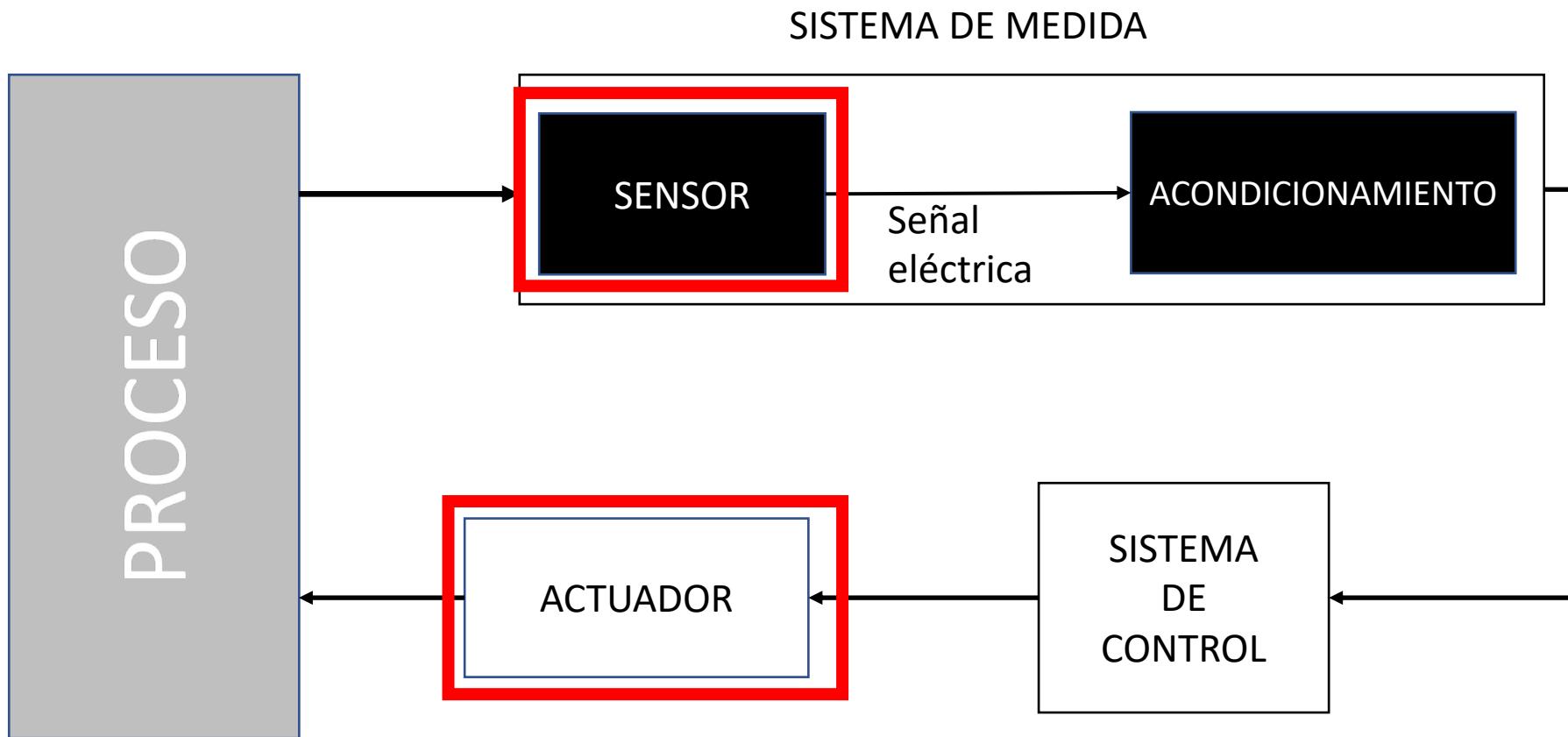


# Tema 5. Sensores y actuadores

AUTOMATIZACIÓN . CURSO 2022-2023

Fernando R. Pardo Seco – fernando.pardo@usc.es

# Introducción



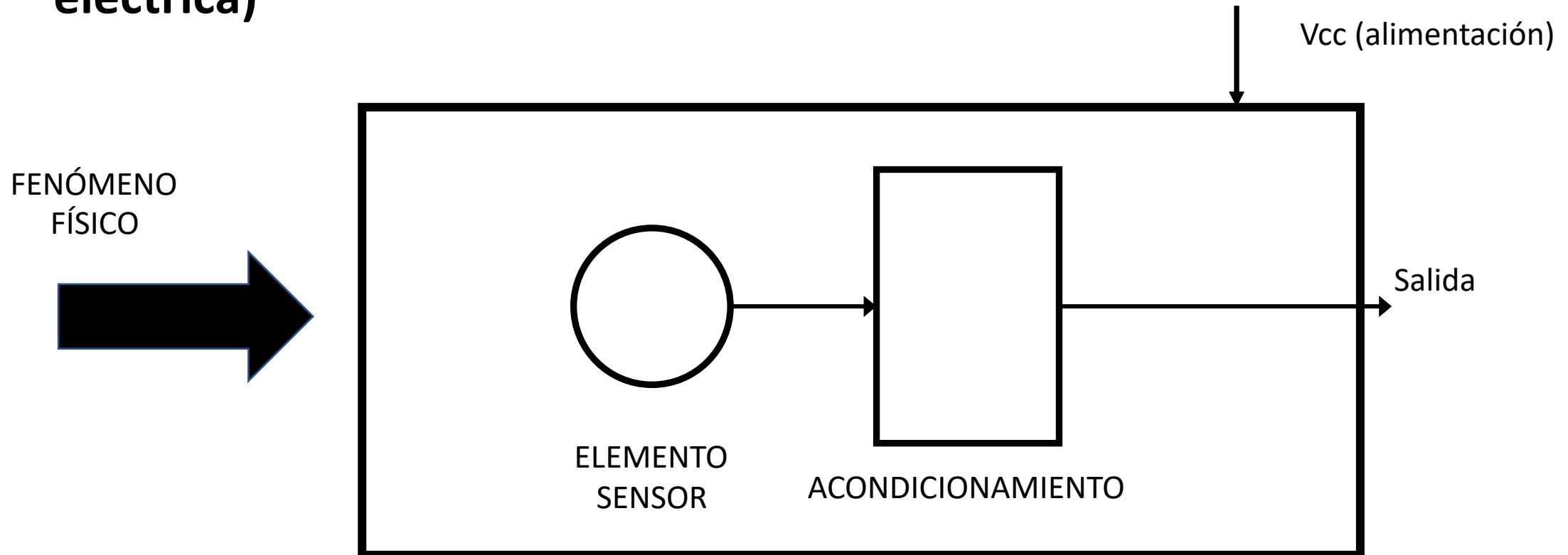
# Introducción

- **Sistemas en lazo cerrado:** Es necesario introducir elementos que permitan medir la salida para reducir el error con respecto a la señal de entrada o referencia: **SENSORES**.
- **Actuar sobre el proceso:** Son necesarios **accionamientos** para actuar sobre el proceso según las indicaciones del sistema de control. Normalmente la energía requerida para actuar sobre el proceso no es proporcionada por el sistema de control.
- **Pre-accionamiento:** Elementos intermedios entre el sistema de control del que reciben una señal y el actuador (parte de potencia) que efectúa una acción sobre el proceso (amplificación y/o conversión)

# SENSORES

# Sensores

- Estructura típica de un transductor eléctrico (genera una señal eléctrica)



# Sensores

- **Captador:** Convierte la variación de una magnitud física en una variación de una señal eléctrica.
- **Acondicionador:** Se realiza todas o alguna de estas etapas:
  - Filtrado de la señal
  - Corrección
  - Conversión
  - Amplificación
- **Sensores industriales:** Son sensores preparados para funcionar en ambientes hostiles (alta temperatura, polvo, humedad, etc.)

# Sensores

- **Tipos de sensores principio de funcionamiento:**
  - Pasivos: Requieren de alimentación para su funcionamiento (termoresistivos)
  - Activos: No necesitan alimentación para su funcionamiento, la propia magnitud a medir proporciona la energía para su funcionamiento (p. ej. piezoeléctrico, termoeléctrico). Suelen necesitar un circuito amplificador.

# Sensores

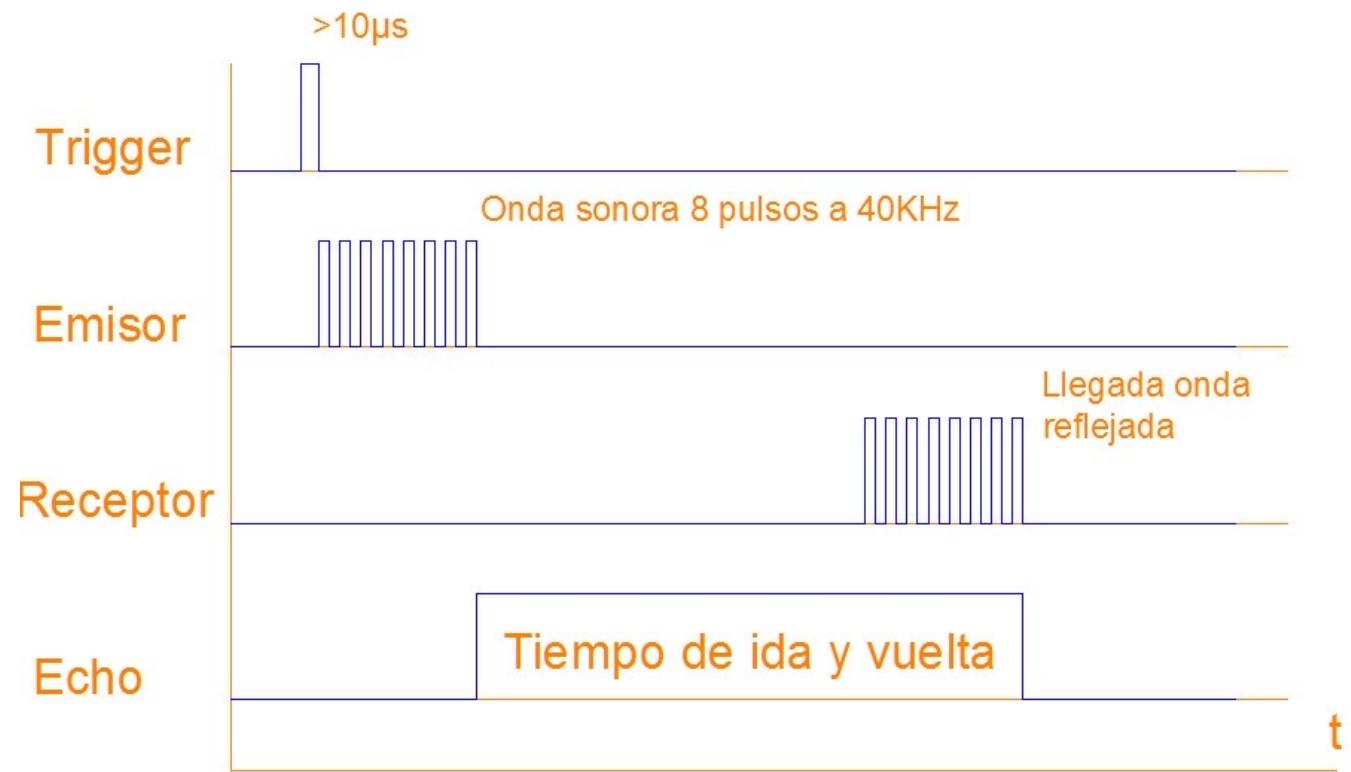
## Clasificación de los sensores según el principio de funcionamiento

- Activos
  - Piezoeléctricos
  - Fotoeléctricos u optoeléctricos
    - Fotoemisivos
    - Fotovoltaicos
  - Termoeléctricos (Termopares)
  - Magnetoeléctricos
    - Electromecánicos
    - Semiconductores
  - Otros
- Resistivos (Resistencia variable)
  - Potenciométricos
  - Termorresistivos
  - Fotorresistivos
  - Extsiométricos
    - Magnetoresistivos
  - Electroquímicos
- Capacitivos (Capacidad variable)
- Inductivos (inductancia variable)
  - Reluctancia variable
  - Magnetoestritivos
  - Transformador variable
- Otros

Fuente: *Sistemas de automatización y autómatas programables*

# Sensores

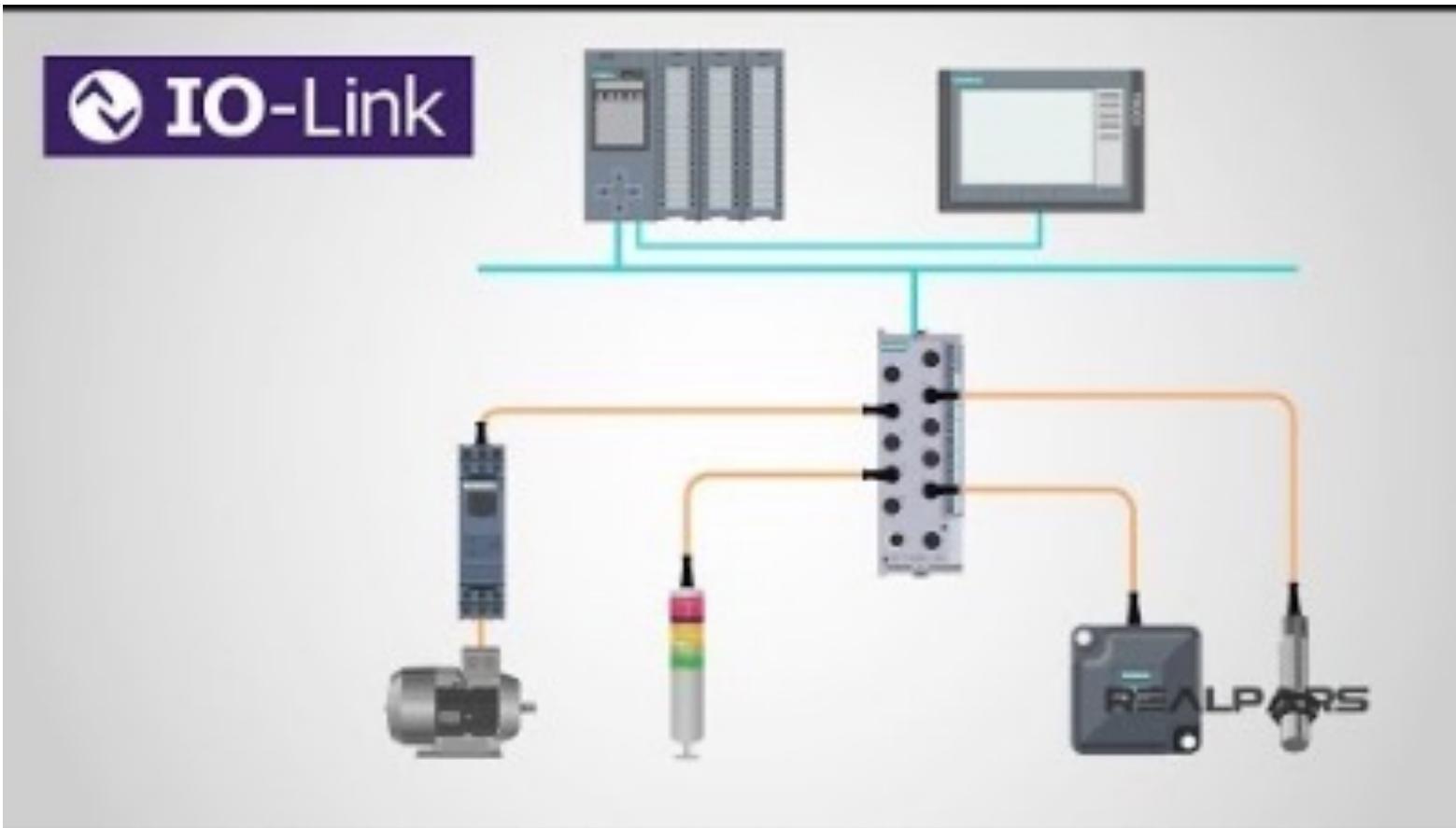
- **Tipos de sensores según tipo de señal eléctrica:**
  - Analógicos: Señal de salida en forma de corriente o tensión continua (0 a 10 V, 1 a 5 V, -5 a 5 V, -10 V a 10 V, -20 a 20 mA, 4 a 20 mA, 0 a 20 mA)
  - Digitales: Proporcionan una señal digital codificada. Lógica positiva o negativa
  - Temporales: Proporcionan una salida en la que la información sobre la magnitud a medir está asociada a un parámetro temporal (sensor ultrasonidos)



# Sensores

- **Tipos de sensores según rango de valores:**
  - **De medida:** Proporcionan a la salida el valor correspondiente a la magnitud medida.
  - **Todo/nada (on/off):** Detectan únicamente si la magnitud de entrada está por encima o debajo de un cierto valor. Proporcionan una señal binaria (1 ó 0) (sensor nivel presión o temperatura por encima de un valor o detectores de proximidad).
- **Tipos de sensores según nivel de integración:**
  - **Discretos:** acondicionamiento se realiza mediante componentes electrónicos separados
  - **Integrados:** Sensor y acondicionador en un mismo circuito integrado
  - **Inteligentes (IO-LINK):** Capacidad de comunicación, cálculos numéricos, autocalibración, autodiagnóstico, etc.

# Sensores



[https://www.youtube.com/watch?v=g-Ma\\_e65bHc&t=8s&ab\\_channel=RealPars](https://www.youtube.com/watch?v=g-Ma_e65bHc&t=8s&ab_channel=RealPars)

# Sensores

- **Tipos de sensores según función de transferencia (relación entre la entrada y la salida):**
  - **Lineales:** Orden cero ( $y=k \cdot x$ ), orden uno (E.D. primer orden), orden dos (E.D. segundo orden)
  - **No lineales:** Relación no lineal entre entrada y salida (p. ej. NTC)

# Sensores

- **Tipos de sensores según variable física medida:**
  - Posición lineal o angular (desplazamiento): Potenciómetro, Encoder, Resolver
  - Velocidad lineal o angular: Dínamo tacométrica, encoder, detector inductivo
  - Aceleración: acelerómetro
  - Presión: membrana+detector de desplazamiento, piezoeléctrico
  - Caudal: de turbina, magnético
  - Temperatura: termopar, PT, NTC, PTC, bimetálicos
  - Presencia: mecánicos, inductivos, capacitivos, ópticos, ultrasónicos
  - Distancia: magnéticos, ópticos, ultrasonidos.
  - Visión artificial: Cámaras de vídeo y procesado imagen

## Clasificación de los sensores

- Según el principio de funcionamiento

Activos (*Active or self generating*)

Pasivos (*Passive or modulating*)

- Según el tipo de señal eléctrica que generan

Analógicos (*Analog*)

Digitales (*Digital*)

Temporales (*Timing*)

- Según el rango de valores que proporcionan

De medida (*Measurement*)

Todo-Nada (*On-Off*)

- Según el nivel de integración

Discretos (*Discrete*)

Integrados (*Integrated*)

Inteligentes (*Smart*)

- Según el tipo de variable física medida

# Sensores

Principio de funcionamiento	Variable física medida									
	POSICIÓN	DESPLAZAMIENTO	VELOCIDAD	ACELERACIÓN	TAMAÑO	NIVEL	PRESIÓN	FUERZA	PROXIMIDAD	TEMPERATURA
MICRORRUPTORES	X									
FINALES CARRERA	X				X					
EXTENSIOMÉTRICOS	X	X	X	X			X	X		
TERMORRESISTIVOS									X	
MAGNETORRESISTIVOS	X	X	X							
CAPACITIVOS	X	X		X		X	X	X	X	
INDUCTIVOS	X	X	X	X			X	X	X	
OPTOELECTRÓNICOS	X	X	X						X	
PIEZOELÉCTRICOS		X	X	X			X	X		
FOTOVOLTÁICOS										X
ULTRASÓNICOS	X					X				

Fuente: *Sistemas de automatización y autómatas programables*

# Características de los sensores

## GRADO DE PROTECCIÓN: IPXX

1 <sup>a</sup> Cifra	Protección de impurezas	2 <sup>a</sup> Cifra	Protección del agua
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protección contra la penetración de elementos de >50 mm. de diámetro.	1	Protección contra el goteo vertical del agua.
2	Protección contra la penetración de elementos de >12,5 mm. de diámetro.	2	Protección contra el goteo inclinado del agua, máximo 15º.
3	Protección contra la penetración de elementos de >2,5 mm. de diámetro.	3	Protección contra el agua proyectada de cualquier dirección, agua rociada, máximo 60º.
4	Protección contra la penetración de elementos de >1 mm. de diámetro.	4	Protección contra salpicaduras de agua en cualquier dirección.
5	La penetración de polvo no se impide por completo pero la cantidad que logra penetrar permite el correcto funcionamiento.	5	Protección contra chorros de agua.
6	Estanco al polvo	6	Protección contra fuertes chorros de agua.
		7	Protección contra la inmersión eventual.
		8	Protección contra la inmersión prolongada.

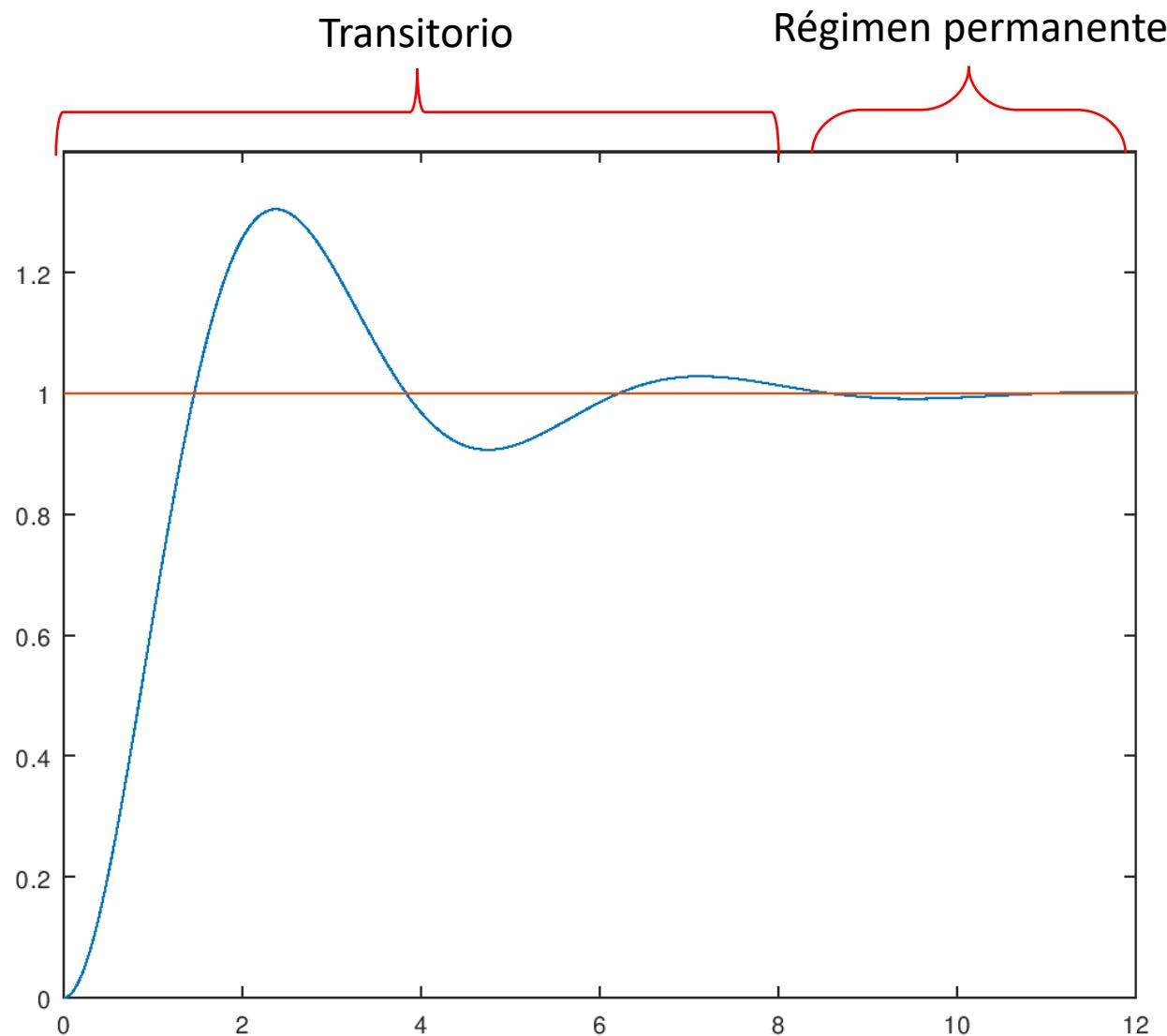
# Características de los sensores

- **Características estáticas:**

Comportamiento del sensor en régimen permanente (estado estacionario) o ante cambios muy lentos de la magnitud a medir.

- **Características dinámicas:**

Comportamiento del sensor ante variaciones de la magnitud a medir (respuesta transitoria).

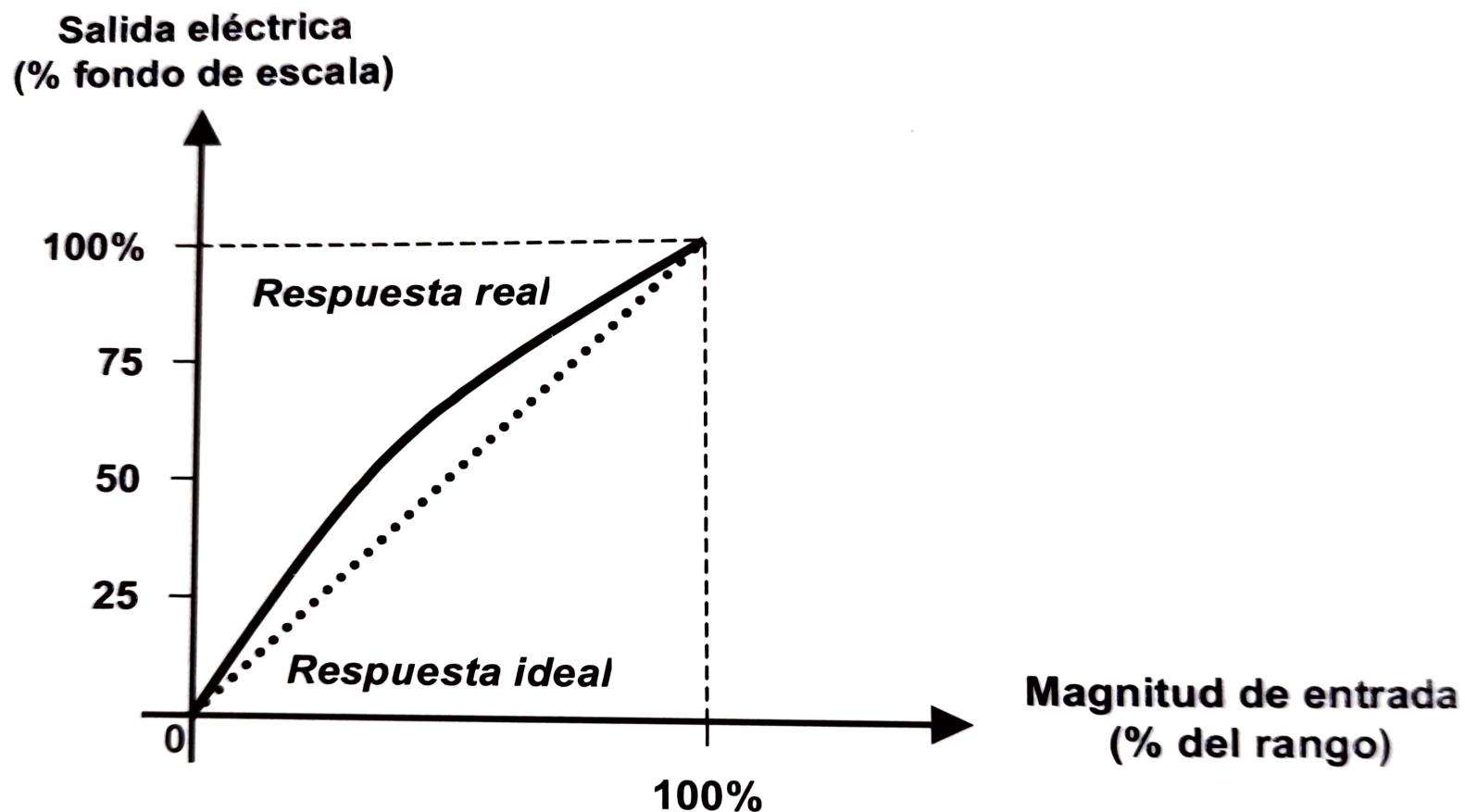


# Características de los sensores. Estáticas

- **Campo o rango de medida:** Rango de medida de la magnitud de entrada comprendidos entre el máximo y el mínimo (0 a 5cm,  $\pm 45$  °C, 20 a 80 °C). El valor máximo que se puede medir se llama **salida a fondo de escala**.
- **Umbral:** mínimo valor de la entrada para producir un valor de salida no nulo.
- **Resolución:** Cambio más pequeño en la salida cuando varía la señal de entrada. Capacidad para discernir cambios en la entrada. Se suele expresar en % del valor a fondo de escala. En un sensor digital se indican el número de bits

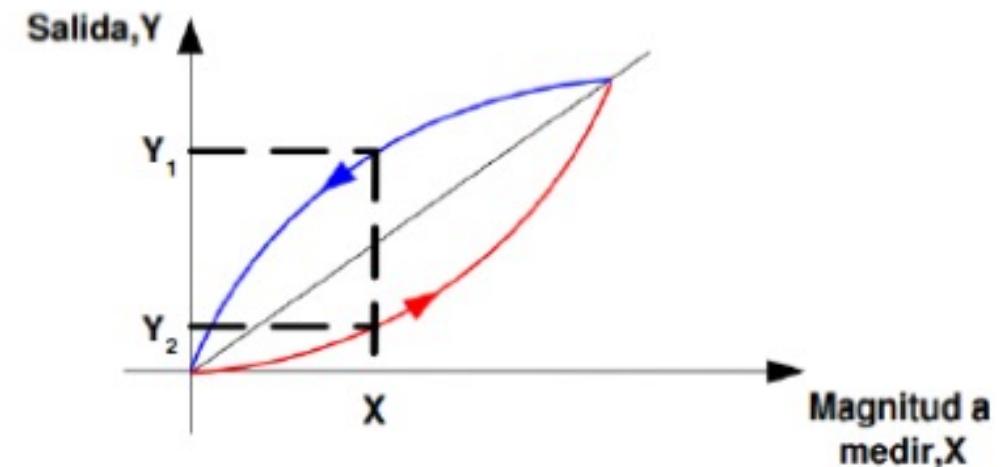
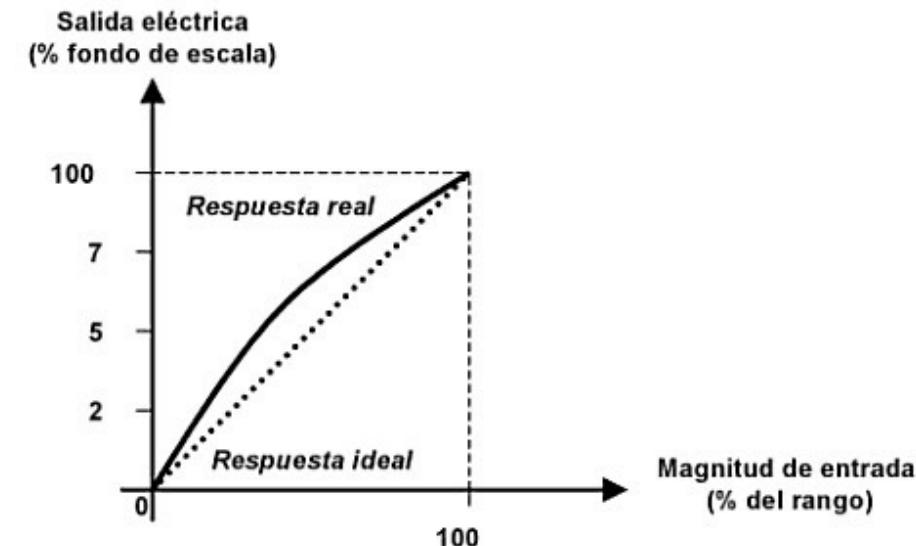
# Características de los sensores. Estáticas

- **Calibración:** Proceso para ajustar la salida del sensor a su rango de medida para que coincida con una serie de valores conocidos



# Características de los sensores. Estáticas

- **Linealidad:** Un sensor es lineal si los cambios en la magnitud de salida son proporcionales a los cambios en la magnitud de entrada.
- **Sensibilidad:** Variación de la magnitud de la salida por variación de la magnitud de entrada:  $S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$
- **Histéresis:** Un sensor presenta histéresis si la medida para el mismo valor de la entrada depende de si la entrada estaba creciendo o decreciendo



# Características de los sensores. Dinámicas

- **Características dinámicas:** La mayor parte de los sensores presentan una respuesta dinámica que se puede asimilar a un sistema de **primer o segundo orden**
- **Velocidad de respuesta:**
  - **Tiempo de retardo ( $t_d$ ):** tiempo que tarda la salida en alcanzar el 50 % del valor en régimen permanente
  - **Tiempo de subida ( $t_r$ ):** tiempo que tarda la salida en pasar del 10 % al 90 % de su valor en régimen permanente.
  - **Tiempo de establecimiento ( $t_s$ ):** tiempo que tarda la salida en alcanzar el régimen permanente con una cierta tolerancia (2% - 5 %)

# Características de los sensores. Dinámicas

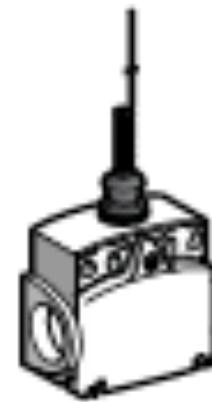
- **Respuesta en frecuencia:** Indica el comportamiento del sistema ante variaciones en la entrada de tipo sinusoidal. Diagrama de bode.
- **Estabilidad:** Desviaciones del sensor que se producen debido a condiciones ambientales, perturbaciones, etc.

# Sensores de posición

- Los sensores detectores de objetos se pueden agrupar en 3 grandes grupos:
  - **Sensores de presencia o proximidad:** Proporcionan una señal binaria que informa sobre la presencia o ausencia de un objeto.
  - **Sensores de distancia o posición:** Proporcionan una señal analógica/digital que permite determinar la posición angular o lineal de un objeto con respecto a un punto de referencia.
  - **Sensores de pequeñas deformaciones:** Son sensores adaptados a medir pequeñas deformaciones o movimientos.

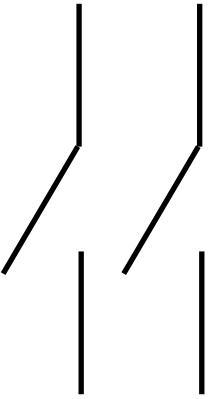
# Sensores de proximidad

- **Sensores de proximidad con contacto:**
  - Finales de carrera
  - Microrruptores
- **Sensores de proximidad sin contacto:**
  - Optoelectrónicos
  - Electromagnéticos: Inductivos, efecto Hall, Reed
  - Capacitivos
  - Ultrasónicos

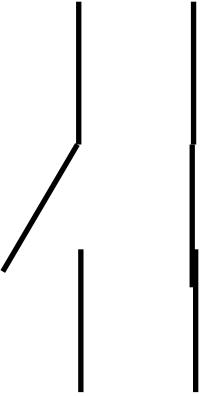


Sensores de proximidad con contacto. Finales de carrera

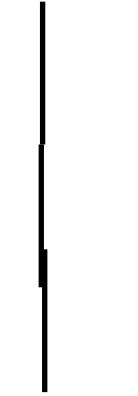
Sensores **electromecánicos** que se abren o cierran debido al contacto físico con un objeto (**sensor de contacto**)



NO - NO



NO - NC



NC - NC

NO: Normally Open

NA: Normalmente Abierto

Sensores de proximidad con contacto. Finales de carrera

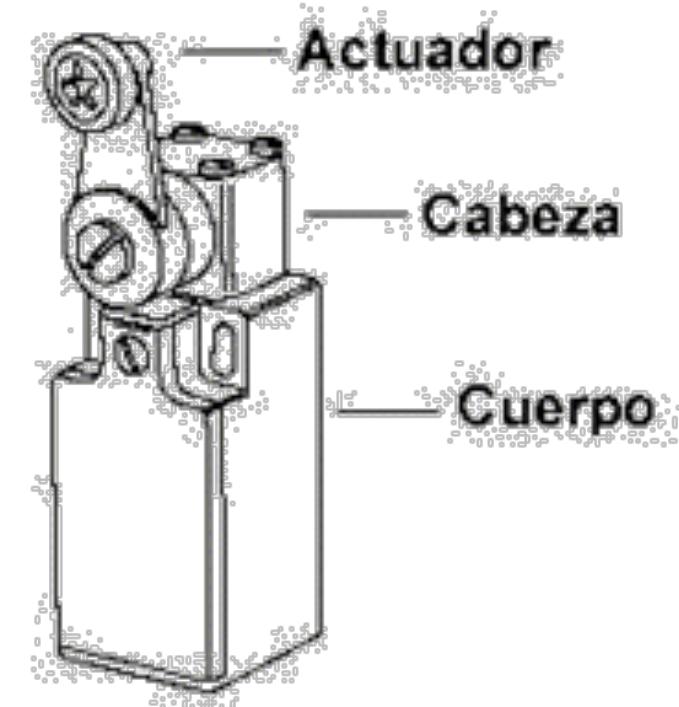
NC: Normally Closed

Suelen tener un contacto *normalmente abierto* (activo en presencia de un objeto) y otro contacto *normalmente cerrado* (activo en ausencia de objeto)



# Sensores de proximidad con contacto. Finales de carrera

- **Actuador:** Elemento sobre el que incide el objeto a detectar
- **Cabeza:** Elemento sobre el que se ancla el actuador
- **Cuerpo:** Cápsula que contiene el mecanismo accionado por el actuador, los contactos y los terminales de salida. Suele ser de plástico o de aluminio.



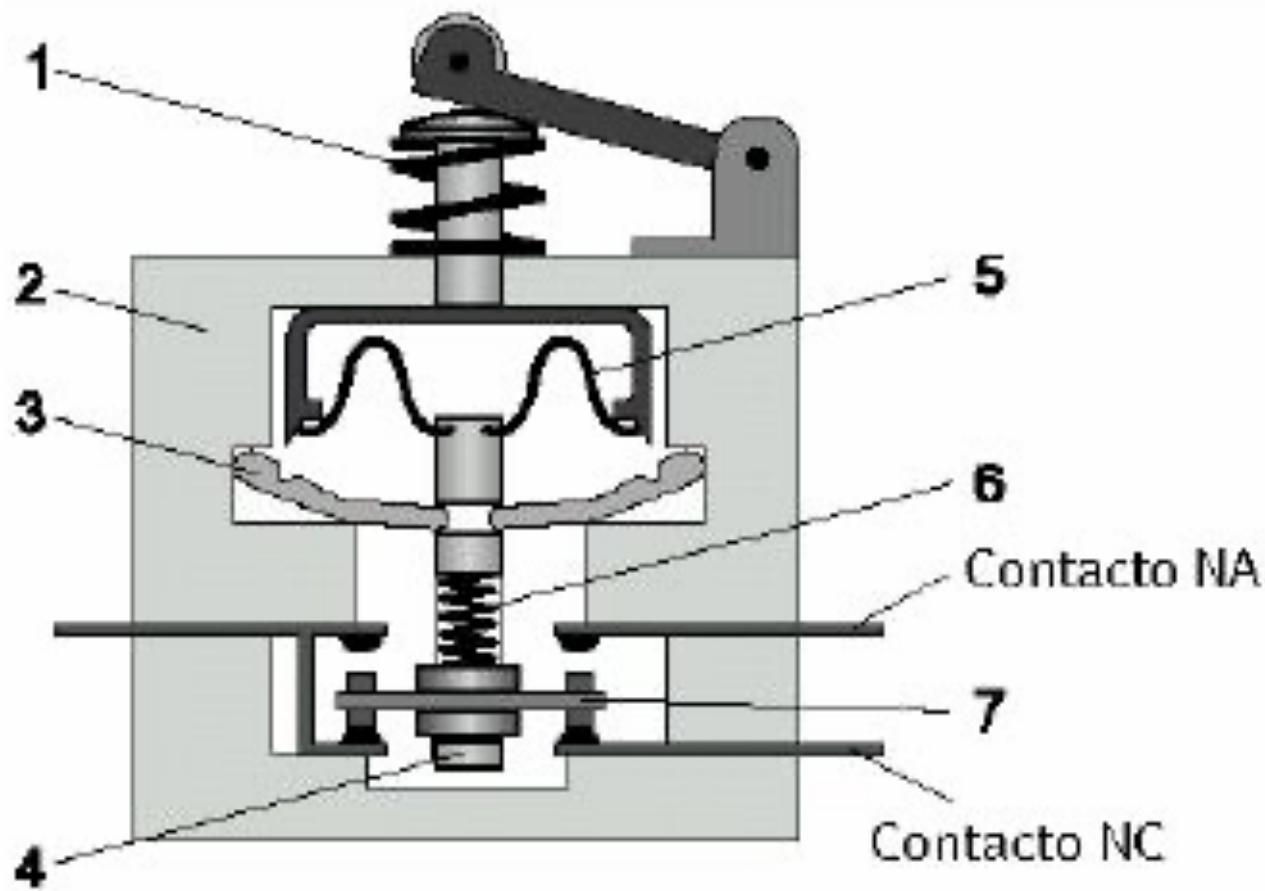
# Sensores de proximidad con contacto. Finales de carrera

- **Actuador:**

- Actuadores de movimiento rectilíneo o lineales: El objeto incide en la dirección en la que se desplaza el actuador
  - Lineales de émbolo o pulsador
  - Actuadores lineales de rodillo
- Actuadores de movimiento circular: El objeto incide lateralmente y el actuador se mueve con un movimiento circular
- Actuadores de movimiento espacial: El objeto puede incidir en cualquier dirección.



Final de carrera



- 1 - Resorte  
2 - Soporte  
3 - Leva de accionamiento  
4 - Eje  
5 - Resorte de copa  
6 - Resorte de presión  
7 - Contacto móvil



# Sensores de proximidad con contacto. Finales de carrera

- Son sensores de bajo coste
- Al ser dispositivos mecánicos funcionan para un número limitado de cambios (especificaciones fabricante)



Protección contra cortocircuito	10 A fusible de cartuchos tipo gG
Durabilidad eléctrica	5000000 ciclos, DC-13, 120 V, 4 W, ritmo funcion: <= 60 ciclos/mn, factor de carga: 0.5 de acuerdo con IEC 60947-5-1 anexo C 5000000 ciclos, DC-13, 24 V, 10 W, ritmo funcion: <= 60 ciclos/mn, factor de carga: 0.5 de acuerdo con IEC 60947-5-1 anexo C 5000000 ciclos, DC-13, 48 V, 7 W, ritmo funcion: <= 60 ciclos/mn, factor de carga: 0.5 de acuerdo con IEC 60947-5-1 anexo C
Durabilidad mecánica	10000000 ciclos

[Datos de catálogo](#)

# Sensores de proximidad con contacto. Finales de carrera

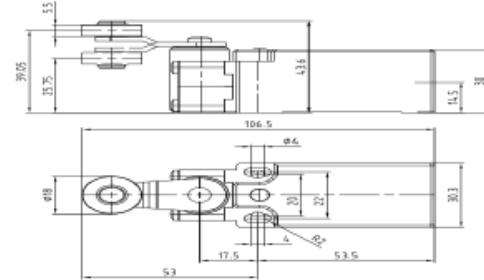
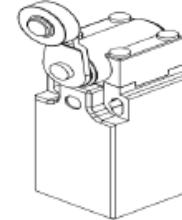
- Características típicas:
  - Vida útil: 10 millones de ciclos
  - Tiempo de conmutación 1-10 ms
  - Tensión de alimentación: 24 V (DC) – 220 V (AC)
  - Coste reducido
- Aplicaciones:
  - Detección de apertura y cierre de puertas
  - Detección de la presencia de objetos
  - Detección de piezas en movimiento

<https://es.rs-online.com/web/c/interruptores/interruptores-industriales/interruptores-final-de-carrera/>



## Datasheet Limit Switch

RS Stock number 902-6856



### Description

Limit Switch – Casing is Double insulated plastic casing IP65 30mm width  
The electrical connection – 1 cable inlet for M20 x 1.5 cable gland.  
Operation Head diameter 18mm Nylon Roller Lever.  
Contacts Z11 Snap action – 1NO + 1NC

### Specification:

Standards		Devices conform with international IEC 947-5-1 and European EN 60 947-5-1 standards UL - CSA - IMQ	
Certifications - Approvals			
Air temperature near the device			
– during operation	°C	– 25 ... + 70	
– for storage	°C	– 30 ... + 80	
Protection against electrical shocks (according to IEC 536)		Class II	
Degree of protection (according to IEC 529 and EN 60 529)		IP 65	
Rated insulation voltage U <sub>is</sub>		500 V (degree of pollution 3) (400 V for contacts type X12P, X21P, W03P) A 660, Q 600, IA 300, Q 300 for contacts type X12P, X21P, W03P	
– according to IEC 947-1 and EN 60 947-1	kV	6	
– according to UL 508 and CSA C22-2 n° 14			
Rated impulse withstand voltage U <sub>imp</sub>	kV	6	
(according IEC 947-1 and EN 60 947-1)			
Conventional free air thermal current I <sub>th</sub>	A	10	
(according to IEC 947-5-1 and EN 60 947-5-1) $0 < 40^{\circ}\text{C}$			
Short-circuit protection	A	10	
$U_{\text{th}} < 500 \text{ V a.c.} - \mu\text{F}$ (g) type fuses			
Rated operational current	I <sub>op</sub>		
I <sub>op</sub> / AC-15 (according to IEC 947-5-1)	A	10	
24 V - 50/60 Hz	A	6	
120 V - 50/60 Hz	A	3.1	
230 V - 50/60 Hz	A	3	
240 V - 50/60 Hz	A	1.8	
400 V - 50/60 Hz	A		
I <sub>op</sub> / DC-13 (according to IEC 947-5-1)	A	2.8	
24 V - d.c.	A	0.65	
125 V - d.c.	A	0.27	
250 V - d.c.	A		
Switching frequency	Cycles/h	3600	
Load factor		0.5	
Resistance between contacts	MΩ	< 25	
Connecting terminals		M3.5 (+/-) pozidriv 2 screw with cable clamp (M3 for 3 poles contacts type)	
Terminal for protective conductor		–	
Connecting capacity	1 or 2 x mm <sup>2</sup>	0.75 ... 2.5 (0.34 ... 1.5 for 3 poles contacts type)	
Terminal marking		According to EN 50 013	
Mechanical durability	Millions of operations	15 { 10, 12, 21; 30, 34; 38 10 { AP+T { 13, 41, 48; 51, 55; 61, 75 >5 { 14; 35, 36; 39, 91...93; 98	

For the complete list of approved products contact our technical department.

