

11.1. La automatización industrial mediante lógica cableada

A la hora de realizar un automatismo industrial, el primer paso es seleccionar el tipo de lógica que se va a emplear. En función de esta lógica, los automatismos se clasifican en:

- **Cableados.** Las funciones lógicas se determinan mediante la conexión de cables eléctricos (hardware).
- **Programables.** Las funciones lógicas se determinan mediante un programa informático (software).

En este módulo profesional se estudiará la resolución de problemas de automatismos empleando la lógica cableada. La lógica programada se estudiará dentro de este ciclo profesional pero en otro módulo.

La lógica cableada emplea una serie de dispositivos que realizan una función concreta. El cómo se van a comportar va a depender de sus relaciones, mediante conexiones eléctricas, con otros dispositivos.

11.2. El contactor

El contactor es un elemento electromecánico que es capaz de conectar y desconectar receptores eléctricos de potencia, como por ejemplo motores eléctricos, resistencias eléctricas, etcétera.

Cuando se necesita conectar algún receptor eléctrico de potencia, no se puede utilizar directamente un interruptor porque dicho elemento no es capaz de soportar las elevadas corrientes eléctricas. Por ello, es necesario algún dispositivo que se encargue de realizar dicha maniobra. Este elemento es el contactor.



Figura 11.3. Contactores. (Cortesía de Schneider y Siemens).

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Otra característica importante del contactor es el hecho de poder realizar estas maniobras a distancia. Es decir, junto al contactor. De esta manera es posible contar con recintos o centros de control, mientras que los contactores estarán junto a la máquina.

El contactor es el elemento principal de todo circuito de automatismos eléctricos.

11.2.1. Constitución de un contactor

Un contactor está constituido por las siguientes partes:

- Circuito electromagnético.
- Contactos eléctricos principales o de fuerza.
- Contactos eléctricos auxiliares o de maniobra.

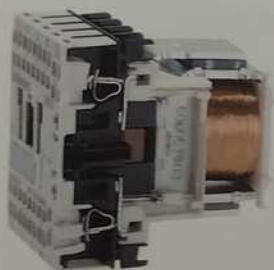


Figura 11.2. Vista interna de un contactor. (Cortesía de Siemens).

El **circuito electromagnético** es el conjunto de elementos que se encarga de cerrar y abrir los contactos eléctricos mediante la acción de un campo electromagnético. Actúa como un electroimán. Consta de una bobina que al conectarse a la red eléctrica crea un campo magnético que atrae una parte móvil (llamada armadura) sobre una parte fija (llamada culata). Al cesar la corriente eléctrica, el campo magnético de la bobina desaparece y por medio de un muelle el conjunto vuelve a su posición inicial.

La bobina es un arrollamiento de cobre de una sección muy pequeña y con un gran número de espiras. Va colocada sobre la culata. La armadura tiene como función cerrar el circuito magnético.

Mediante el movimiento de la armadura sobre la culata se abren y se cierran una serie de contactos eléctricos.

Todo el conjunto va protegido sobre una envoltura llamada carcasa que es de un material aislante y es la que le da el aspecto físico externo.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO



Figura 11.1. Bobinas de contactores. (Cortesía de Schneider).

Recuerda:

Se debe comprobar siempre que la tensión de la bobina se corresponde con la tensión de funcionamiento del circuito. Si no es así, el contactor no funcionará o incluso se estropeará. Los fabricantes suelen indicar este valor sobre el mismo producto.



Figura 11.4. Contactos A1-A2 de la bobina.

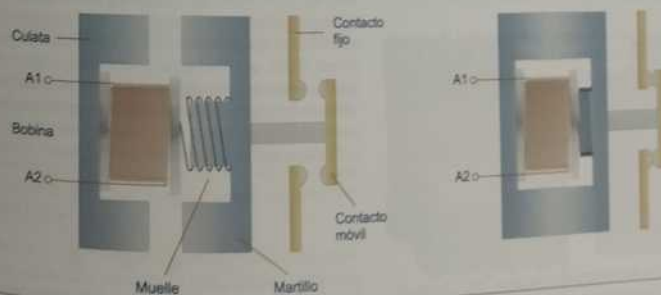


Figura 11.5. Partes internas de un contactor. Sin activar y activado.

