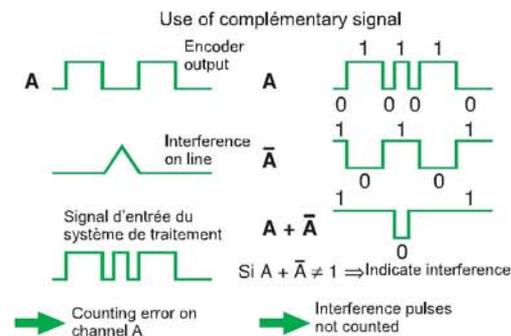
□ Encoders absolutos

• Principio de diseño

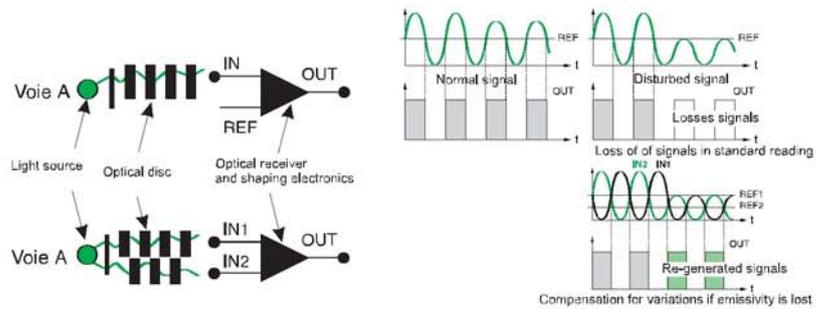
Los encoders incrementales están diseñados para aplicaciones de control del desplazamiento y de posicionamiento de un móvil, como ya se ha comentado.



↑ Fig. 48 Incremento de la precisión

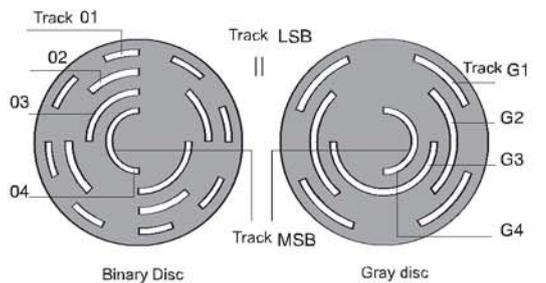


↑ Fig. 49 Eliminación de impulsos de interferencia



↑ Fig. 50 Reconstrucción de una señal perturbada

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 51 Discos grabados de un encoder absoluto

Estos encoders rotativos trabajan de forma similar a los sensores incrementales, pero difieren en su disco, que tiene varias pistas concéntricas divididas en segmentos iguales alternativamente opacos y transparentes (⇒ Fig.51). Un encoder absoluto genera continuamente un código que es la imagen real de la posición de la parte móvil a controlar.

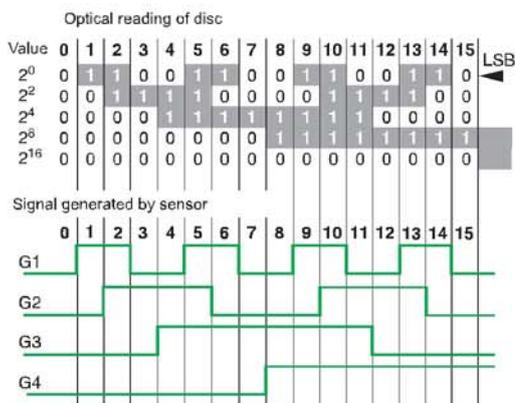
La primera pista interior es mitad opaca y mitad transparente. La lectura de esta pista permite determinar la localización de un objeto a la media vuelta más próxima (MSB: Most Significant Bit).

La siguiente pista, desde el interior hasta el exterior del disco, se divide en cuatro cuartos alternativamente opacos y transparentes. La lectura de la segunda pista combinada con la de la que la precede (la primera) determina en qué cuarto de vuelta se sitúa el objeto. Las siguientes pistas sirven para determinar de forma sucesiva en qué octavo, dieciseisavo, treintadosavo, etc. de vuelta se sitúa el objeto.