ENGLISH

<https://docs.rs-online.com/470f/0900766b81585d6c.pdf>

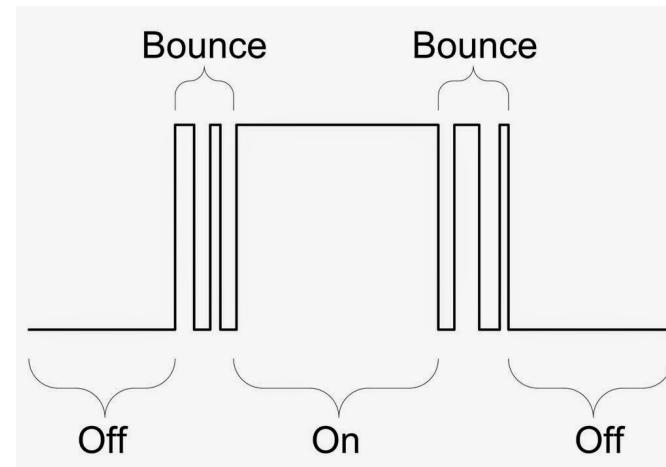
# Sensores de proximidad con contacto. Finales de carrera

## VENTAJAS:

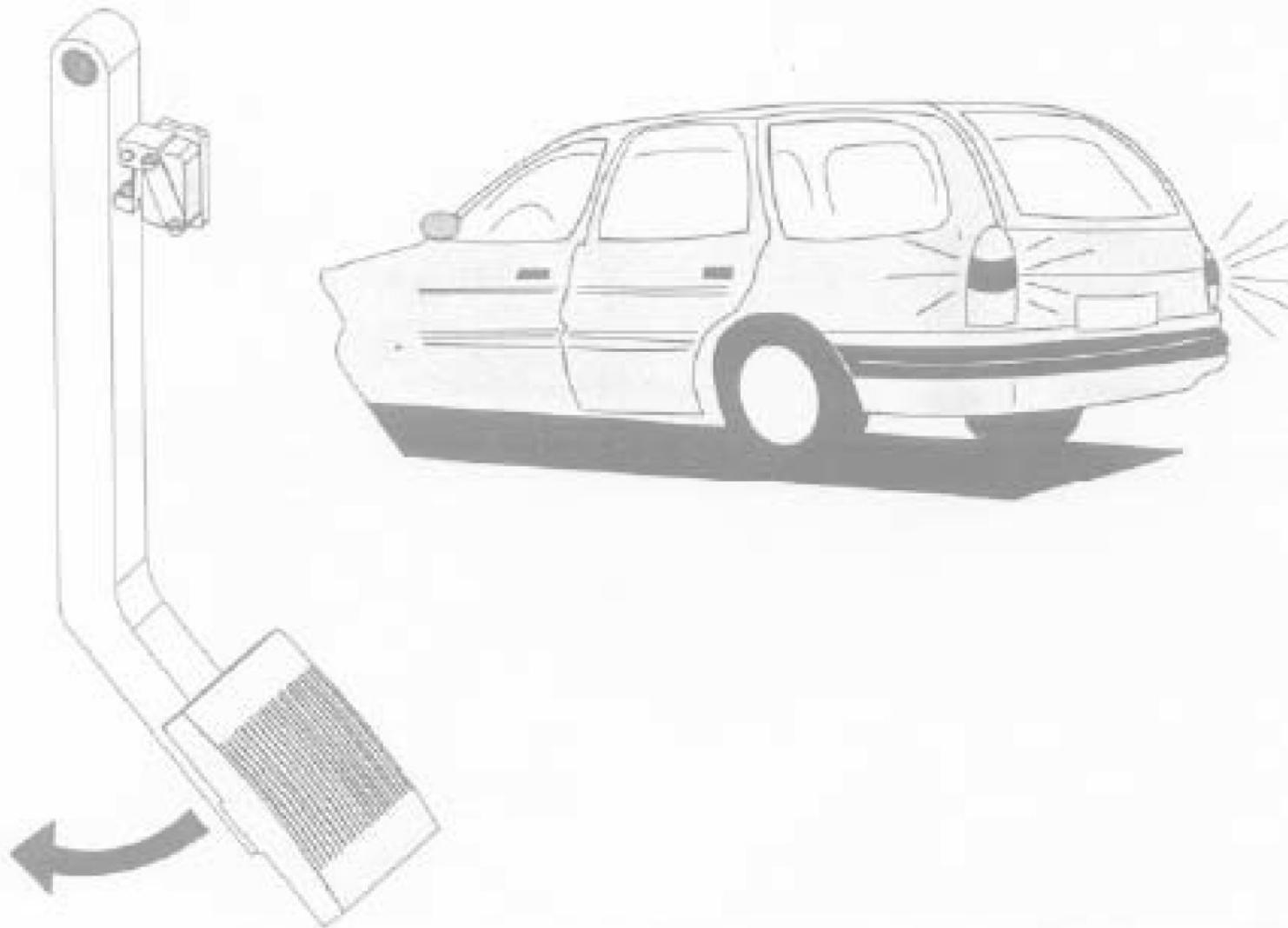
- Instalación sencilla
- Robustez
- No transitorios
- No afectado por radiación EM
- Cualquier tipo de material
- Contactos libres de potencial

## DESVENTAJAS:

- Velocidad
- Rebote
- Gran tamaño
- Fuerza para activación

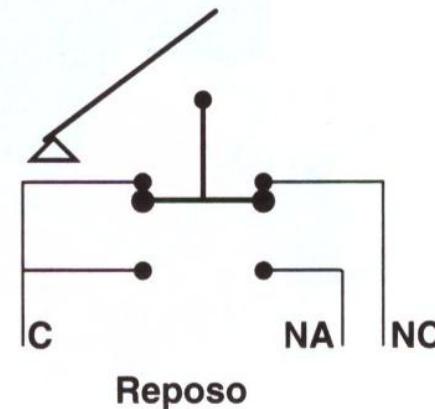


Sensores de proximidad con contacto.  
Finales de carrera. Finales de carrera



# Sensores de proximidad con contacto. Microrruptores

- Microrruptor: detector de objetos de dimensiones reducidas
- Se utilizan en máquinas con elevado nivel de automatización (p. ej. fotocopiadora, fax, etc.)



Reposo



Activado



# Sensores de proximidad sin contacto

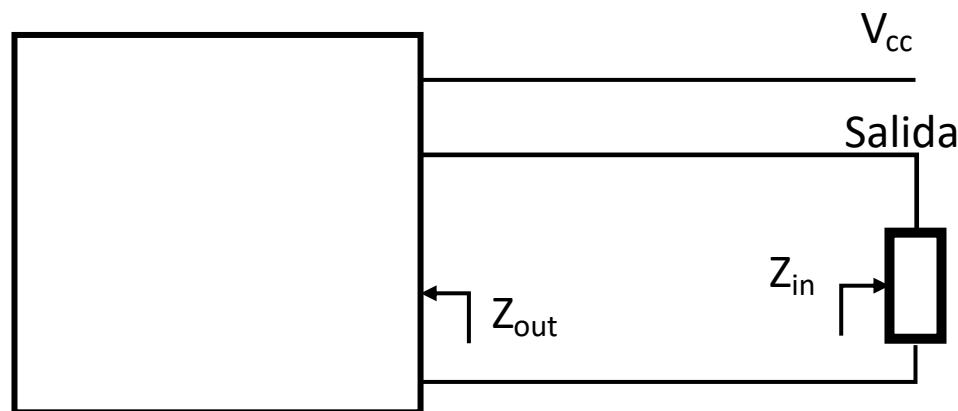
- Los sensores de proximidad sin contacto son sensores todo-nada que detectan un objeto sin necesidad de contacto física sensor-objeto:
  - **DISTANCIAS PEQUEÑAS (proximidad):**
    - Optoelectrónicos
    - Electromagnéticos: Inductivos, Láminas contacto, Efecto
    - Ultrasónicos
    - Capacitivos
  - **DISTANCIAS GRANDES (presencia):**
    - Optoelectrónicos
    - Ultrasónicos

# Sensores de proximidad sin contacto

- Tipos de salida: Indican la forma de conexión de la carga sobre la que actúa la salida del sensor y la alimentación requerida:
  - Salida analógica
  - 3 hilos NPN con alimentación continua (normalmente 24 V)
  - 3 hilos PNP con alimentación continua (normalmente 24 V)
  - NPN/PNP programable con alimentación continua
  - 2 hilos con alimentación continua o alterna
  - Con salida a relé: alimentación continua o alterna
  - 2 hilos NAMUR
  - Otros: TRIAC, MOSFET, etc..

# Sensores de proximidad sin contacto

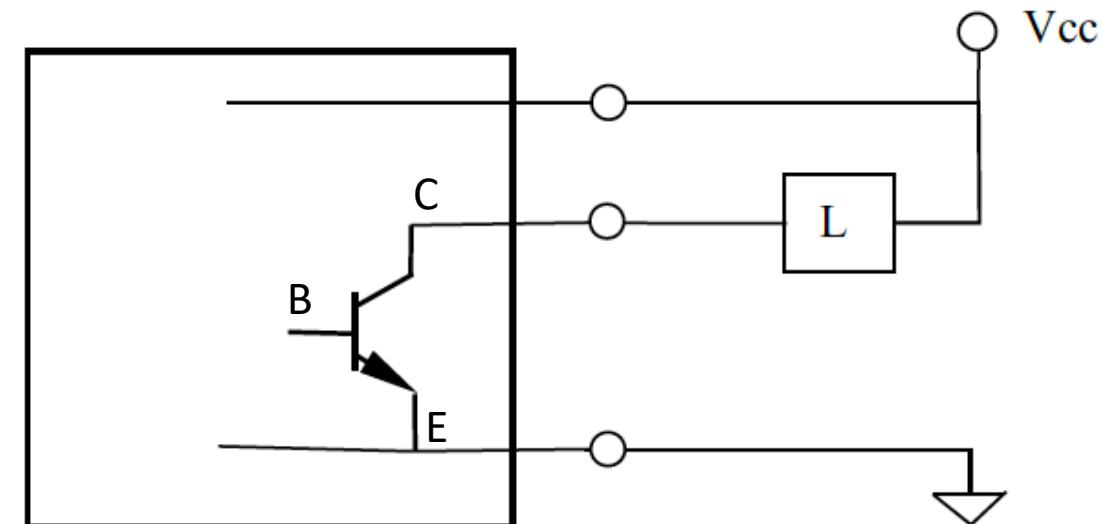
- Sensores de salida analógica: La salida del sensor se proporciona en forma de:
  - Tensión → Impedancia salida del sensor << Impedancia entrada carga. Baja inmunidad al ruido. Valores típicos: 0 – 10 V, 1 – 5 V, -5 a 5 V, -10 a 10 V
  - Corriente → Impedancia salida del sensor >> Impedancia entrada carga. Mayor inmunidad al ruido. Valores típicos: -20 a 20 mA, 4 a 20 mA, 0 a 20 mA.



# Sensores de proximidad sin contacto

## 3 hilos NPN con alimentación continua:

- Carga entre colector y Vcc
- Transistor OFF → Carga en circuito abierto → 0
- TRANSISTOR ON → Carga Vcc ( $V_{ce} < 1$  V) → 1
- Suele ser de tipo NO (normally open – normalmente abierto)
- Detecta objeto → Transistor satura → 1
- Tiempo respuesta:  $30 \mu\text{s} - 1\text{ms}$

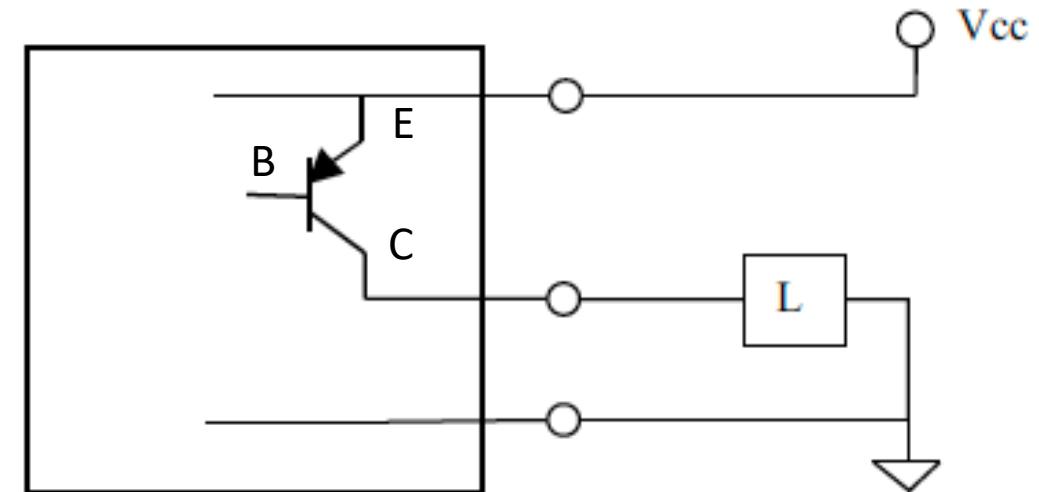


**Fuente:** Automatización industrial. Roberto Sanchís, Julio Ariel Romero, Carlos Vicente Ariño. Universitat Jaume I

# Sensores de proximidad sin contacto

## 3 hilos PNP con alimentación continua:

- Carga entre colector y GND
- Transistor OFF → Carga en circuito abierto → 0
- TRANSISTOR ON → Carga Vcc ( $V_{ce} < 1$  V) → 1
- Suele ser de tipo NO (normally open - normalmente abierto)
- Detecta objeto → Transistor satura
- Tiempo respuesta:  $30 \mu\text{s} - 1\text{ms}$



**Fuente:** Automatización industrial. Roberto Sanchís, Julio Ariel Romero, Carlos Vicente Ariño. Universitat Jaume I

# Sensores de proximidad sin contacto

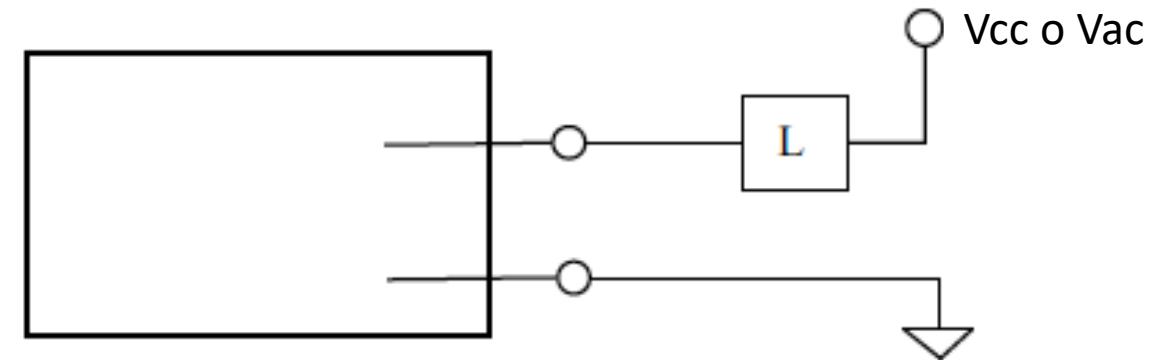
## **NPN/PNP programable con alimentación continua**

- Dos transistores de salida:
  - PNP
  - NPN
- 4 hilos:
  - Vcc
  - GND
  - Salida
  - Configuración: Conectada a Vcc o GND activa transistor PNP o NPN

# Sensores de proximidad sin contacto

## 2 hilos con alimentación continua o alterna

- La carga en serie con la alimentación (alterna o continua)
- Comportamiento similar a un contacto
- Corriente sensor = Corriente carga
- La corriente del sensor puede llegar a activar la carga, debe tener un valor pequeño (p.ej < 1.5 mA)



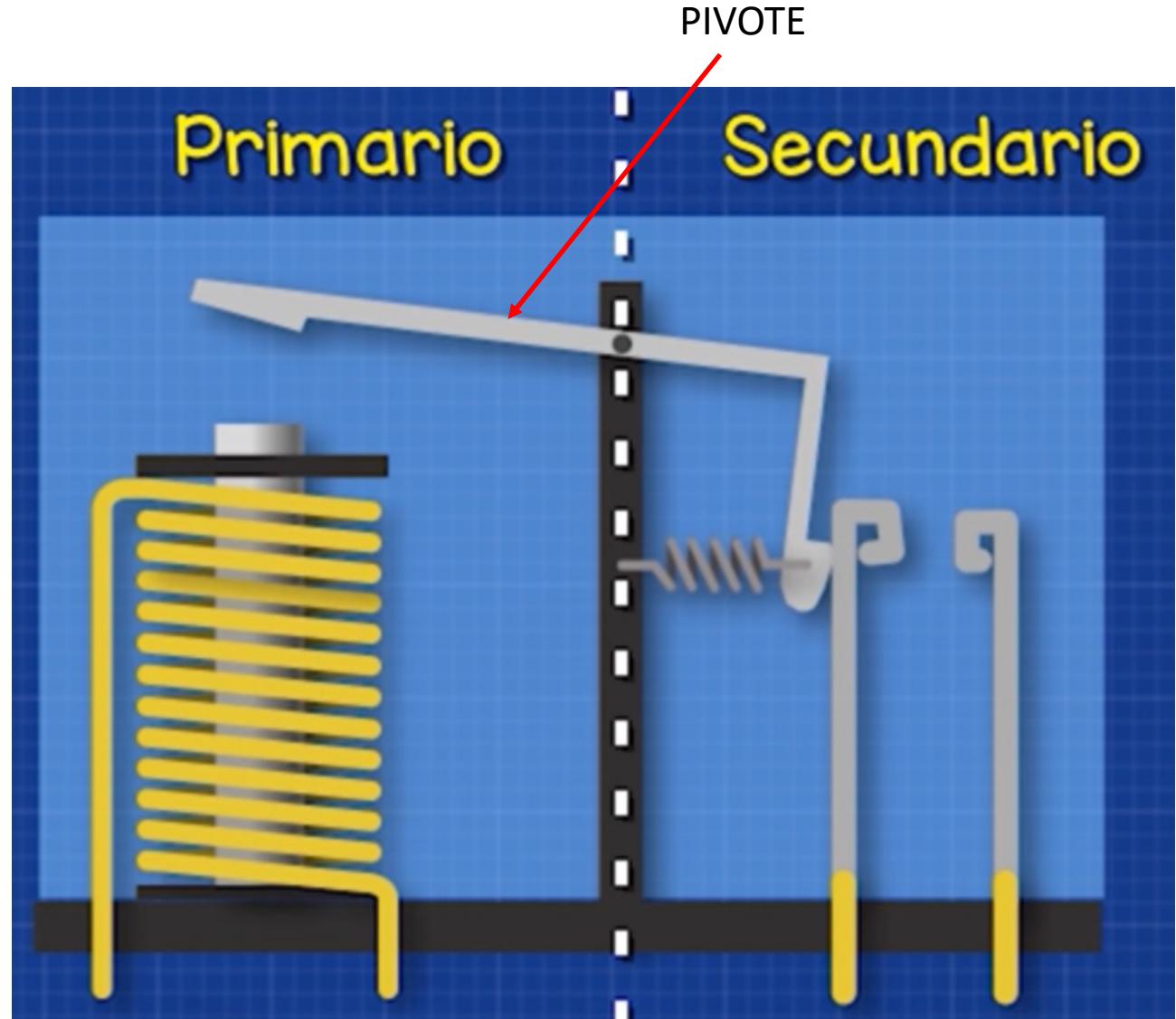
Fuente: Automatización industrial. Roberto Sanchís, Julio Ariel Romero, Carlos Vicente Ariño. Universitat Jaume I

**En modo OFF hay una corriente residual que circula por el sensor (y la carga)**

# Sensores de proximidad sin contacto

**Con salida a relé: alimentación alterna o continua**

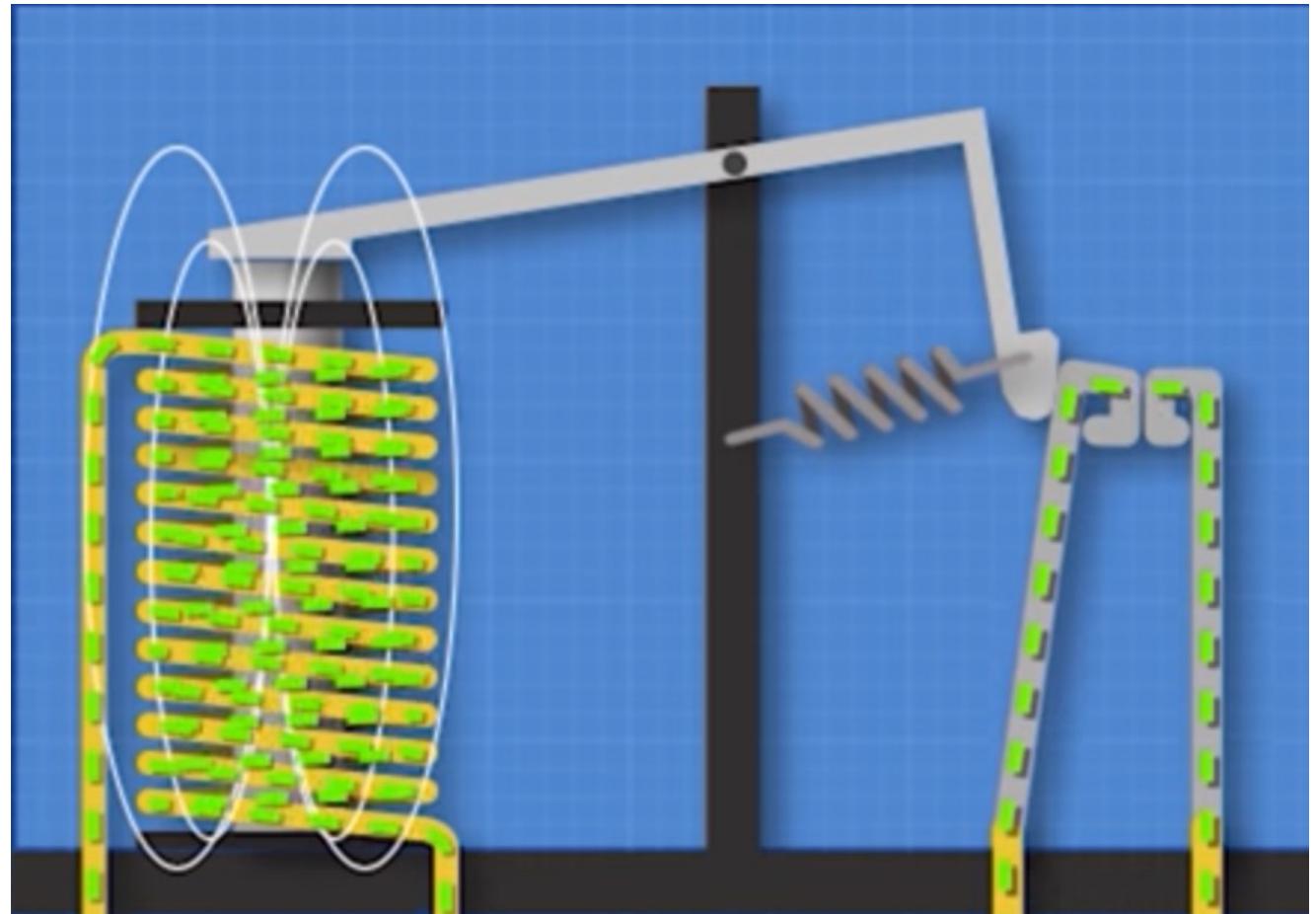
- Relé: Interruptor controlado eléctricamente.
- Posición de reposo: No circula corriente por la bobina
- PIVOTE no activa el circuito secundario

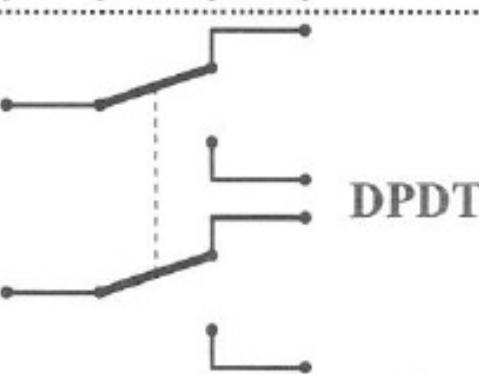
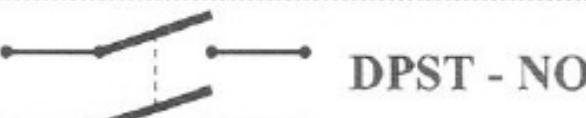
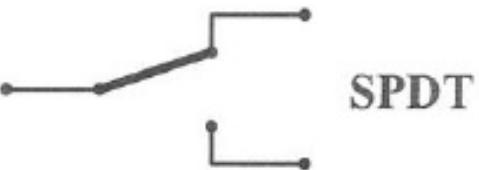


# Sensores de proximidad sin contacto

## **Con salida a relé: alimentación alterna o continua**

- Relé: Interruptor controlado eléctricamente.
- Posición activada: Circula corriente por la bobina
- Se crea un campo magnético: electroimán
- El pivote se mueve y activa el circuito secundario





# Sensores de proximidad sin contacto

**Con salida a relé: alimentación alterna o continua**

**SP:** Single Pole

**DP:** Double Pole

**ST:** Single Through

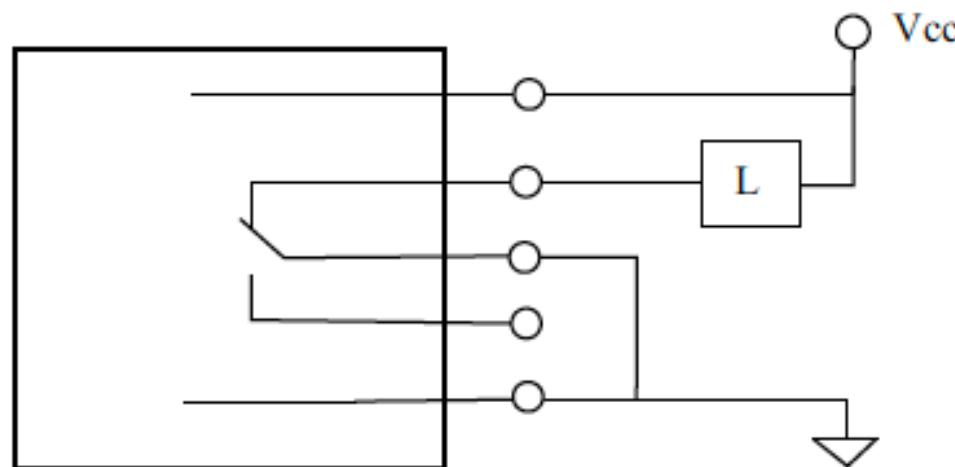
**DT:** Double Through

**NO:** Normally Open

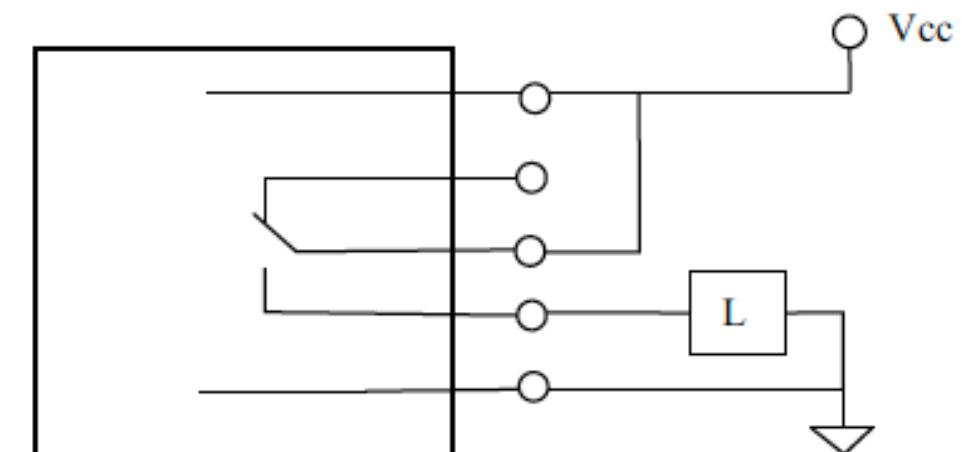
**NC:** Normally Closed

# Sensores de proximidad sin contacto

**Con salida a relé: alimentación alterna o continua**



Detector con salida a relé conectado como NPN, SPDT NC



Detector con salida a relé conectado como PNP, SPDT NO

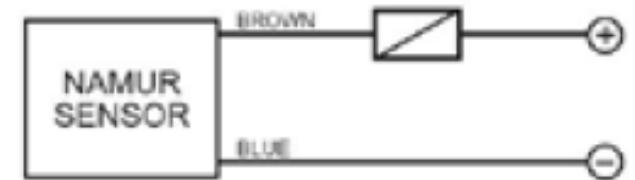
# Sensores de proximidad sin contacto

## 2 hilos NAMUR

- Se emplea en sensores inductivos que trabajan en ambientes peligrosos (atmósferas explosivas)
- No se produce conmutación, se produce una variación en la corriente de salida
- Normalmente es necesaria una etapa de amplificación



2 wires NAMUR



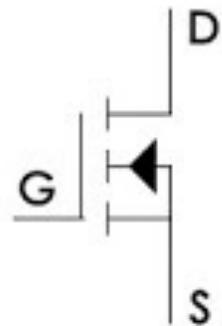
SENSOR NAMUR M12 - DATALOGIC

# Sensores de proximidad sin contacto

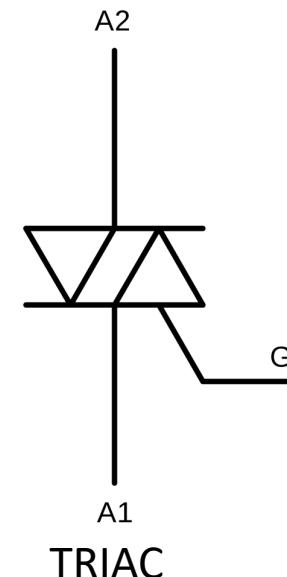
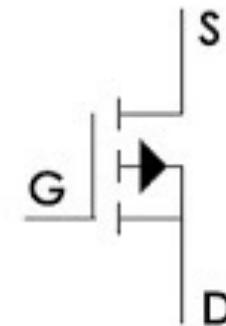
Salida: TRIAC, MOSFET:

- **MOSFET:** Alimentación continua. Permiten más corriente que los transistores bipolares (PNP o NPN).
- **TRIAC:** Permiten trabajar con corrientes elevadas en alterna

MOSFET Canal N



MOSFET Canal P



# Sensores de proximidad sin contacto

- COLORES CONEXIONES SALIDAS:

- 2 HILOS: Marrón (+) – Azul (GND)
- 3 HILOS: Marrón (+) – Azul (GND) – Negro (Salida)
- 4 HILOS: Marrón (+) – Azul (GND) – Negro (NO) – Blanco (NC)



# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

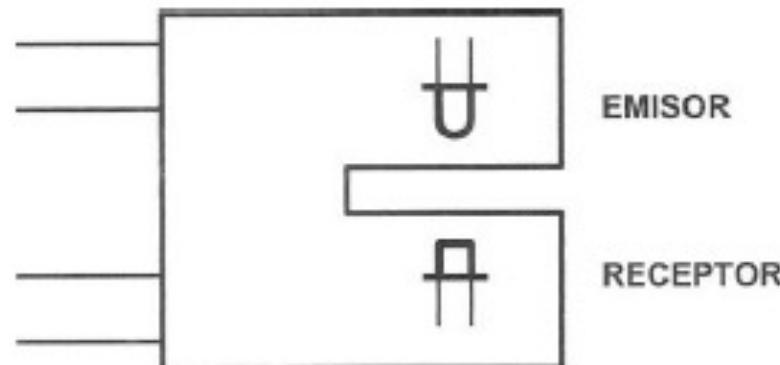
- Denominaciones: Optoelectrónicos, fotocélulas, sensor de proximidad óptico, sensores fotoeléctricos.
- Detectan un objeto empleando la luz como elemento principal.
- Está compuesto de **emisor** y **receptor**.
  - El emisor genera un haz de luz (visible, infrarrojo o láser)
  - El receptor recibe el haz o no, o lo recibe modificado, según haya presencia o ausencia de objeto

# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

- Tipos de sensores optoelectrónicos:
  - Barrera de luz
  - Réflex:
    - Reflexión sobre **espejo**
    - Reflexión sobre **objeto**:
      - Reflexión difusa
      - Reflexión definida

# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

- Barrera de luz: El emisor y el receptor están dispuestos de tal forma que en ausencia de objeto el haz de luz emitido por el emisor alcanza al receptor (forman una "barrera de luz").
- Se detecta el objeto cuando este se sitúa entre emisor y receptor e interrumpe el paso de la luz.



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

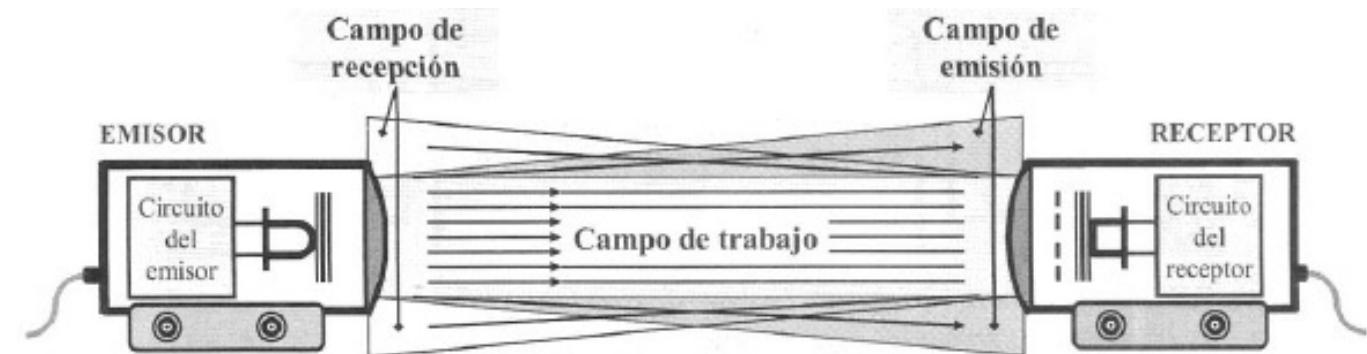
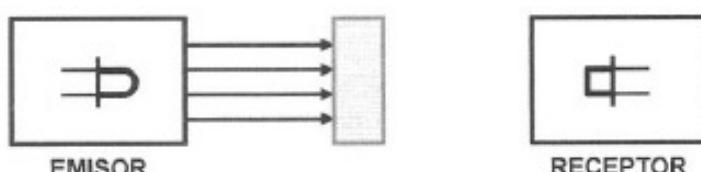
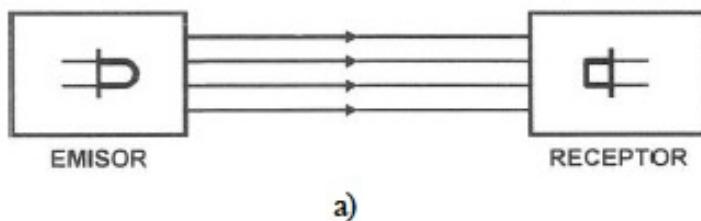
PEPPERL+FUCHS GLD3-RT/95/147

**SENSOR OPTOELECTRÓNICO DE RANURA: SENSOR Y EMISOR UNIDOS**

# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

## SENSOR OPTOELECTRÓNICA SENSOR Y EMISOR SEPARADOS

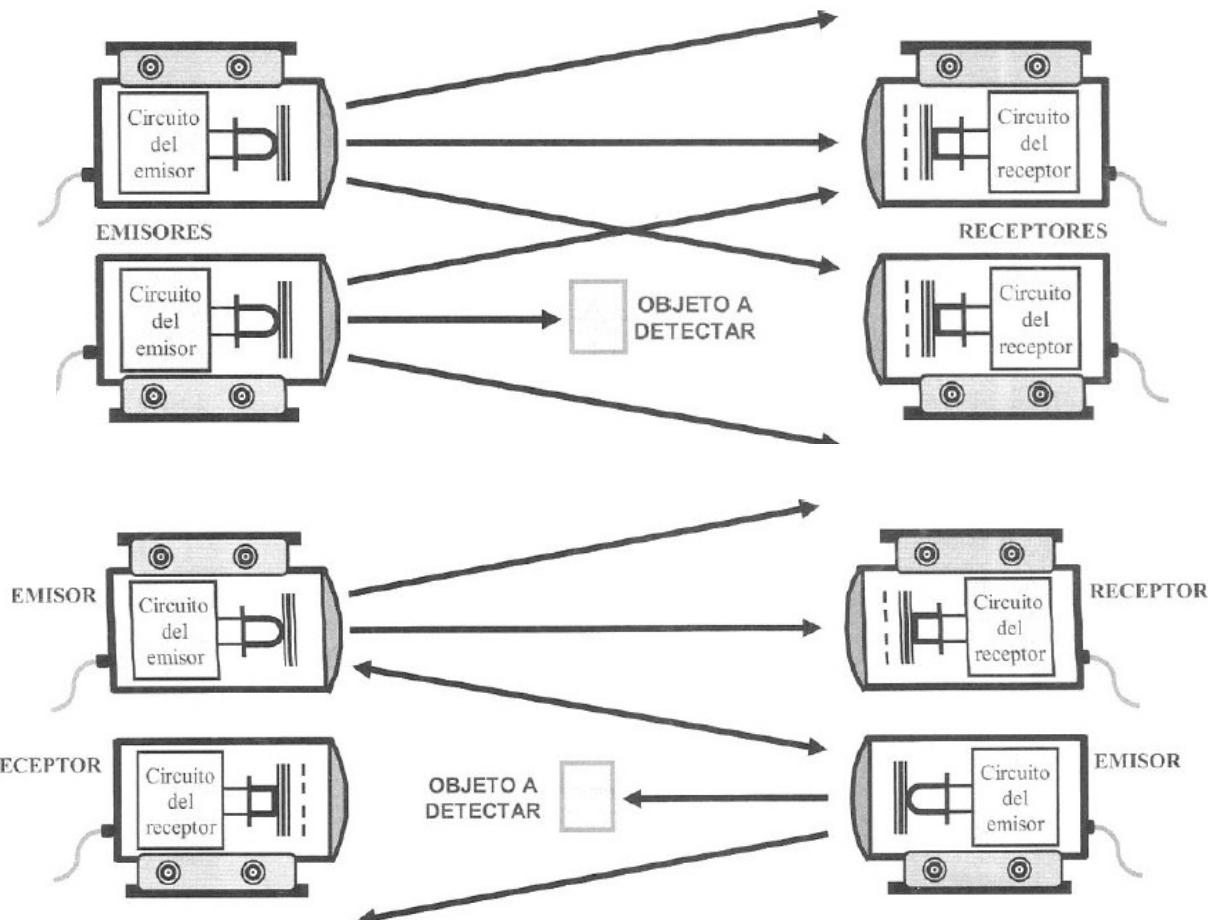
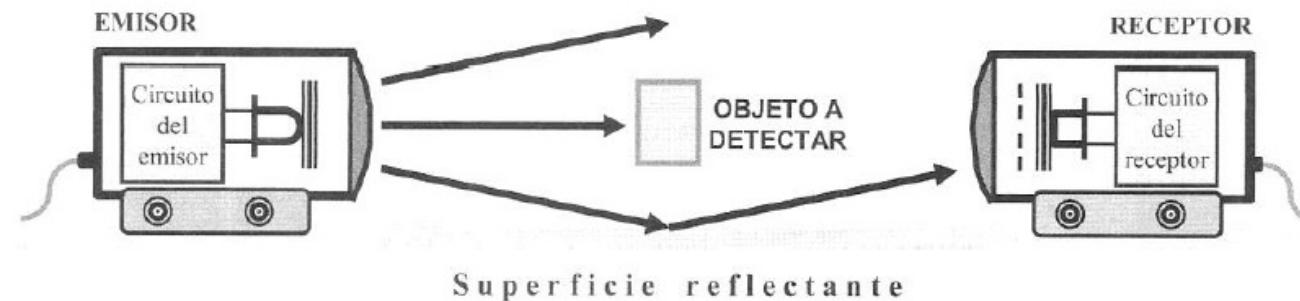
- Alineación de emisor y receptor
- Campo de trabajo: Zona en la que se puede detectar el objeto



# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

## SENSOR OPTOELECTRÓNICA SENSOR Y EMISOR SEPARADOS

### PROBLEMAS



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

## SENSOR OPTOELECTRÓNICA SENSOR Y EMISOR **SEPARADOS**

### VENTAJAS:

- Largo alcance (hasta 200 m)
- Robusto a la suciedad



Sensor fotoeléctrico PEPPERL+FUCHS LA31/LK31/25/31/115 SET

### DESVENTAJAS:

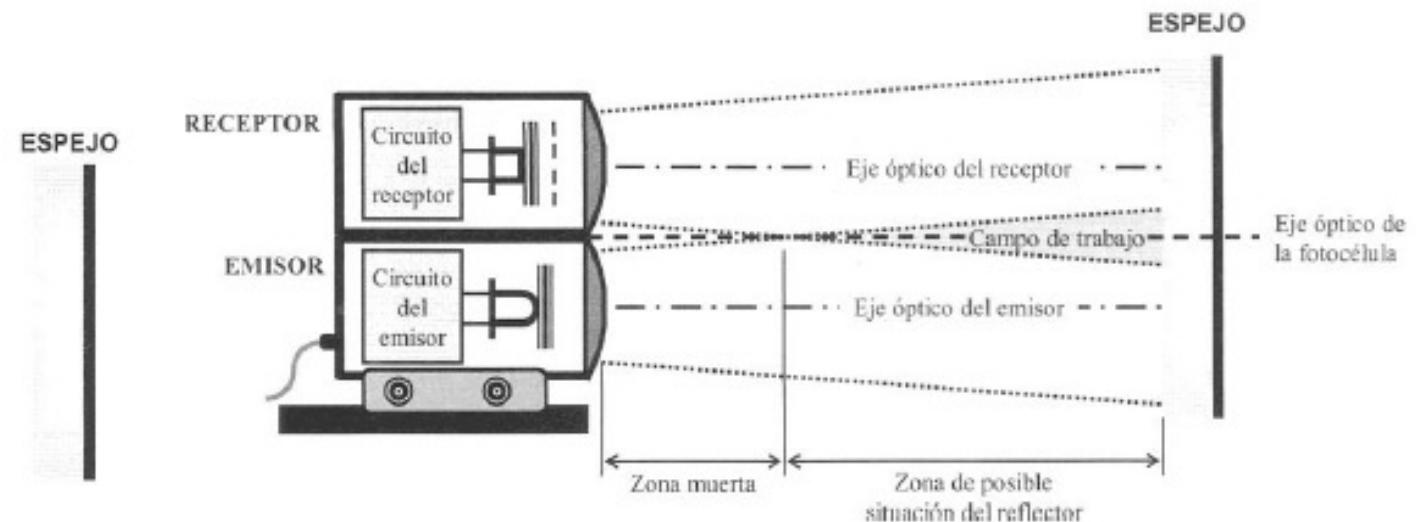
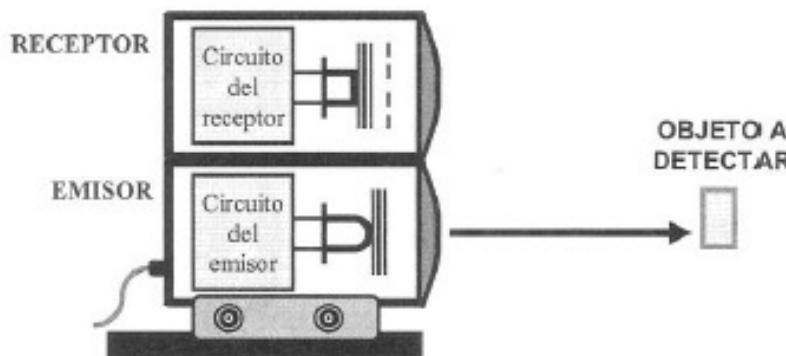
- Mayor precio
- Más cableado
- Alineación de emisor y receptor



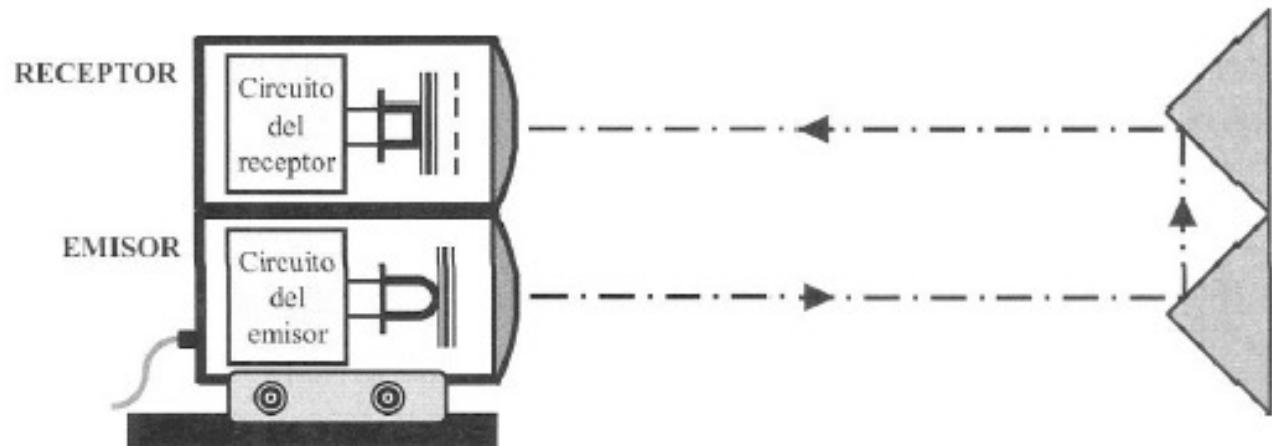
Sensor fotoeléctrico PEPPERL+FUCHS GD18/GV18/73/120

# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

- Réflex: El emisor y receptor están en la misma carcasa. El haz de luz emitido por el emisor se refleja en alguna superficie y es captado por el receptor:
  - Reflexión sobre espejo: La reflexión es producida por un espejo
  - Reflexión sobre objeto: La reflexión es producida por el objeto a detectar
- **Reflexión sobre espejo:**



# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo



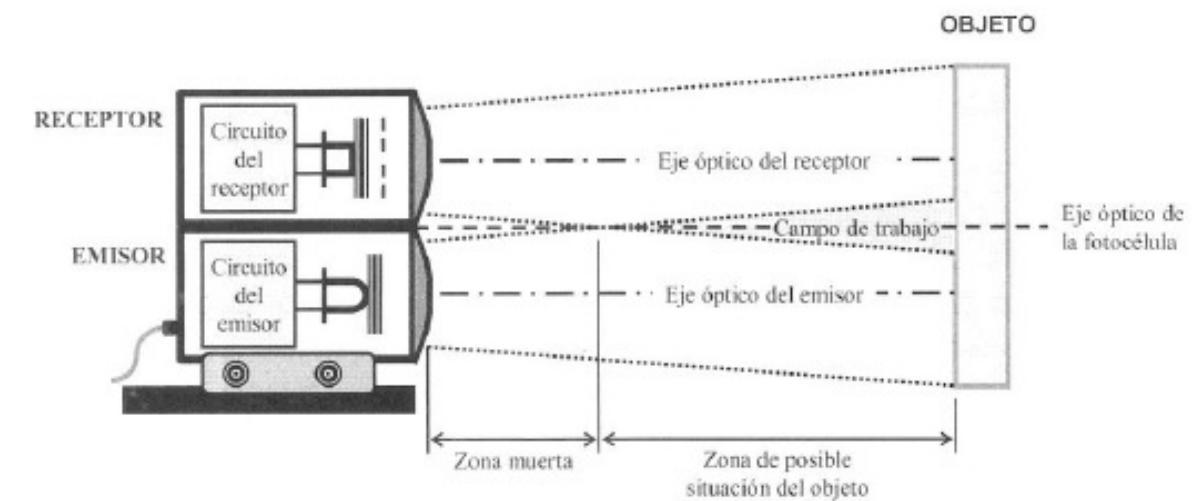
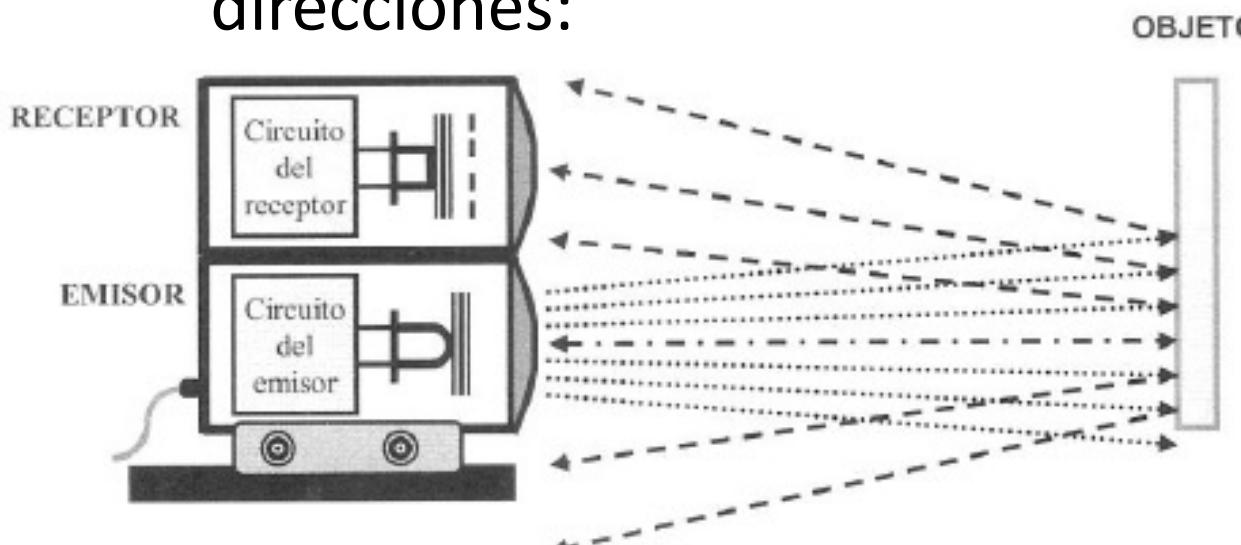
Reflector PEPPERL REF-A25



Sensor óptico de barrera por  
reflexión PEPPERL GLV18-  
55/115/120

# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

- Reflexión sobre objeto: La reflexión del haz de luz emitido por el emisor es causada por el objeto a detectar. En ausencia de objeto no hay radiación detectada.
- Reflexión sobre objeto **difusa**: La reflexión se produce en múltiples direcciones:



# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

## Reflexión réflex

### VENTAJAS:

- Cableado sencillo
- Menor coste

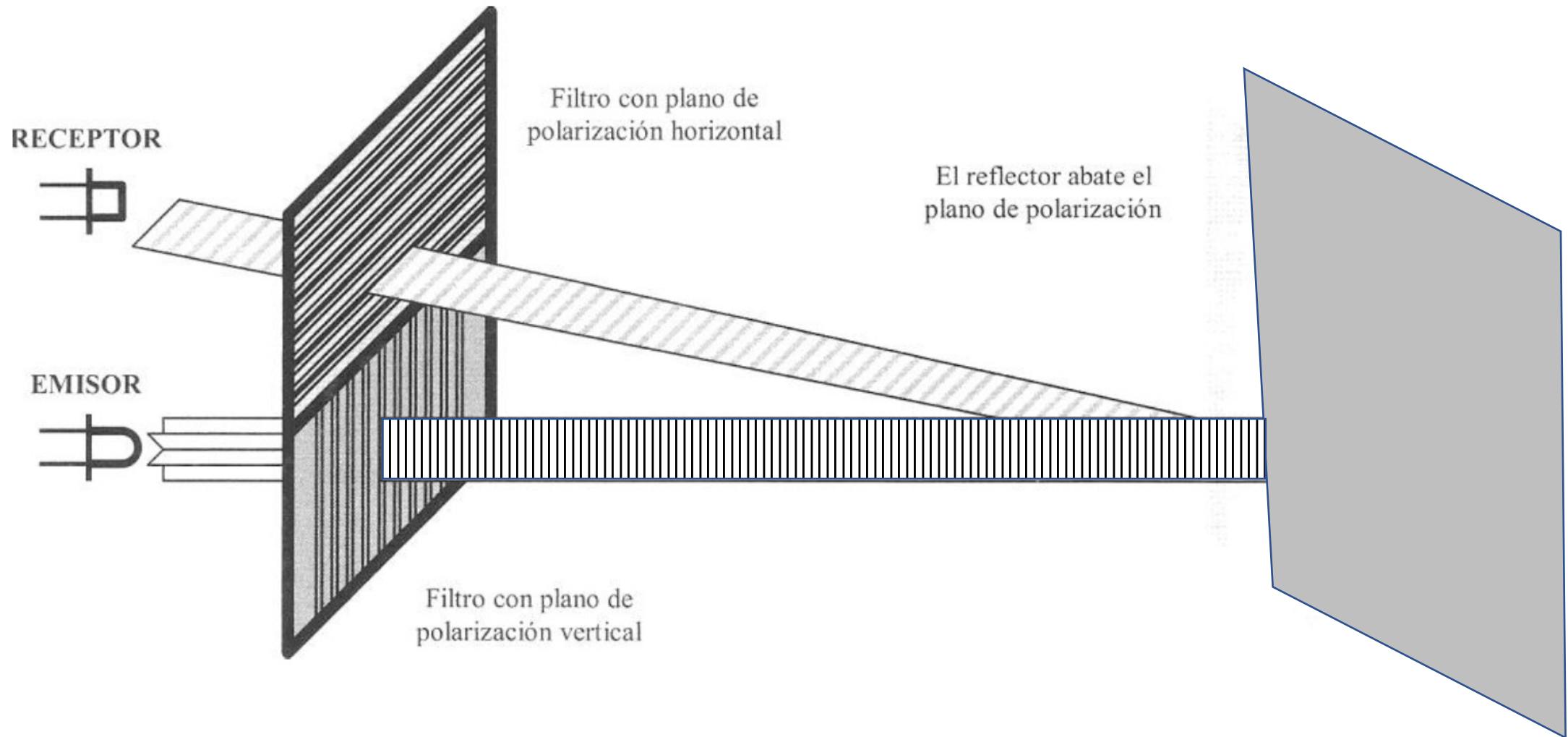
### DESVENTAJAS:

- Menor alcance
- Menor margen de operación
- Montaje elemento reflector
- Problemas con objetos brillantes

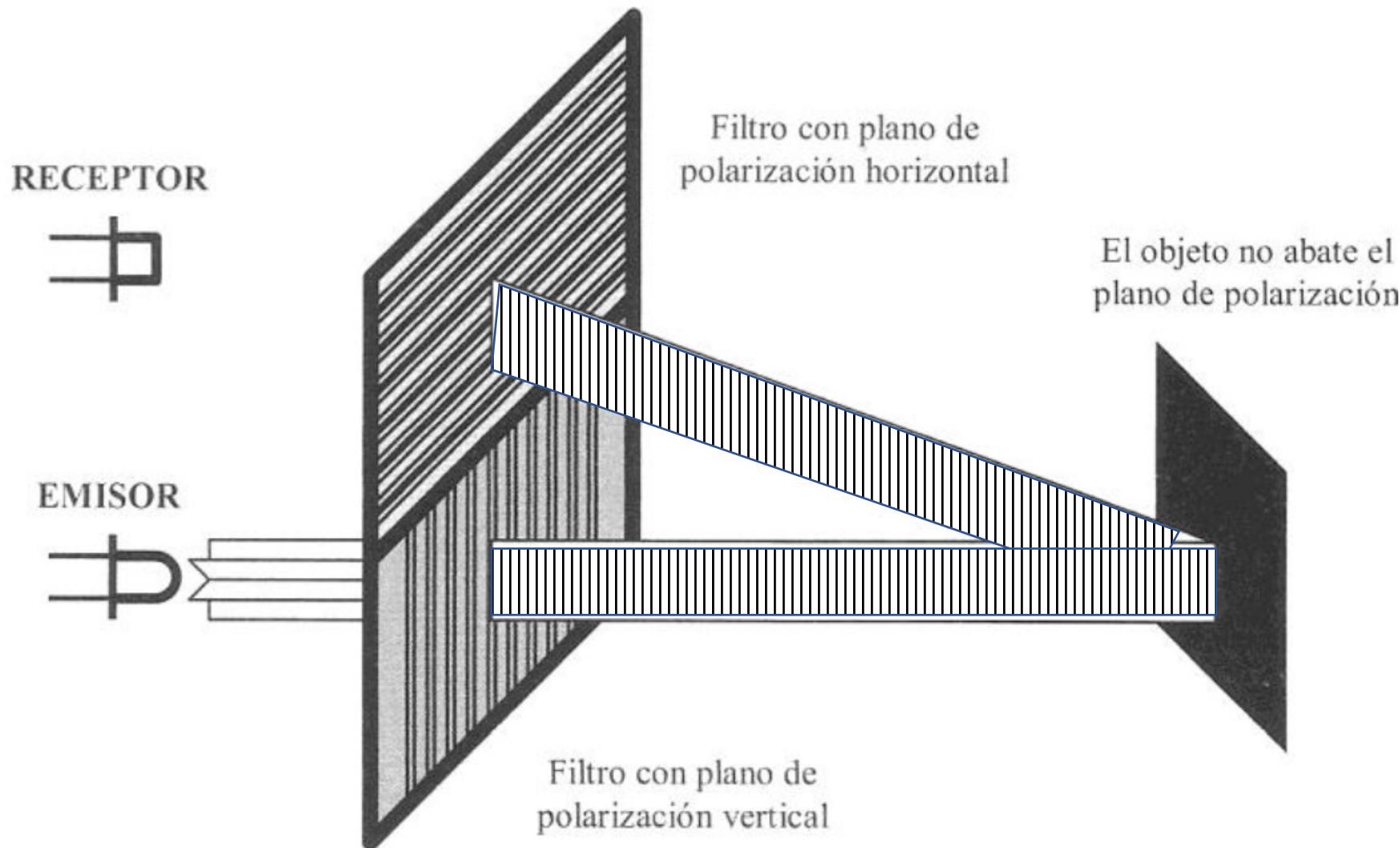


REFLEX POLARIZADO

# REFLEX POLARIZADO

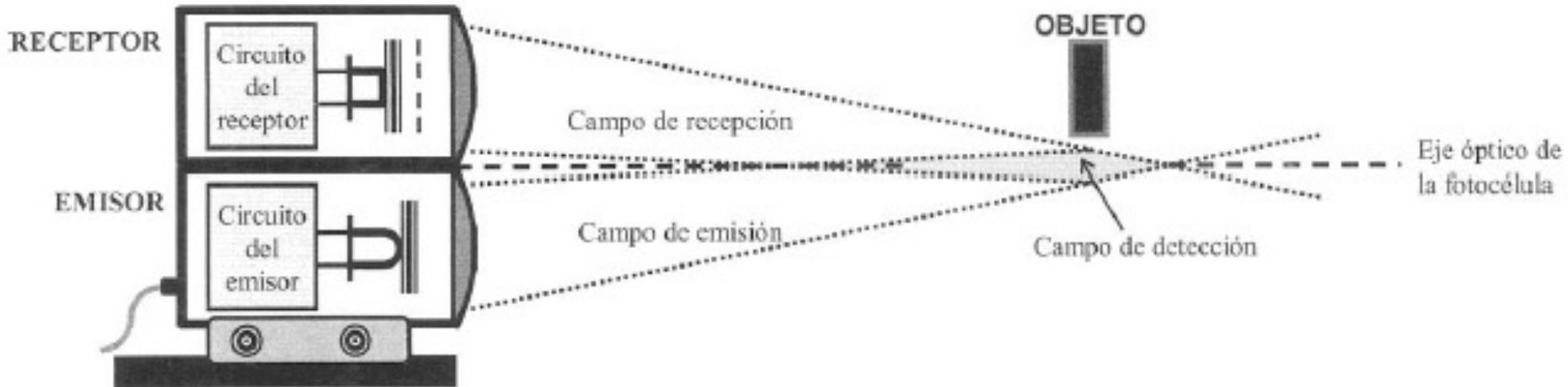


# REFLEX POLARIZADO



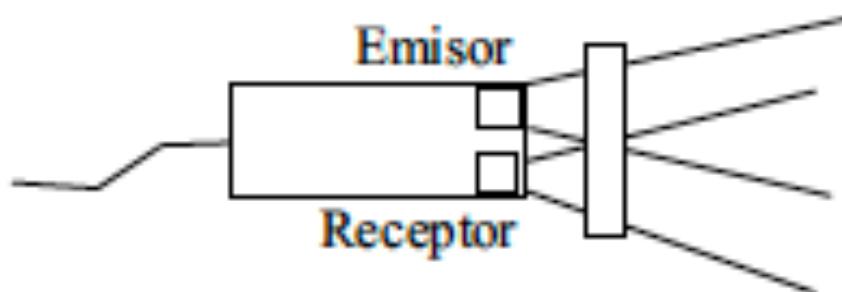
# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

- Reflexión sobre objeto **definida**: La reflexión se produce en una única dirección y sólo si el objeto entra en la zona en la que se cruzan los ejes ópticos de emisor y receptor (elevada precisión)



# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

- Operación por luz o por sombra (L ON ó D ON):
  - Por luz: Salida activa si el receptor recibe luz
  - Por sombra: Salida activa si el receptor no recibe luz
- Distancia máxima de detección: Distancia máxima a la que se produce la detección:
- Distancia mínima de detección: Detectores réflex difusos tienen una zona de ceguera donde no se puede detectar.



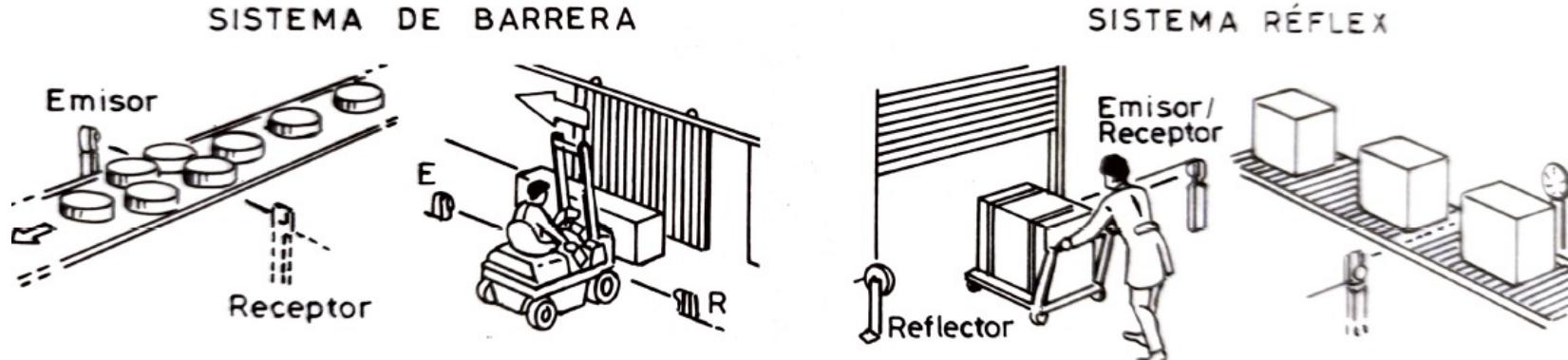
# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

- Tiempo de respuesta: tiempo que tarda en activarse o desactivarse la salida desde que se produce la detección.
- Curva de detección: representar la zona del espacio en la que se produce la detección

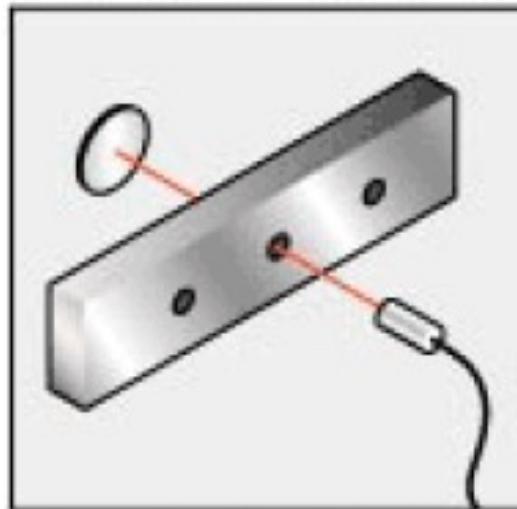


- Ajuste de sensibilidad: Algunos sensores tienen potenciómetro para regular la sensibilidad del receptor

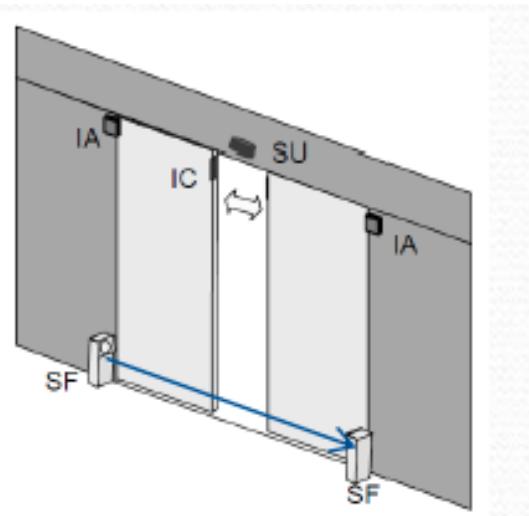
# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos



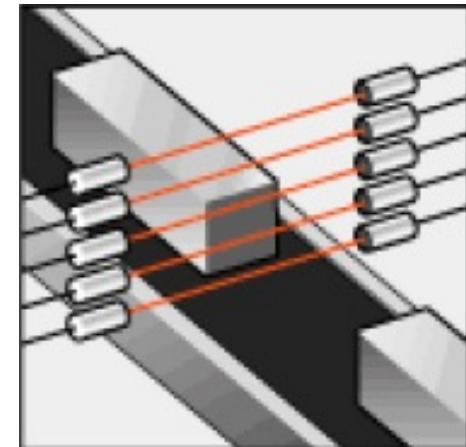
Fuente: Autómatas programables. Josep Ballcells y José Luis Romeral. Ed. Marcombo.



Detección agujeros



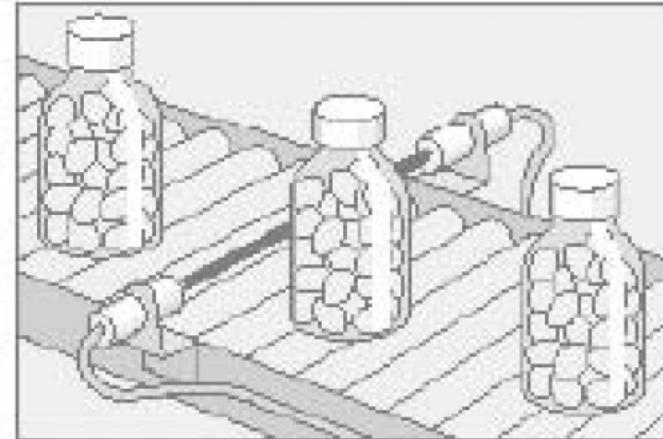
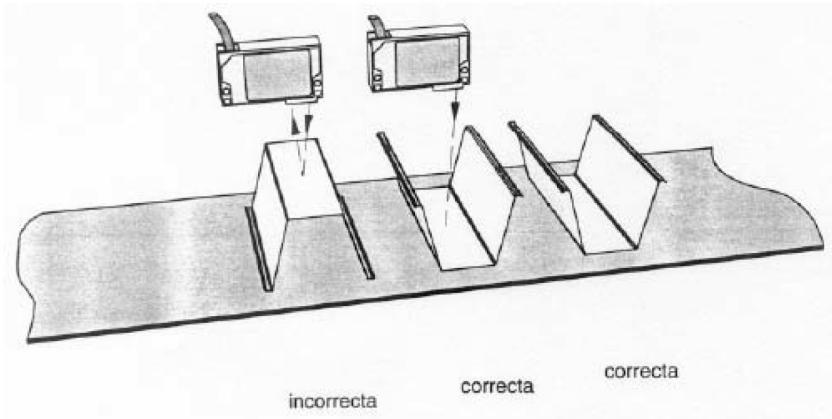
Apertura de puertas



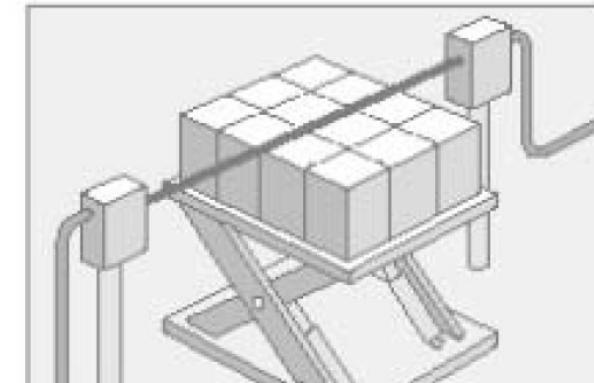
Objetos en cinta transportadora

# Sensores de proximidad sin contacto. Optoelectrónicos

Posición piezas



Contenido envases transparentes



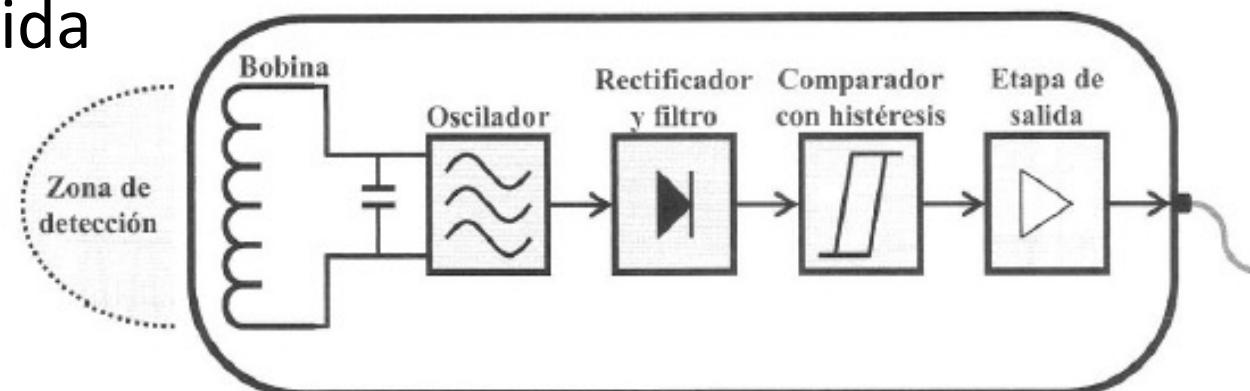
Altura paquetes

# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos

- Sensores inductivos: Se emplean para detectar **objetos metálicos** (conductores).
- Están basados en el cambio de una inductancia producido por la presencia del objeto metálico:
  - Metal no ferromagnético (cobre o aluminio): disminución inductancia
  - Metal ferromagnético (hierro o acero): incremento inductancia
- Los metales ferromagnéticos tienen una mayor incidencia en el cambio de inductancia, se detectan a mayor distancia
- Rango de medida: **0 – 60 mm**

# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos

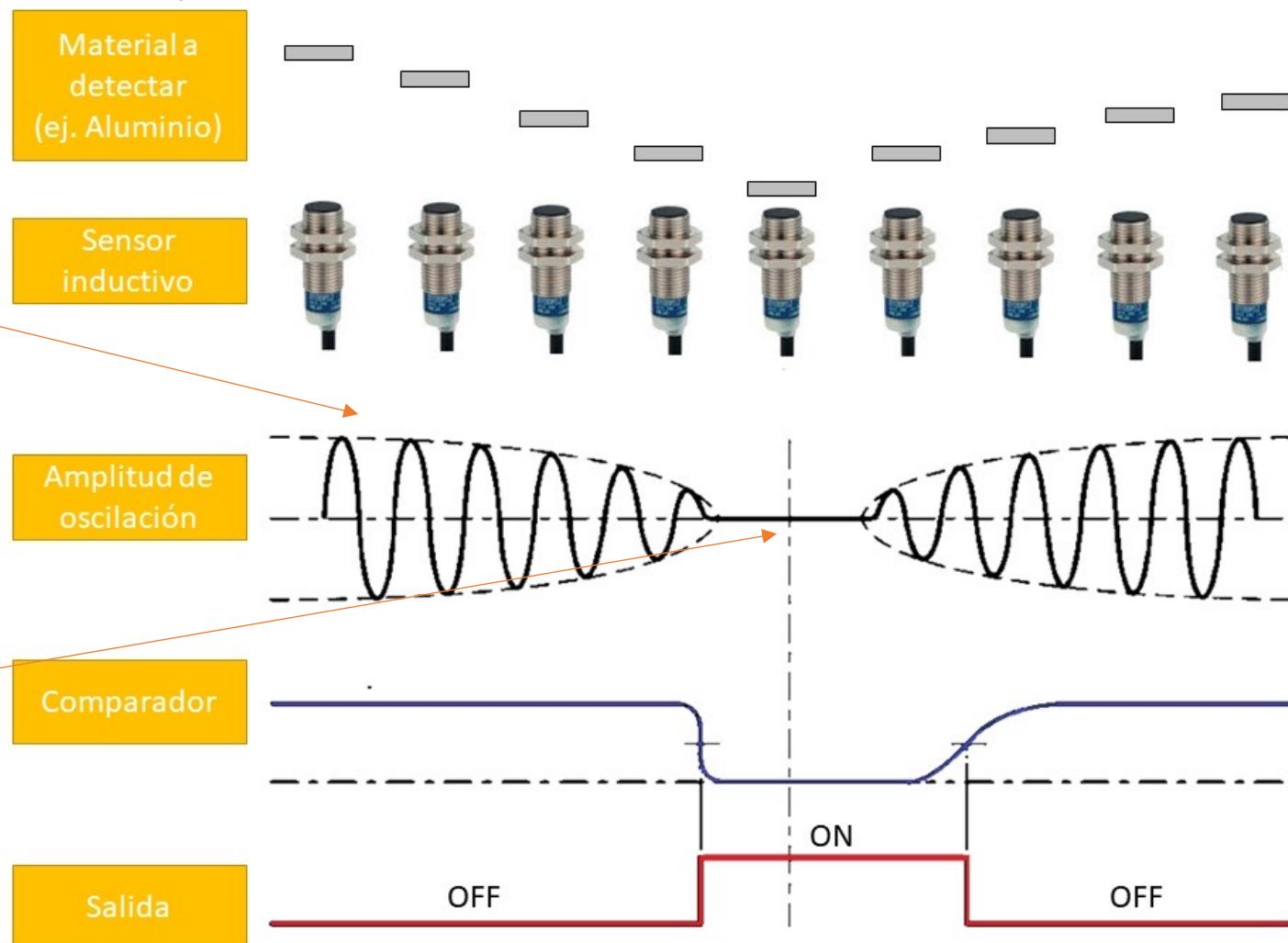
- Bobina: es el elemento sensor, además esta bobina forma parte de un circuito oscilador LC sinusoidal.
- Rectificador (Conversor CA/CC ) y filtro paso bajo: Convierte la señal de oscilador en una señal de tensión continua
- Comparador: Proporciona dos tensiones a la salida (presencia y ausencia de objeto)
- Etapa de salida



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos

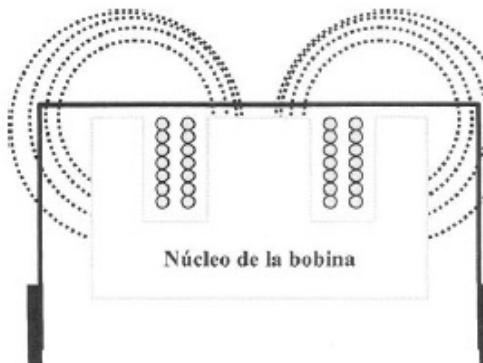
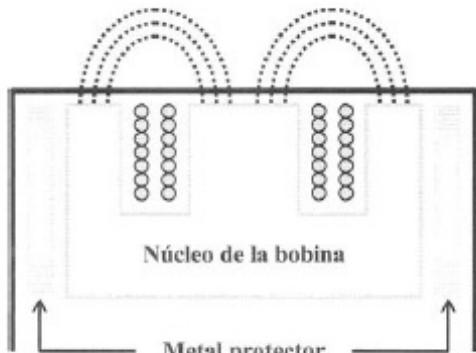
OSCILA EN  
AUSENCIA  
DE OBJETO



NO OSCILA EN  
PRESENCIA DE  
OBJETO

# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos

- Tipo de sensores inductivos:
  - Formato externo: Cúbicos o cilíndricos
  - Forma constructiva:
    - Enrasables: El cuerpo metálico que rodea al sensor se extiende hasta la bobina, evitando la dispersión del flujo e.m.
    - No enrasables: La bobina no está apantallada, por lo que hay dispersión lateral del flujo e.m.



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo



Sensor cilíndrico inductivo cilíndrico M8 x 1 Omron



Sensor cúbico inductivo ifm electronic IM5135



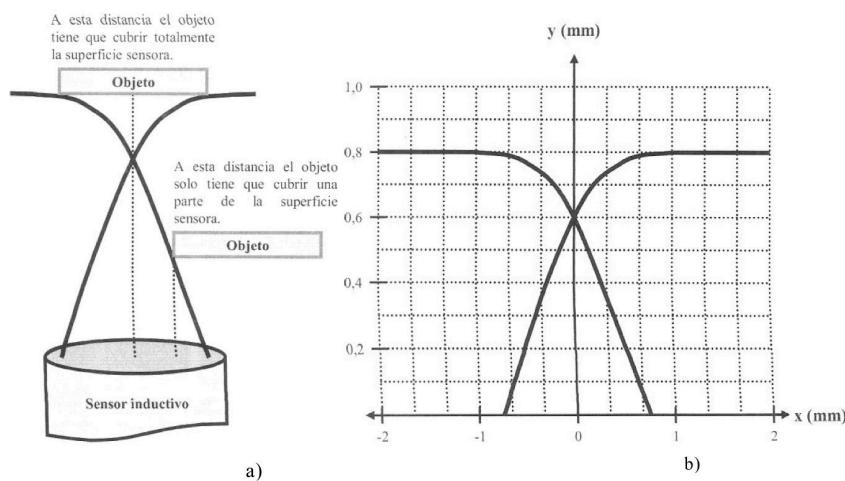
Sensor inductivo enrasable  
Sensor inductivo cilíndrico  
M8 Omron



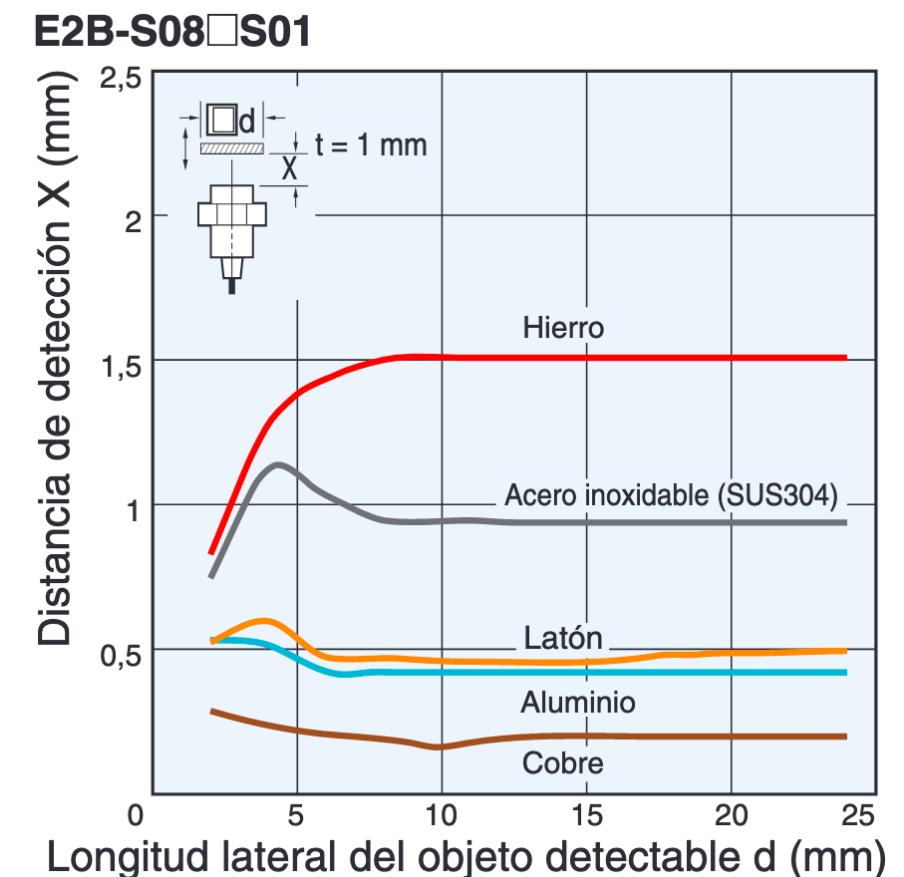
Sensor inductivo no  
enrasable M30 x 1.5  
Omron

# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos

- Campo de trabajo: zona en la que el campo e.m. es lo suficientemente intenso para que se garantice la detección.
- Distancia de detección nominal ( $S_n$ ): Distancia teórica máxima a la que el detector detecta un cuadrado de acero templado de 1mm de espesor (patrón).



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

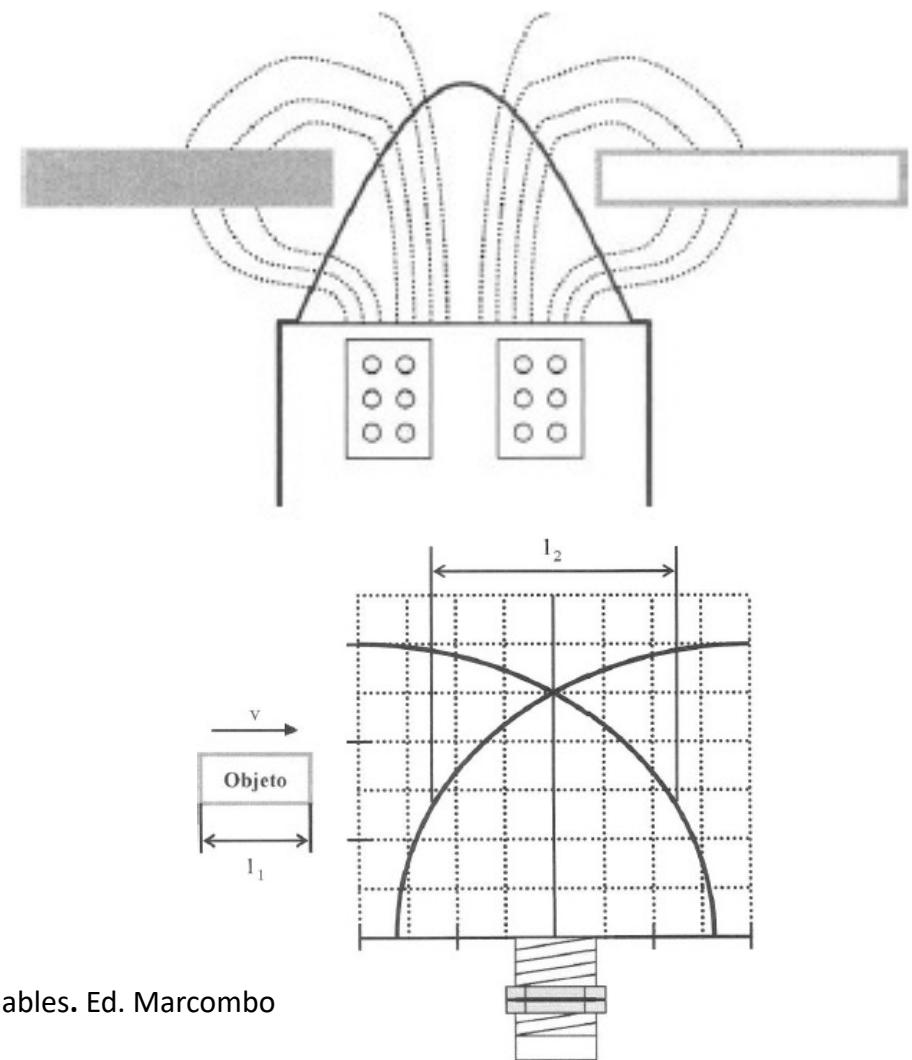


# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos

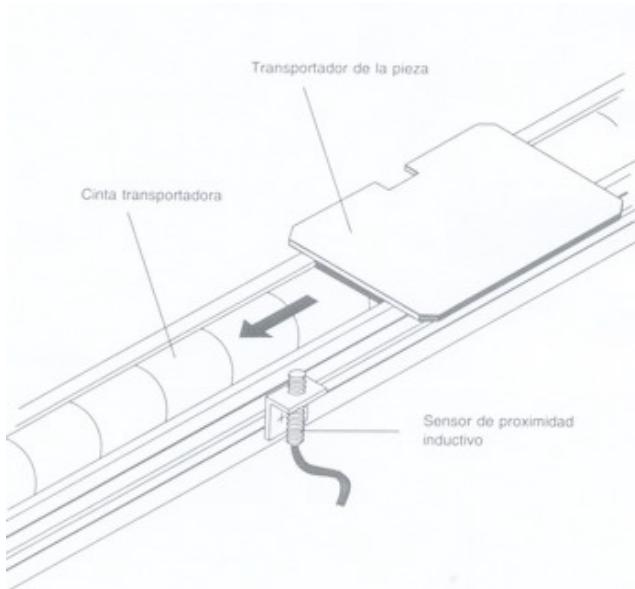
- Distancia mínima entre objetos:  
Distancia para poder detectar dos  
objetos consecutivos (1.5 veces cara  
activa)
- Velocidad máxima del objeto:  
Velocidad que permite que el oscilador  
y resto de componentes actúen:

$$\frac{1}{f} < \frac{l_1 + l_2}{v}$$

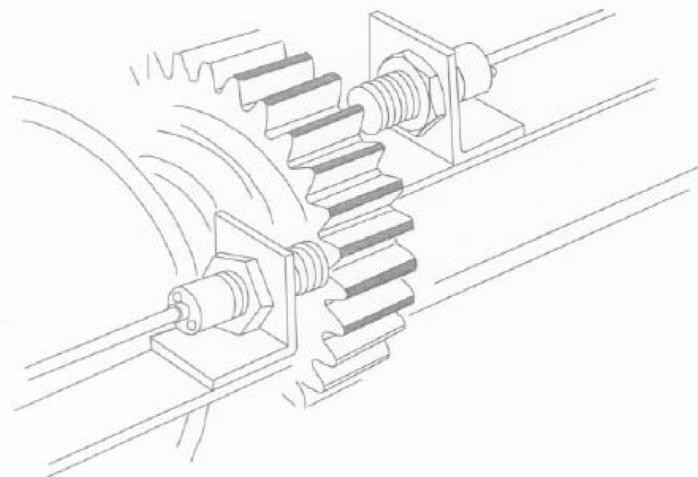
*f*: frecuencia máxima de trabajo del circuito



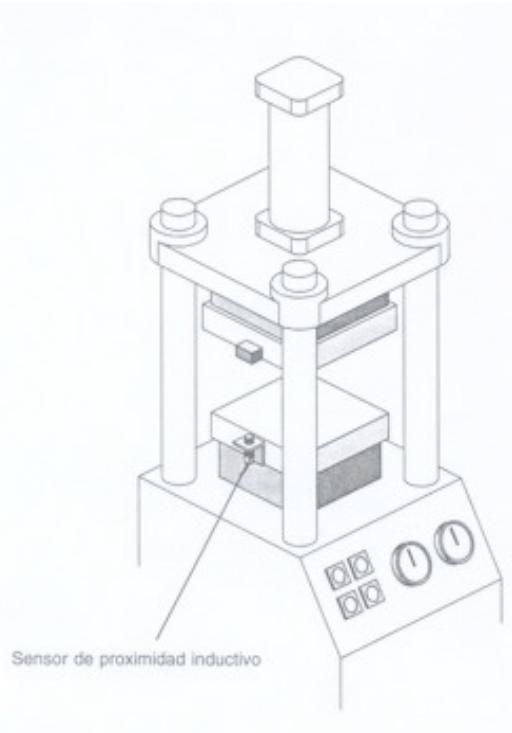
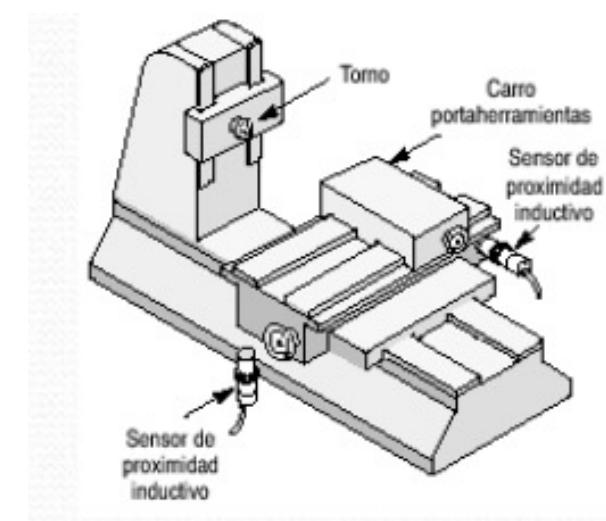
# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos



Detección piezas



Contador de pulsos



Funcionamiento de maquinaria

# Sensores de proximidad sin contacto. Inductivos

- **Ventajas:**

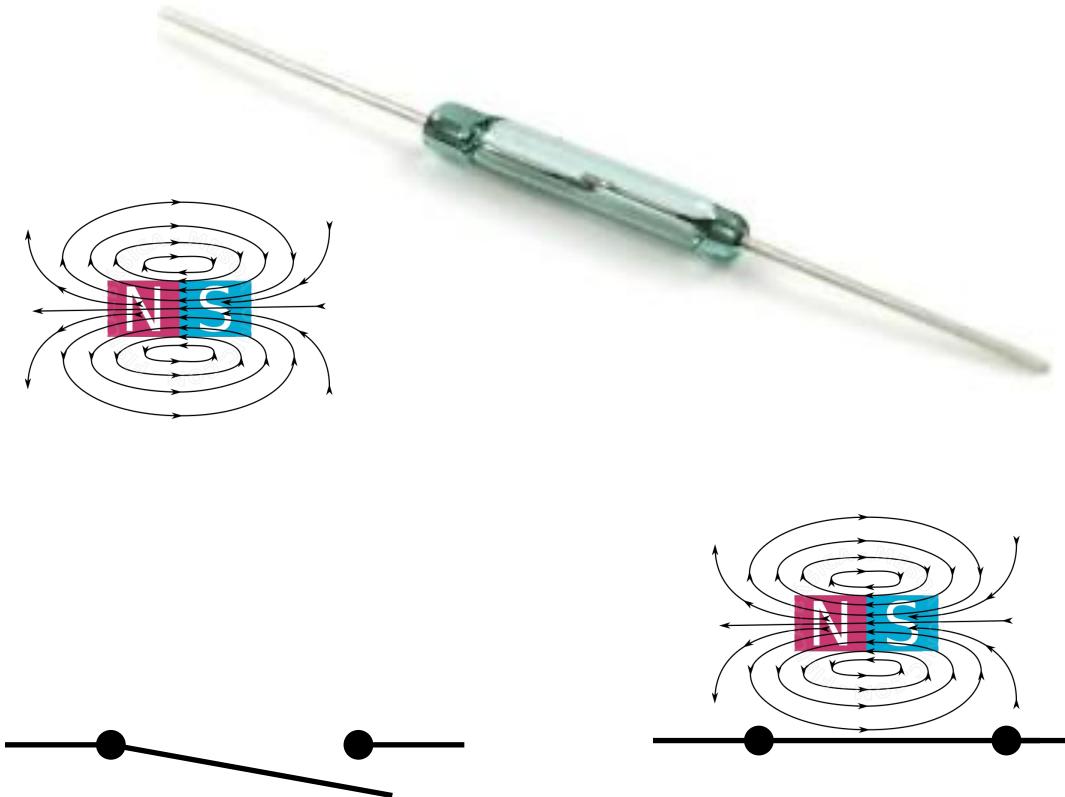
- No contacto con objeto
- No desgaste
- Tiempo de reacción pequeño
- Tiempo de vida largo
- Insensibles a polvo y humedad