La bobina puede funcionar a diversas tensiones, tanto en corriente continua como en corriente alterna. Es por ello que este parámetro es importante a la hora de seleccionar un contactor.

Los contactos de la bobina se identifican por las letras A1 y A2.

Un contactor dispone de dos grupos de contactos eléctricos:

- **Contactos eléctricos principales, de potencia o de fuerza.** Son los contactos encargados de abrir o cerrar el circuito que se desea controlar y así poder conectar los receptores a la red eléctrica de alimentación. Están diseñados para poder soportar las altas corrientes eléctricas que requieren los receptores, tales como motores eléctricos, resistencias de calefacción, alumbrado, etc. Estos pares de contactos se identifican con las letras L1-T1, L2-T2, L3-T3 o L4-T4.

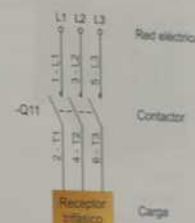


Figura 11.6. Conexión de un contactor con una carga.

El número de contactos de potencia puede variar según modelos, encontrándose en el mercado de dos polos (bipolares), de tres polos (tripolares) y de cuatro polos (tetrapolares).

Recuerda:

En los contactos de potencia del contactor es donde se conecta el receptor eléctrico que se desea controlar a la red eléctrica.

- **Contactos eléctricos auxiliares, de mando o de maniobra.** Estos contactos se emplean para poder realizar tareas auxiliares, tales como la maniobra de arranque, señalar el estado del receptor mediante pilotos de señalización, etc. Estos pares de contactos se identifican con números de dos dígitos; por ejemplo: 11-12, 21-22, 33-34, etcétera.



Figura 11.7. Contactos de un contactor por bloques: fuerza, maniobra y bobina.

11.2.2. Tipos de contactos

Como tanto el contactor como el relé disponen de una serie de contactos eléctricos. Estos contactos pueden ser de dos tipos:

- **Contactos normalmente abiertos (NO, Normally Open).** Son aquellos contactos eléctricos que en condiciones normales de reposo, se encuentran abiertos. Es decir que por ellos no circula la corriente eléctrica.



Figura 11.8: Contacto NO

- **Contactos normalmente cerrados (NC, Normally Close).** Son aquellos contactos eléctricos que en con-

diciones normales de reposo, se encuentran cerrados. Es decir que por ellos circula la corriente eléctrica.



Figura 11.9: Contacto NC

Estos contactos son de tipo monoestable, lo que quiere decir que solo tienen un único estado estable (abierto o cerrado). Cuando un contacto eléctrico es accionado, este cambia de estado: si está abierto pasará a estar cerrado y si está cerrado pasará a estar abierto. Permanecerá en este nuevo estado mientras permanezca la acción que originó el cambio, y una vez cesa esta acción, el contacto vuelve a su posición inicial.

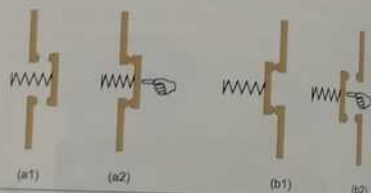


Figura 11.10. Accionamiento sobre unos contactos NO (a1 en reposo, a2 accionado) y NC (b1 en reposo, b2 accionado).

Los contactos eléctricos van numerados según sus características:

- Los contactos NC (cerrados) se numeran con los números 1 y 2.
- Los contactos NO (abiertos) se numeran con los números 3 y 4.

Como tanto el relé como el contactor suelen llevar más de un contacto, se numeran con dos dígitos. El primer dígito hace referencia al número de contacto y el segundo dígito hace referencia al tipo de contacto. Por ejemplo, en el par 23-24, el primer dígito, que es el 2, hace referencia a que es el segundo par de contactos, y los dígitos 3-4 hacen referencia a que es un contacto de tipo NC (cerrado). Por la misma razón, los contactos 41-42 indican que son el cuarto contacto y los números 1-2 indican que es un contacto normalmente cerrado.

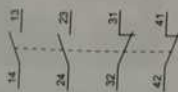


Figura 11.11. Representación de un relé de cuatro contactos (dos NO y dos NC).

11.2.3. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que se debe emplear con el contactor es la mostrada en la Tabla 11.1.