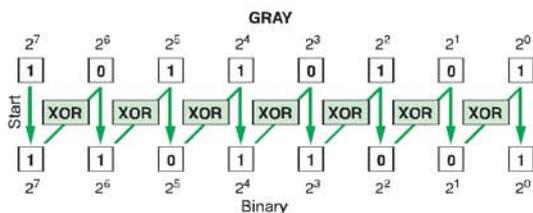
La pista exterior corresponde al bit menos significativo o de menor peso (LSB: Least Significant Bit).

El número de salidas paralelas es el mismo que el número de bits o de pistas del disco. La imagen del desplazamiento requiere tantos pares diodo/fototransistor como bits emitidos o pistas en el disco. La combinación de todas las señales en un momento dado permite conocer la posición de la parte móvil.

Los encoders absolutos emiten un código digital, imagen de la posición física del disco, donde un único código corresponde a una única posición. El código producido por los encoders rotativos absolutos o bien es binario natural (binario puro), o bien es binario reflejado, también conocido como código Gray (⇒ Fig.52).



↑ Fig. 52 Señal producida en código Gray por un encoder rotativo absoluto



↑ Fig. 53 Principio de conversión de Gray en binario

• Ventajas de los encoders absolutos

Los encoders absolutos tienen dos grandes ventajas respecto de los encoders incrementales:

- son insensibles a los fallos de alimentación, dado que al arrancar después de tal fallo el encoder suministra información sobre la posición angular real de la parte móvil que la puede utilizar el sistema de procesamiento de forma inmediata. Un encoder incremental debe reiniciarse antes de utilizar las señales,
- son insensibles a las interferencias en la línea. Las interferencias pueden alterar el código generado por un encoder absoluto pero automáticamente vuelve a la normalidad tan pronto como éstas desaparecen. En cambio, un encoder incremental las interferencias se consideran señales, salvo que se utilicen señales complementarias.

• Utilización de las señales

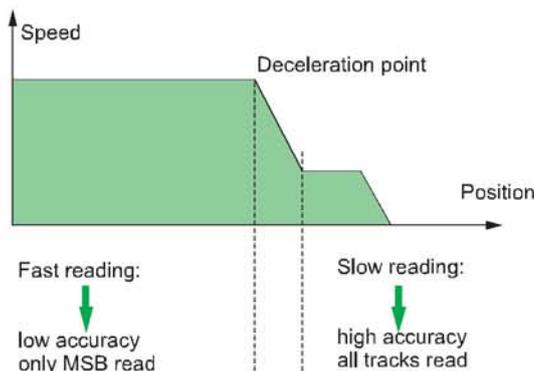
Para cada posición angular del eje, el disco proporciona un código, que puede ser binario o Gray:

- código binario puro. Se usa para efectuar las 4 operaciones aritméticas con números expresados en este código, por lo que los sistemas de procesado (autómatas) lo pueden usar de forma directa para efectuar cálculos. Sin embargo, presenta un inconveniente, y es que el hecho de tener varios bits que cambian su estado entre dos posiciones que puede dar lugar a una lectura ambigua. Para evitar esto, los encoders absolutos generan una señal de inhibición que bloquea las salidas a cada cambio de estado.
- el código Gray, en el que sólo un bit cambia su estado cada vez, evita esta ambigüedad. Pero para ser usado con un autómata, este código debe ser convertido antes a binario (⇒ Fig.53).

• Utilización de un encoder absoluto

En la mayoría de aplicaciones, la búsqueda de una mayor productividad requiere de movimientos rápidos, a gran velocidad, seguidos de deceleraciones para obtener un posicionamiento preciso.

Para conseguir este objetivo con tarjetas de E/S estándar, los MSBs deben ser controlados cuando la velocidad es elevada, de tal manera que la deceleración se realice en la media vuelta más cercana. (⇒ Fig.54).