- **Desventajas:**

- Sólo detectan objetos metálicos
- Afectados por campos electromagnéticos
- Distancia de detección pequeña

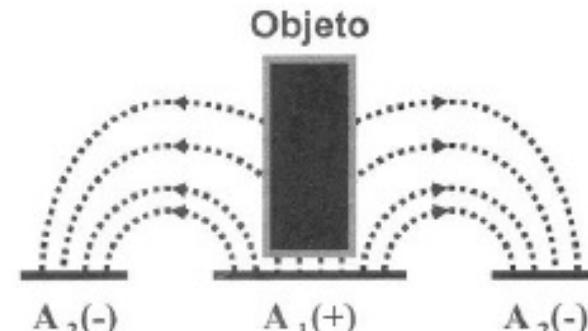
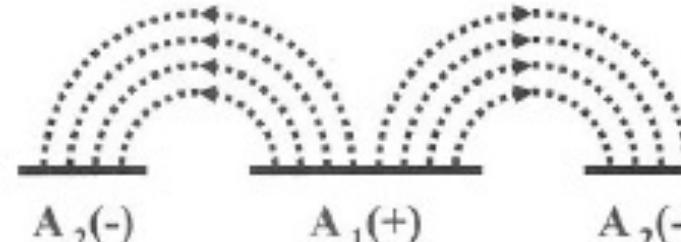
# Sensores de proximidad sin contacto. Reed

- **Sensor Reed:** Una par de lengüetas metálicas encapsuladas. Ante la presencia de un campo magnético se cierra el circuito.
- Aplicaciones:
  - Alarmas
  - Nivel líquidos
  - Recuento objetos



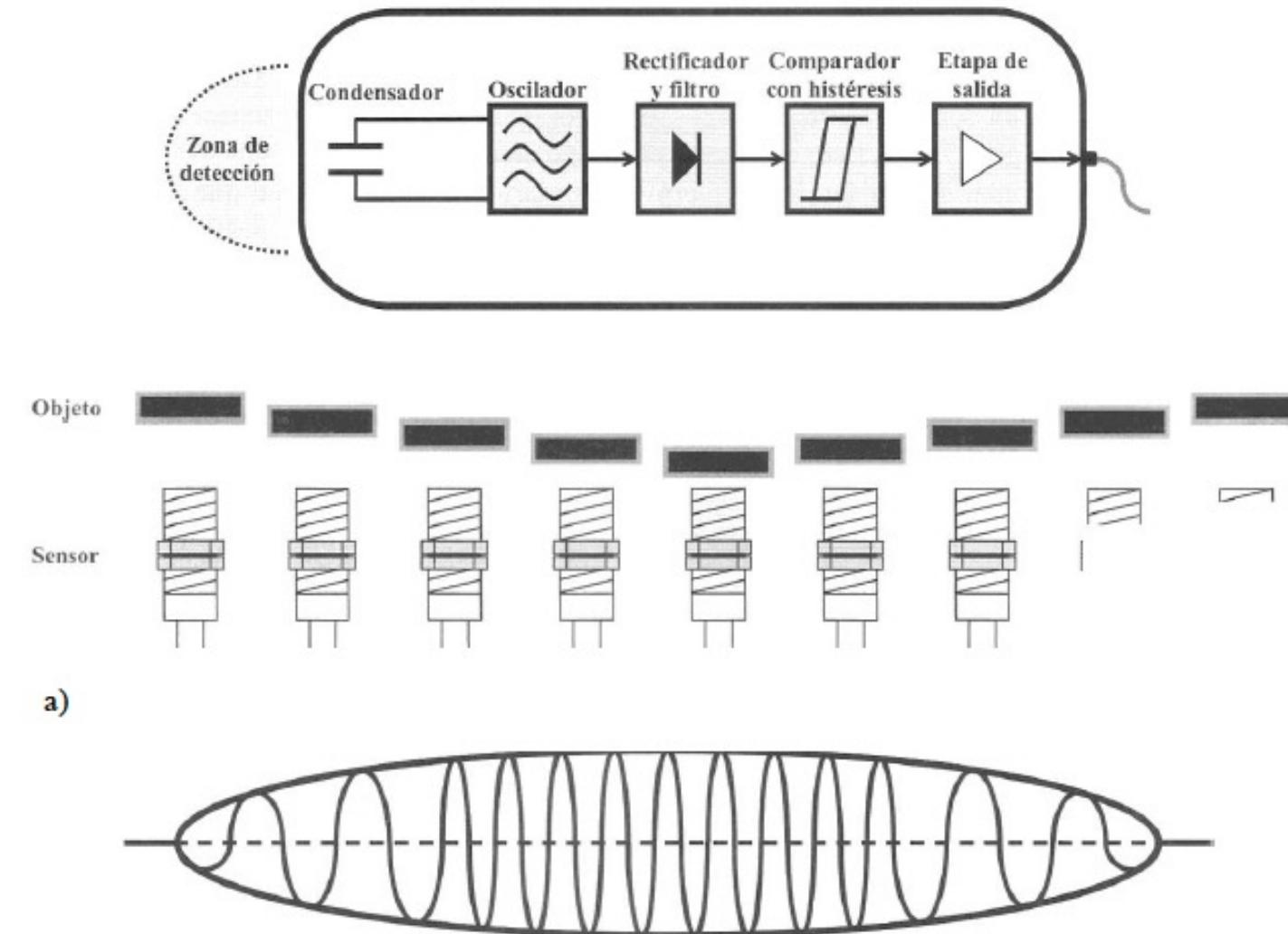
# Sensores de proximidad sin contacto. Capacitivos

- Están basados en el cambio de una capacidad producido por la presencia del objeto (mismo principio sensores inductivos)
- Para poder detectar el objeto este debe tener una constante dieléctrica distinta a la del aire.
- Permite detectar objetos **metálicos y no metálicos**.
- Mayor constante dieléctrica o mayor tamaño objeto o menor distancia al detector → Mayor aumento en la capacidad → Detección más fácil



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

# Sensores de proximidad sin contacto. Capacitivos

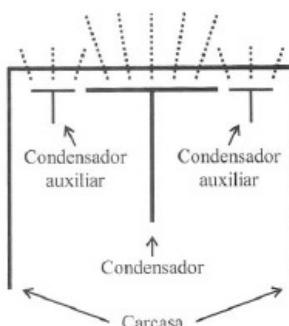
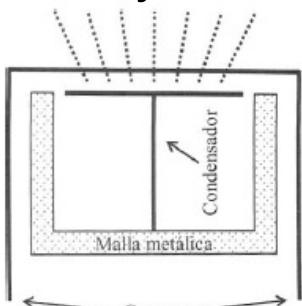


NO OSCILA EN  
AUSENCIA DE  
OBJETO

OSCILA EN  
PRESENCIA  
DE OBJETO

# Sensores de proximidad sin contacto. Capacitivos

- Tipo de sensores capacitivos:
  - Formato externo: Cúbicos o prismáticos o cilíndricos
  - Forma constructiva:
    - Enrasables: El cuerpo metálico que rodea al sensor se extiende hasta la condensador, evitando la dispersión del flujo e.m.
    - No enrasables: El condensador no está apantallado, por lo que hay dispersión lateral del flujo e.m.



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo



Sensor cilíndrico  
Capacitivo cilíndrico IFM



Sensor cúbico prismático  
Omron



Sensor capacitivo enrasable  
IFM

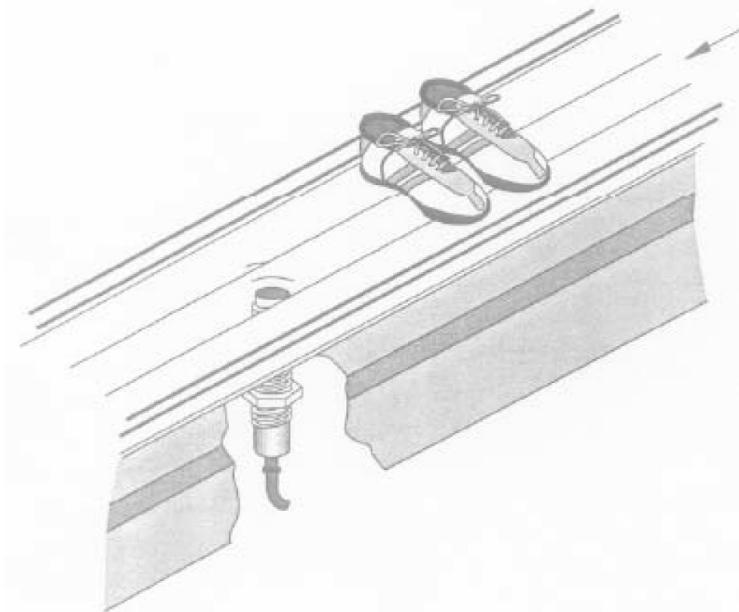


Sensor capacitivo no  
enrasable IFM

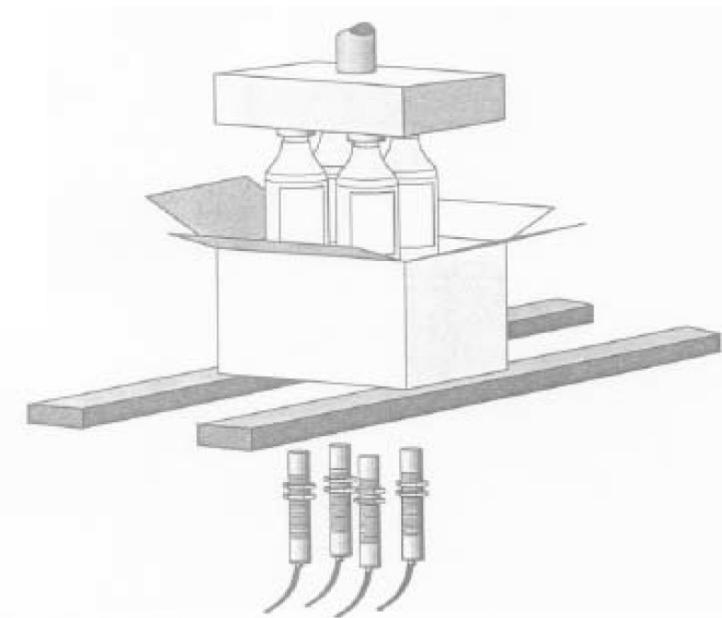
# Sensores de proximidad sin contacto. Capacitivos



Nivel de llenado



Detección suela



Comprobación contenido caja

# Sensores de proximidad sin contacto. Capacitivos

- **Ventajas:**
  - Detectan objetos metálicos y no metálicos
  - Permiten detectar a través de algunos materiales
  - Vida útil larga
  - Rapidez
- **Desventajas:**
  - Sensibles a factores ambientales
  - Distancia de detección pequeña
  - Alcance pequeño
  - Ajustes iniciales

# Sensores de proximidad sin contacto. Ultrasonidos

- Basan su funcionamiento en el uso de señales sonoras de frecuencia superior a 20 KHz, no audibles por las personas (ultrasonidos)
- También se pueden usar para medir la distancia
- Constan de un emisor y un receptor



Sensor Ultrasonido HC-SR04



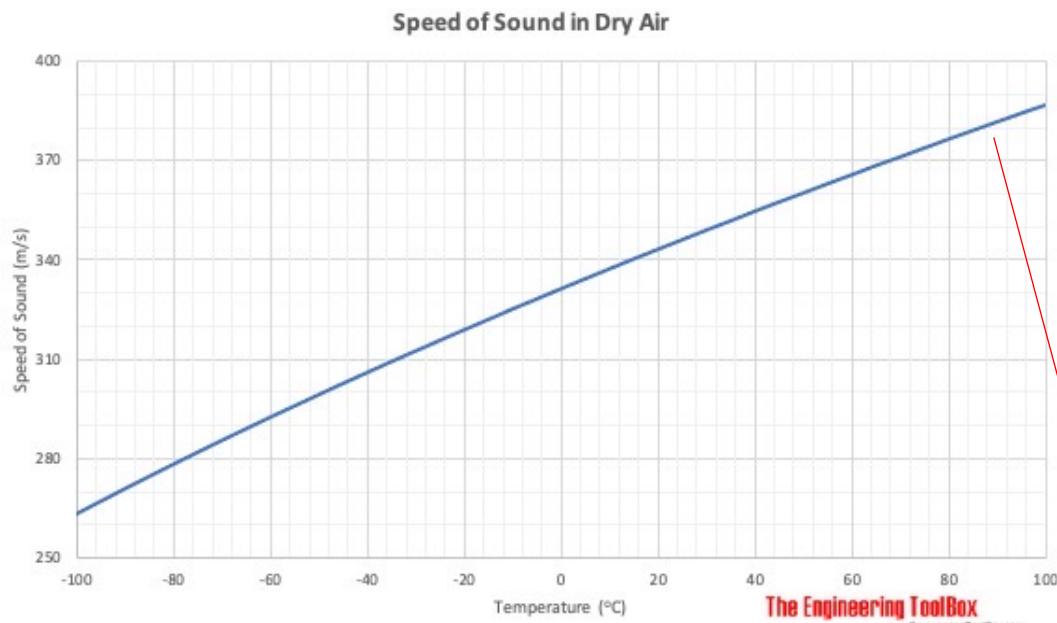
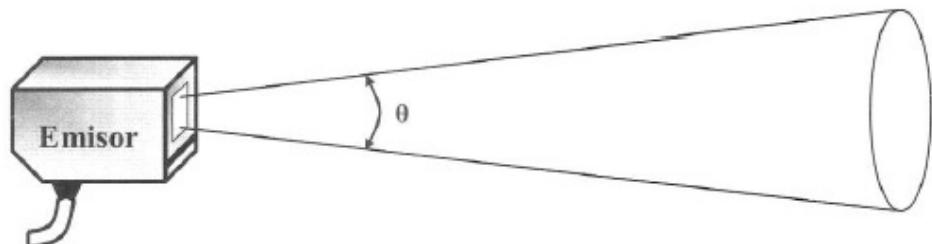
Sensor Ultrasonido Lego EV3



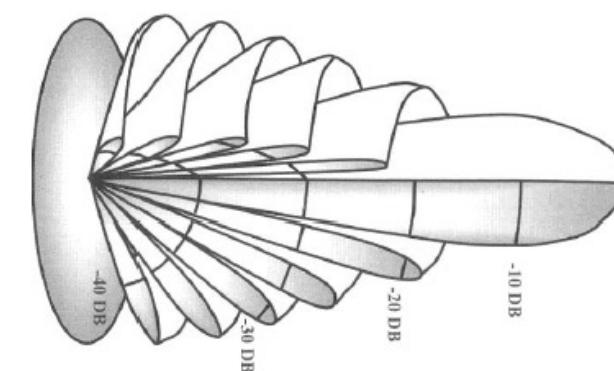
Sensor ultrasónico  
microsonic  
mic+340/D/TC

# Sensores de proximidad sin contacto. Ultrasonidos

- La velocidad de propagación del sonido se ve afectada por la temperatura, medio de transmisión, humedad
- El ruido de fondo también afecta a la capacidad de detección (afecta menos a altas frecuencias)



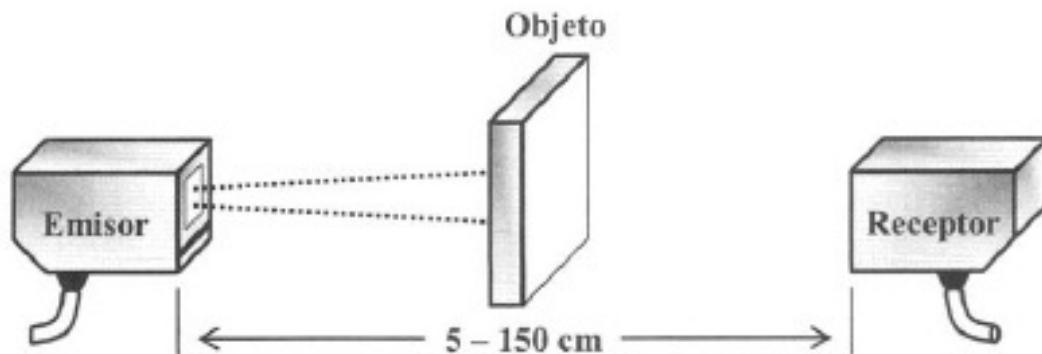
Fuente: <https://www.engineeringtoolbox.com/>



Compensación  
temperatura

# Sensores de proximidad sin contacto. Ultrasonidos

- **Sensores ultrasónicos de barrera:** Emisor y receptor están separados físicamente y enfrentados. Cuando el objeto bloquea el paso del sonido se produce la detección (ausencia de sonido en receptor):
  - Salida TODO/NADA



Sensores ultrasonidos de barrera  
Pepperl+Fuchs SE2-V31 y SA2-V15

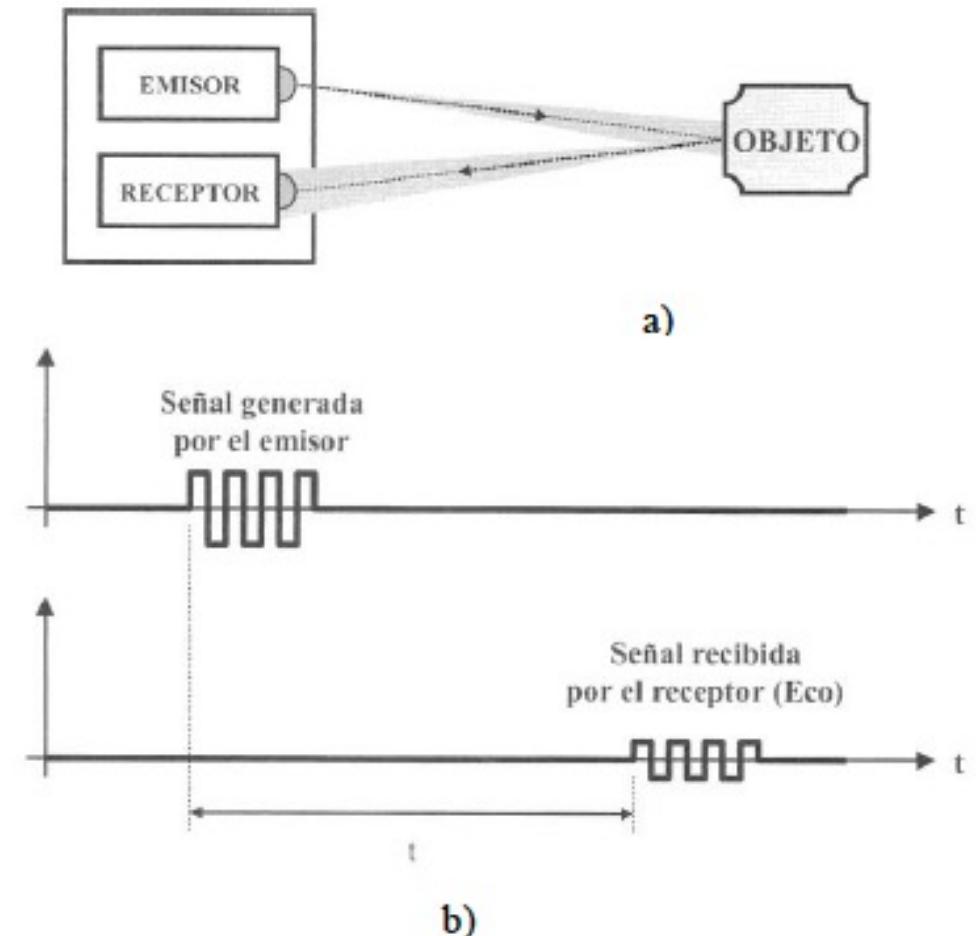
Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

# Sensores de proximidad sin contacto. Ultrasonidos

- **Sensores ultrasónicos de eco:**

Permiten detectar la presencia de objetos y medir la distancia al objeto.

- Emisor y receptor están unidos físicamente
- El emisor produce un tren de impulsos que es captado por el receptor. Mediando el tiempo que se tarda en recibir la señal se puede calcular la distancia del objeto
- Frecuencia tren pulsos: 10 Hz – 150 Hz



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

# Sensores de proximidad sin contacto. Ultrasonidos

- Electrónica generación tren de impulsos
- Microcontrolador genera una señal digital todo/nada (presencia/ausencia) y una señal analógica (medida de distancia)

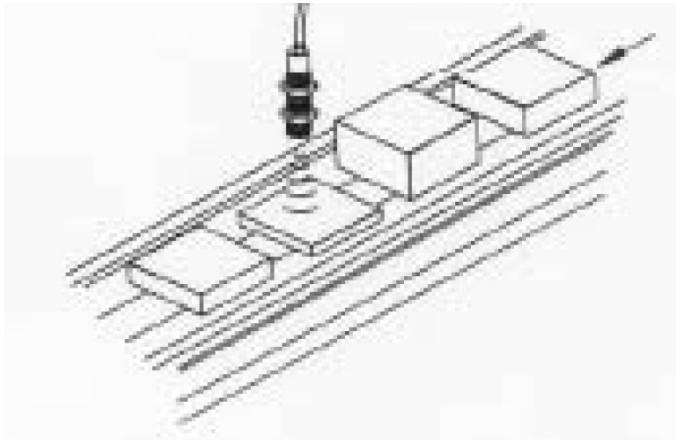


Sensor Pepperl – Fuchs UB500-F42-I-V15

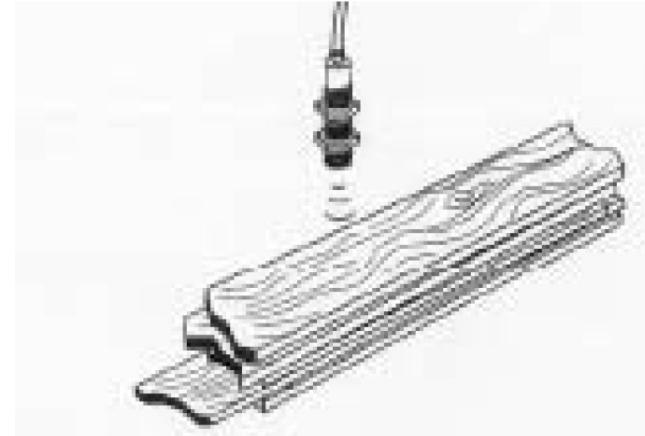


Sensor Pepperl – Fuchs UC3500

# Sensores de proximidad sin contacto. Ultrasonidos



Clasificación según altura



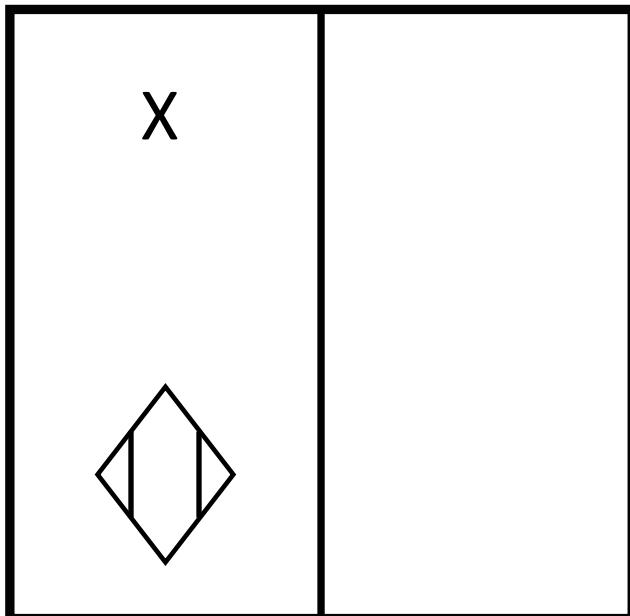
Detección grosor



# Sensores de proximidad sin contacto. Ultrasonidos

- **Ventajas:**
  - Rango detección elevado
  - Detección distintos tipos materiales
  - Detección segura objetos transparentes (botella vino)
  - Poca sensibilidad al polvo
- **Desventajas:**
  - Superficies inclinadas
  - Lentitud
  - Precio elevado
  - Zona ciega

# Sensores de proximidad: Símbolo normalizado



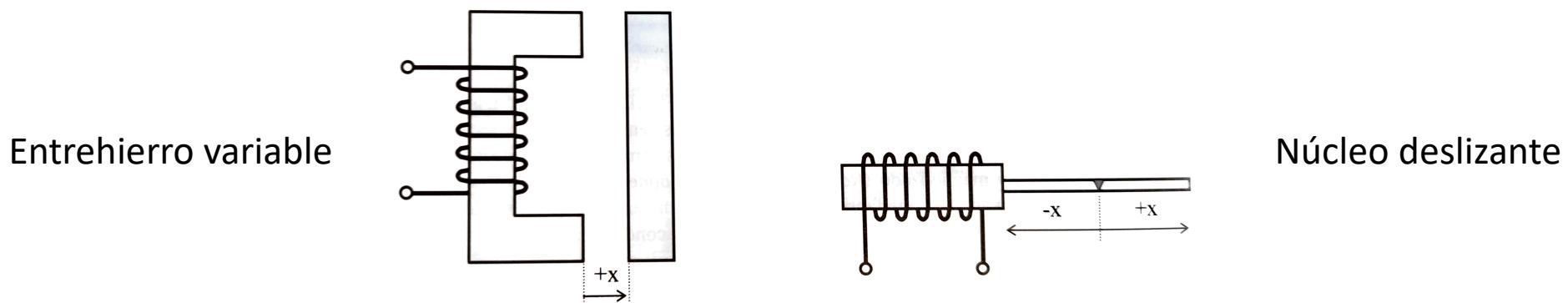
LETRA	Tipo de sensor
T	Fotoeléctrico de barrera
R	Fotoeléctrico réflex con reflector
D	Fotoeléctrico réflex difusión directa o difusa
I	Inductivo
C	Capacitivo
U	Ultrasónico

# Sensores de posición o medida de distancia

- Determinar la distancia a la que se encuentra un objeto para el funcionamiento de una máquina (mm a m)
- Tecnologías:
  - Magnéticos
  - Ópticos
  - Ultrasonidos

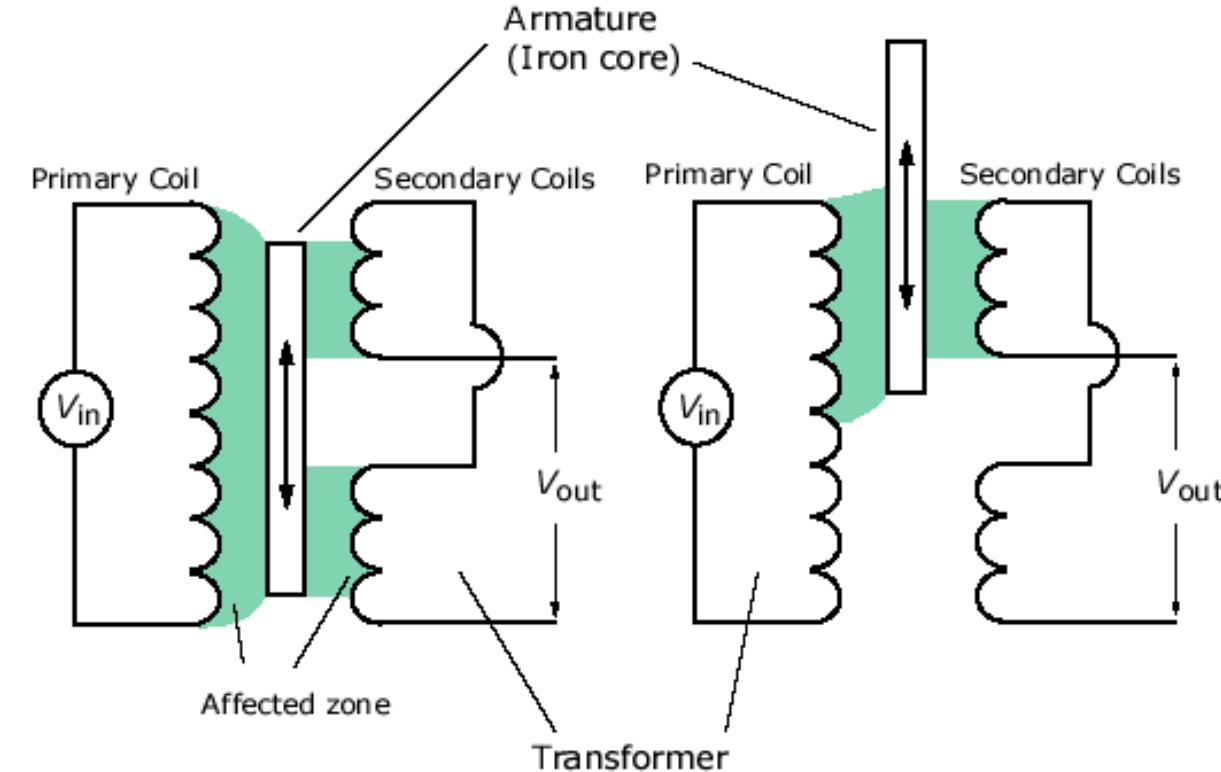
# Sensores de posición o medida de distancia. Magnéticos

- Se convierte la variación de la posición de una bobina en un transformador en una variación de la inductancia
- **Sensor de inductancia variable:**
  - Variación de la distancia entre la bobina y un material ferromagnético (entrehierro variable)
  - Se introduce más o menos un núcleo de material ferromagnético en la bobina: transductor de núcleo deslizante



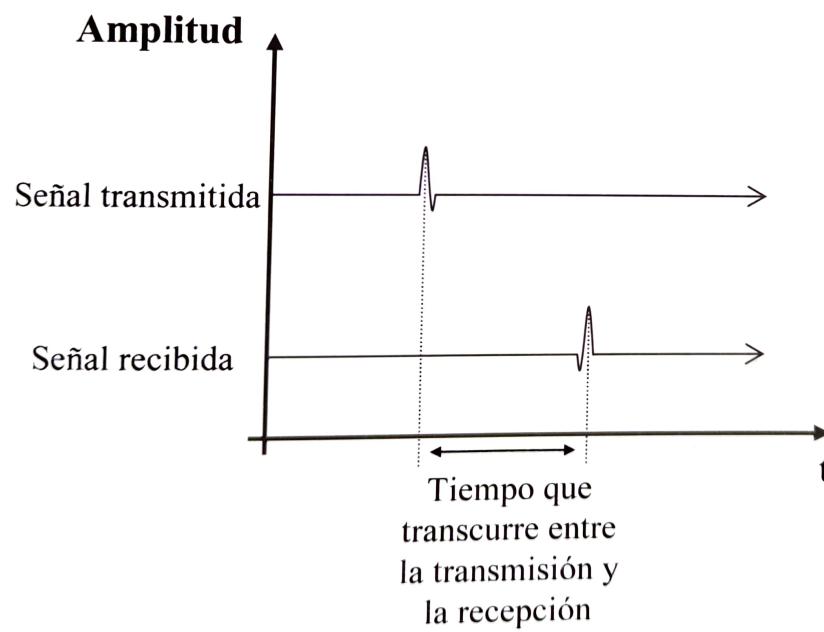
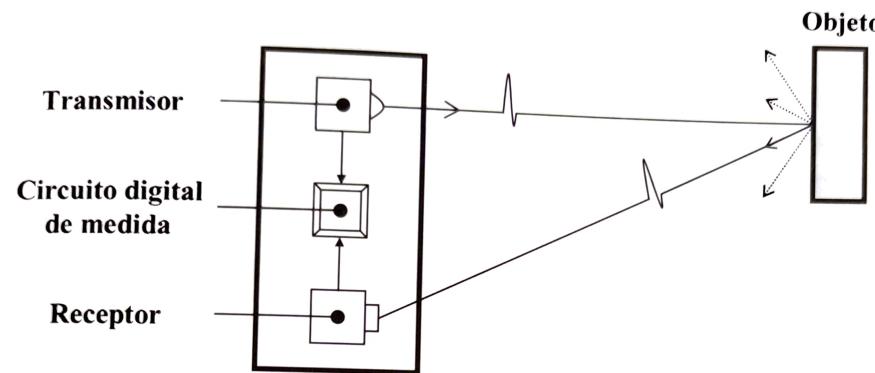
# Sensores de posición o medida de distancia. Magnéticos

- **Transformador diferencial (LDVT: Linear Variable Differential Transformer)**: Se basa en la variación de la inductancia mutua entre el primario y dos secundarios de un transformador
- No desgaste / No rozamiento
- Alta resolución



# Sensores de posición o medida de distancia. Optoelectrónicos

- Los fenómenos ópticos se pueden emplear para medir distancias
- Se emplea haz láser o fotodiodos



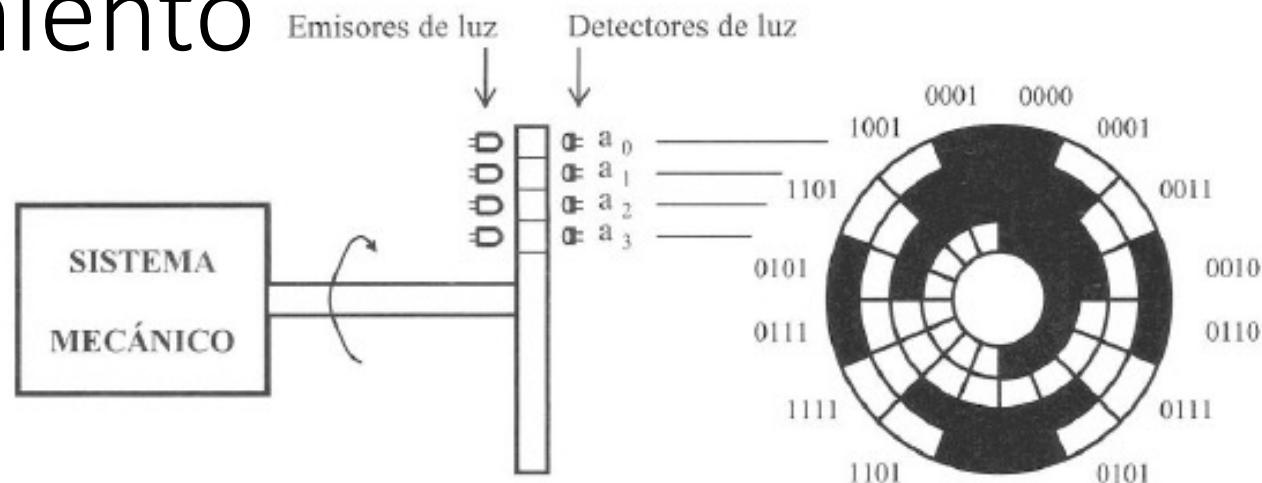
# Sensores de desplazamiento

- Utilizados para medir el desplazamiento lineal o angular de un objeto:

- Codificadores rotativos:
  - Codificadores rotativos absolutos
  - Codificadores incrementales

- Codificadores rotativos absolutos (encoders):

- Código Gray: sólo cambia 1 bit entre dos números consecutivos
- Resolución: Determinada por el número de pistas



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

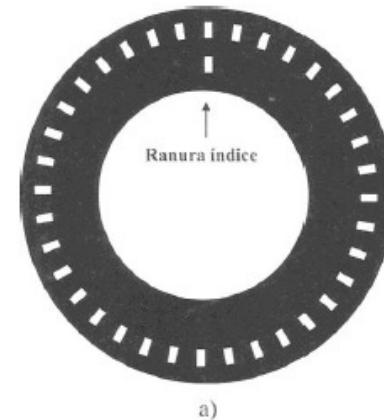
Decimal	BCD	Gray
0	000	000
1	001	001
2	010	011
3	011	010
4	100	110
5	101	111
6	110	101
7	111	100



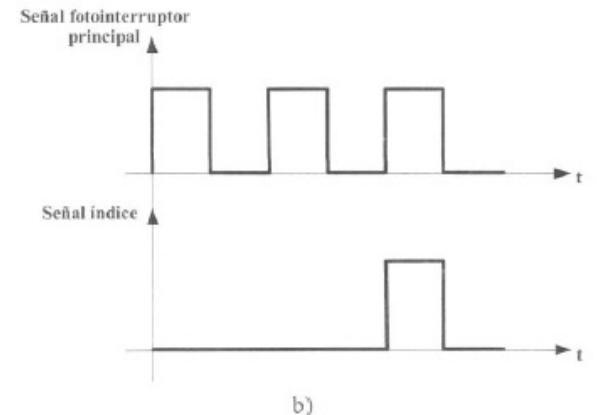
Encoder giratorio absoluto Serie EP58 de AUTONICS

# Sensores de desplazamiento

- Codificadores rotativos incrementales (encoder incremental): Genera un número de impulsos proporcional al desplazamiento:
  - Unidireccionales:
  - Bidireccionales
- Unidireccionales: 1 pista zonas opacas-transparentes.
  - Paso posición inicial (ranura índice)
  - Resolución:  $360^\circ / \text{número ranuras}$



a)



b)

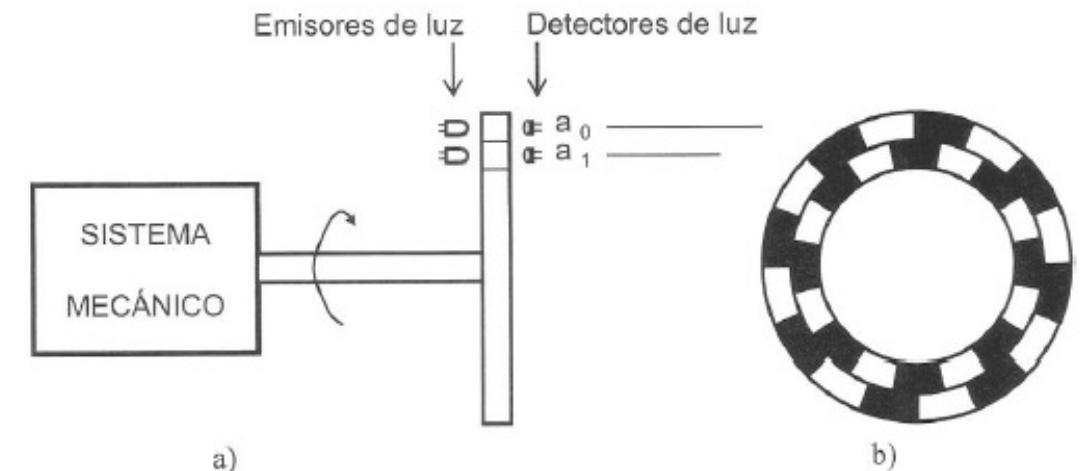
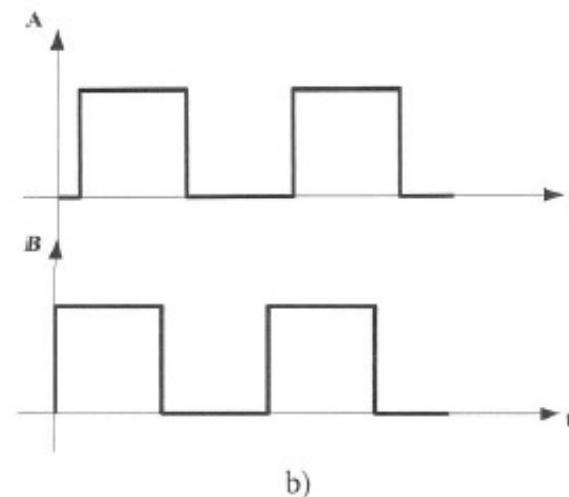
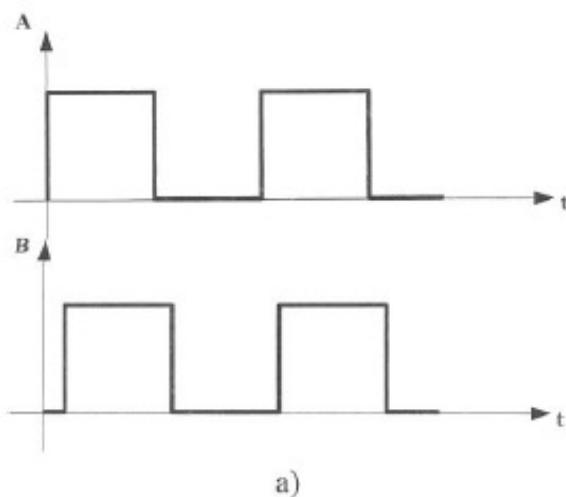
Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo



Encoder giratorio incremental **E40S series**

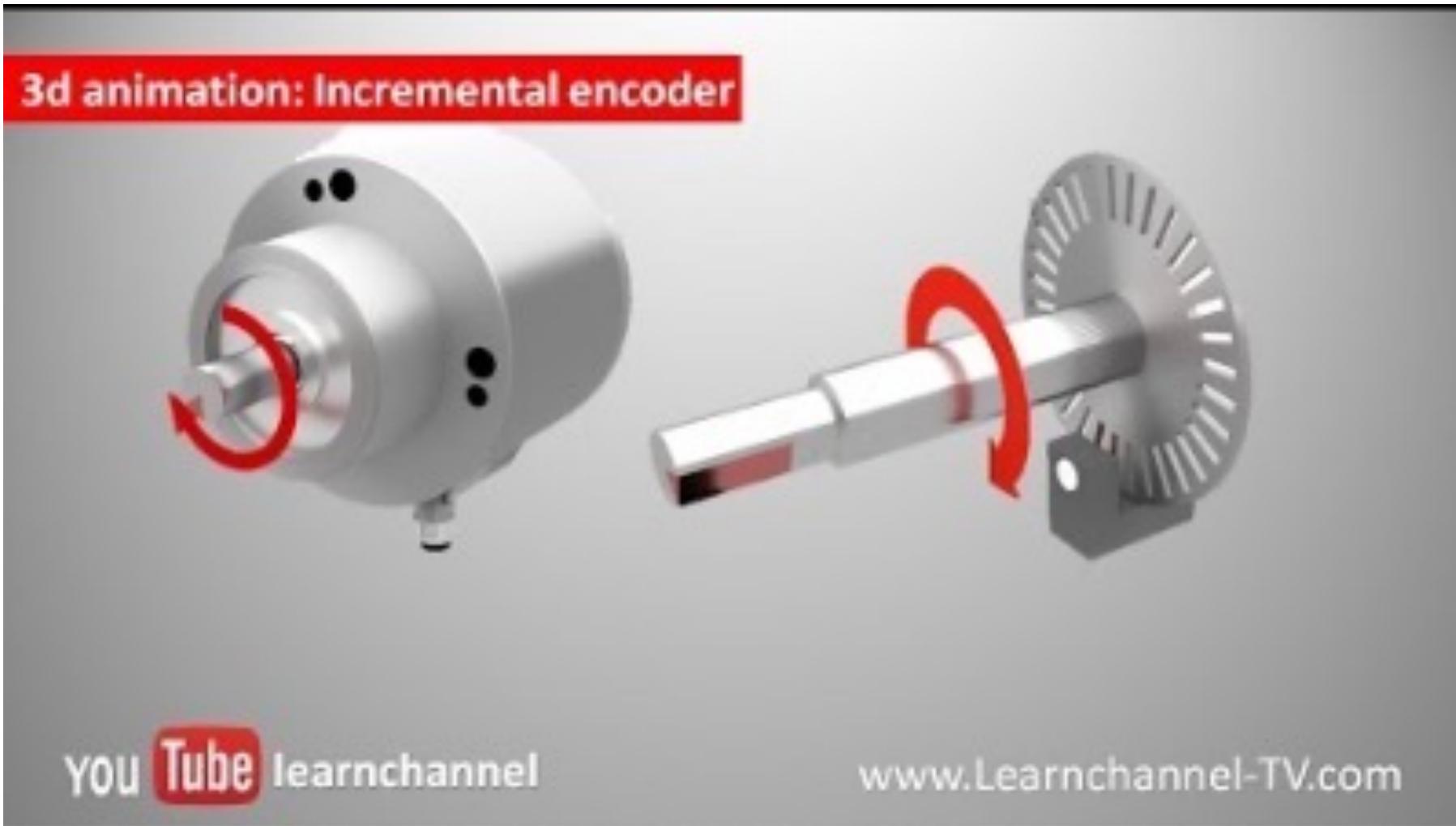
# Sensores de desplazamiento

- Bidireccionales: 2 pista desplazadas entre sí. Permiten medir giros en ambos sentidos



Fuente: Sistemas de automatización y autómatas programables. Ed. Marcombo

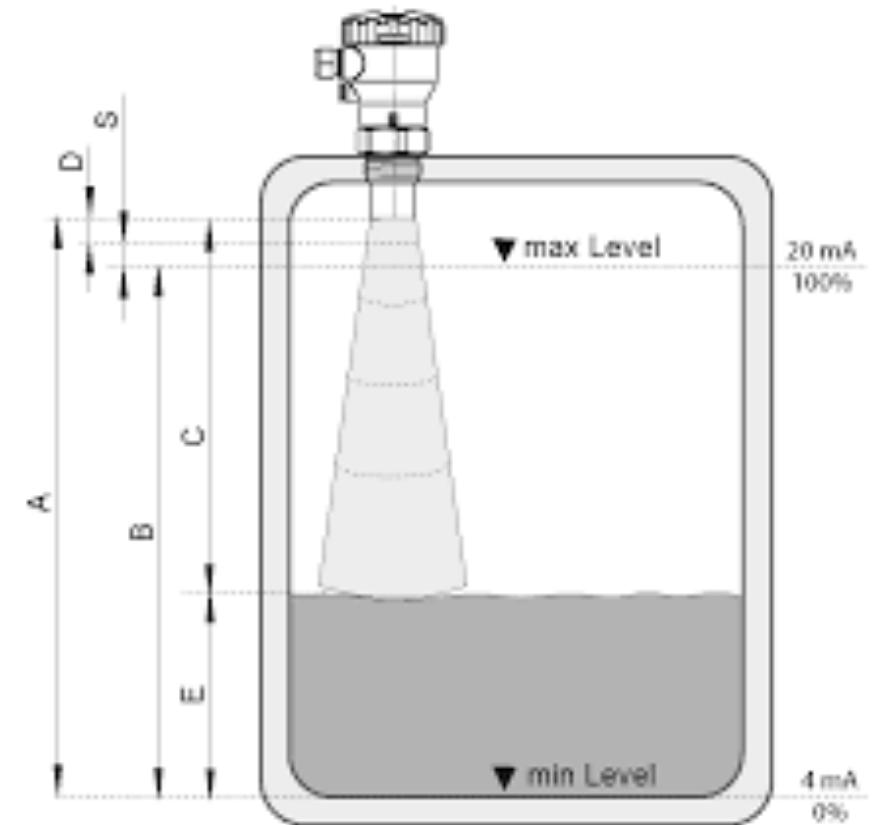
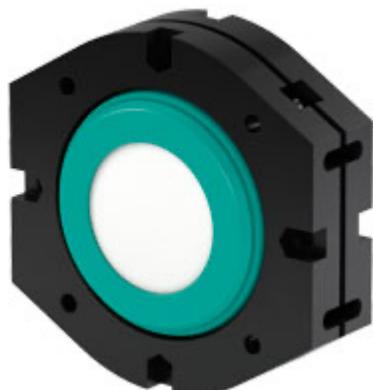
# Sensores de desplazamiento



[https://www.youtube.com/watch?v=zzHcsJDV3\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=zzHcsJDV3_o)

# Sensores de medida de nivel. Ultrasonidos

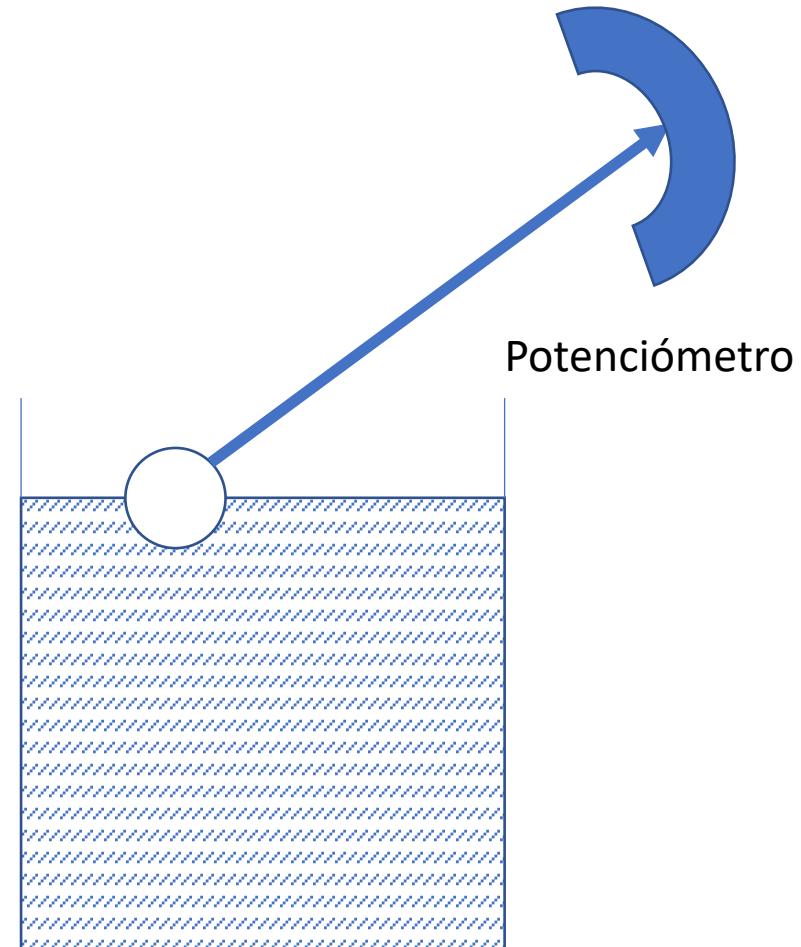
- Para medir el nivel de un depósito que contenga un líquido o sólido se suelen utilizar los sensores de ultrasonidos
- Aplicaciones: medida de nivel en silos de pienso, industria láctea, etc.