Tabla 11.1. Representación gráfica del contactor y sus partes

Elemento	Símbolo
Bobina	
Contactos de fuerza	
Contactos de maniobra (NC y NO)	

En la representación gráfica de un contactor, aparte del símbolo, se incluye una letra que hace referencia a la naturaleza del elemento. Según la norma a emplear, la letra identificativa es según muestra la Tabla 11.2.

Tabla 11.2. Identificador del contactor y relé según normas

Norma IEC 750	Ejemplo para aparatos eléctricos	Norma EN 81346
K	Relés auxiliares	K
K	Contactador auxiliar	K
K	Contactador semiconductor	T
K	Contactador de potencia	Q
K	Relés temporizadores	K

A esta letra se le añade un número consecutivo a cada elemento empleado para diferenciarlos entre sí, por ejemplo K1.

Un contactor se puede clasificar en función del número de sus contactos de potencia y, en este caso, tenemos tres tipos (Tabla 11.3).

El contactor se suele dibujar con sus elementos por separado (bobina, contactos principales o de fuerza y contactos auxiliares o de maniobra), aunque hay veces en las cuales se puede dibujar con todos sus elementos al completo.

Tabla 11.3. Representación gráfica del contactor en función del número de contactos de potencia

Bipolar	Trípolar	Tetrapolar

Figura 11.12. Representación gráfica de un contactor de potencia.

Saber más

Hasta hace muy poco, los contactores de potencia principales se identificaban con las letras KM seguidas del número de orden, por ejemplo KM1. Con la normativa actual EN 81346, los contactores de potencia pasan a ser identificados con la letra Q seguida del número de orden. A veces, en combinación de contactores incorpora una segunda cifra relativa a la función que desarrolla.

11.2.4. Contactores auxiliares

El contactor auxiliar es una variación del contactor, al cual se le han suprimido los contactos de potencia. El modo de funcionamiento es idéntico al contactor e incluso suele tener el mismo aspecto físico. Se emplea para realizar solamente las tareas de maniobra.

El número de contactos y su tipo varían según modelos.



Figura 11.13. Contactores auxiliares (Cortés de Schneider y Siemens).

Sabías que...

Puedes diferenciar a simple vista un contactor de otro contactor auxiliar fijándote en que no tiene los pares de contactos de fuerza: L1-T1, L2-T2 y L3-T3.

11.2.5. Elementos complementarios del contactor

A un contactor se le pueden añadir una serie de elementos complementarios que hacen que ese contactor aumente sus prestaciones o incluso incorpore alguna función más.

Los elementos complementarios más importantes son:

- Los bloques de contactos auxiliares.
- Los bloques de contactos temporizados.
- Los filtros.

El **bloque de contactos auxiliares** es un elemento compuesto de uno o varios contactos eléctricos de maniobra que hace que el contactor disponga de más contactos. Se emplea cuando se necesitan más contactos de los que proporciona el propio contactor.



Figura 11.14. Bloques de contactos auxiliares de varios polos. (Cortesía de Schneider y Siemens.)

Existen bloques de contactos auxiliares con diferentes configuraciones: todos los contactos son normalmente abiertos (NO), todos los contactos son normalmente cerrados (NC) o con una combinación de ellos.

El **bloque de contactos temporizados** añade una serie de contactos en los cuales su accionamiento dependerá del tiempo. Existen de dos tipos: temporizados a la conexión (al activar la bobina, los contactos no cambian de estado hasta pasado un tiempo) y temporizados a la desconexión (al desactivar la bobina, los contactos no cambian de estado hasta pasado un tiempo).



Figura 11.15. Bloque de contactos temporizado. (Cortesía de Schneider.)

El **filtro antiparasitario** es un elemento que se coloca en paralelo a los bornes de la bobina y cuya función es la de protección. En el momento de la conexión de cargas inductivas (por ejemplo, motores) se generan una serie de perturbaciones que pueden dañar a la bobina. Estos filtros absorben estos defectos eliminando el riesgo de daño.



Figura 11.16. Filtros antiparasitarios para contactor. (Cortesía de Schneider.)

Todos estos elementos complementarios pueden ir acoplados en el frontal o bien en un lateral.