↑ Fig. 54 Posición de una parte móvil en un eje

6 - Adquisición de datos: detección

□ Diferentes variantes de encoder

Existen diferentes variantes de encoder diseñadas para satisfacer todo tipo de requerimientos, como por ejemplo:

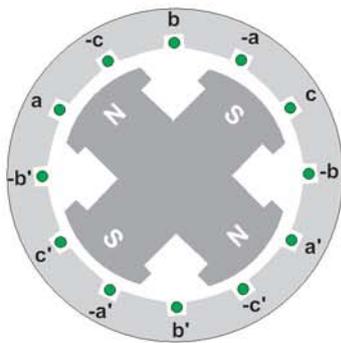
- encoders absolutos multivueeltas,
- tacoencoders y tacómetros,
- encoders de eje sólido,
- encoders de eje hueco,
- encoders de eje pasante.

□ Encoders con unidades de procesamiento

Los circuitos de entrada de las unidades de procesamiento o tratamiento deben ser compatibles con el flujo de información procedente de los encoders (⇒ Fig.55).

Unidad de tratamiento		Encoder			
		Incremental			Absoluto
		Frecuencia de la señal (kHz)			Conexión paralelo
		≤ 0,2	≤ 40	> 40	
Aut. programable	Entradas digitales	X			X
	Contaje rápido Tarjetas de eje	X	X		
Control digital		X	X	X	
Microordenador	Entradas paralelo				X
Tarjetas especiales		X	X	X	X

↑ Fig. 55 Principales tipos de unidades de tratamiento utilizadas en la industria



↑ Fig. 56 Esquema de un alternador tacométrico

■ Sensores de velocidad

Los encoders descritos anteriormente son capaces de dar información sobre la velocidad mediante un tratamiento adecuado de la señal de salida.

Esta descripción no sería completa si no se mencionaran los sensores de velocidad analógicos. Éstos se utilizan mayoritariamente para el control de la velocidad y en particular en variadores de velocidad para motores de CC. Para funcionar con convertidores de frecuencia en bucle cerrado, los variadores de velocidad modernos usan un sensor de velocidad virtual, que usa las medidas eléctricas del variador para recalcular la velocidad real de la máquina.

□ Alternador tacométrico

Este sensor de velocidad (⇒ Fig.56) consta de un estator bobinado y de un rotor con imanes permanentes.

Esta configuración es similar a la de un alternador.

La rotación induce tensiones alternas en los devanados del estátor.

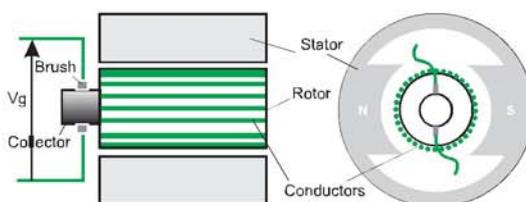
La amplitud y la frecuencia de la señal generada está directamente relacionada con la velocidad de rotación.

El usuario puede usar tanto la tensión (valor eficaz o rectificado) como la frecuencia para controlar o establecer la velocidad.

El sentido de rotación se puede detectar fácilmente utilizando el desplazamiento de fase existente entre devanados.

□ Dinamo tacométrica

Este sensor de velocidad consta de un estator con un devanado fijo y de un rotor con imanes permanentes. El rotor está equipado con un colector y unas escobillas (⇒ Fig.57).



↑ Fig. 57 Esquema de una dinamo tacométrica

6 - Adquisición de datos: detección

Esta configuración es similar a la de un generador de CC.

El colector y el tipo de escobillas usadas se escogen para limitar los picos de tensión y la discontinuidad de ésta con el paso de las escobillas. Puede funcionar en un amplio rango de velocidades.

La rotación induce una CC donde la polaridad depende del sentido de rotación, y la amplitud es proporcional a la velocidad.

La amplitud y la polaridad se usan para controlar o establecer la velocidad.

La tensión producida por este tipo de sensor va desde 10V hasta 60V por cada 1000rpm y puede, en algunas dinamos, ser programada por el usuario.

□ Sensores de reluctancia variable

Un esquema de este tipo de sensor se puede ver en la [figura 58](#).