Sensor ultrasónicos Pepperl+Fuchs serie F260

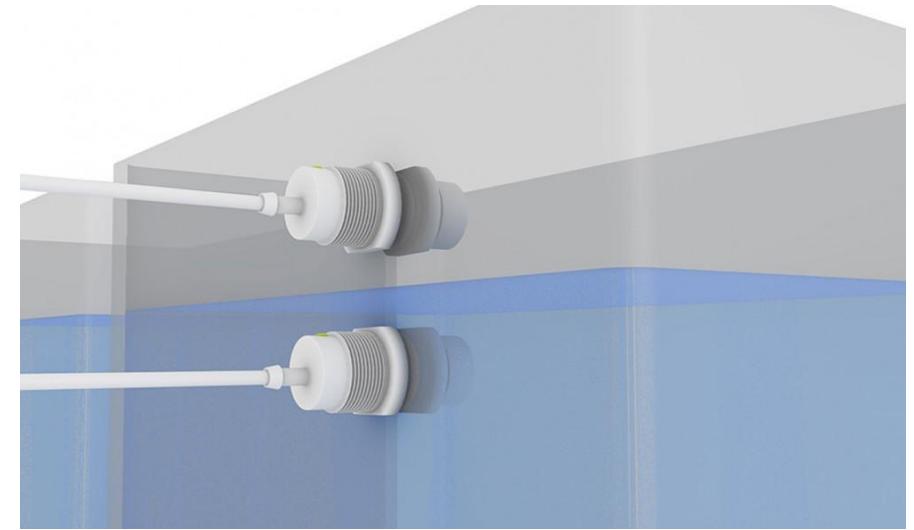
# Sensores de medida de nivel. Sensor de boyas

- Sensor de boyas: la variación del nivel del líquido provoca el movimiento de una boyas
- Se mide el desplazamiento de la boyas (potenciómetro)



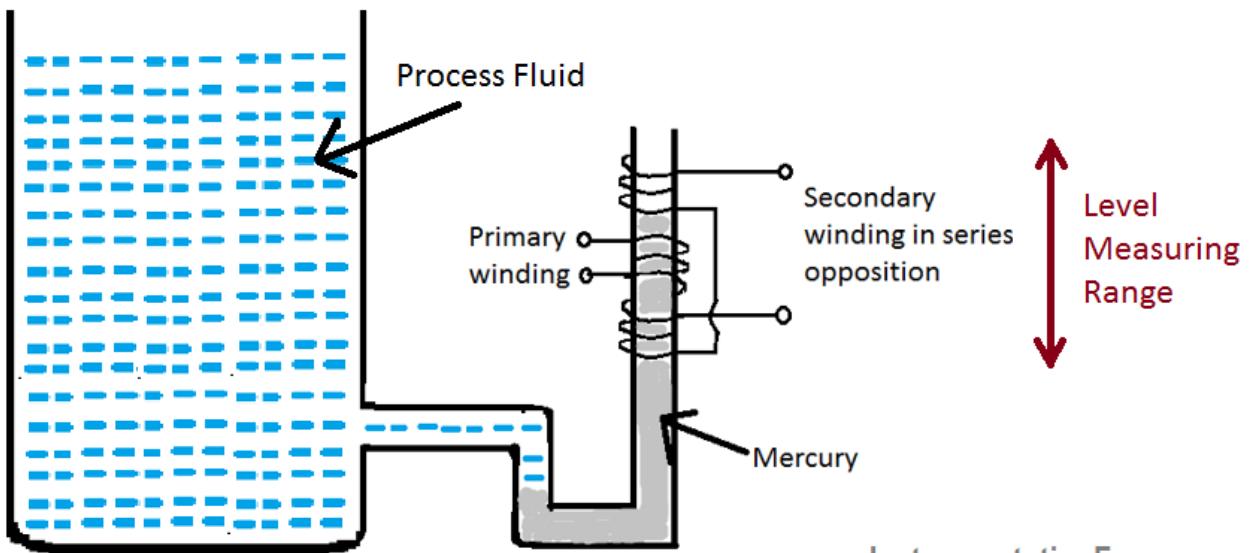
# Sensores de medida de nivel.

- También se utilizan para medir nivel los sensores inductivos y los capacitivos



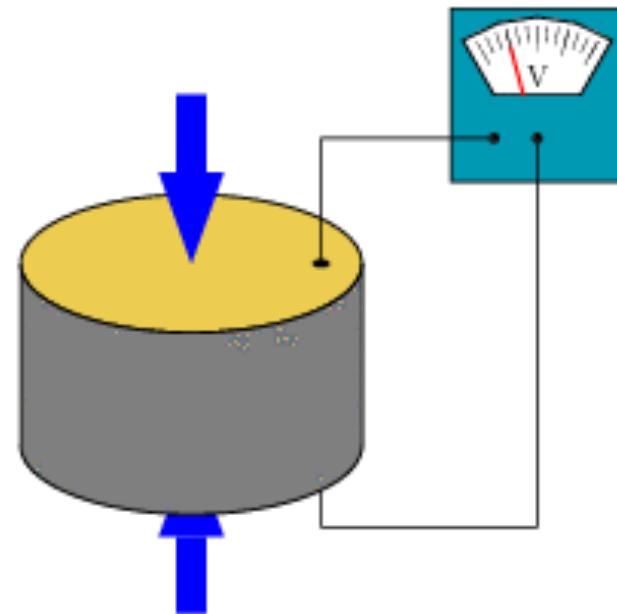
Sensor capacitivo

## INDUCTIVE LEVEL MEASUREMENT



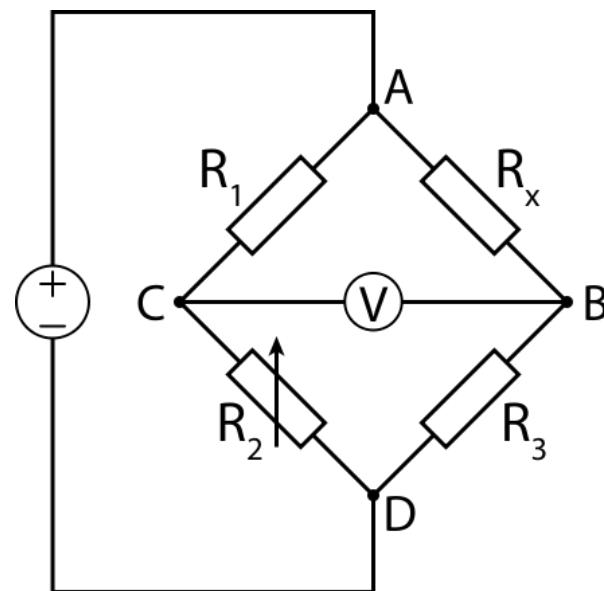
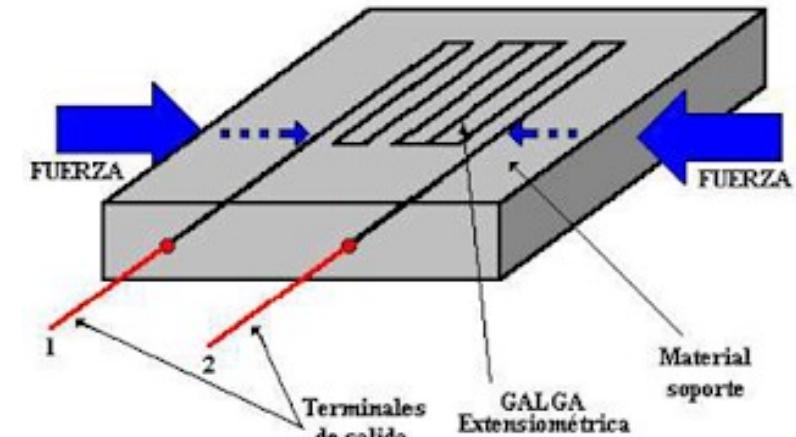
# Sensores de medida de fuerza.

- **Sensor piezoeléctrico:** Un material piezoeléctrico produce una carga eléctrica proporcional a la deformación que sufre el material debido a la aplicación de una fuerza.
- Materiales: **cuarzo**, turmalina, ...

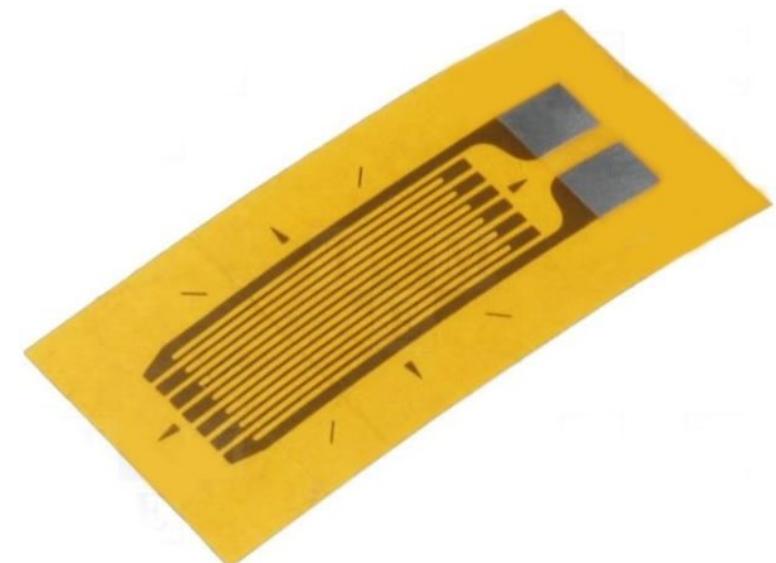


# Sensores de medida de fuerza.

- **Galga extensiométrica:** Hilo de cobre
- La deformación del hilo de cobre produce un cambio en su resistencia (proporciona a la fuerza)
- Circuito amplificación y acondicionamiento

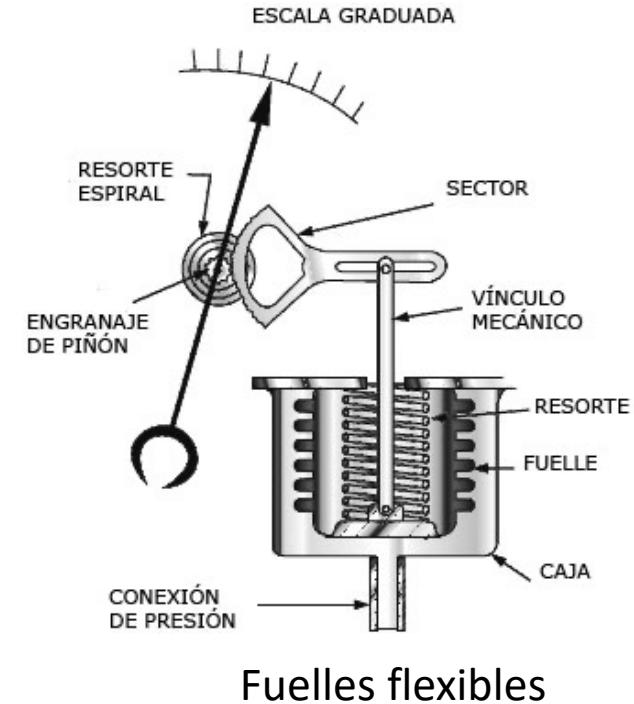


Puente Wheastone

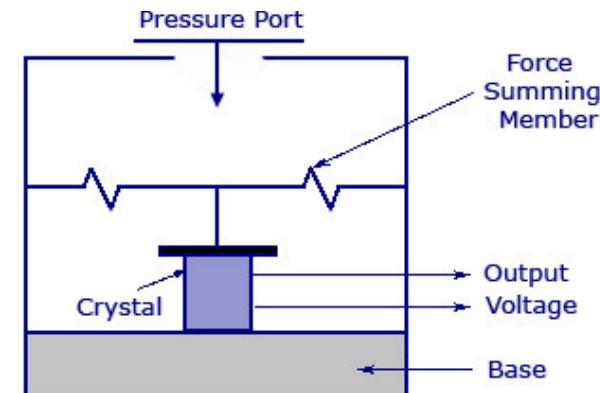


# Sensores de medida de presión

- **Manómetros:** Se basan en la deformación de un elemento elástico cuya deformación es medida por un sensor de pequeños desplazamientos (galga extensiométrica, sensor piezoeléctrico) que proporciona una señal proporcional a la presión



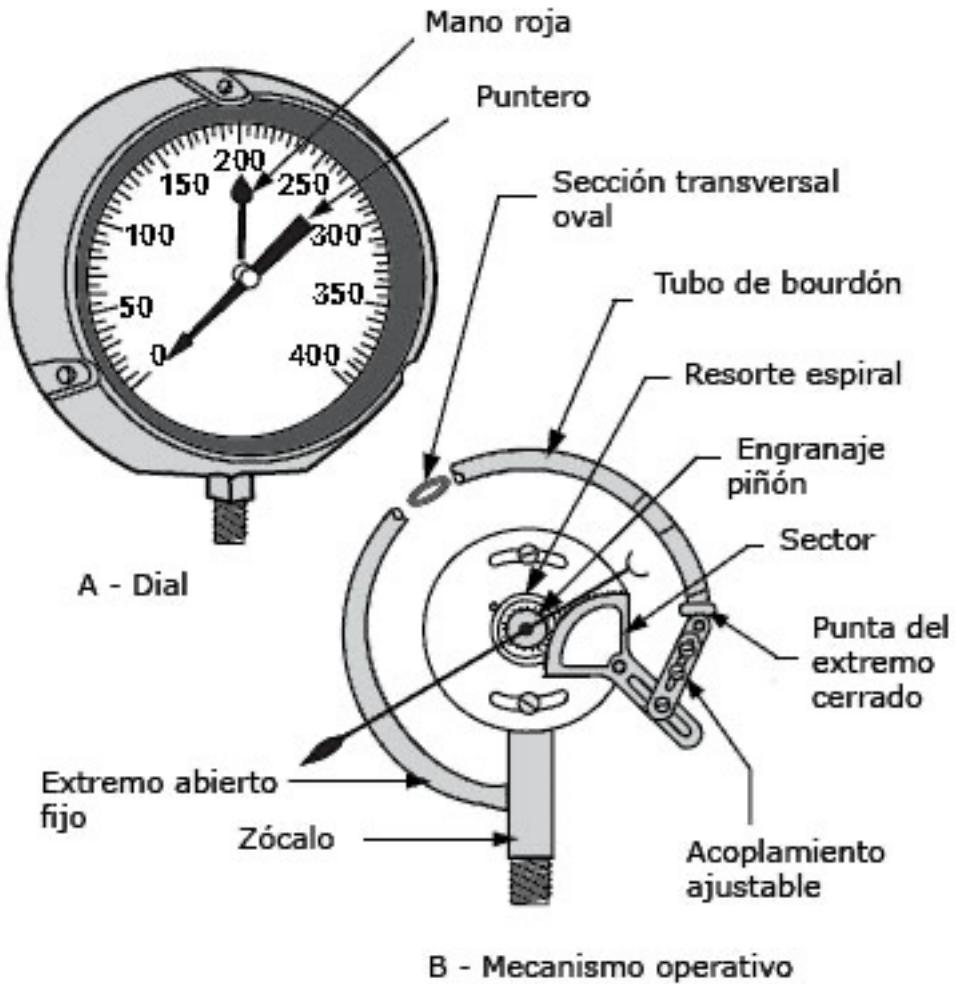
Fuelles flexibles



Piezoeléctrico

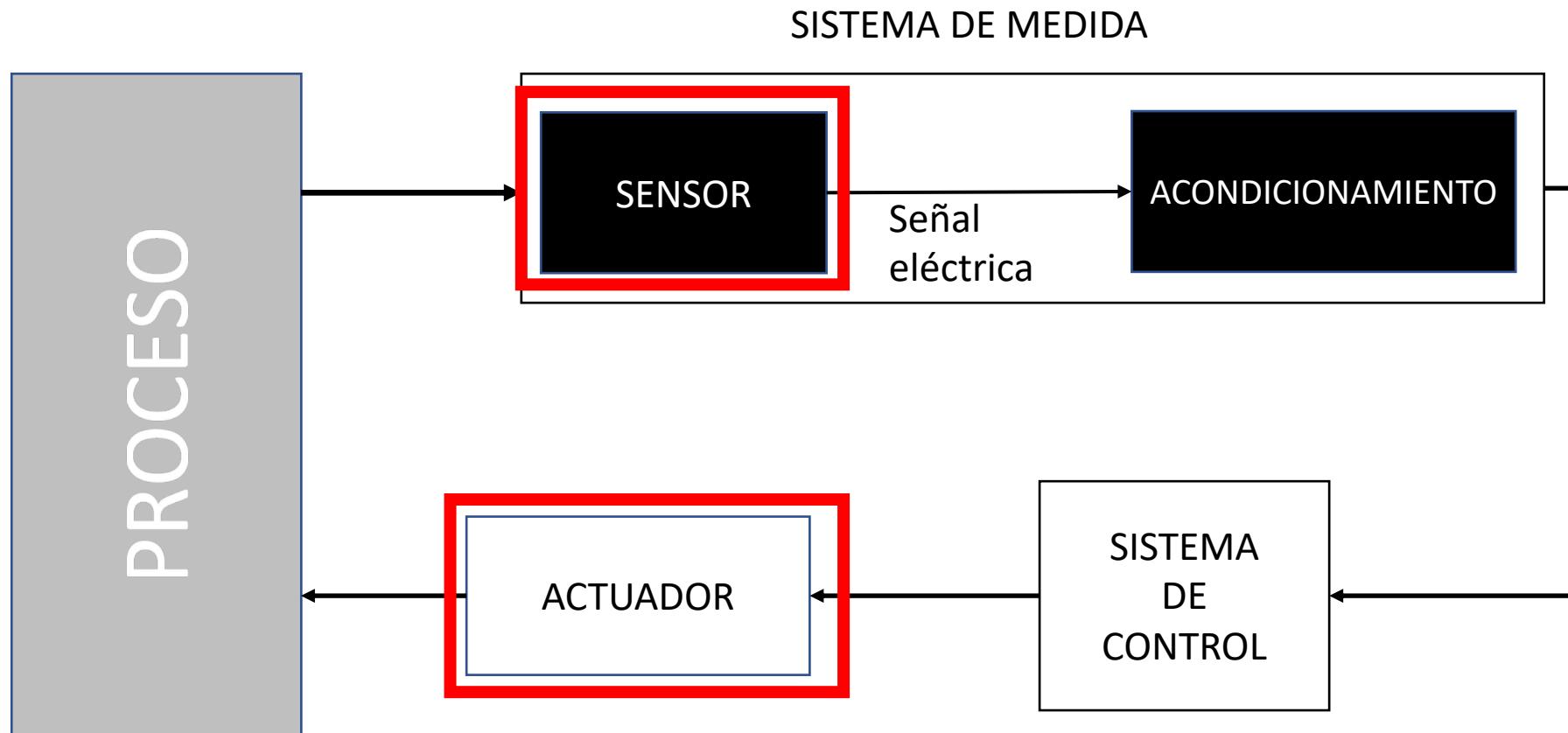
# Sensores de medida de presión

- **Tubo de Bourdon:** Se hace circular un fluido por un tubo curvado
- A medida que aumenta la presión producida por el fluido el tubo tiende a enderezarse

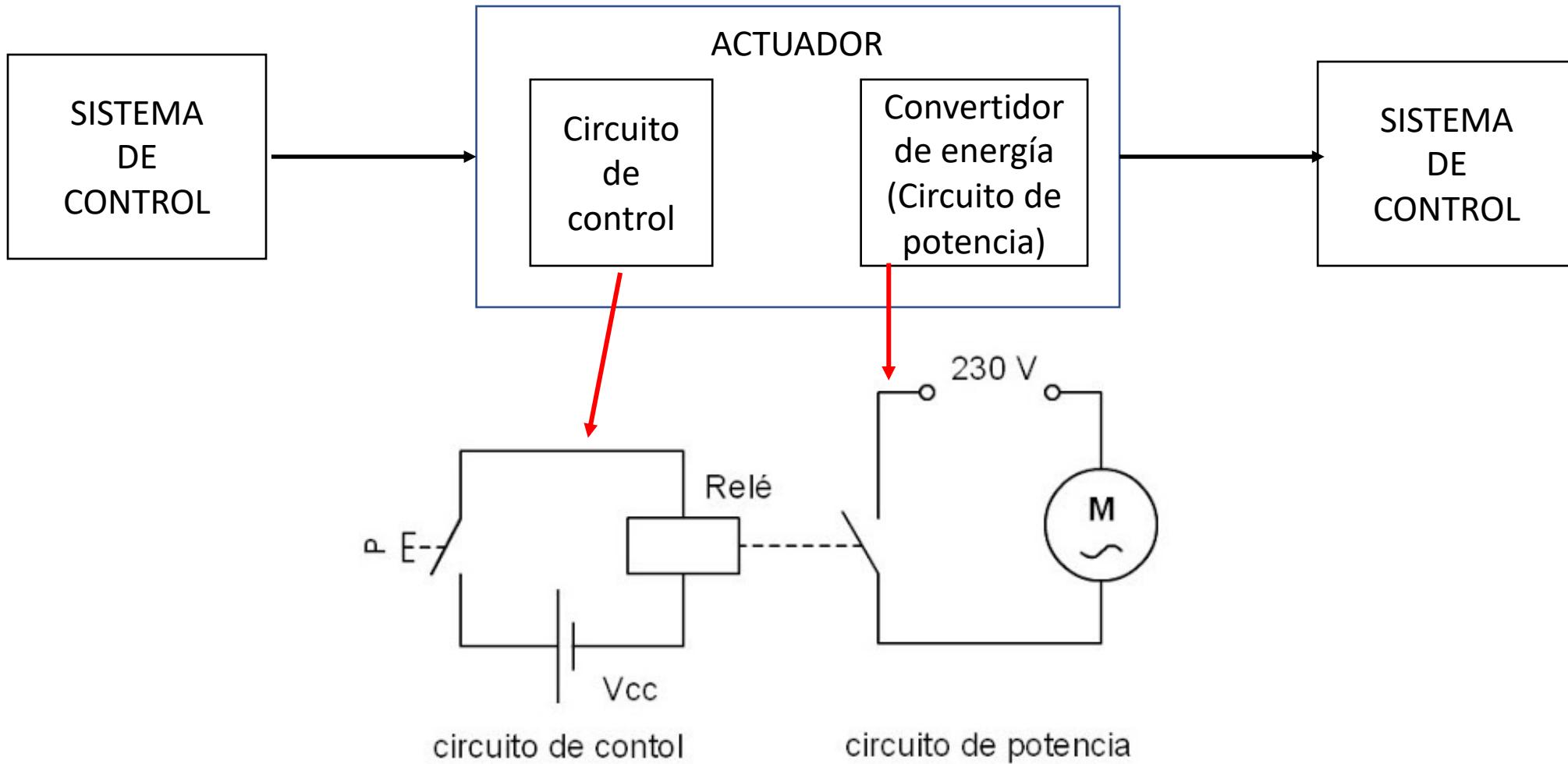


# ACTUADORES

# Actuadores



# Actuadores



# Actuador

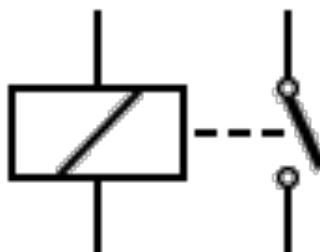
- Para que un sistema de control pueda modificar el comportamiento de una planta o proceso es necesario incorporar elementos que puedan **actuar** sobre dicha planta o proceso.
- Estos elementos se denominan actuadores o accionamientos
- Actuador: Dispositivo que convierte una **señal eléctrica** en una salida, generalmente **mecánica** que puede provocar algún tipo de efecto sobre el sistema a controlar
- Tipos de actuadores:
  - Eléctricos: transforman energía eléctrica en mecánica (rotacional)
  - Neumáticos: transforman energía acumulada del aire comprimido en energía mecánica
  - Hidráulicos: transforman la energía de un fluido a presión (normalmente aceite) en energía mecánica

# Actuador

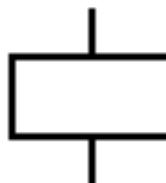
Tipo de actuador	Ventajas	Desventajas
Neumático	<ul style="list-style-type: none"><li>Bajo coste</li><li>Rapidez</li><li>Sencillez</li><li>Robustos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Instalaciones especiales (aire comprimido)</li><li>Ruidosos</li></ul>
Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"><li>Alta capacidad de carga</li><li>Estabilidad frente a cargas estáticas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Mantenimiento complicado</li><li>Precio elevado</li><li>Suciedad</li><li>Respuesta lenta</li></ul>
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"><li>Precisión y fiabilidad</li><li>Poco ruido</li><li>Control sencillo</li><li>Fácil instalación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Potencia limitada</li></ul>

# Actuador. Eléctrico

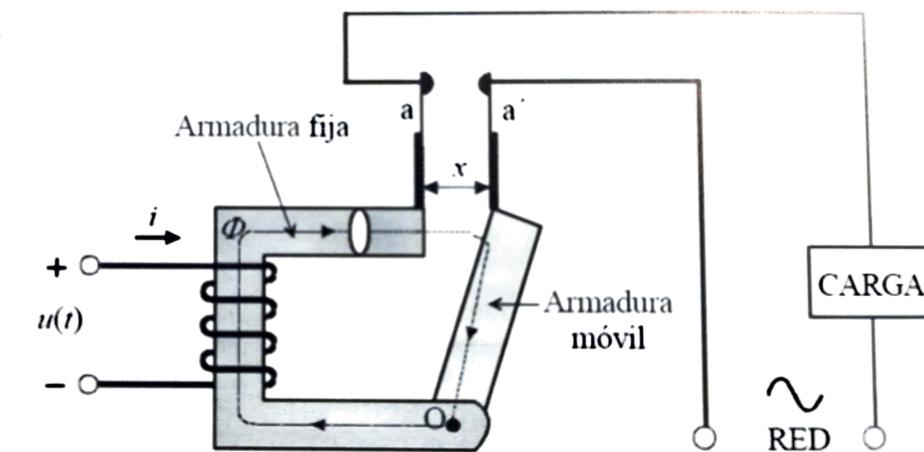
- Dentro de los actuadores eléctricos podemos distinguir:
  - **Preaccionamientos:** Relés, Contactores y servomotores eléctricos
  - **Accionamientos:** Motores eléctricos
- **RELÉ:** Es un dispositivo electromecánico formado por una bobina que cuando circula corriente abre o cierra uno o más contactos, también llamados switches. La principal función es conectar una tensión (CA o CC) a una carga (por ejemplo un motor eléctrico).



Relé / mando electromagnético  
Bobina e interruptor

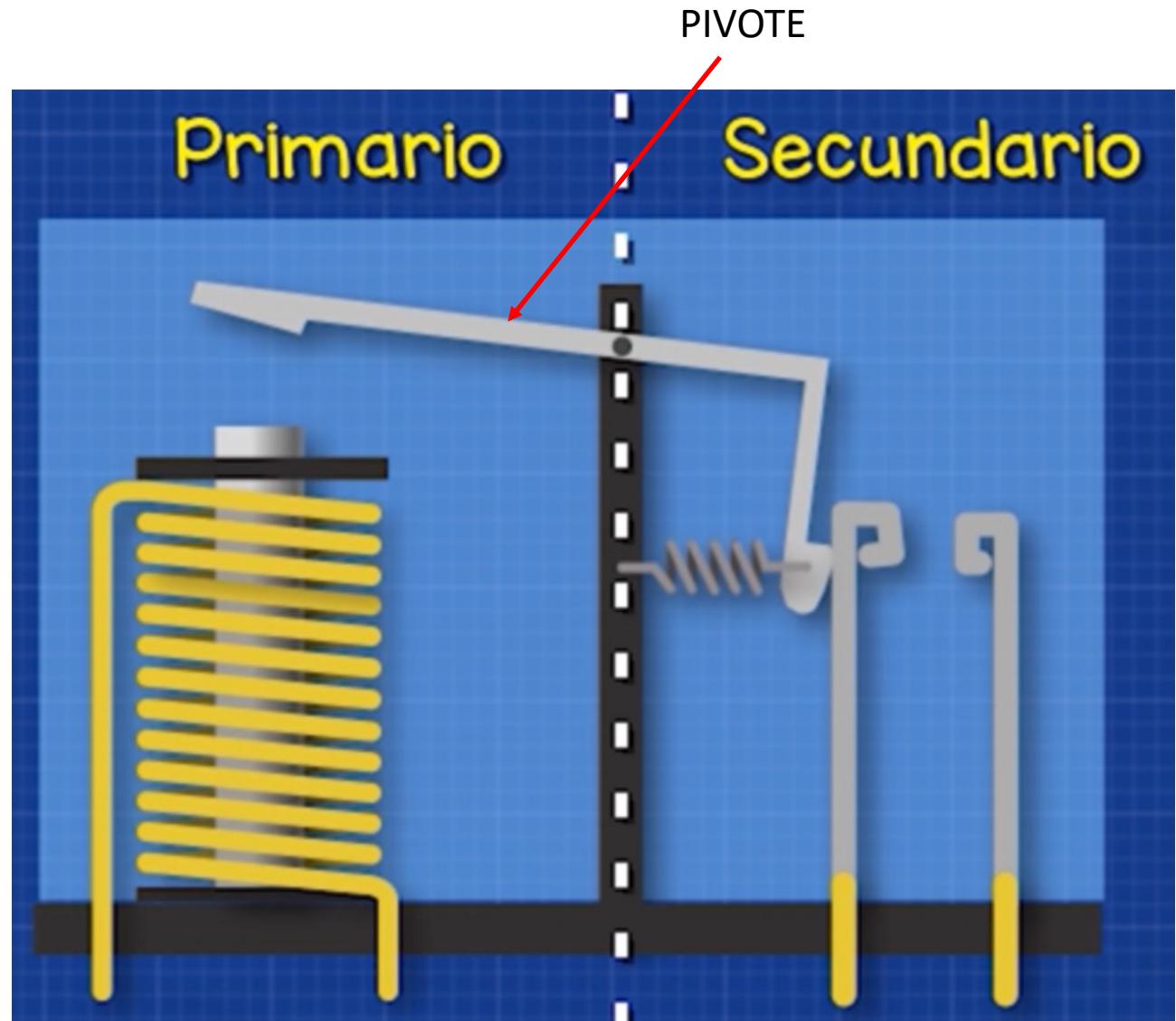


Relé / Bobina  
Símbolo genérico



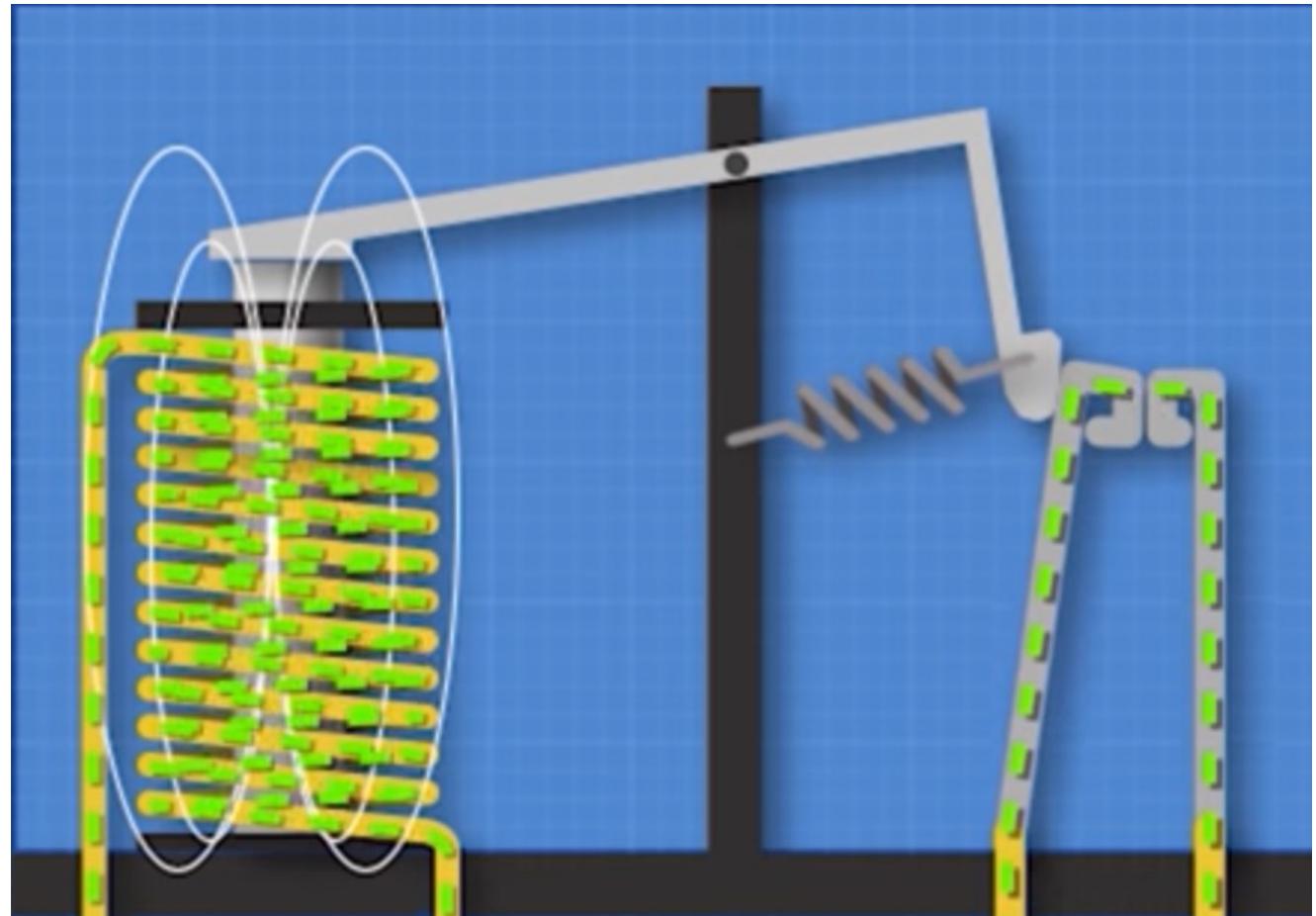
# Actuador. Eléctrico

- Relé: Interruptor controlado eléctricamente.
- Posición de reposo: No circula corriente por la bobina
- PIVOTE no activa el circuito secundario

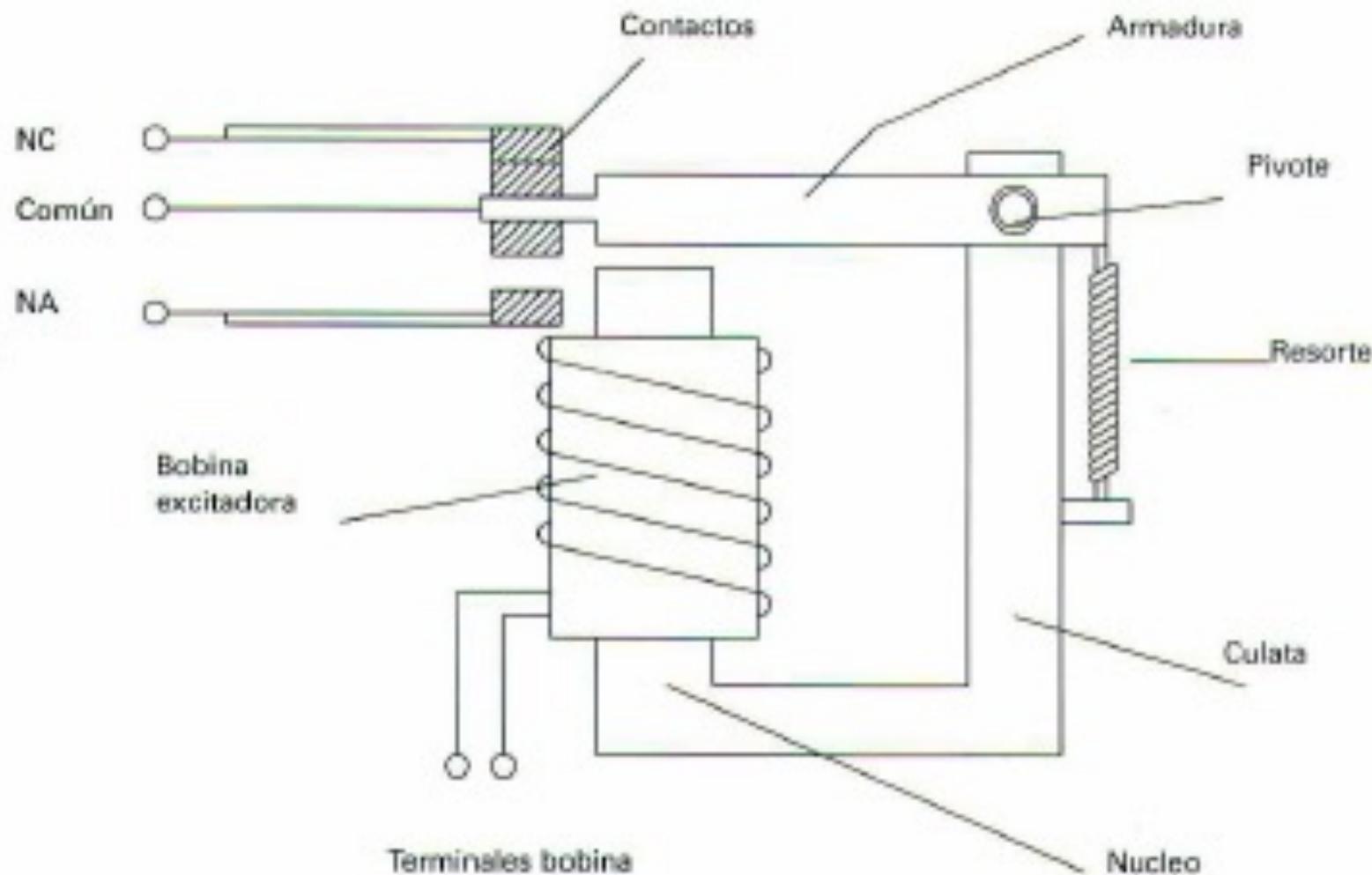


# Actuador. Eléctricos

- Relé: Interruptor controlado eléctricamente.
- Posición activada: Circula corriente por la bobina
- Se crea un campo magnético: electroimán
- El pivote se mueve y activa el circuito secundario



# Actuador Eléctricos

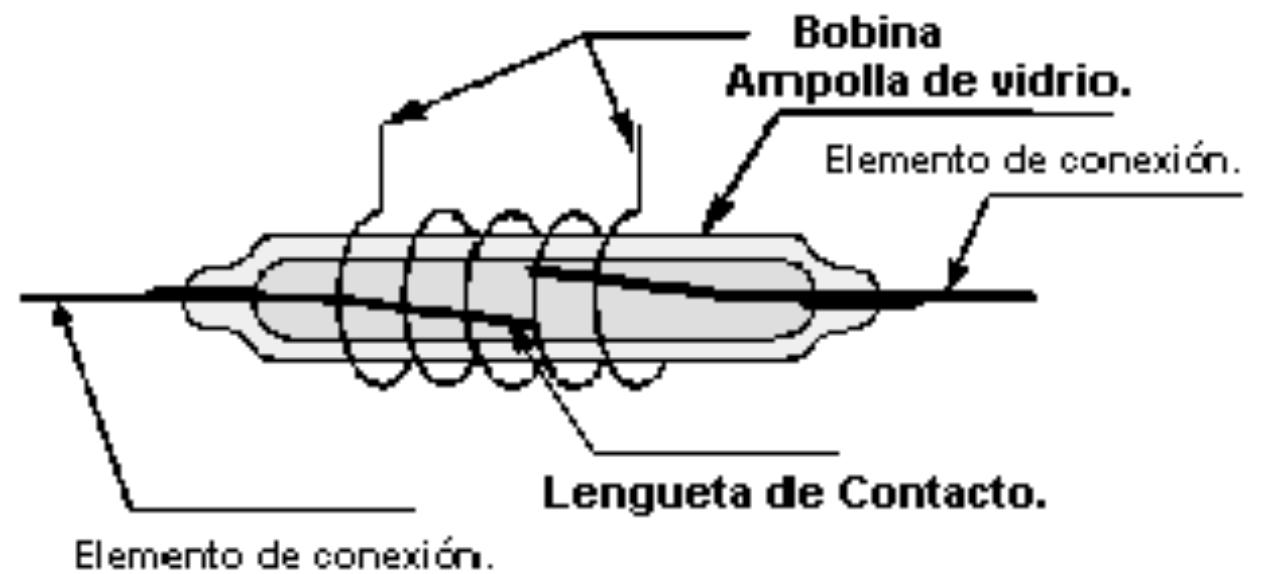


# Actuador. Eléctrico

## Relé tipo Reed o de lengüeta:

Ampolla de vidrio con dos elementos de conexión separado y una bobina enrollada alrededor.