Figura 11.17. Acople del bloque de contactos frontal. (Cortesía de Siemens.)

Existe otra categoría para cargas en continua (Tabla 11.5).

Tabla 11.5. Categorías de empleo de contactores en continua

Clase	Descripción
DC1	Cargas resistivas, como por ejemplo resistencias eléctricas de calefacción.
DC2	Arranque de motores shunt en régimen normal.
DC3	Arranque de motores shunt en régimen de impulsos.
DC4	Arranque de motores serie en régimen normal.
DC5	Arranque de motores serie en régimen de impulsos.

11.3. El relé

El relé es otro de los **elementos de conmutación**. Al igual que el contactor, su función es la de cerrar y abrir circuitos eléctricos. Mientras que el contactor se emplea como elemento de control de potencia, el relé se emplea como elemento de control de la maniobra. Aunque para cargas o receptores de pequeño amperaje, tanto en corriente monofásica o en corriente continua, se emplean también los relés.

El número de **contactos eléctricos** y su tipo varían según el modelo. Como se diseñan para operaciones de maniobra, sus contactos no soportan corrientes elevadas. Este hecho permite que sus dimensiones sean reducidas en comparación al contactor.

Tanto el circuito electromagnético como los contactos eléctricos van encapsulados juntos. Este conjunto se conecta a un zócalo que hace de soporte. La principal ventaja es que en caso de sustitución del relé por avería, esta operación se realizaría con rapidez y seguridad al no tener que desmontar el cableado.



Figura 11.19. Cabezales de relés. (Cortesía Schneider y Siemens.)

11.2.6. Las categorías de empleo

No todos los contactores se emplean para todos los receptores eléctricos. Según el tipo de receptor, así debe ser el tipo de contactor. Atendiendo a la norma IEC 947, las categorías de empleo para corriente alterna son las recogidas en la Tabla 11.4.

Tabla 11.4. Categorías de empleo de contactores en alterna

Clase	Descripción
AC1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas. Factor de potencia $\geq 0,95$. Se emplean, por ejemplo, en resistencias eléctricas de calefacción.
AC2	Motores de anillos rozantes. Se emplean en motores de gran potencia, como puede ser los motores de los puentes grúa.
AC3	Motores de jaula de ardilla. Son la mayoría de los motores eléctricos.
AC4	Motores de jaula de ardilla con funcionamiento a impulsos (arranque y paradas continuas).

Sabías que...

La gran mayoría de aplicaciones de potencia en trifásica se centra en el arranque de motores, por ello la categoría más empleada es la AC3.

Los contactos eléctricos de un relé, por lo general, van montados de tal manera que cada circuito consta de tres contactos: un contacto abierto, otro cerrado y uno que es el común a ambos. La manera de emplearlos es conectar siempre el común, y en función de las necesidades, conectar el abierto o el cerrado o incluso ambos. Estos tipos de contactos se llaman contactos conmutados.



Figura 11.26. Símbolo de un contacto conmutado.

Precauciones

Siempre, antes de emplear un relé, se debe verificar la tensión de la bobina, así como la posición de los contactos.

Existen en el mercado diferentes tipos de relés y por tanto de zócalos.



Figura 11.27. Zócalos para relés de diferentes tipos. (Cortesía Schneider y Siemens.)

Una vez ensamblado el cabezal del relé en su zócalo, el conjunto está dispuesto para trabajar.



Figura 11.28. Diferentes tipos de zócalos con el relé ensamblado. (Cortesía Schneider y Siemens.)

11.3.1. La tecnología de estado sólido

Hasta ahora los elementos de conmutación que se han visto se basaban en que la conexión se realizaba por medios mecánicos. Hoy en día, y gracias a la electrónica, los elementos de conmutación (contactores y relés) han evolucionado y se ha creado un nuevo tipo, llamado de **estado sólido**. Estos elementos no tienen ninguna parte móvil, lo cual los hace más lentos en su funcionamiento y tienen una mayor vida útil, sin embargo son sensibles a las perturbaciones y sobrecargas, aparte de necesitar de una buena disipación de calor.



Figura 11.23. Relé de estado sólido. (Cortesía de Schneider.)