El núcleo magnético de la bobina detectora está sujeta al flujo de inducción de un imán permanente; se sitúa de cara a un disco (rueda polar) o de una pieza rotativa ferromagnética.

La sucesión de discontinuidades magnéticas (dientes, pistas, agujeros) que lleva el disco o la pieza rotativa provoca una variación periódica de la reluctancia del circuito magnético de la bobina, que induce en él una tensión de frecuencia y amplitud proporcionales a la velocidad de rotación.

La amplitud de la tensión depende de:

- la distancia entre la bobina y la pieza,
- la velocidad de rotación: en principio, es proporcional a esta velocidad; a bajas velocidades la amplitud puede ser muy baja como para ser detectada: por debajo de un límite de velocidad, el sensor no funcionará.

El rango de medida depende del número de discontinuidades magnéticas que tiene la parte rotativa. La velocidad mínima que puede ser medida cae a medida que el número de discontinuidades aumenta. Análogamente, la velocidad máxima que puede ser medida aumenta a medida que el número de discontinuidades disminuye, debido a la dificultad de procesar señales de alta frecuencia. En un rango de velocidades de entre 50rpm y 500rpm se necesitará una rueda de 60 dientes, mientras que entre 500rpm y 10.000rpm será una de 15.

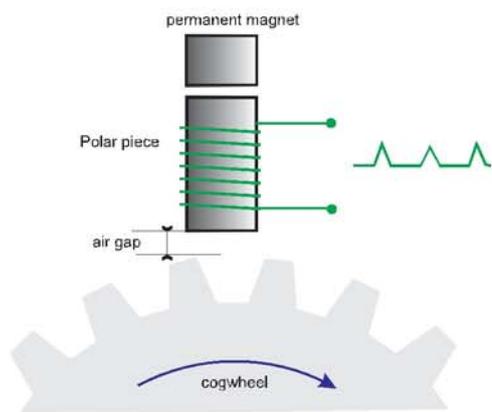
El tacómetro de corrientes de Foucault es muy similar y se puede usar con una pieza móvil de metal no-ferromagnético.

El conjunto bobina-imán permanente se sustituye por un circuito oscilante. La bobina, que es la cabeza de medición, forma la inductancia L del circuito de ajuste del oscilador de onda sinusoidal. Las características L y R de la bobina varían a medida que un conductor metálico se aproxima.

Cuando una rueda dentada situada delante de la bobina está rotando, cada diente que pasa interrumpe el oscilador cosa que es detectada, por ejemplo, debido a la alteración en su corriente de alimentación.

Dado que la señal correspondiente a la frecuencia proporcional a la velocidad y su amplitud no está determinada en este caso por la velocidad de rotación, es independiente de ella. Ello significa que este tipo de sensor se puede usar a bajas velocidades.

Además, se puede usar para medir valores de velocidad por encima de un rango determinado -y por debajo-, como un "detector de aplicaciones inductivas para el control de la rotación" de Telemecanique XSAV, XS9, etc.



↑ Fig. 58 Esquema de un sensor reluctancia variable

6 - Adquisición de datos: detección

6.10 Detectores para control de presión



↑ Fig. 59 Ejemplos de detectores de presión (de Telemecanique),
a: XML-B interruptor de presión electromecánico
b: XML-F interruptor de presión electrónico
c: XML-G transmisor de presión

■ ¿Qué es la presión?

La presión es el resultado de una fuerza aplicada sobre una superficie. Si P es la presión, F la fuerza y S la superficie, obtenemos la relación $P=F/S$.

La Tierra está rodeada de una capa de aire que tiene una determinada masa y, por lo tanto, ejerce una presión conocida como "presión atmosférica" igual a 1 bar a nivel del mar.

La presión atmosférica se expresa en hPa (hectopascal) o mbar (milibar), siendo 1hP = 1mbar.

La unidad internacional de presión es el Pascal (Pa): $1 Pa = 1N/1m^2$

Una unidad más práctica es el bar: $1bar = 105Pa = 105N/m^2 = 10N/cm^2$

Los interruptores de presión, los interruptores de vacío y los transmisores de presión se usan para supervisar, controlar o medir la presión o el vacío en circuitos hidráulicos y neumáticos.