Cuando se aplica una corriente en la bobina los elementos de conexión se unen por influencia del campo magnético creado

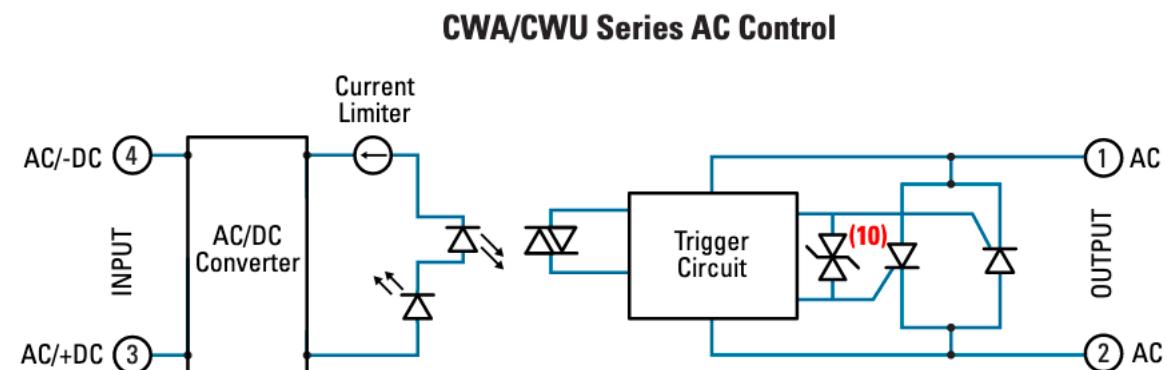
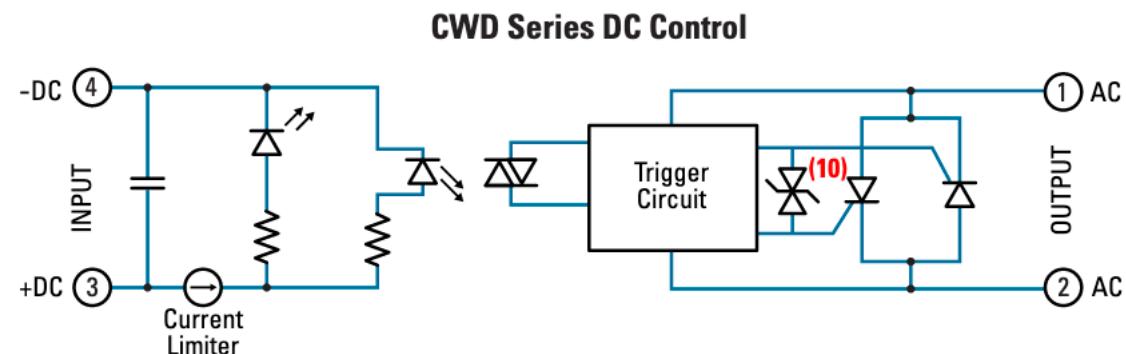


# Actuador. Eléctrico

- Los relés (relay) están preparados para actuar sobre potencias del orden de los kW.
- Se emplean para actuar dispositivos de potencia y separan la parte de control de la parte de potencia.
- Características:
  - Tensión de mando: Tensión de alimentación de la bobina
  - Potencia de mando: Potencia necesaria para accionar la bobina
  - Tensión de empleo: Tensión de trabajo en los contactos de potencia
  - Corriente térmica: Corriente máxima que soportan los contactos sin calentarse

# Actuador. Eléctrico

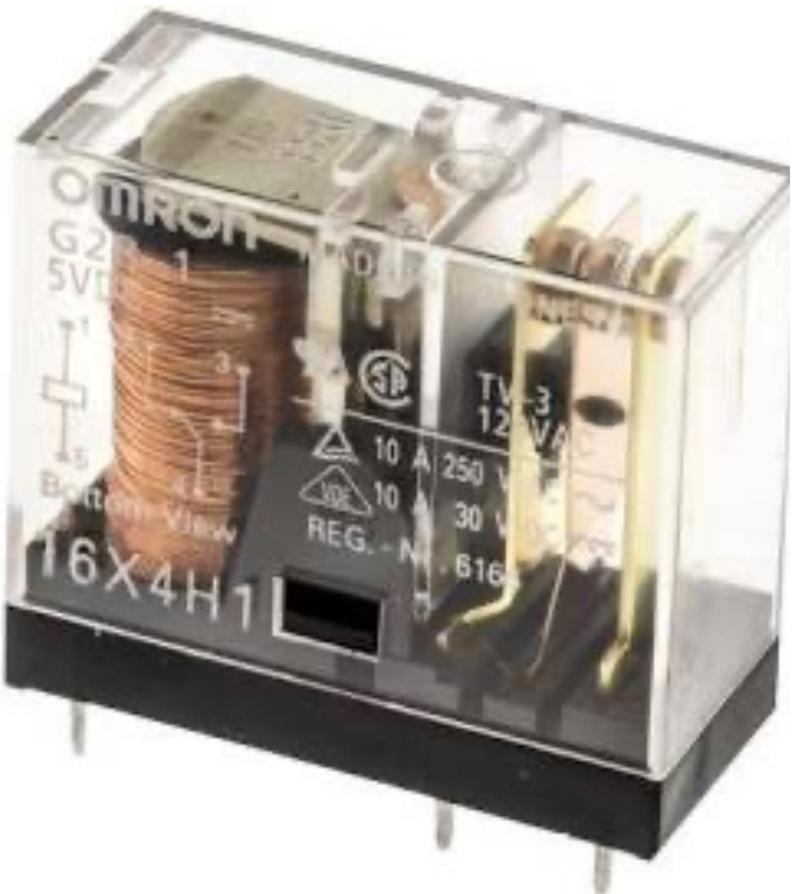
- Existen relés de estado sólido: No tienen partes móviles
- Utilizan un circuito optoacoplador para aislar el circuito de control del circuito de potencia.



Relé RS PRO DPDT

Relé estado sólido CRYDOM CW24 Series

# Actuador. Eléctrico



Relé OMRON G2R-1 SPDT



Relé FUJITSU SPST



Relé RS PRO DPDT

# Actuador. Eléctrico

- **Contactor:** Es un elemento magnético que actúa como un relé de alta potencia (potencias del orden de centenares de KW), permite trabajar con corrientes muy superiores a las que puede manejar un relé.
- La aplicación más usual es la conexión y desconexión de motores AC y DC.



Contactor System Pro 20 A



Contactor 150 A, TeSys F



Contactor 25 A, TeSys D

# Actuador. Eléctrico

- **Motores eléctricos:**

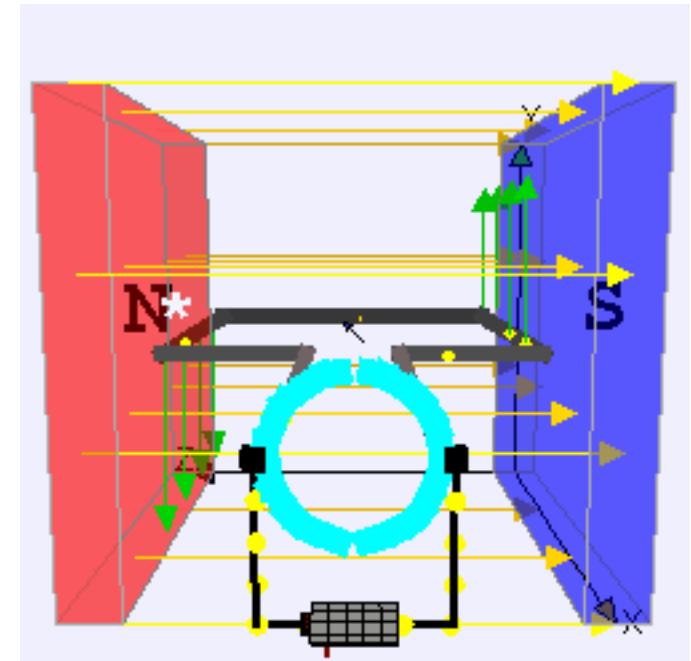
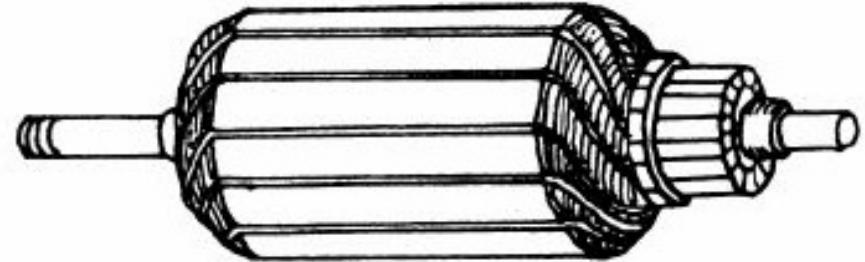
- Motor de Corriente Continua (DC)
- Motor de Corriente Alterna (AC)
- Motor paso a paso
- Servomotores:
  - Brushless AC
  - Brushless DC

# Actuador. Eléctrico

- **Características:**
  - Rendimiento ( $\eta$ ): Cociente entre la potencia que se genera y la potencia absorbida (capacidad del motor para convertir energía eléctrica en mecánica)
  - Velocidad nominal (n): Número de rpm a las que gira el motor
  - Potencia (P): trabajo por unidad de tiempo que puede realizar el motor (1 CV = 736 W)
  - Par motor (M): momento de fuerza producido
- **Partes:**
  - Estátor: parte fija donde están los polos magnéticos
  - Rotor: parte móvil que gira dentro de un campo magnético
- **Devanados:**
  - Inductor: Devanado que crea el campo magnético
  - Inducido: Devanado que gira debido al campo magnético generado por el inductor

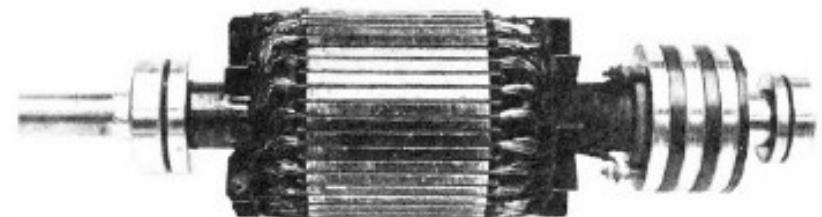
# Actuador. Eléctrico

- **Motor de Corriente Continua (DC):**  
Convierten energía eléctrica (DC) en giro
- Problemas: Mantenimiento costoso  
(desgaste de las escobillas)
- Aplicaciones:
  - Regulación velocidad: Máquinas envasado y embalaje, cintas transportadoras, ventilación
  - Aplicaciones de posicionamiento (precisión)
  - Regulación de par y par a 0 rpm: enrolladores o elevación
  - Grandes potencias: laminadoras, extrusoras



# Actuador. Eléctrico

- Motor de Corriente Continua (AC):  
Convierten energía alterna (AC) en mecánica
- Tipos de rotores:
  - Jaula de ardilla
  - Bobinado
- Monofásicos – Trifásicos
- Síncronos (rotor electroimán) – Asíncronos (rotor imán permanente)

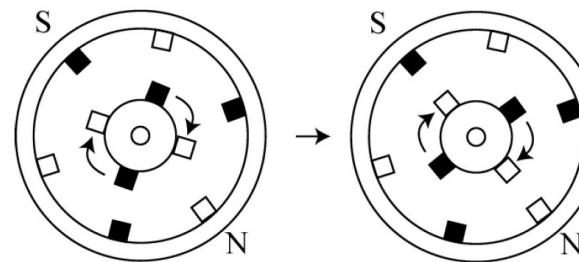


# Actuador. Eléctrico

- Motor paso a paso
- Bobinas en estator:
  - Unipolar
  - Bipolar
- Polarización rotor:
  - Reluctancia variable
  - Imanes permanentes
  - Híbridos
- Posicionamiento preciso: Industria textil, envasado, equipos médicos.

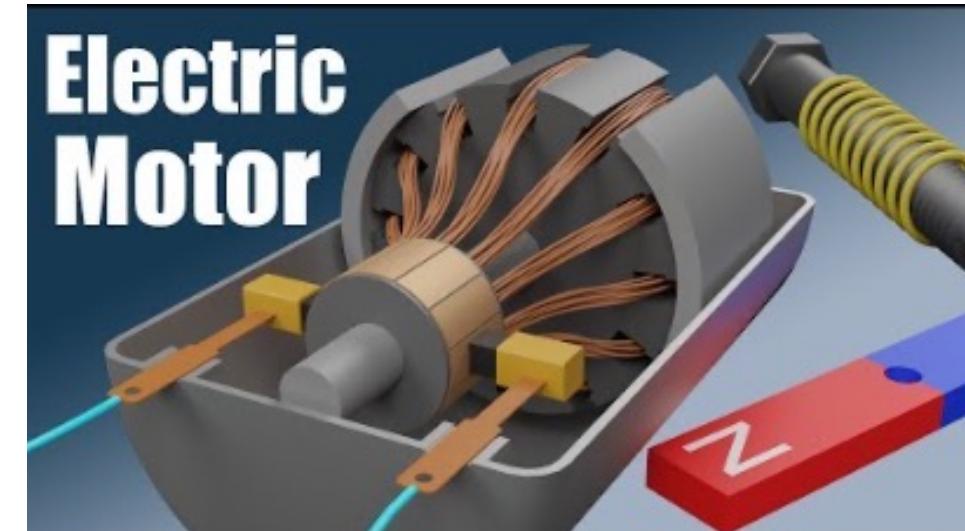


[https://www.youtube.com/watch?v=b -PQCjyRRQ&t=50s&ab\\_channel=MentalidadDeIngenier%C3%ADa](https://www.youtube.com/watch?v=b -PQCjyRRQ&t=50s&ab_channel=MentalidadDeIngenier%C3%ADa)



# Actuador. Eléctrico

- **Servomotor:** Control con precisión velocidad, par y posición
- Se mueve una determinada cantidad de grados y luego permanece en la posición
- Partes: encoder en su interior (sensor), sistema de control.
- Aplicaciones: Robots, equipos médicos, ascensores, zoom cámaras
- Más caros que motores paso a paso
- Servomotores brushless: No poseen escobillas en el motor

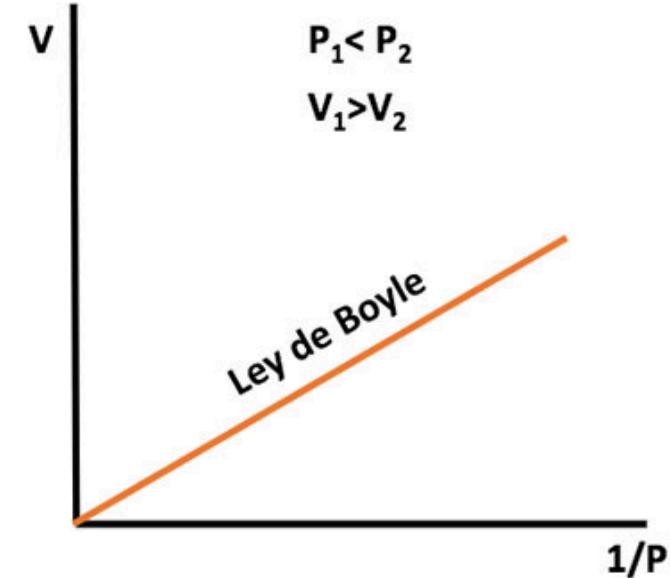
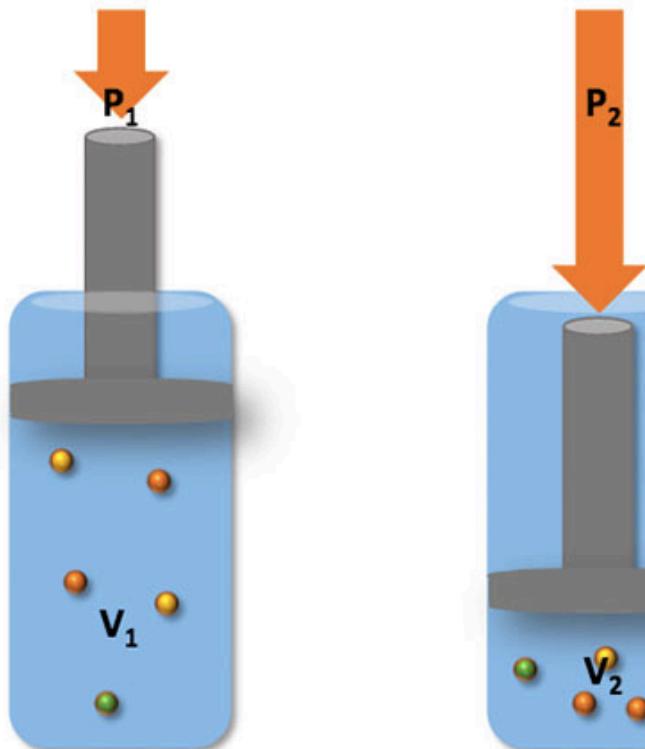


# Actuador. Neumático

- Sistemas neumáticos: Se emplea el aire a presión para actuar sobre el sistema.
- El aire se puede comprimir hasta alcanzar la presión deseada.
- Unidades de presión:  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 1,01193 \text{ atm}$ .
- El aire comprimido se obtiene mediante los **compresores** que son dispositivos que elevan la presión del aire atmosférico hasta la presión deseada.
- Los compresores convierten energía mecánica en energía de presión.

# Actuador. Neumático

- Ley Boyle-Mariotte: A temperatura constante el volumen que ocupa un gas es inversamente proporcional a la presión a la que está sometido  $P \cdot V = \text{cte}$  ( $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$ )



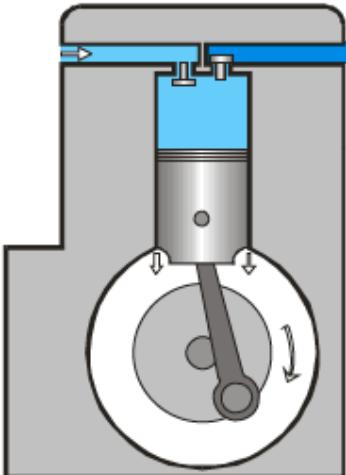
# Actuador. Neumáticos

- Ley Charles y Gay Lussac: A presión constante el volumen que ocupa un gas es directamente proporcional a su temperatura  $V / T = \text{cte}$ , ( $V_1 / T_1 = V_2 / T_2$ )
- Ley de Gay Lussac: A volumen constante, la presión absoluta de un gas es directamente proporcional a su temperatura  $P / T = \text{cte}$ , ( $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$ )
- Ecuación de los gases perfectos:

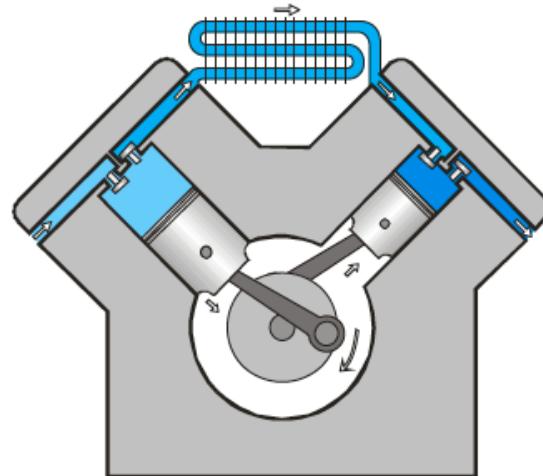
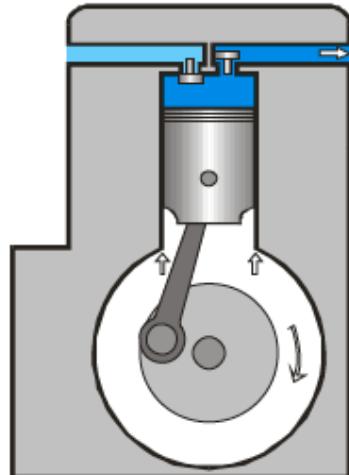
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = cte.$$

# Actuador. Neumático

- Tipos de compresores:
  - **Volumétricos:** Reducen el volumen que ocupa el aire aumentando así la presión. Los más utilizados son los compresores de émbolo
  - **Turbocompresores:** Se aumenta la velocidad del aire introducido en el sistema mediante paletas giratoria (velocidad → presión)



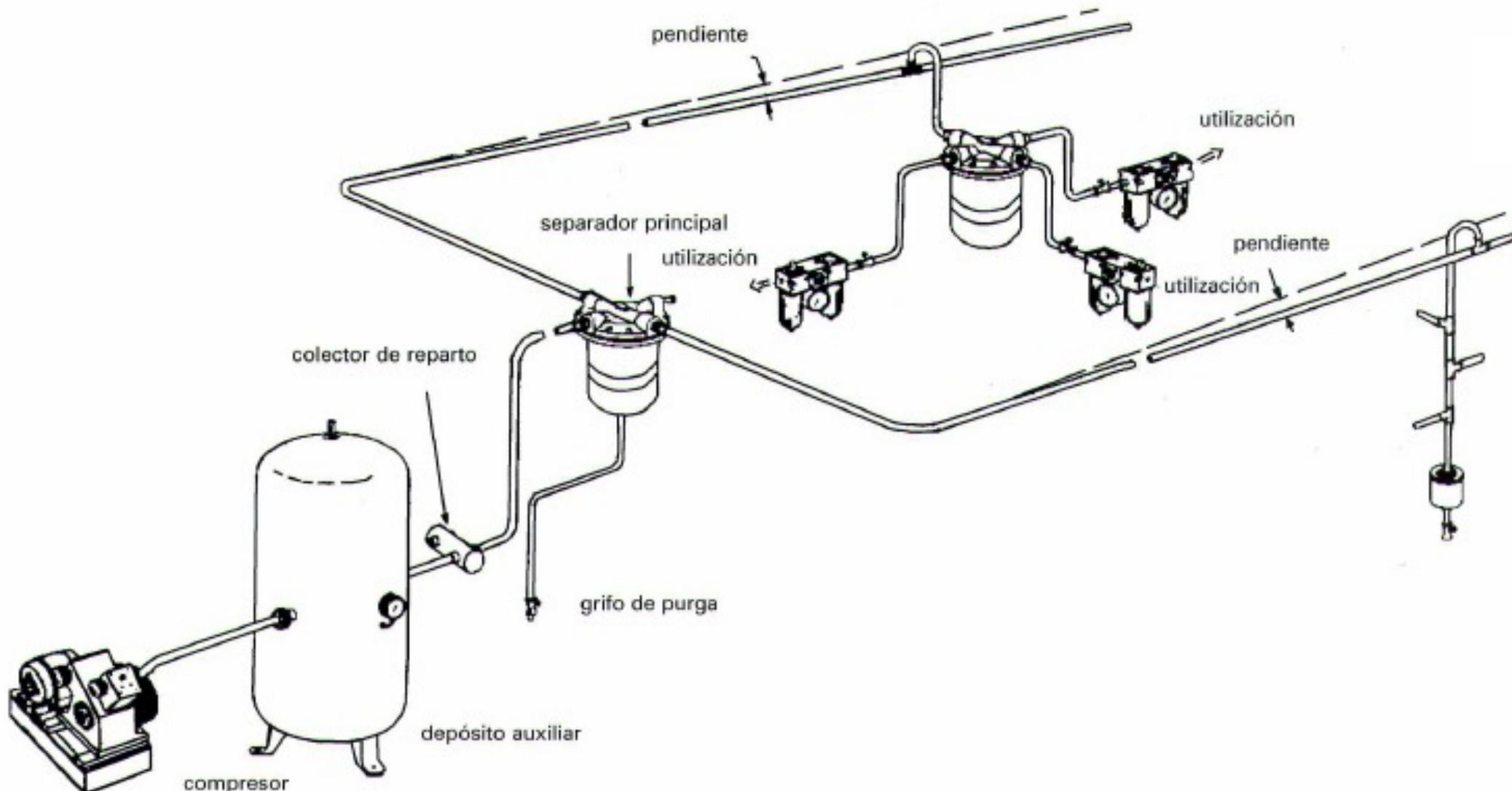
Compresor de émbolo 1 etapa



Compresor de émbolo 2 etapas



# Actuador. Neumático



Fuente: Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos. F. Jesús Cembranos. Ed. Thomson

# Actuador. Neumático

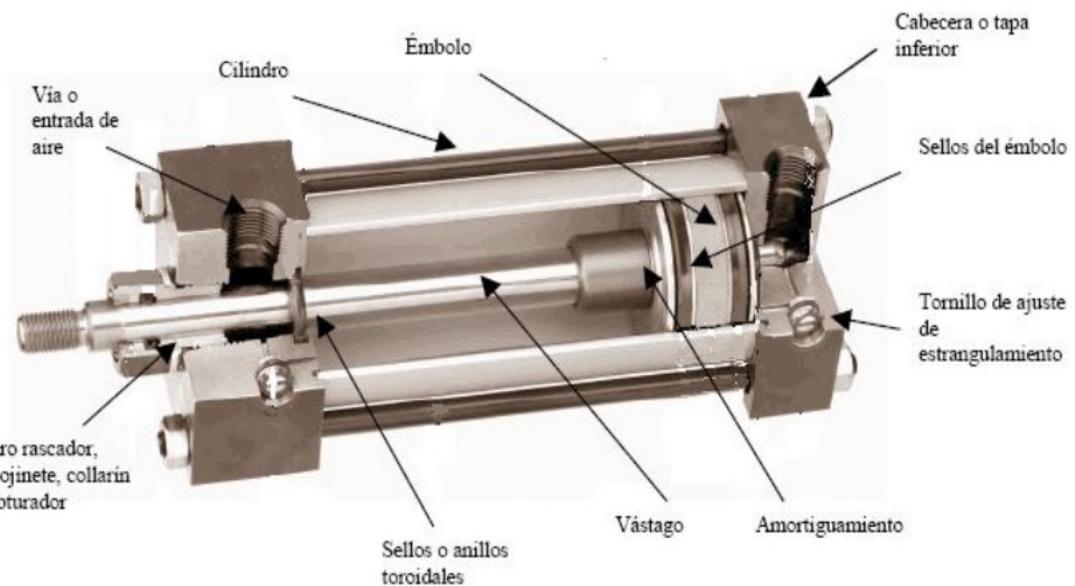
- Deposito auxiliar: Acumulador en el que se introduce el aire comprimido producido por el compresor.
- Separador: Elimina humedad y las impurezas presentes en el aire (purga)
- Red de aire: Tuberías que conducen el aire comprimido a aquellas zonas en las que sea necesario (plástico, cobre o acero) con una pendiente del 1-2% para acumular la humedad
- Preparación del aire comprimido: Antes de introducirse en la máquina el aire comprimido se acondiciona:
  - Filtrado: eliminar impurezas
  - Regulador presión: Mantener la presión constante con independencia de variaciones en la red
  - Engrasador: Se proporciona una pequeña dosis de aceite que actúa como lubricante

# Actuador. Neumático

- Los dispositivos neumáticos que nos podemos encontrar son:
  - Preactuadores o preaccionadores: válvulas neumáticas (controlan el paso del aire a los elementos)
  - Actuadores: transforman la energía almacenada en el aire comprimido en movimiento:
    - Lineal: cilindro
    - Rotativo: motor, actuador de giro limitado

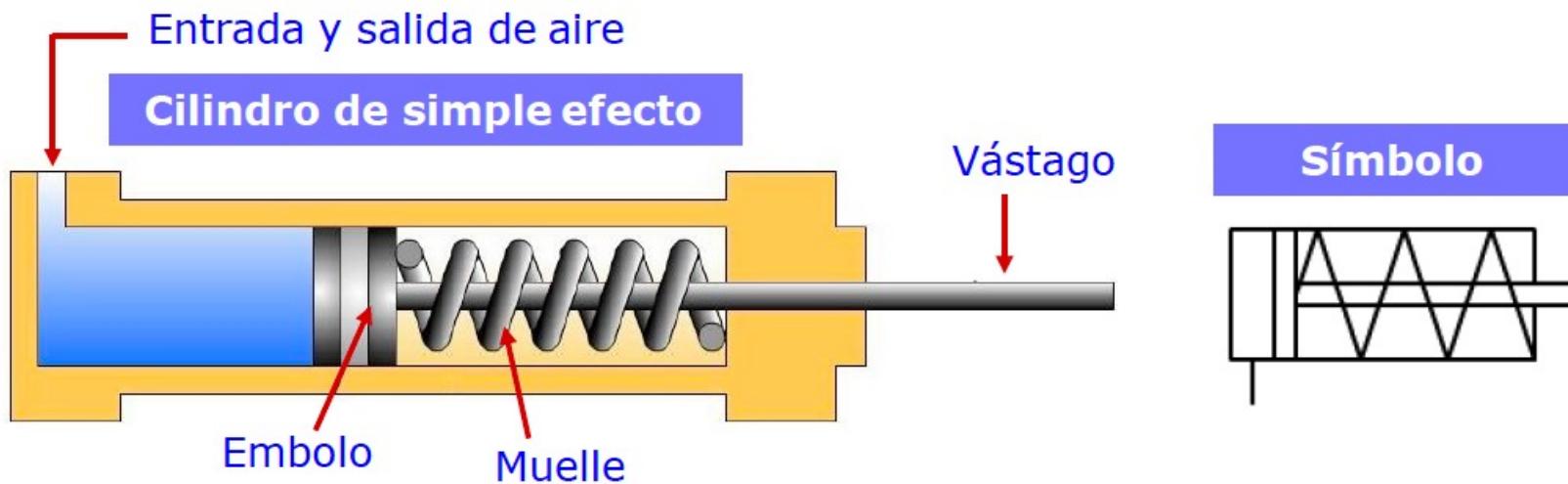
# Actuador. Neumático. Cilindro

- Los cilindros son actuadores neumáticos que transforma la energía del aire comprimido en un movimiento lineal. Están controlados por válvulas
- Partes:
  - Vástago: Tubo cerrado en sus extremos
  - Émbolo que se mueve solidariamente con el vástagos y que divide al cilindro en dos volúmenes, llamados cámaras
  - Aperturas para entrada y salida del aire

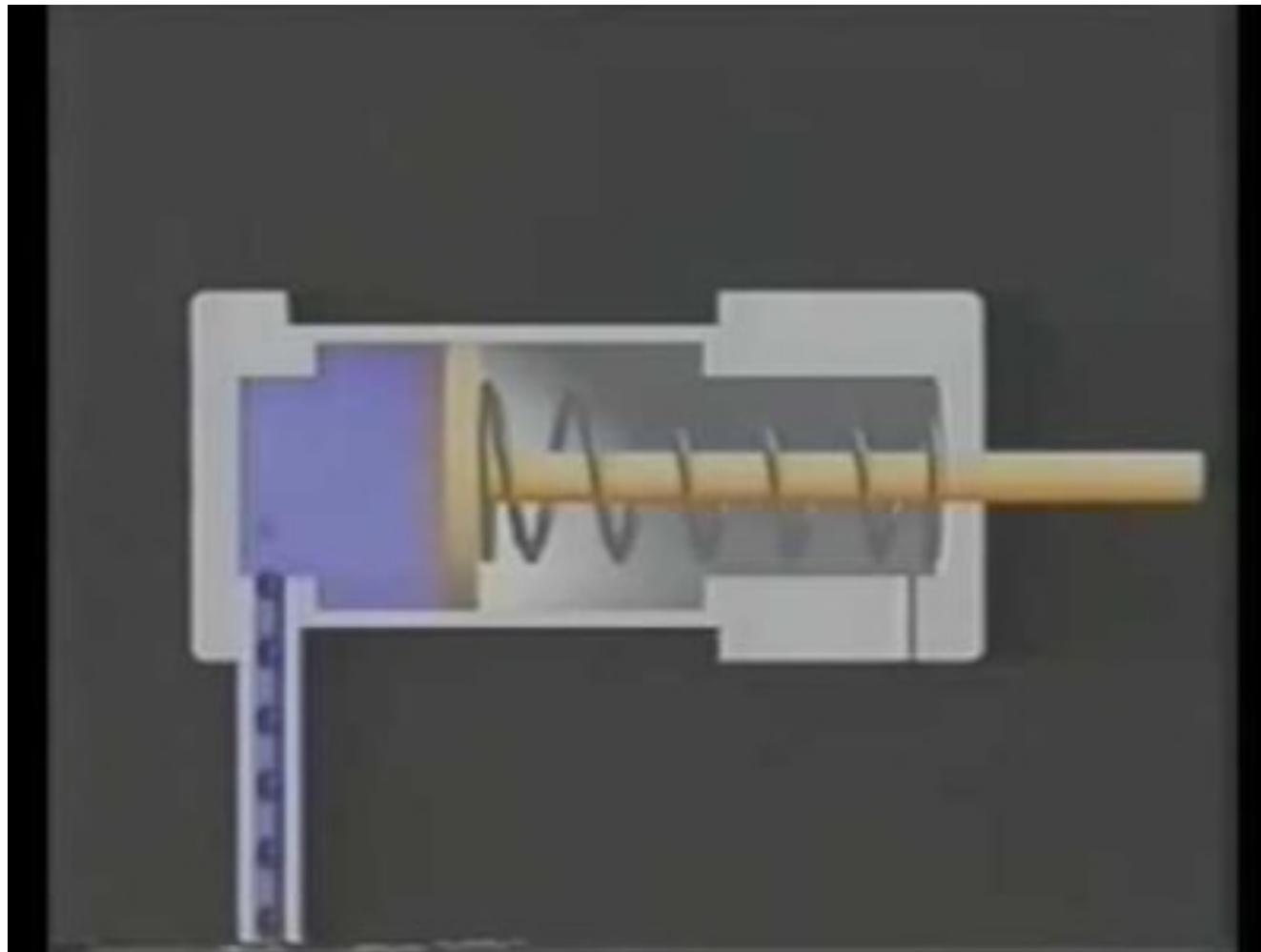


# Actuador. Neumático. Cilindro simple efecto

- Cilindro de simple efecto: El desplazamiento del émbolo se produce por la acción del aire comprimido y tiene lugar en una única dirección. El retroceso del cilindro se logra mediante una acción mecánica (muelle de retorno). Este cilindro sólo realiza trabajo en el sentido de la carrera de avance.



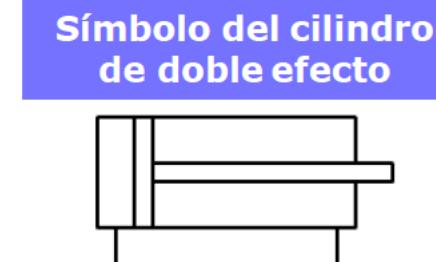
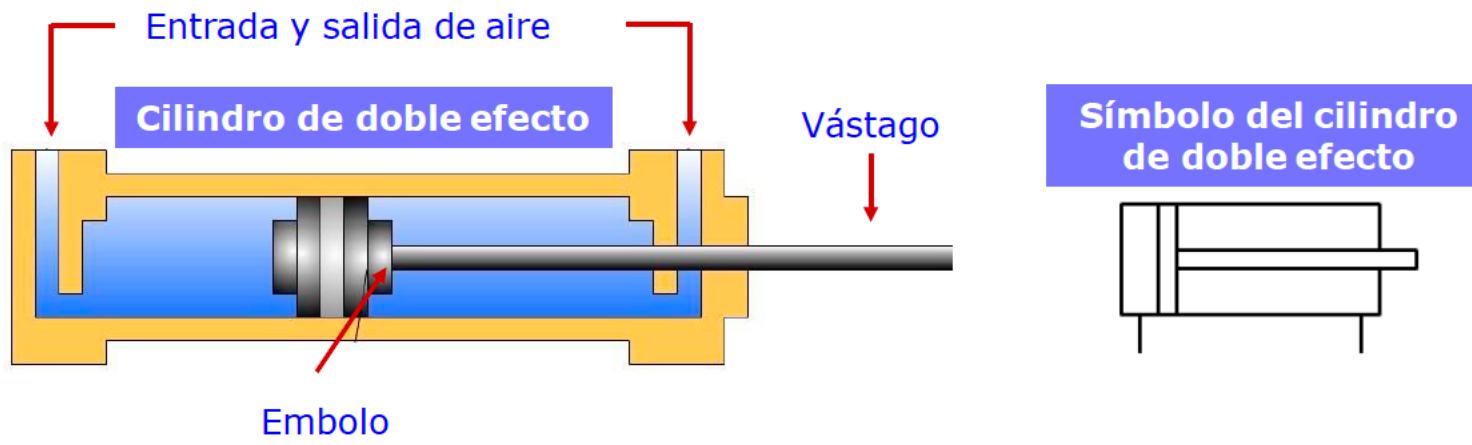
# Actuador. Neumático. Cilindro simple efecto



<https://www.youtube.com/watch?v=4Slе0HFt0b4>

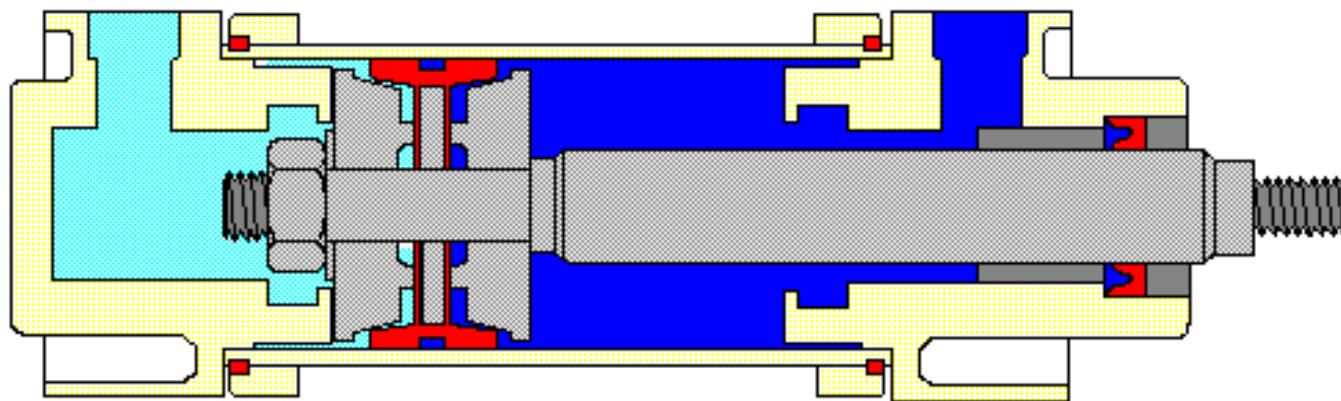
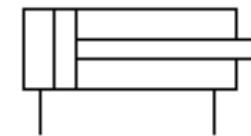
# Actuador. Neumático. Cilindro doble efecto

- Cilindro de doble efecto: El desplazamiento del émbolo se produce por la acción del aire comprimido en dos sentidos (avance y retroceso). Tiene dos orificios de entrada de aire comprimido. Este cilindro sólo realiza trabajo en los dos sentidos (avance y retroceso)

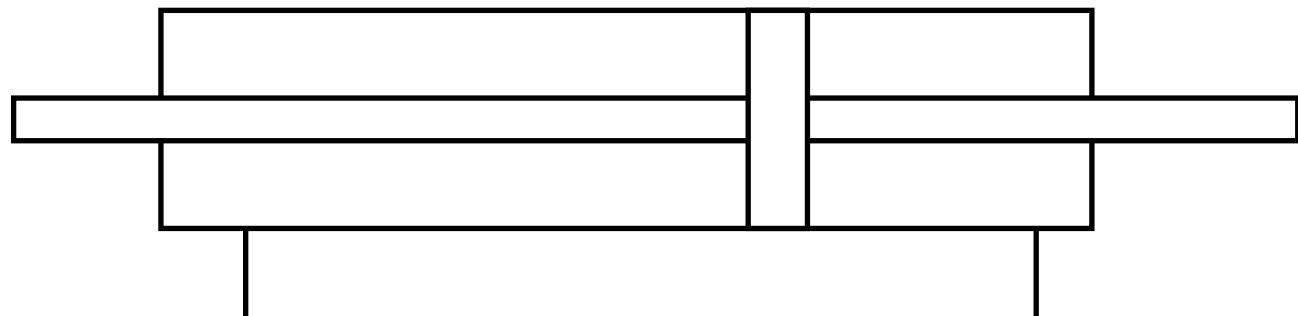


Cilindro neumático RS PRO

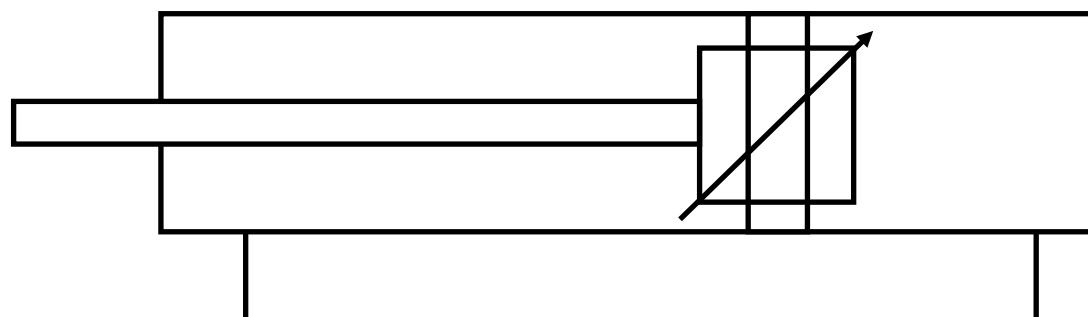
# Actuador. Neumático. Cilindro doble efecto



# Actuador. Neumático. Cilindro doble efecto



Cilindro doble efecto y doble vástago



Cilindro doble efecto con amortiguador:  
Amortigua cuerpos con inercia,  
reduciendo su velocidad y evitando  
golpes

# Actuador. Neumático. Rotativo

- Los actuadores neumáticos rotativos transforman la energía del aire comprimido en energía mecánica de rotación
- En función de si el giro es limitado o no tenemos:
  - Actuadores de giro limitado: proporcionan un giro que no llega a ser completo (90 grados, 180 grados, 300 grados)
  - Motores neumáticos: Proporcionan un movimiento rotativo constante
- Actuadores de giro limitado:
  - De paleta
  - Cilindro giratorio pistón-cremallera-piñón

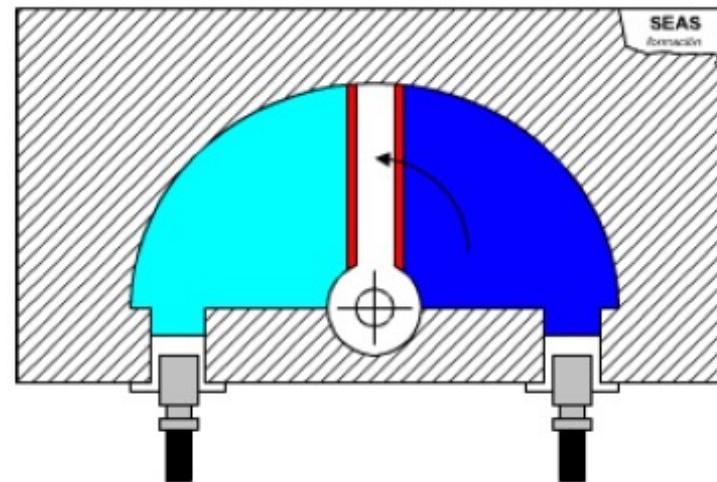
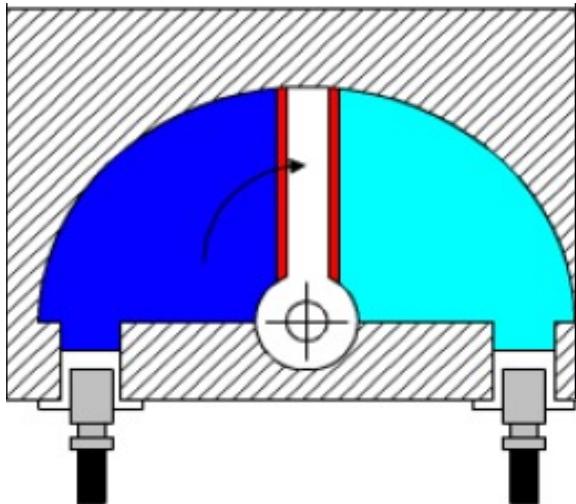
# Actuador. Neumático. Rotativo

- **Actuadores de giro limitado de paleta:**

- Giro hasta 270 grados
- Paleta que gira y solidario a la paleta tenemos el eje que proporciona el movimiento

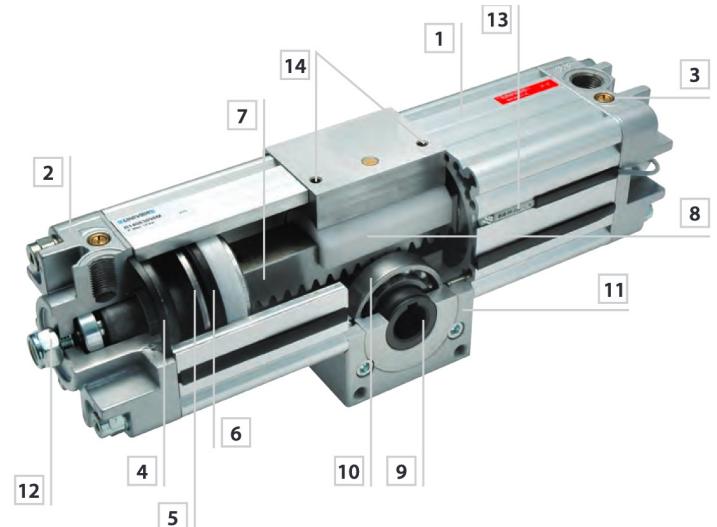


Actuador rotativo FESTO

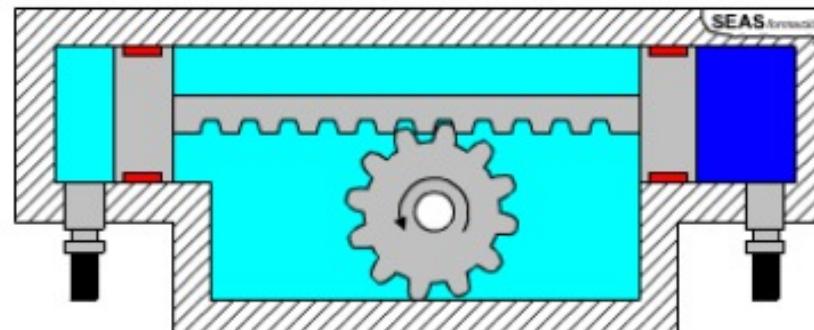
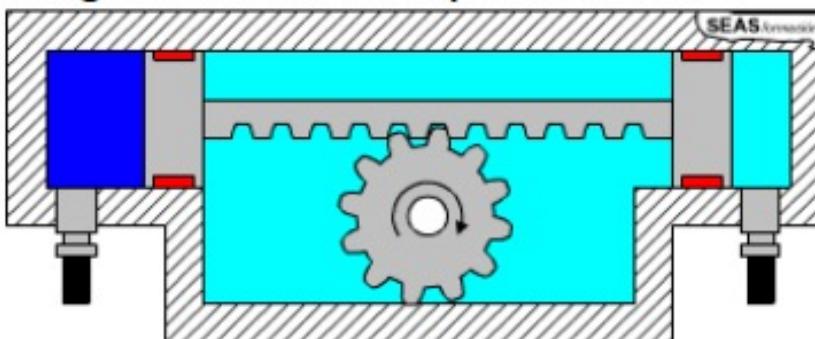


# Actuador. Neumático. Rotativo

- **Actuadores de giro limitado cilindro giratorio pistón-cremallera-piñón:**
  - Giro entre 0 y 270 grados
  - El movimiento lineal del pistón se transforma en un movimiento rotativo por medio de una unión cremallera-piñón

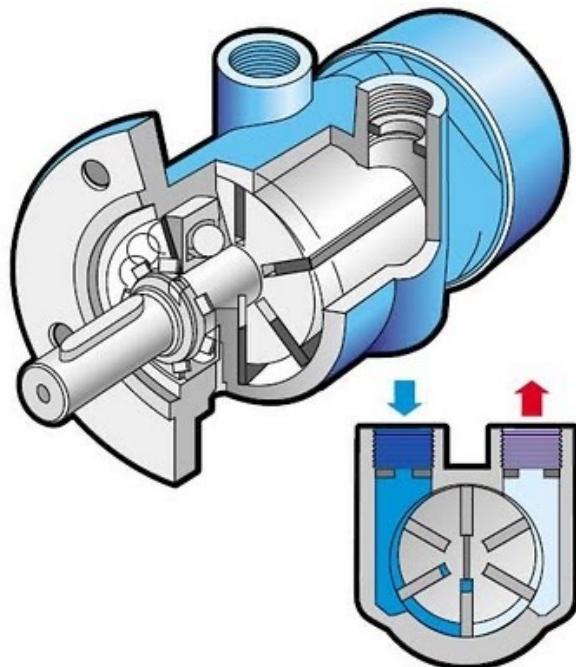


Actuador rotativo UNIVER

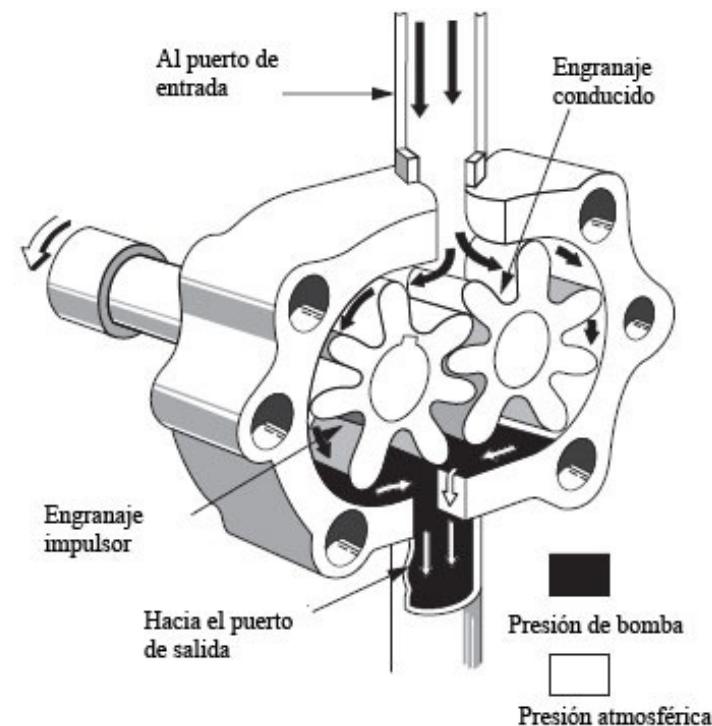


# Actuador. Neumático. Rotativo

- **Motores:** Constan de un conjunto de cilindros dispuestos axialmente sobre un plato rotativo.