11.3.2. Simbología eléctrica del relé

Tanto el relé como el contactor tienen una simbología eléctrica idéntica, salvo que el relé no cuenta con los contactos eléctricos de potencia. Su letra identificativa es la K.

Tabla 11.6. Simbología de representación del relé

Elemento	Símbolo
Bobina	
Contacto conmutado	
Relé con dos contactos conmutados. Símbolo de conjunto	
Contactos NO y NC	

11.4. Dispositivos de accionamiento manual

En toda instalación de automatismos eléctricos cableados, se necesita de un elemento de accionamiento o de puesta en marcha y de paro a voluntad. Estos dispositivos de accionamiento manual son el pulsador y el interruptor.

Un elemento de mando se compone, principalmente, de dos partes:

- Los contactos eléctricos.
- El accionamiento.

Los **contactos eléctricos** pueden ser, como ya se ha visto, de tipo NO (normalmente abiertos) o NC (normalmente cerrados).

Sabías que...

Los contactos eléctricos de los elementos de mando también se denominan cámaras de contactos.

Estas cámaras de contactos son elementos modulares que se eligen y se combinan en función de las necesidades de montaje.



Figura 11.24. Cámaras de contactos. (Cortesía Schneider de Siemens.)

El **accionamiento** es la forma de activar los contactos eléctricos. Existe una gran diversidad en la forma del accionamiento, que dependerá de las necesidades. Por ejemplo, hay ocasiones donde se necesita que una máquina se accione con la mano desde unos pulsadores, sin embargo en otras ocasiones puede ser interesante que se accione con el pie (pedal). Habrá ocasiones, donde por seguridad, se necesite una llave para su accionamiento, etcétera.

Entre los sistemas de mando mecánico, se encuentran los accionamientos mostrados en la Tabla 11.7.

Tabla 11.7. Simbología de accionamientos

Simbolo general		Llave	
Pulsador		Pedal	
Selector rotativo		Tirador	
Seta		Manivela	
		Volante	
		Roldana	
		Palanca	
		Palanca con maneta	

Por tanto, la simbología gráfica de un elemento de mando consiste en la unión de ambas partes. Un sistema de accionamiento puede actuar sobre uno o varios contactos (Tabla 11.8).

Tabla 11.8. Ejemplos de sistemas de accionamientos

	Accionamiento mediante pulsador con contacto normalmente abierto (NO).
	Accionamiento mediante pulsador de seta con contacto normalmente cerrado (NC).
	Accionamiento mediante pedal de dos contactos, uno normalmente abierto (NO) y otro normalmente cerrado (NC).

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

La unión entre ambas partes se realiza mediante una línea discontinua.

Hay ocasiones en las cuales se modifica el comportamiento del accionamiento. Esta información se añade modificando la línea discontinua (Tabla 11.9).

Tabla 11.9 Comportamiento del accionamiento

Simbolo	Descripción	Ejemplos
	Retorno no automático. Después de ser accionado, el sistema no vuelve a su posición inicial.	Interruptor Selector
	Con retención. El sistema cuenta con un elemento que bloquea la posición.	Seta de emergencia.

Los elementos de mando se identifican con la letra S seguida de un número que hace referencia al orden dentro del esquema eléctrico.

A nivel físico, los diversos fabricantes proporcionan el sistema de accionamiento por separado de las cámaras de contactos.



Figura 11.27. Pulsador (Cortesia de Schneider).



Figura 11.28. Selector (Cortesia de Schneider).



Figura 11.29. Selector con llave (Cortesia de Schneider).



Figura 11.30. Pate de emergencia (Cortesia de Schneider).

Sabías que...

Al accionamiento del paro de emergencia se le llama seta de emergencia, por su aspecto físico.

Debido a la diversidad de variaciones, los fabricantes emplean un sistema de acople o bastidor entre las cámaras de contactos y los cabezales de accionamiento.



Figura 11.29. Chasis o collarín de montaje.



Figura 11.30. Conjunto bloque de contactos montado.



Figura 11.31. Conjunto montado (Cortesia de Schneider).



Figura 11.32. Conjunto de pulsador (Cortesia de Schneider).

Nota técnica

Los elementos de mando no están estandarizados, por ello cada fabricante realiza sus propios modelos siendo incompatibles entre gamas y marcas de fabricantes.