Los interruptores de presión y los interruptores de vacío convierten un cambio en la presión en una señal eléctrica todo o nada cuando se alcanzan los puntos de consigna indicados. Pueden ser electromecánicos o electrónicos (⇒ Fig.59).

Las transmisores de presión (también llamados sensores analógicos), que usan tecnología electrónica, convierten la presión en una señal eléctrica proporcional.

■ Detectores para control de presión

□ Principio de funcionamiento

Los dispositivos electromecánicos utilizan el movimiento de un diafragma, pistón o fuelle para actuar mecánicamente sobre contactos eléctricos (⇒ Fig.60).

Los detectores electrónicos de Telemecanique están equipados con una célula cerámica piezo-resistiva (⇒ Fig.61). La distorsión provocada por la presión se transmite a las resistencias "de capa gruesa" del puente de Wheatstone, que está serigrafiado sobre el diafragma cerámico. La variación de la resistencia se procesa a través de la electrónica integrada para proporcionar una señal todo o nada o una señal proporcional a la presión (por ejemplo 4-20mA, 0-10V, etc.).

El control o medida de la presión es el resultado de la diferencia entre las presiones predominantes a ambos lados del elemento bajo presión. Dependiendo de la presión de referencia, se utiliza la siguiente terminología:

Presión absoluta: medida de la presión en relación con un volumen sellado, usualmente el vacío.

Presión relativa: medida de la presión en relación con la presión atmosférica.

Presión diferencial: medida de la presión por diferencia entre dos valores de presión.

Nótese que los contactos eléctricos de salida pueden ser:

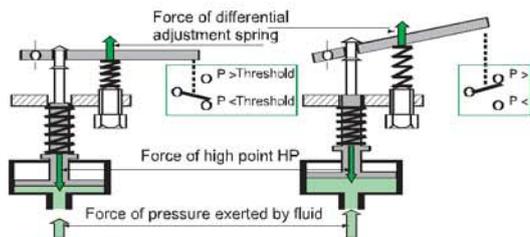
- de potencia, bipolares o tripolares, para controlar directamente motores monofásicos y trifásicos (bombas, compresores, etc.),
- o estándar, para controlar bobinas de contactores, relés, electroválvulas, entradas de autómatas, etc.

□ Terminología (⇒ Fig.62)

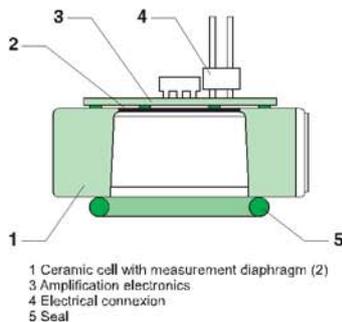
• Terminología general

- Rango de funcionamiento

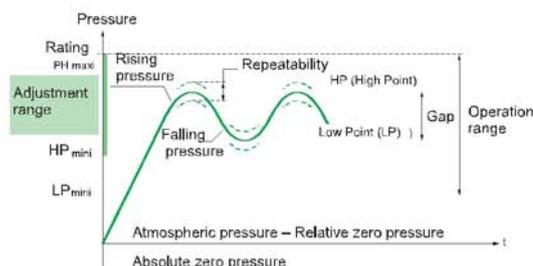
El intervalo definido por el valor mínimo de ajuste del "punto bajo" (LP) y el valor máximo de ajuste del "punto alto" (HP) para interruptores de presión y de vacío. Corresponde al rango de medida para los transmisores de presión (también llamados sensores analógicos). Nótese que las presiones que se indican en el dispositivo están basadas en la presión atmosférica.