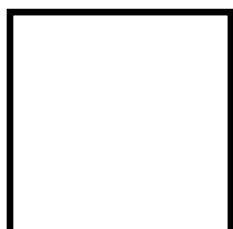
Motor de paletas



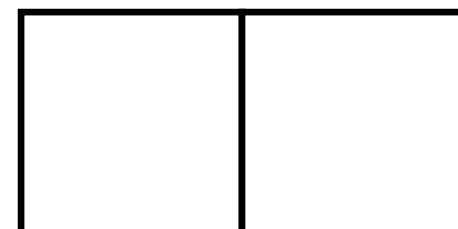
Motor de engranaje

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

- **Válvulas Distribuidoras** Son elementos que dirigen el aire comprimido desde los acumuladores de aire a los actuadores neumáticos
- Vía: cada uno de los orificios de la válvula por los que puede circular el aire (2, 3, 4 ó 5 vías)
- El número de posiciones de maniobra de una válvula proporciona las distintas posibilidades de comunicación de las vías entre sí. Cada posición se representa con un cuadrado



1 Posición

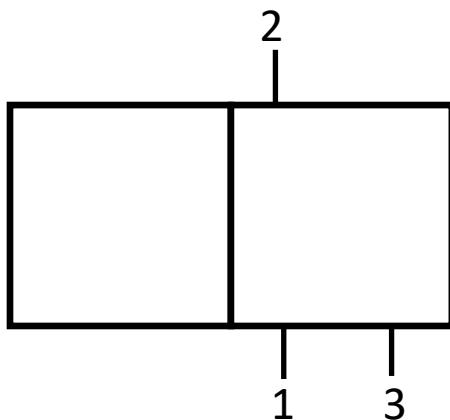


2 Posiciones

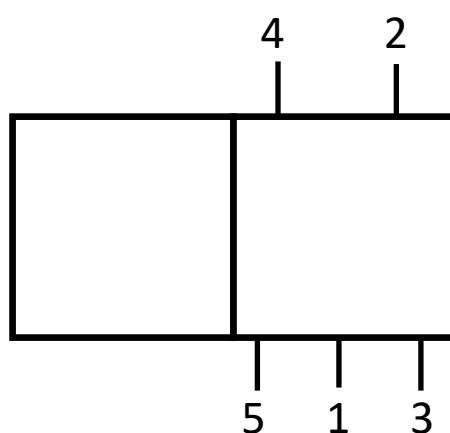


3 Posiciones

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras



3 vías y 2 posiciones: Válvula 3/2



5 vías y 2 posiciones: Válvula 5/2

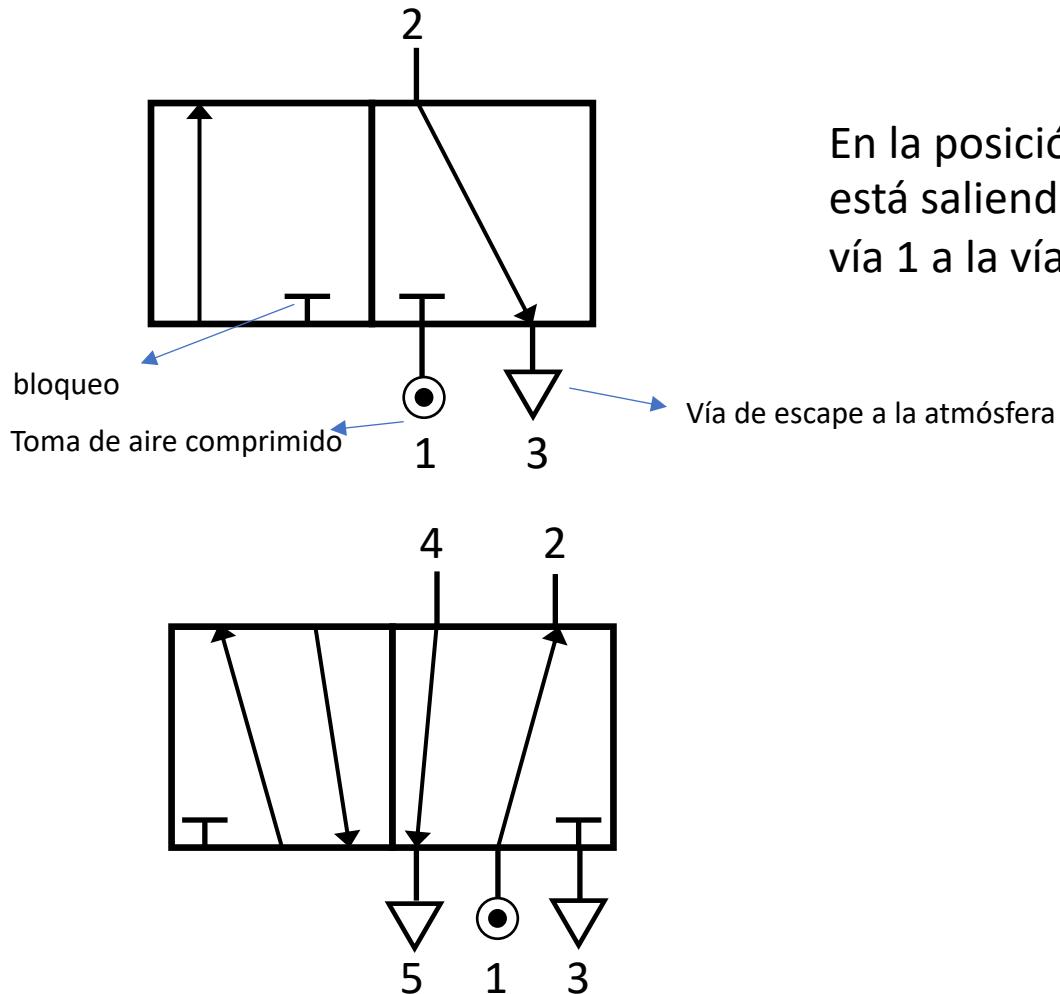
Toma de aire (vía central y número 1)



Pares

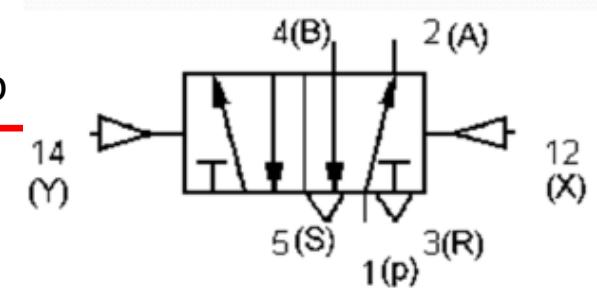
Impares

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras



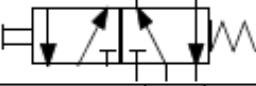
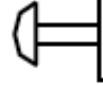
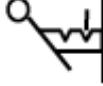
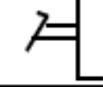
En la posición de reposo (derecha) el aire va desde la vía 2 a la vía 3: el aire está saliendo del circuito por la vía 3. En la posición 2 se envía aire desde la vía 1 a la vía 2 (introducimos aire comprimido en el circuito)

- DIN 24300:
  - P: alimentador aire comprimido
  - A, B, C: salidas de trabajo
  - R, S, T: escape de aire
  - X, Y, Z: conexión de mando
- CETOP:
  - 1: alimentador de aire comprimido
  - 2, 4, 6: salidas de trabajo
  - 3, 5, 7: escape de aire
  - 12 y 14: conexión de mando



# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

- **Accionamiento de las válvulas:** hay distintas formas de activar las válvula, los mecanismos más comunes son:
  - Manual: pulsador, palanca, pedal
  - Mecánico: leva, muelle, rodillo
  - Neumático: aire comprimido
  - Eléctrico: corriente eléctrica que circula por una bobina (electroneumática)

Manual		
Accionamiento en general		
Pulsador		
Palanca con enclavamiento		
Pedal		

### Mecánico

Retorno por muelle		
Centrado por muelle		
Accionado por rodillo		
Rodillo escamoteable		

### Neumático

Accionamiento neumático directo		
Accionamiento neumático indirecto (servo-pilotado)		

### Eléctrico

Accionamiento con simple bobina		
Accionamiento con doble bobina		

### Combinado

Funcionamiento con doble bobina, servo-pilotaje y pilotaje manual auxiliar		
--	--	--

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

- Las válvulas distribuidoras pueden ser de dos tipos:
  - **Monoestables:** Tienen una posición fija de reposo. Realización de funciones lógicas (circuitos combinacionales).
  - **Biestables:** en ausencia de una señal de mando pueden permanecer en cualquiera de las dos posiciones. Actúan como memorias (circuitos secuenciales).

Símbolo	Forma constructiva	Función	Aplicación
		Función de conexión 2/2 ON/OFF sin escape.	Motores de aire y sopladores neumáticos.
		3/2 Normalmente cerrada. NC	Cilindros de simple efecto y señales neumáticas.
		3/2 Normalmente abierta. NO	Cilindros de simple efecto y señales neumáticas inversas.
		4/2 Conexión entre utilizaciones A y B con escape común.	Cilindros de doble efecto.
		5/2 Conexión entre utilizaciones A y B con escapes separados.	Cilindros de doble efecto.

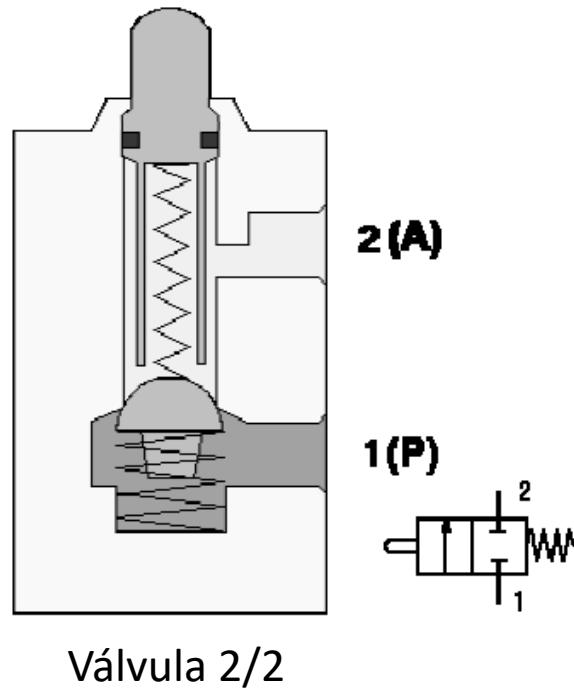
# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

- Las válvulas distribuidoras se distinguen por su construcción en:
  - Válvulas de asiento
  - Válvulas de corredera
- Las válvulas de asiento tienen un obturador que controla el paso del aire y que suele estar formado por una bola, semiesfera, placa o cono que se apoya sobre un asiento.
- Las válvulas de asiento tienen una gran duración.

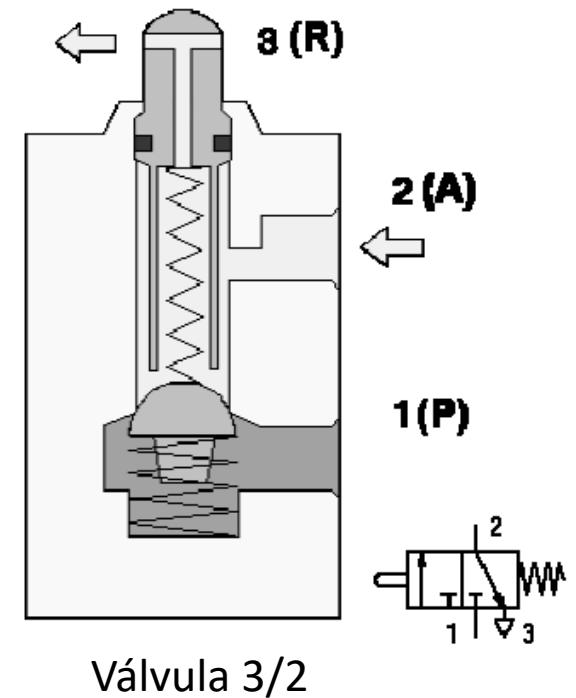
# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

- **Válvulas de asiento esférico:**

- Precio reducido
- Un muelle mantiene apretado el elemento obturador
- Al accionar la válvula se permite el paso del aire



Válvula 2/2

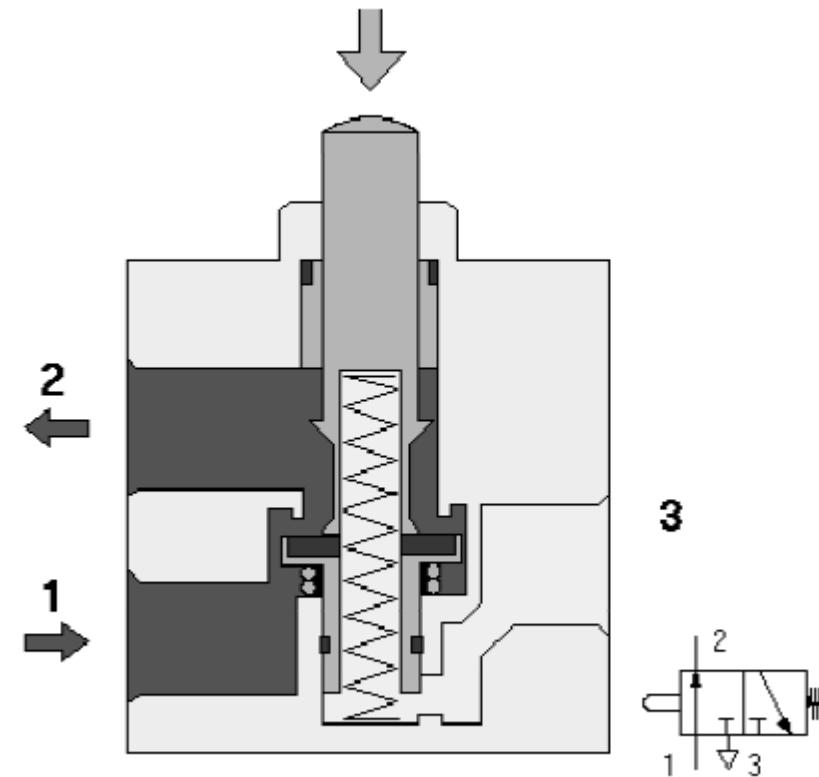
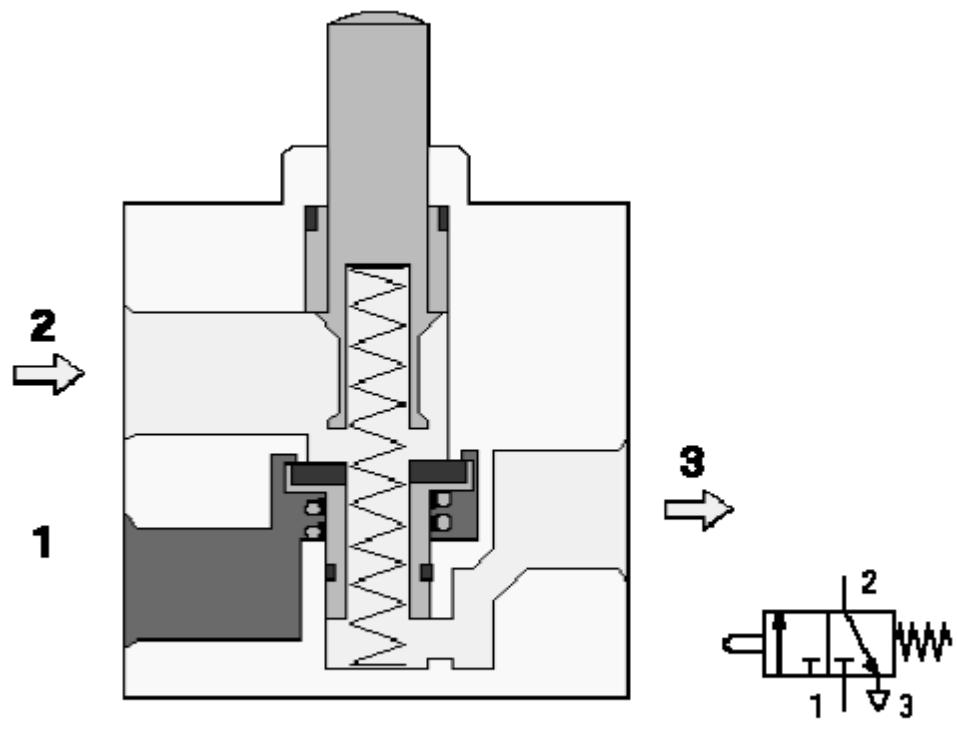


Válvula 3/2

Válvulas de asiento esférico

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

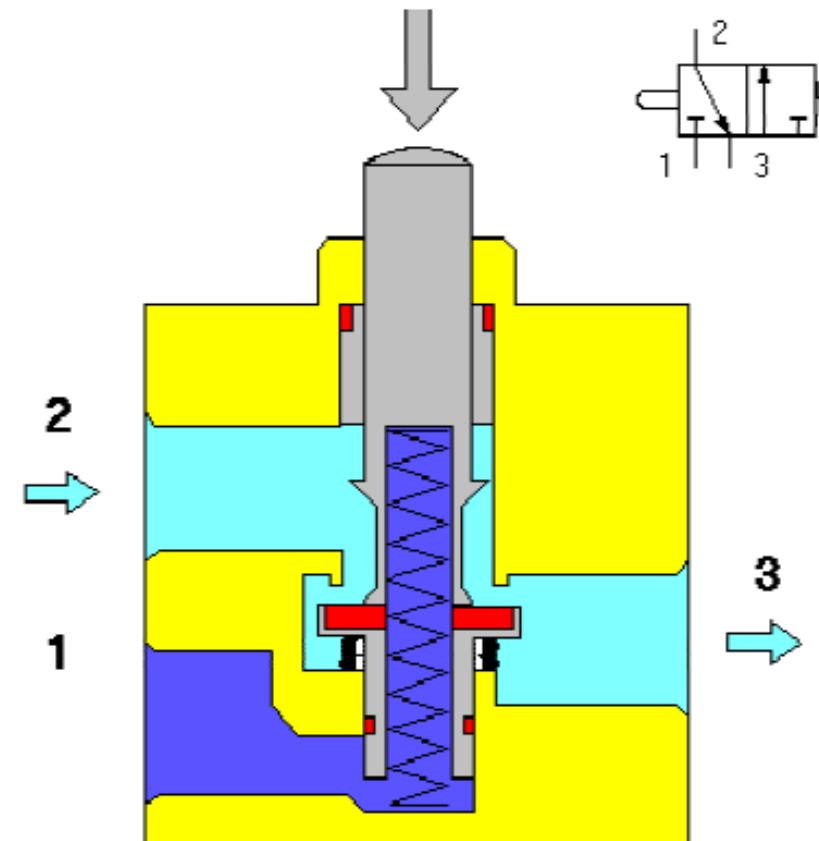
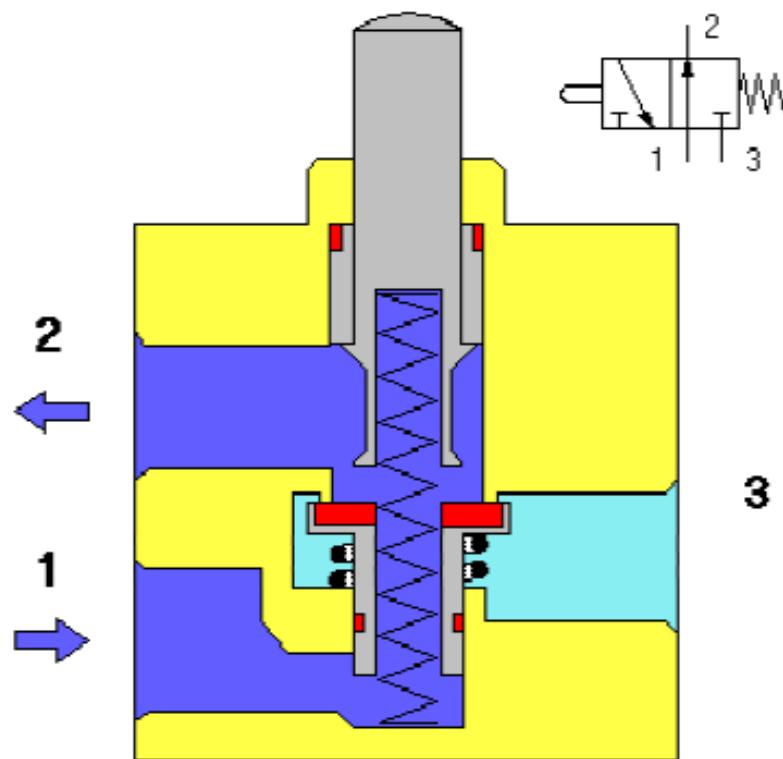
- **Válvulas de asiento plano**



Válvulas de asiento plano 3/2 NC

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

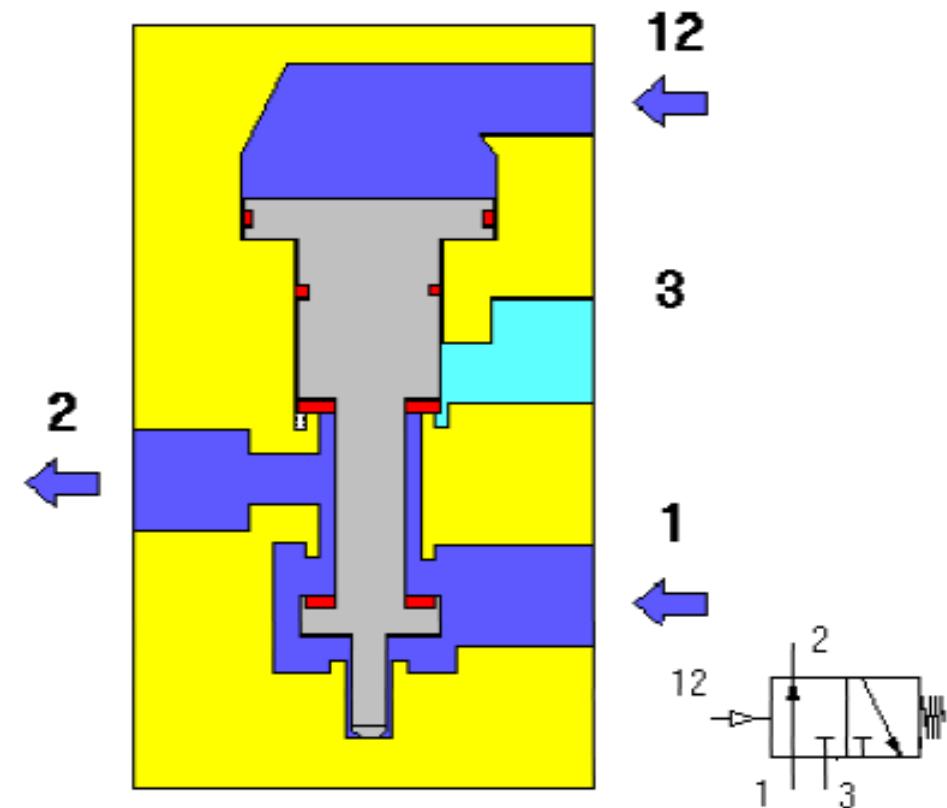
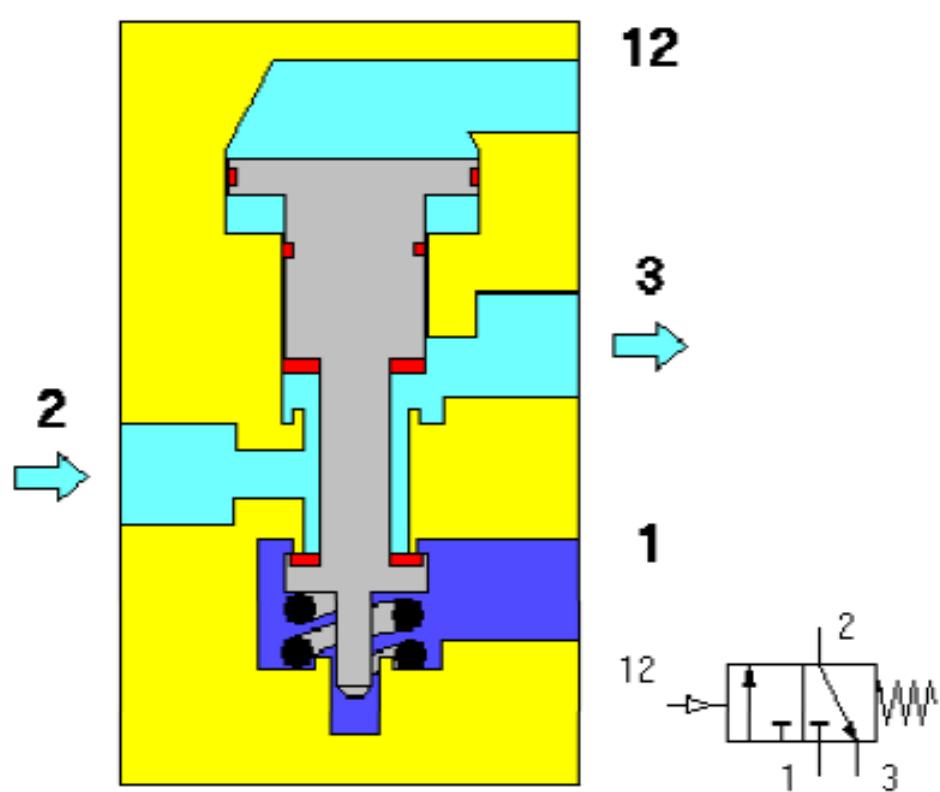
- **Válvulas de asiento plano**



Válvulas de asiento plano 3/2 NO

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

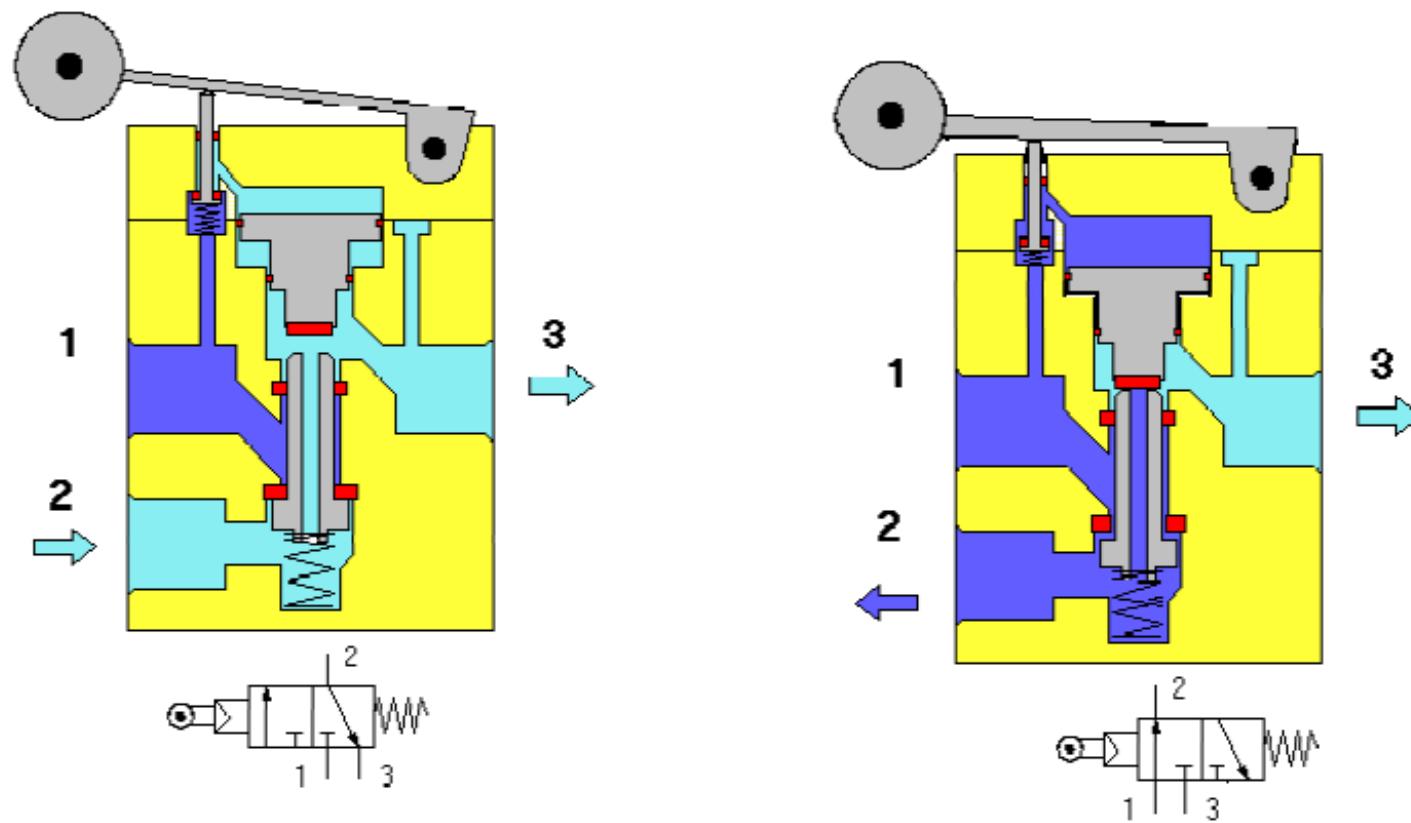
- **Válvulas de asiento plano**



Válvulas de asiento plano 3/2 activada neumáticamente

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

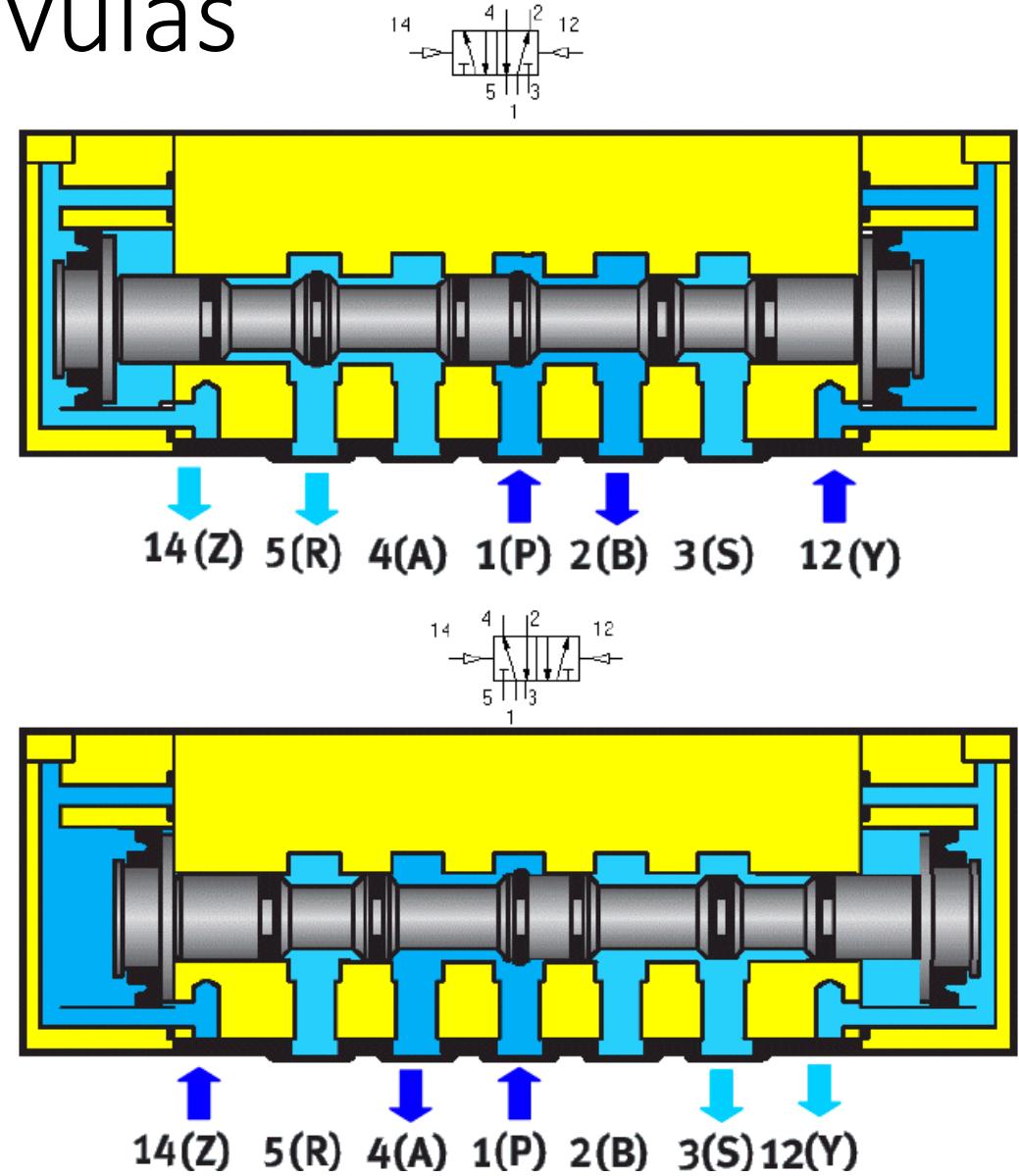
- **Válvula de asiento servopilotada**



Válvulas servopilotada 3/2

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

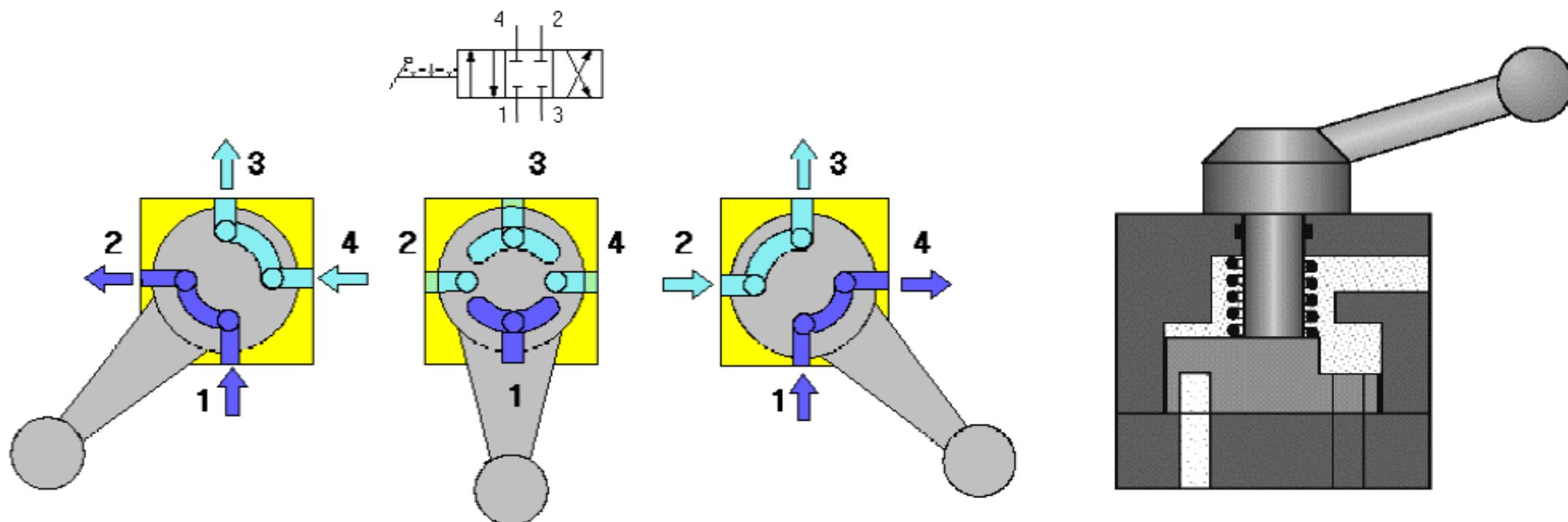
- **Válvulas de corredera:** En este tipo de válvulas las conexiones entre los distintos elementos se realizan mediante una corredera longitudinal o giratoria que se desplaza o gira dentro del cuerpo de la válvula:
  - Válvula corredera longitudinal
  - Válvula corredera de disco plano giratorio



Válvula corredera longitudinal 5/2

# Actuador. Neumáticos. Válvulas distribuidoras

- **Válvula corredera de disco giratorio:** Accionadas de forma manual (normalmente), consisten en dos disco superpuestos que controlan las conexiones entre las vías



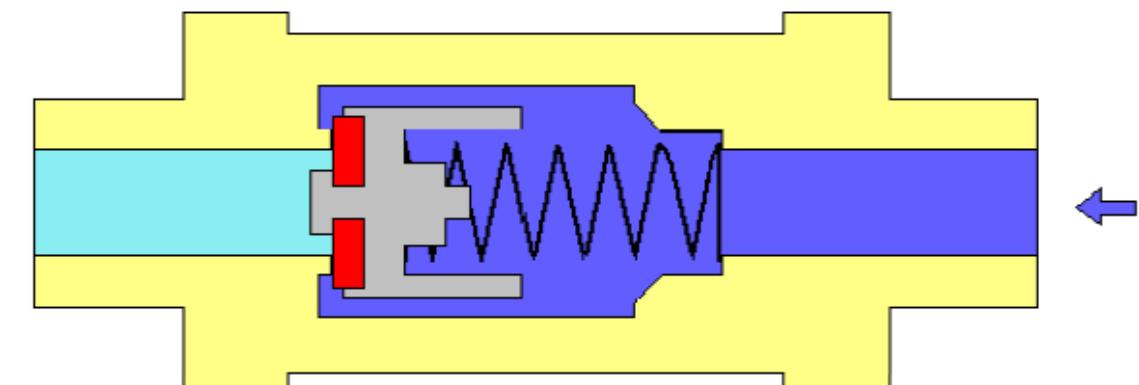
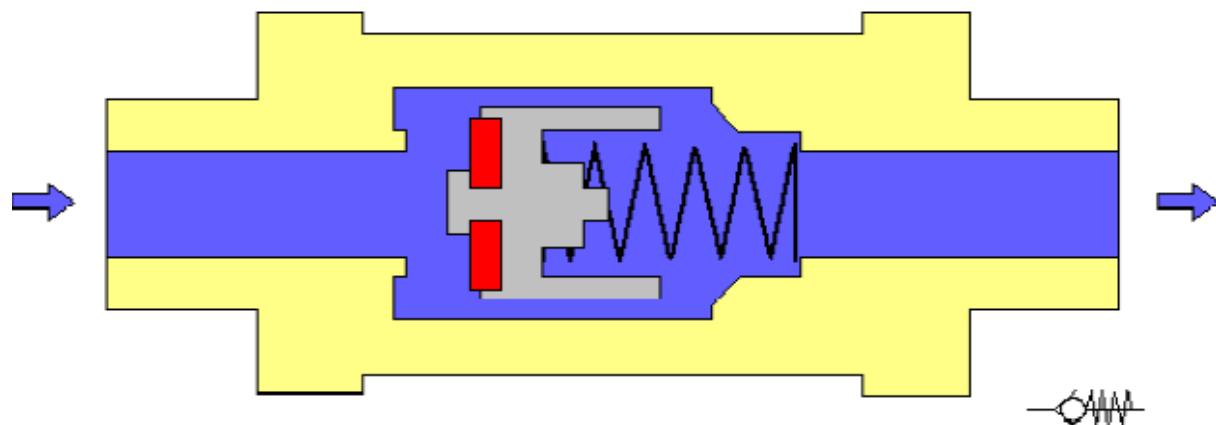
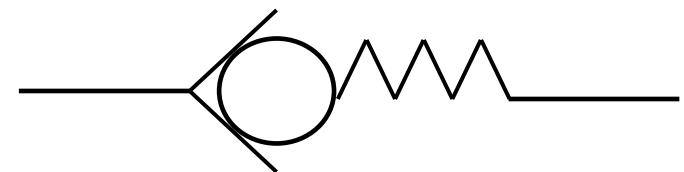
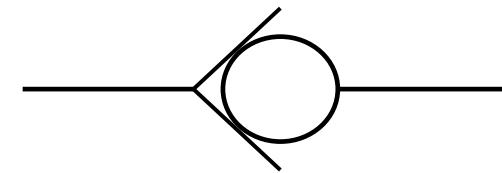
Válvula disco giratorio 4/3

# Actuador. Neumáticos. Válvulas de bloqueo

- Las **válvulas de bloqueo** tienen como función impedir o dificultar el paso del aire comprimido en un sentido u otro.
- Tipos de válvulas de bloqueo:
  - Válvula antirretorno
  - Válvula selectora de circuito (OR)
  - Válvula simultaneidad (AND)
- **Válvula antirretorno:** Impiden el paso de aire en una dirección, mientras que en la dirección contraria el aire puede fluir con pérdida de presión mínima. El elemento que bloquea el aire puede ser una bola, cono, disco o membrana, impulsada por un muelle o por la presión de trabajo

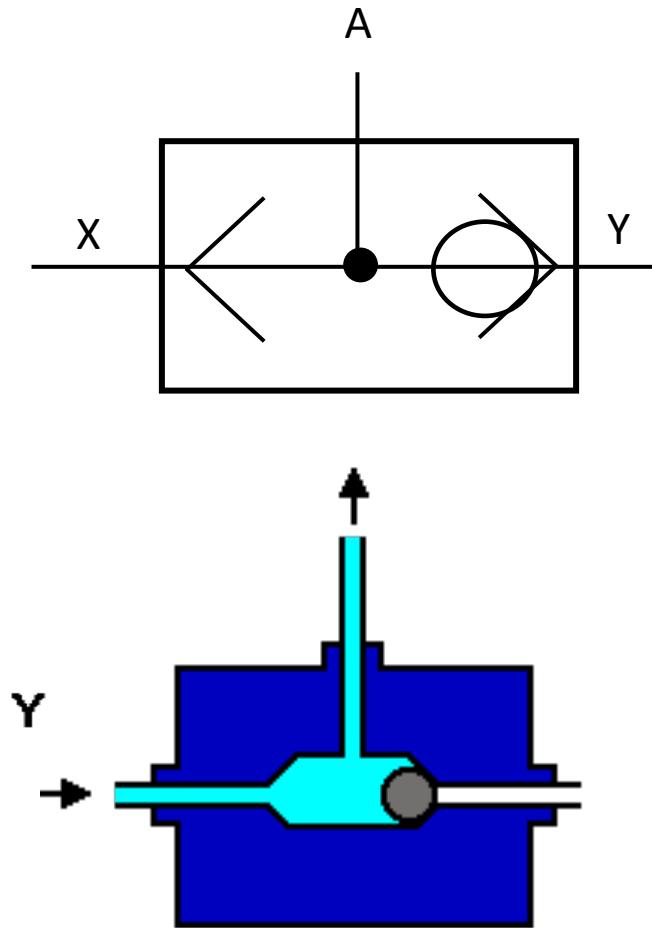
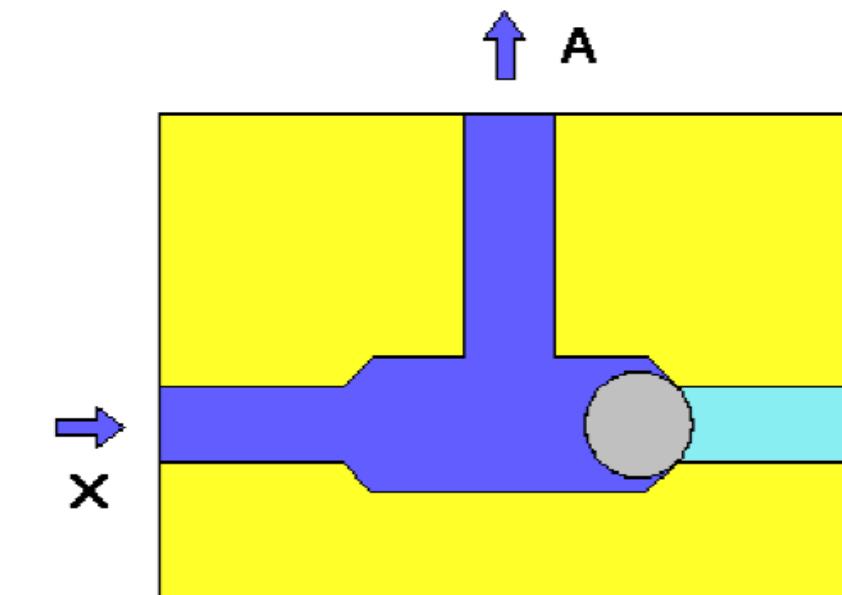
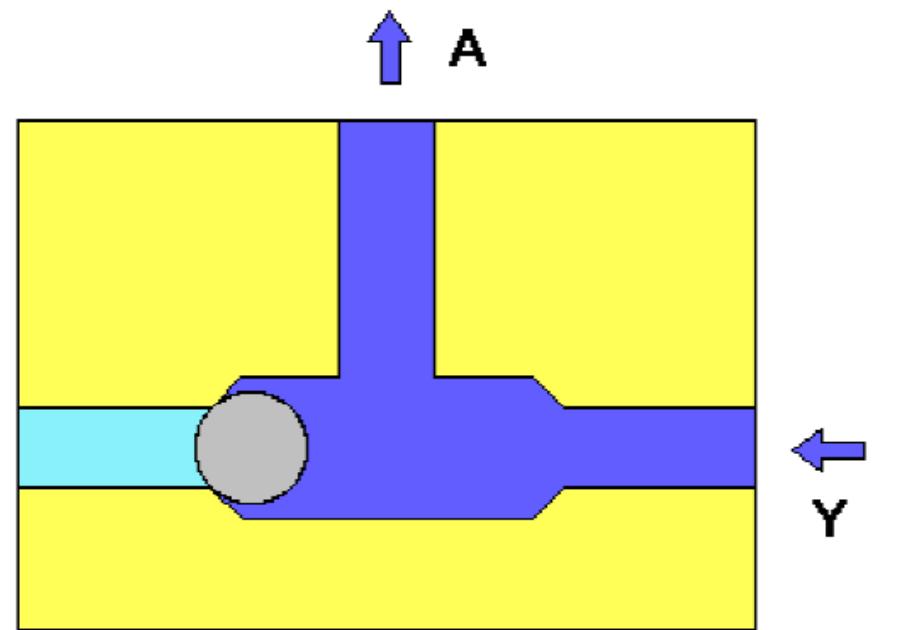
# Actuador. Neumáticos. Válvula antirretorno