↑ Fig. 60 Principio de un detector electromecánico (de Telemecanique)

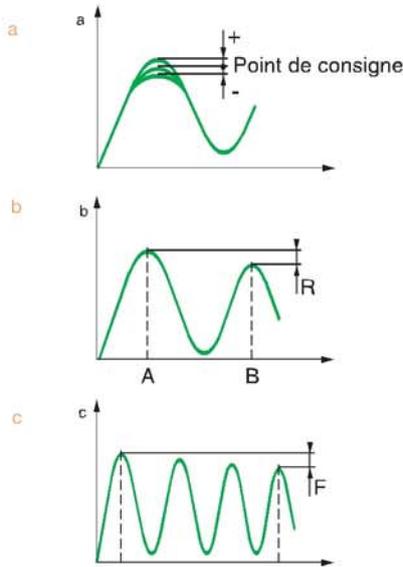


↑ Fig. 61 Sección de un detector de presión electromecánico



↑ Fig. 62 Terminología

6 - Adquisición de datos: detección



↑ Fig. 63 Terminología electromecánica

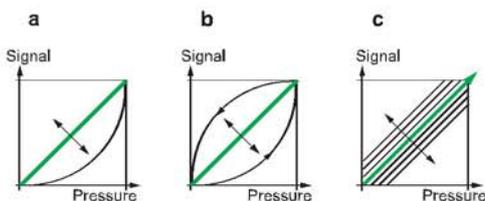
- **Calibre**
Es el máximo valor del rango de funcionamiento para interruptores de presión.
Es el mínimo valor del rango de funcionamiento para interruptores de vacío.
- **Valor máximo de ajuste del "punto alto" (HP)**
Es el valor máximo de presión de un interruptor de presión o de un interruptor de vacío en el cual el interruptor cambiará de estado su salida cuando la presión aumente.
- **Valor mínimo de ajuste del "punto bajo" (LP)**
Es el valor mínimo de presión de un interruptor de presión o de un interruptor de vacío en el cual el interruptor cambiará de estado su salida cuando la presión disminuya.
- **Diferencial**
Es la diferencia entre HP y LP.
- **Dispositivos de diferencial fijo**
El punto bajo (LP) está directamente relacionado con el punto alto (HP) a través del diferencial.
- **Dispositivos de diferencial ajustable**
El diferencial se puede ajustar para establecer el punto bajo (LP).

• Terminología electromecánica (⇒ Fig. 63)

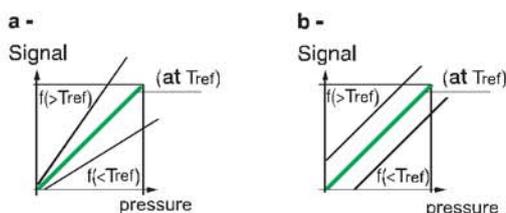
- **Precisión de visualización del punto de consigna (⇒ Fig. 63a)**
Es la tolerancia entre el valor del punto de consigna visualizado y el valor real en el cual se activa el contacto. Para un punto de consigna preciso (primera instalación de un producto), se utiliza la referencia de un aparato de calibración (manómetro, etc.).
- **Repetibilidad (R) (⇒ Fig. 63b)**
Es la variación del punto de funcionamiento entre dos maniobras sucesivas.
- **Deriva (F) (⇒ Fig. 63c)**
Es la variación del punto de funcionamiento durante todo el ciclo de vida del dispositivo.

• Terminología electrónica

- **Rango de medida (RM) del transmisor.** Va desde 0 bar hasta la presión que corresponde a su calibre.
- **Precisión:** comprende linealidad, histéresis, repetibilidad y ajuste de tolerancias. Se expresa como un porcentaje del rango de medida del transmisor (es decir, % RM).
- **Linealidad:** es la diferencia más importante entre la curva real y la curva nominal del transmisor (⇒ Fig. 64a).
- **Histéresis:** es la diferencia más importante entre la curva de aumento y la curva de caída de la presión (⇒ Fig. 64b).
- **Repetibilidad:** es la banda de dispersión máxima obtenida por variación de la presión en condiciones específicas (⇒ Fig. 64c).
- **Tolerancias de ajuste:** son las tolerancias para el ajuste del punto zero y para el ajuste de la sensibilidad especificadas por el fabricante (pendiente de la curva de la señal de salida del transmisor).
- **Deriva de la temperatura**
La precisión del detector de presión es siempre sensible a la temperatura de funcionamiento. Es proporcional a ésta y se expresa como un porcentaje del rango de medida del transmisor por grado centígrado de temperatura %MR/°C.
- **Deriva de la sensibilidad y del punto cero (⇒ Fig. 65a et b)**