- Válvula antirretorno que cierra por el efecto de la presión sobre la parte a bloquear
- Válvula antirretorno que cierra por el efecto de la presión sobre la parte a bloquear y un muelle



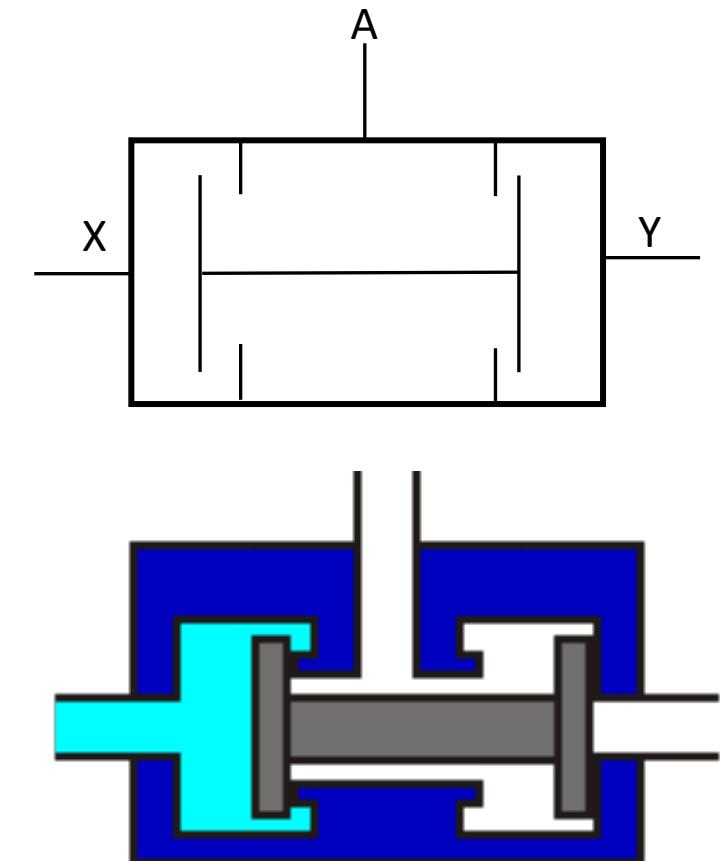
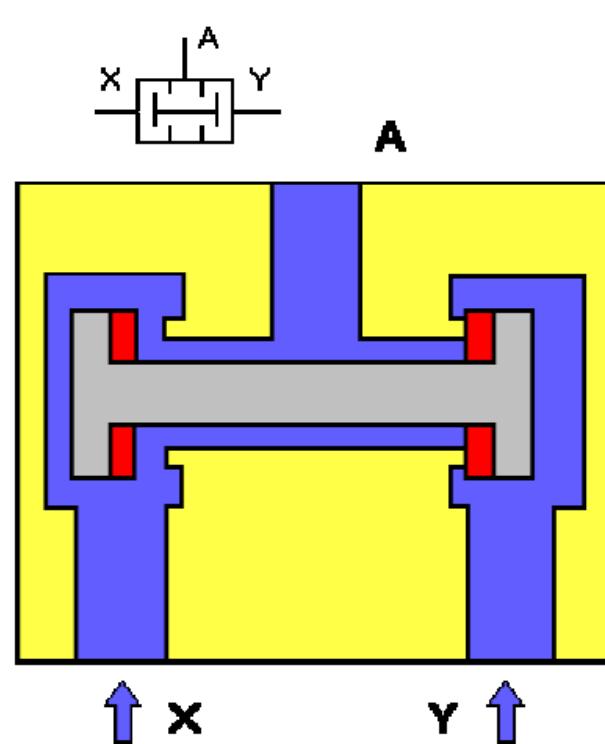
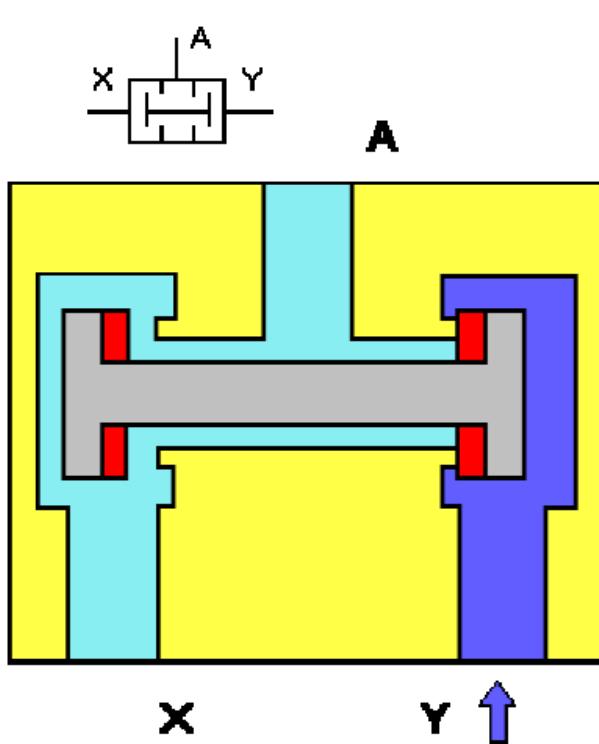
# Actuador. Neumáticos. Válvula selectora (OR)

- Válvula selectora OR: permite el paso de aire cuando ingresa aire por uno de los dos orificios de entrada.



# Actuador. Neumáticos. Válvula simultaneidad

- Válvula simultaneidad (AND): permite el paso de aire cuando procede de los dos orificios. Tiene dos entradas (X e Y) y una salida (A).

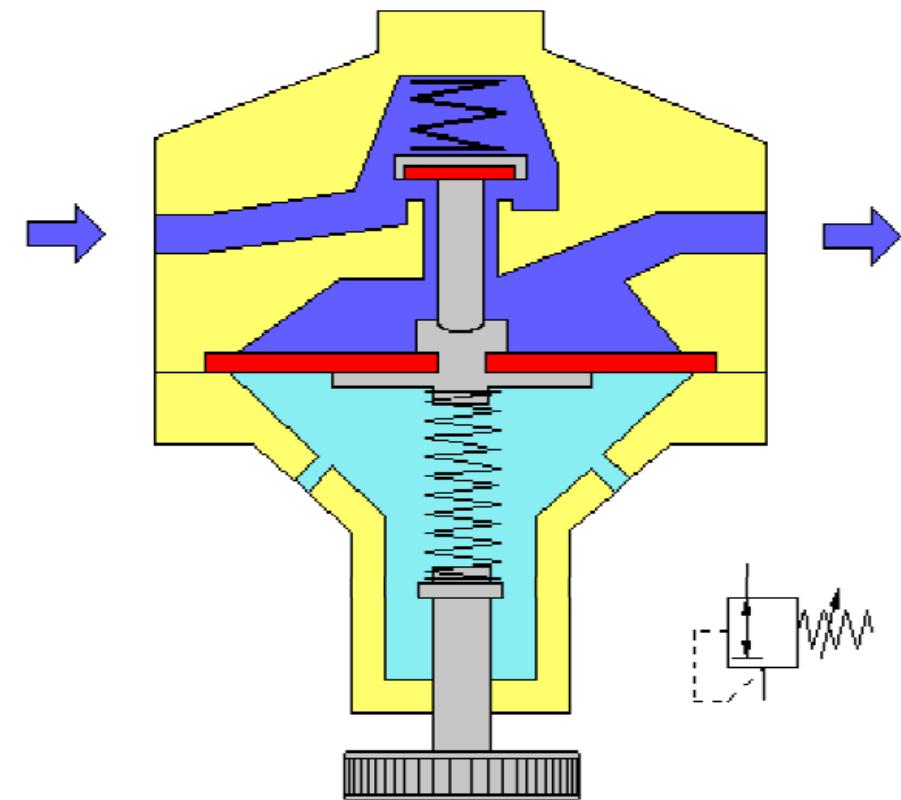
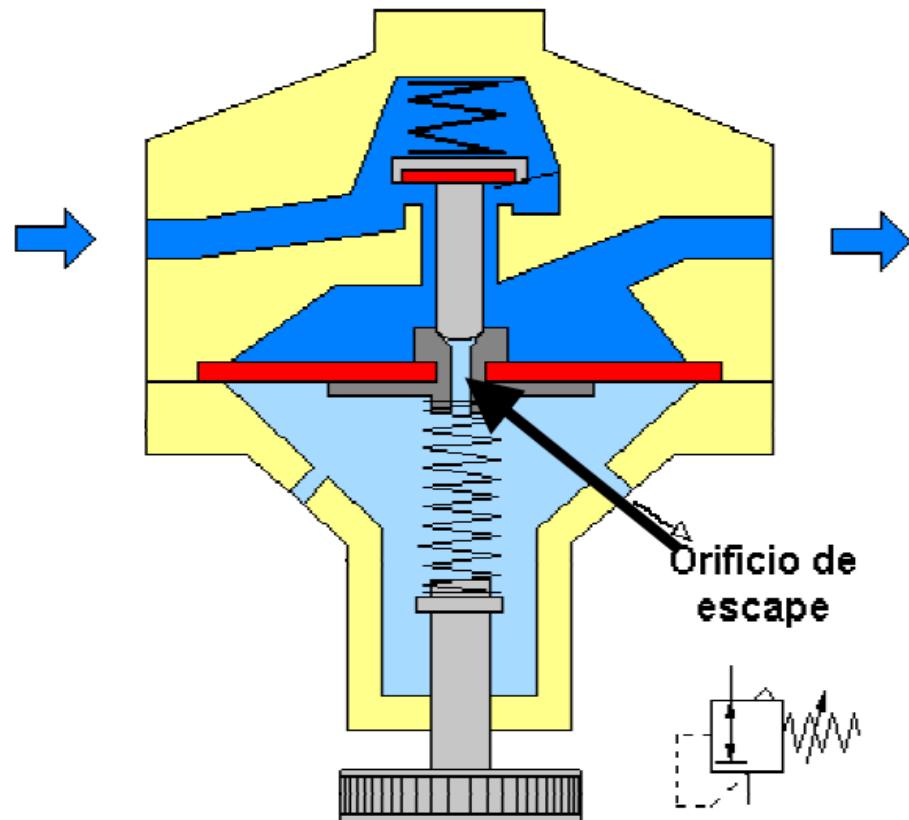


# Actuador. Neumáticos. Válvulas de presión

- Las **válvulas de presión** permiten modificar la presión o están condicionadas por la presión existente en la línea de aire comprimido. Podemos distinguir
  - Válvula reguladora de presión
  - Válvula limitadora de presión
  - Válvula de secuencia
- **Válvula reguladora de presión:** Su misión es mantener constante la presión en su salida con independencia de la carga existente en la línea de aire comprimido (evitar fluctuaciones de presión).

# Actuador. Neumáticos. Válvulas reguladora de presión

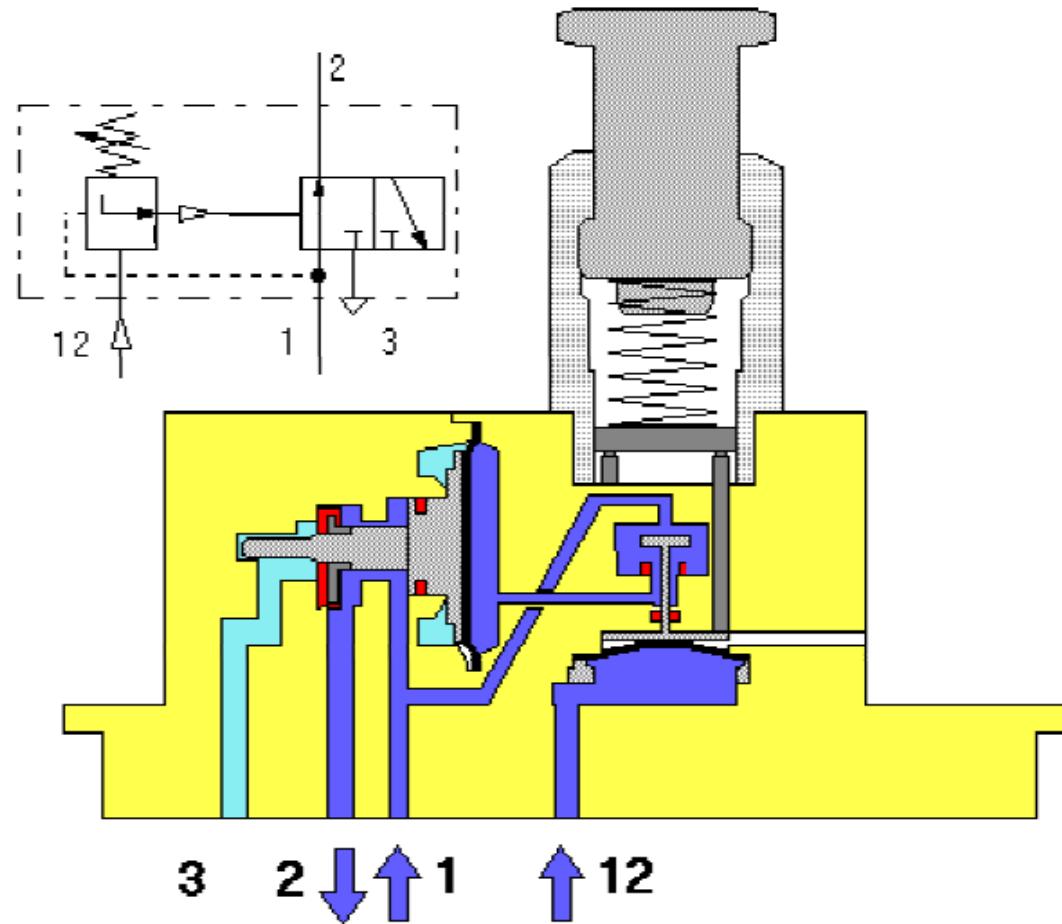
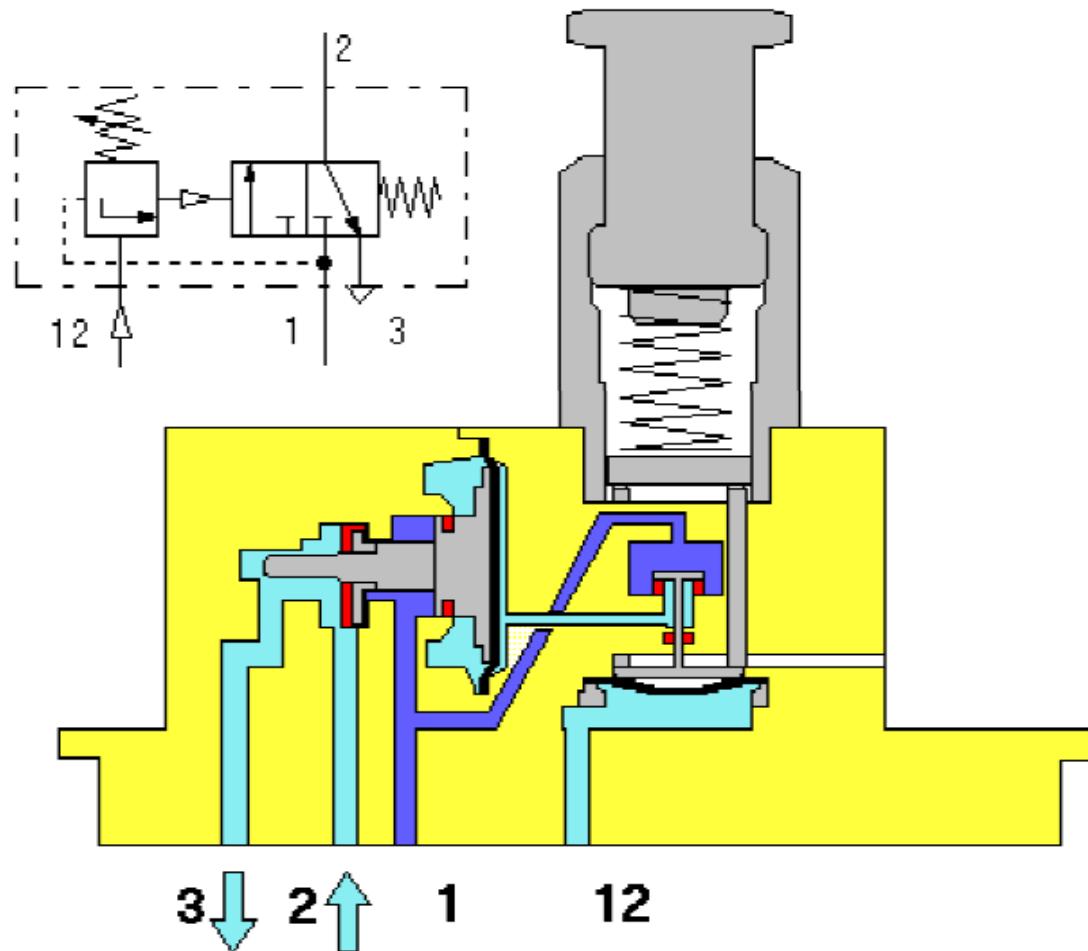
- Regulador de presión con orificio de escape.
- Regulador de presión sin orificio de escape.



# Actuador. Neumáticos. Válvulas de presión

- **Válvula limitadora de presión:** Es una válvula que se abre al exterior cuando se establece una presión de consigna. Se utiliza como válvula de seguridad para evitar que el sistema alcance una presión superior a la establecida. Una vez alcanzada una presión inferior a la establecida la válvula se cierra.
- **Válvula de secuencia:** Tienen un comportamiento similar a la válvula limitadora de presión, en este caso cuando se alcanza la presión de consigna se deja pasar el aire comprimido para realizar la tarea correspondiente.

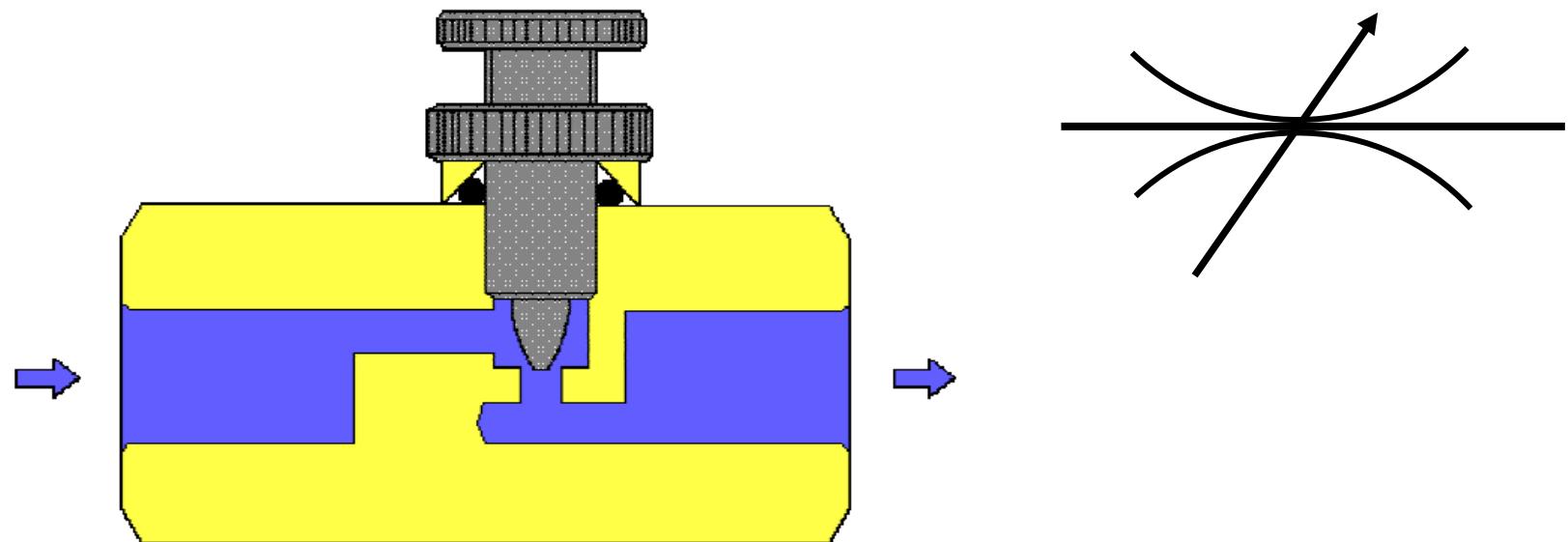
# Actuador. Neumáticos. Válvulas de presión



Válvula de secuencia

# Actuador. Neumáticos. Válvulas de caudal

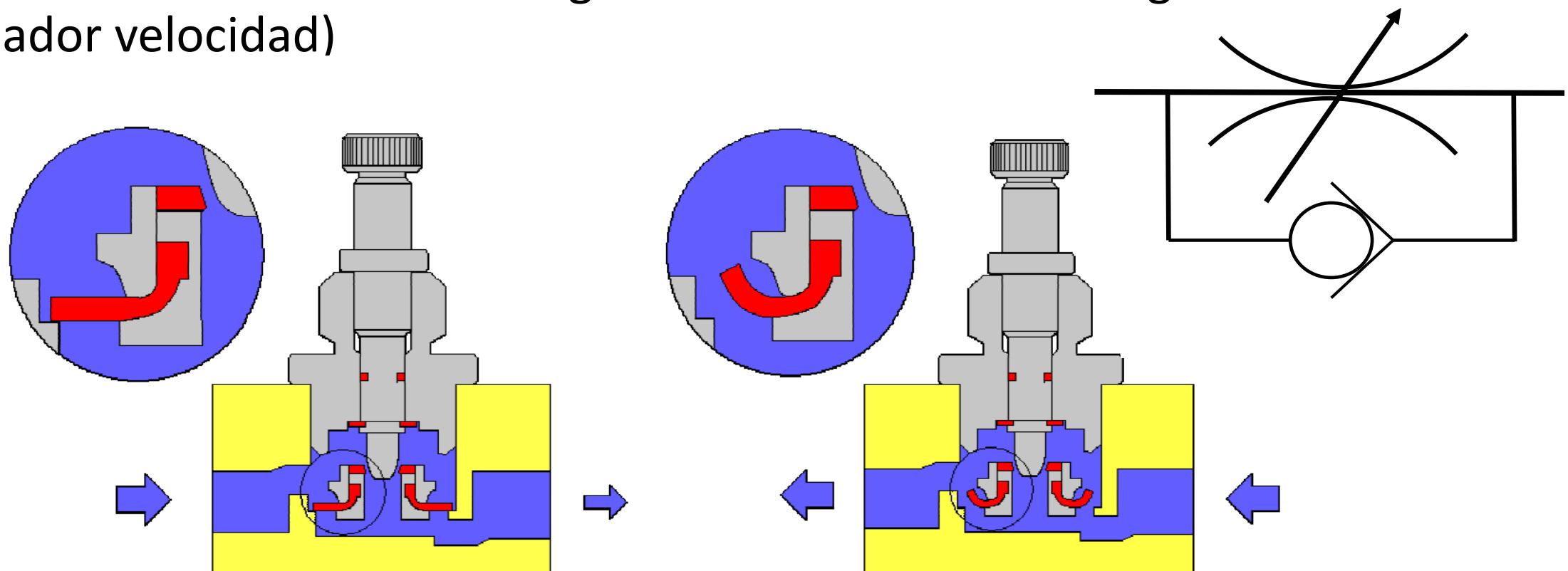
- Las **válvulas de caudal** tienen como función regular el caudal de aire comprimido que la atraviesa para así controlar la velocidad que le imprime a los actuadores neumáticos (por ejemplo cilindro neumático).



Válvula reguladora de caudal bidireccional

# Actuador. Neumáticos. Válvulas de caudal

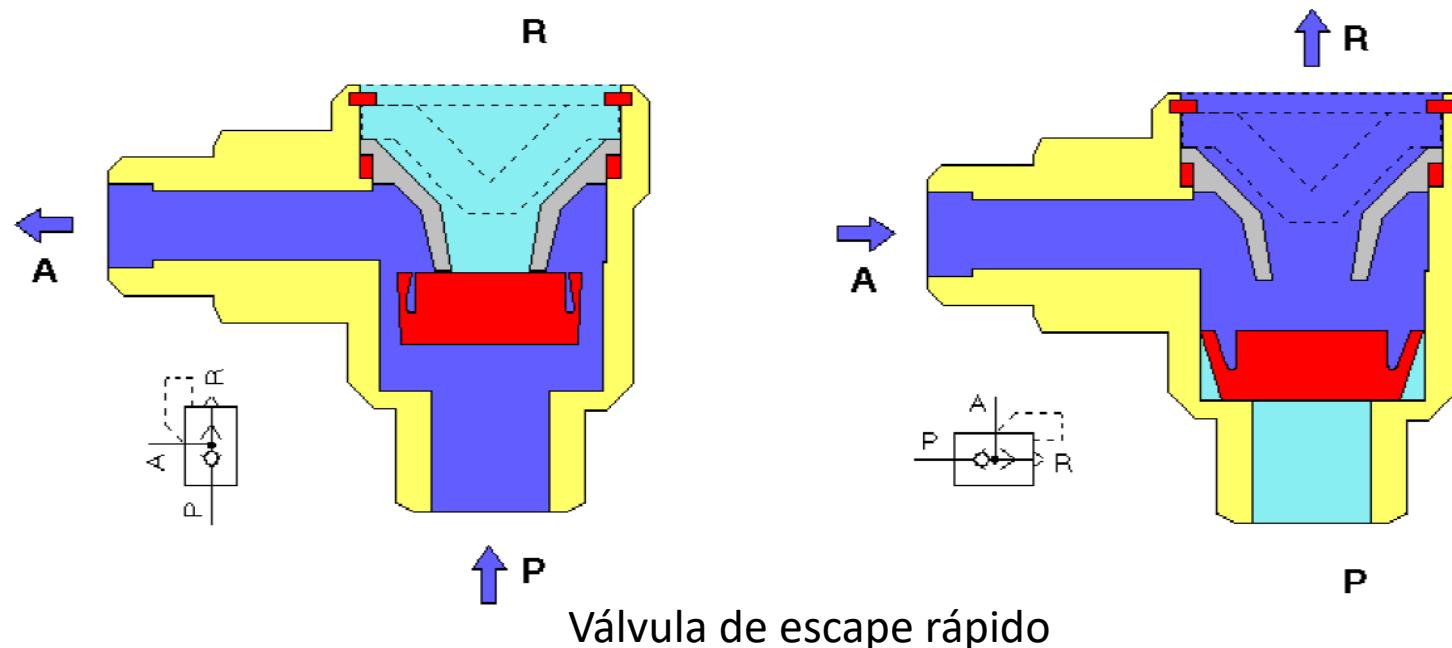
- Regulador de caudal unidireccional: Válvula de estrangulación en paralelo con una válvula antirretorno. Regular la velocidad del vástago de un cilindro (regulador velocidad)



Regulador de caudal unidireccional

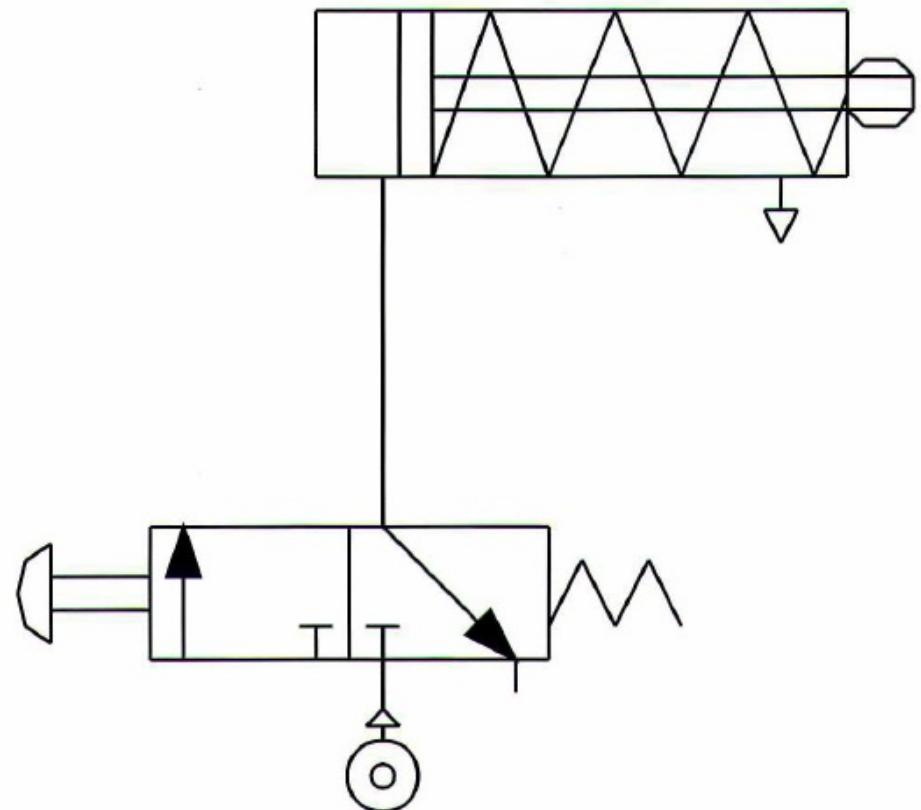
# Actuador. Neumáticos. Válvulas de caudal

- Válvula de escape rápido: evacúa aire hacia la atmósfera de forma rápida. Se utiliza para reducir tiempos de retorno de cilindros La válvula tiene una conexión de alimentación P y otra de escape R, que pueden cerrarse. Cuando el aire procede de la alimentación se cierra R y pasa hacia A. Si el aire procede de A se cierra P y el aire se dirige directamente a R.



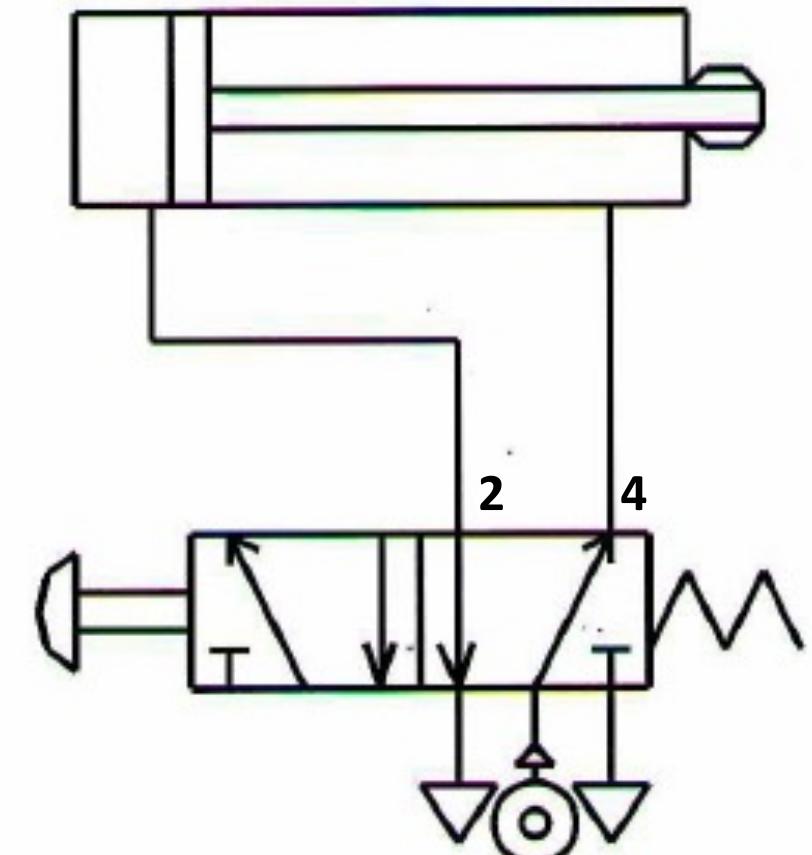
# Actuador. Neumáticos. Control

- **Mando directo de un cilindro de simple efecto mediante pulsador**
- Si se acciona el pulsador el aire circula desde la entrada de aire comprimido a la conexión 2. Se produce así el movimiento del cilindro
- Al soltar el pulsador el aire escapa al exterior y el cilindro realiza el movimiento de retroceso por el efecto del muelle



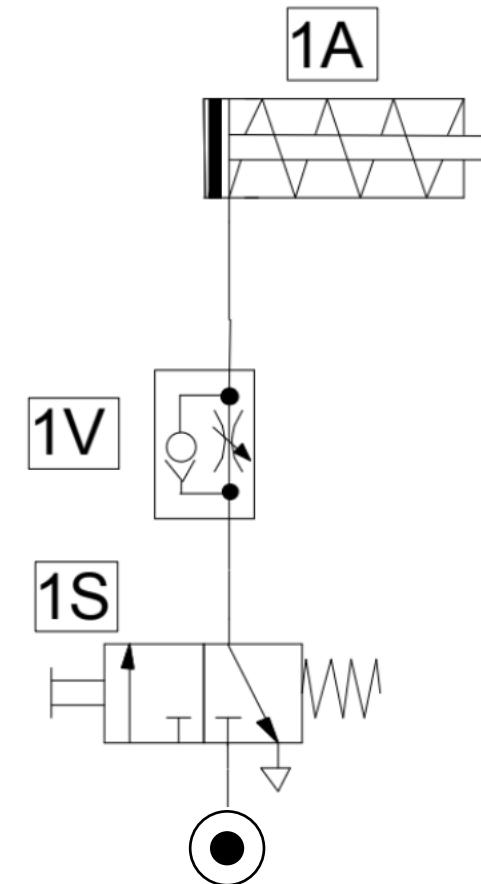
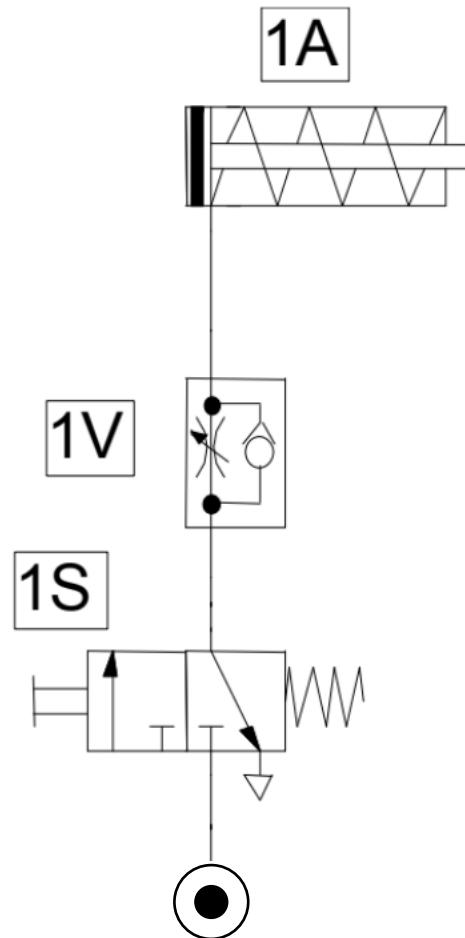
# Actuador. Neumáticos. Control

- **Mando directo de un cilindro de doble efecto mediante pulsador**
- Si se acciona el pulsador el aire circula desde la entrada de aire comprimido a la conexión 2. El aire escapa de la cámara 2 escapa por la vía 4. Se produce así el movimiento de **avance** del cilindro
- Al soltar el pulsador el aire de la cámara 1 escapa al exterior por la vía 2 y la cámara 2 se llena con la entrada de aire comprimido proveniente de la vía 4. Se produce el movimiento de **retroceso**.



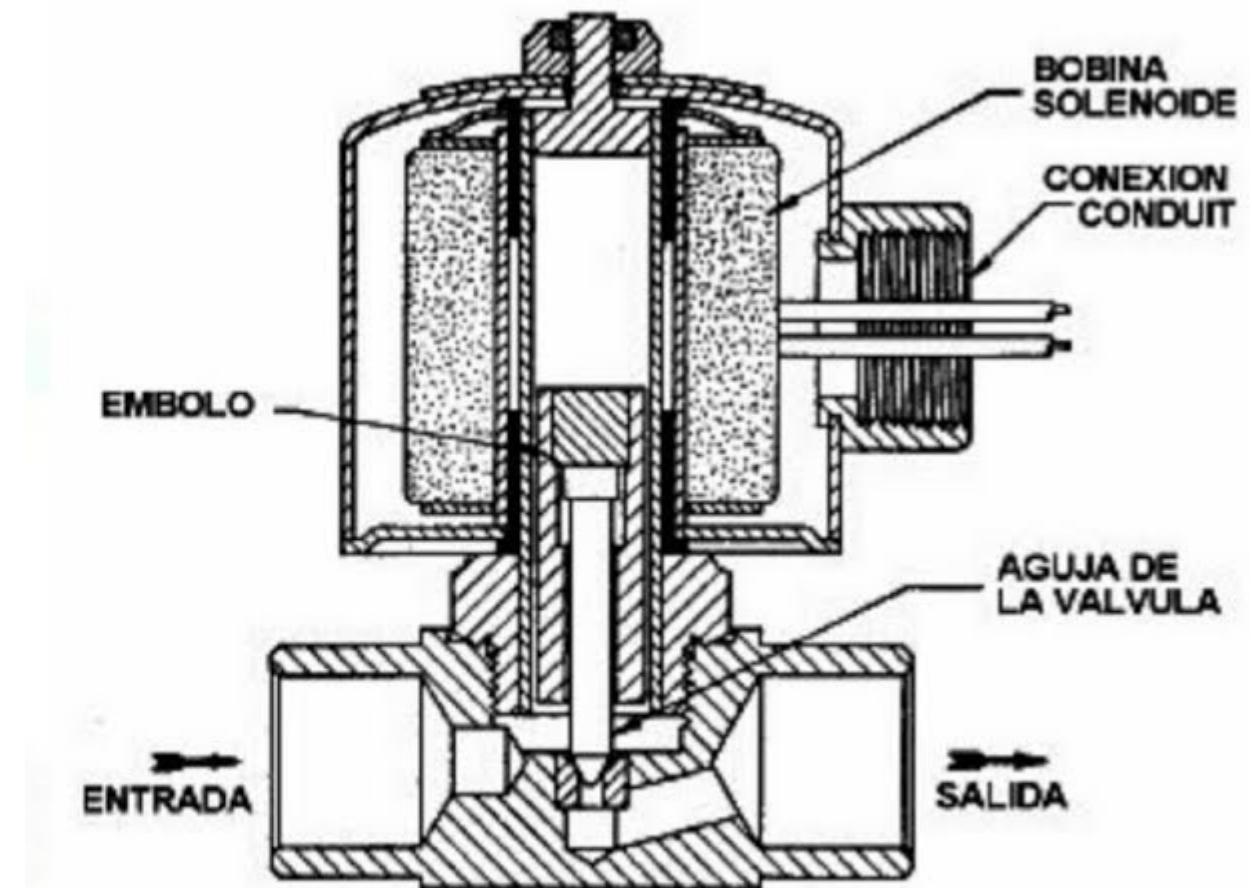
# Actuador. Neumáticos. Control

- Regulación velocidad vástagos entrada-salida



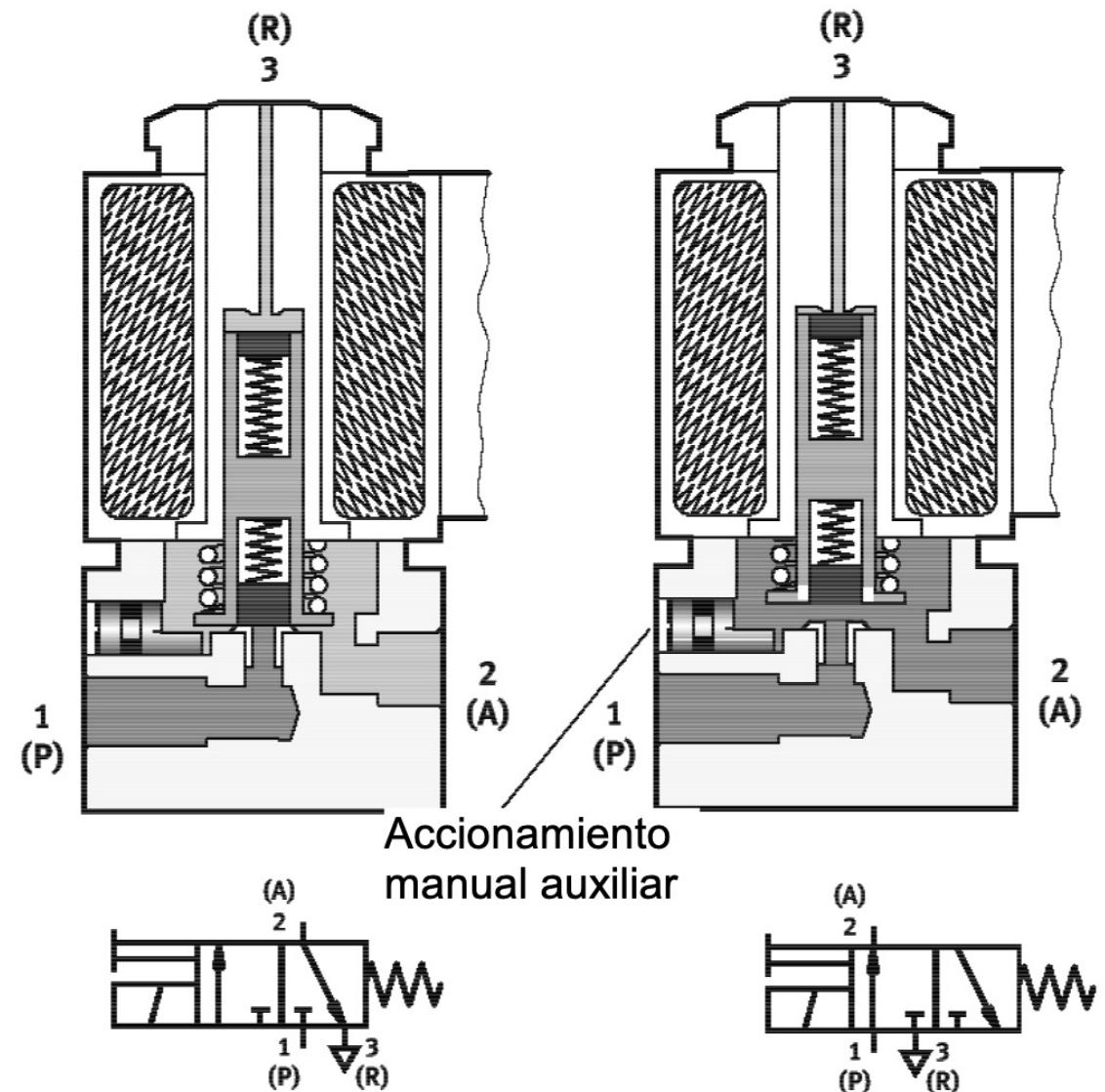
# Actuador. Neumáticos. Electroválvulas

- Hay ocasiones en la distancia que tiene que realizar una señal de mando neumática se puede retrasar o debilitar . Se combina la neumática con la electricidad dando lugar a las electroválvulas
- Utilizando una señal eléctrica para regular el comportamiento de la válvula (maniobra)



# Actuador. Neumáticos. Electroválvulas

- Electroválvula 3/2 monoestable NC
- Cuando se aplica una corriente a la bobina se genera una FEM que eleva el elemento central permitiendo el paso del aire
- Cuando deja de circular corriente por la bobina el muelle hace que baje la pieza central y se cierra la válvula



# Actuador. Hidráulicos.

- Los actuadores hidráulicos emplean el aceite a presión para producir los efectos deseados.
- Se utilizan para sistemas en los que se requieran realizar fuerzas muy elevadas, en las que los sistemas neumáticos no son adecuados.
- Preactuadores: Válvulas
- Actuadores básicos:
  - Lineal: Cilindro de doble efecto
  - Rotativo: motor, actuador de giro limitado
- El aceite se debe recircular, no se puede expulsar al exterior como en el caso de los sistemas neumáticos
- Sistemas sucios (fuga de aceite)

# BIBLIOGRAFÍA

- **Sistemas de automatización y autómatas programables.** Enrique Mandado, Jorge Acevedo, Celso Fernández, Ignacio Armesto, José Luis Rivas, José María Núñez. Ed. Marcombo.
- **Automatización industrial.** Roberto Sanchís, Julio Ariel Romero, Carlos Vicente Ariño. Universitat Jaume I. <http://hdl.handle.net/10234/24182>
- **Introducción a la automatización industrial.** Alberto Brunete. Pablo San Segundo y Rebeca Herrero. [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/introAutomatica/](https://bookdown.org/alberto_brunete/introAutomatica/)
- Autómatas programables. Josep Ballcells y José Luis Romeral. Ed. Marcombo.
- **Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos.** F. Jesús Cembranos. Ed. Thomson.