↑ Fig. 64 Terminología electromecánica y electrónica:
a/ linealidad
b/ histéresis
c/ repetibilidad



↑ Fig. 65 Deriva:
a/ de la sensibilidad
b/ del punto cero

6 - Adquisición de datos: detección

- Presión máxima permitida en cada ciclo (Ps)

Es la presión máxima que un detector puede soportar en cada ciclo sin efectos adversos sobre su vida útil. Es igual a 1,25 veces el valor nominal como mínimo.

- Presión máxima permitida accidentalmente

Es la presión máxima, excluyendo picos de presión, que un detector puede soportar ocasionalmente sin causar daños sobre el dispositivo.

- Presión de ruptura

Es la presión más allá de la cual el detector corre el riesgo de presentar una fuga, o incluso un fallo mecánico grave.

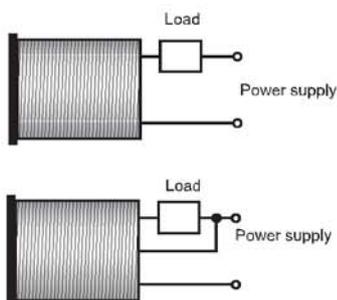
Todas estas definiciones de presión son esenciales para elegir el sensor adecuado para una aplicación, en particular para asegurar que pueden ser usados en circuitos hidráulicos donde ocurren importantes fenómenos transitorios, como el golpe de ariete.

□ Otras características de los detectores de presencia

Este documento ha descrito la gama de tecnologías de detección, cada una de las cuales con sus propias ventajas y limitaciones.

Existen otros criterios a considerar a la hora de elegir. Éstos se pueden ver en las tablas de elección en los catálogos del fabricante. Destacan las siguientes como las más relevantes:

- Las características eléctricas,
- Las restricciones en lo que a condiciones ambientales se refiere,
- Las posibilidades de uso y la facilidad de funcionamiento.



↑ Fig. 66 Conexión con dos y con tres cables

■ Criterios de elección

A continuación se dan una serie de ejemplos de criterios que, si bien no se centran en la función básica, son ventajosos para la implementación y el funcionamiento del dispositivo.

□ Características eléctricas

- Tensión de alimentación, CA o CC, el rango de la cual varía.
- Técnicas de conmutación de la carga, con dos o con tres cables (⇒ Fig.66).

Técnica con dos cables: el detector es alimentado en serie con la carga, por lo que está sujeto a una corriente residual en estado abierto y a una caída de tensión en estado cerrado. La salida puede ser normalmente abierta o normalmente cerrada (NA/NC). La intensidad máxima de la corriente de conmutación en la salida CA o CC puede ser mayor o menor, con o sin protección contra cortocircuitos.

Técnica con tres cables: el detector tiene dos cables para la alimentación y uno para transmitir la señal de salida (o más para productos con más de una salida). La salida puede ser de tipo transistorizada PNP o NPN.

Ambas técnicas son usadas por muchos fabricantes, pero es importante prestar atención a las corrientes residuales y a las caídas de tensión en los terminales del detector: valores bajos aseguran una mayor compatibilidad con todo tipo de carga.

□ Condiciones ambientales

- Eléctricas:
 - inmunidad a interferencias de línea,
 - inmunidad a interferencias de radio,
 - inmunidad a descargas eléctricas,
 - inmunidad a descargas electroestáticas.

- Térmicas:

Generalmente de -25 a +70°C si bien en algunos casos puede ir de -40 a +120°C.

- Humedad y polvo:

Grado de protección de la carcasa exterior: por ejemplo IP68 para trabajar bajo aceite de corte en máquinas herramienta.

6 - Adquisición de datos: detección

□ Posibilidades de uso y facilidad de funcionamiento:

- forma geométrica (cilindro o paralelepípedo),
- carcasa de metal/plástico,
- posibilidad de montaje en un armazón metálico,
- dispositivos de fijación,
- conexionado mediante cable o conector,
- funciones de autoaprendizaje.

6.11 Conclusión

■ ¿Qué traerá el futuro?

Las prestaciones de los sensores electrónicos mejorarán con el desarrollo de la electrónica, en relación tanto con las características eléctricas de los componentes como con sus dimensiones.

Con el boom de las telecomunicaciones (Internet, teléfonos móviles), las frecuencias de funcionamiento en la electrónica han aumentado desde centenares de MHz hasta GHz. Esto facilitará la medida de la velocidad de propagación de la onda y evitará problemas con fenómenos físicos locales. Además, tecnologías como Bluetooth y Wi-Fi han abierto la vía a sensores wireless con conexiones via radio a frecuencias de alrededor de 2,4GHz.

El procesado digital de la señal es otra ventaja de la electrónica moderna: el coste decreciente de los microcontroladores significa que los sensores simples se pueden equipar con funciones avanzadas (ajuste automático a las condiciones ambientales con la detección de humedad, humo u objetos metálicos cercanos, sensores inteligentes con capacidad de autocontrol).

Este progreso técnico hará que los sensores electrónicos se ajusten mejor a los requerimientos iniciales y sea más fácil adaptarlos a cambios en el proceso, sin una alteración significativa en el precio. Pero tal innovación requiere una inversión importante que sólo los grandes fabricantes de sensores están dispuestos a hacer.

■ La importancia de los sensores

Todos los diseñadores y usuarios de sistemas automatizados, desde una puerta de garaje ordinaria hasta una línea de producción, saben que el buen funcionamiento de un sistema automatizado depende de los detectores que contribuyen a:

- la seguridad de las personas y las cosas,
- la fiabilidad de los procesos industriales,
- la optimización en el control del equipamiento industrial,
- el control de los costes de funcionamiento.

Estos detectores tienen sin embargo unos requerimientos en lo que se refiere a su implementación y uso, que son inherentes a sus tecnologías tal y como se ha descrito en esta guía.

Esta descripción debería ayudarle a una mejor comprensión de los límites de funcionamiento y los ajustes necesarios para todos estos sensores.

■ La elección adecuada

Es esencial consultar los catálogos de los fabricantes para asegurar la elección del detector adecuado.

Hay que indicar que algunos catálogos proporcionan consejos prácticos basándose en la experiencia de expertos con los que sólo los grandes fabricantes, como Schneider Electric, pueden contar.

6 - Adquisición de datos: detección

6.12 Guía de elección de la tecnología

Objeto detectado	Distancia detección	Ambiente	Tecnología	Características principales	Ventajas
Piezas indeformables	Por contacto entre 0 y 400 mm (por palanca)	Todo tipo	Mecánica	Contacto electromecánico	Intuitivo, contacto seco de gran potencia Contacto positivo
Piezas metálicas	--> 60mm		Inductiva	Discreto estático o analógico	Robusto. Hermético. Resist. perturbaciones
Imanes	--> 100mm		Magnética	Contacto Reed	Detecta a través de metales no-férricos
Todo tipo de piezas	--> 300m	Sin polvo Sin fluidos	Fotoeléctrica	Discreto estático o analógico	Gran alcance Detecta todo tipo de objetos
	--> 60 mm	Seco	Capacitiva		Detecta a través de todo tipo de sustancias no-conductoras
	--> 15m	Sin ruidos fuertes (ondas de choque) Sin vapor	Ultrasonidos		Robusto. Detecta sust. transparentes y polvos
Etiqueta electrónica, libros, piezas, etc.	Escasos metros	Sensible al metal	Radiofrecuencia	Información digital	Etiqueta lectura/esc. y trazabilidad
	--> 1m	Requiere iluminación específica	Óptica	Algoritmo de reconocimiento Información digital o analógica	Detecta presencia, forma y colores

↑ Fig. 67 Tabla de elección