11.5. Dispositivos de señalización

En muchas ocasiones es necesario señalar el estado de alguna maniobra (máquina en marcha, máquina parada, accionamiento del paro de emergencia, averías, etc.). Como elementos de señalización se tienen los avisadores luminosos y los acústicos.

Los dispositivos de señalización ópticos y acústicos se identificaban anteriormente con la letra H, y actualmente con la letra P, según la norma EN 81346.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Tabla 11.10 Dispositivos de señalización

Tipo	Nombre	Simbolo
Luminoso	Piloto de señalización	
	Piloto de señalización intermitente	
Acústico	Bocina	
	Timbre	
	Sirena	
	Zumbador	

El uso de colores está tipificado para comunicar un significado (Tabla 11.11).

En la simbología se puede indicar este color añadiendo el código de color.



Figura 11.31. Piloto de señalización de color rojo.

Los sistemas de señalización luminosa pueden ser de los siguientes tipos:

- De montaje exterior a la placa. Suelen ir montados de idéntica manera que los pulsadores en las puertas u otras superficies exteriores del armario eléctrico.
- Sobre carril DIN.
- En bulza.

Dentro del grupo de avisadores acústicos hay una gran variedad (bocina, sirena, timbre, zumbador). En muchas ocasiones ambos tipos de avisadores (acústicos y luminosos) actúan a la par.

Tabla 11.11 Código de colores para elementos de señalización

Color (código)	Significado	Explicación	Casos típicos de empleo
Rojo (C2)	Peligro o alarma	Advertencia de un posible peligro o de un estado que requiera una acción inmediata.	<ul style="list-style-type: none"> Fallo del sistema. Temperatura que excede de los límites de seguridad. Paro de una parte esencial del equipo debido a la actuación de una protección. Peligro debido a elementos accesibles bajo tensión o elementos en movimiento.
Amarillo (C4)	Precaución	Modificación o cambio próximo de condiciones.	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura o presión que difiere del valor normal. Sobrecarga admisible por tiempo limitado.
Verde (C3)	Seguridad	Condiciones de servicio seguras o luz verde para seguir funcionando.	<ul style="list-style-type: none"> Circulación del refrigerante. Conexión automática de la maniobra. Máquina dispuesta para la puesta en marcha.
Azul (C5)	Información específica	Significado distinto al de los mencionados anteriormente.	<ul style="list-style-type: none"> Señal para maniobra remota. Selector colocado en posición de reparación.
Blanco (C6)	Información general	Confirmación u otro significado no cubierto por los colores: amarillo y verde.	<ul style="list-style-type: none"> Interruptor general conectado. Tensión en el circuito. Velocidad o sentido de rotación elegido.



Figura 11.14. Piloto de señalización montado. (Cortesía de Schneider.)



Figura 11.13. Piloto de señalización de carril DIN. (Cortesía de Hager.)



Figura 11.36. Dispositivo de señalización luminosa. (Cortesía de Schneider.)



Figura 11.37. Balizas de señalización. (Cortesía de Schneider.)



Figura 11.38. Dispositivo de señalización acústica. (Cortesía de Schneider.)



INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

11.6. Operaciones con los contactos auxiliares

Los contactos auxiliares se emplean principalmente en las siguientes tareas:

- Realimentación.
- Operaciones de señalización.
- Operaciones con condicionantes.

11.6.1. La realimentación de la bobina

En las maniobras de automatismos cableados, se emplean pulsadores. Se necesita pues de alguna técnica que permita emplear pulsadores para la activación y desactivación de contactores y relés. A esta técnica se le denomina como realimentación de la bobina.

Para emplear la técnica de la realimentación se necesita un pulsador normalmente abierto (NO) que actuará como marcha, en paralelo con un contacto abierto de la bobina a gobernar. Este conjunto estará en serie con un pulsador normalmente cerrado (NC) que actuará como paro.

La Figura 11.39 representa la secuencia de realimentación de una bobina de un contactor. En la figura (a) se ve el sistema en reposo sin alimentación. Al conectar alimentación (b), la fase llega hasta el contacto 3 del pulsador de marcha (S2) y 13 del contacto de Q11, pasando a través del pulsador cerrado de paro (S1). Mientras pulsamos S2 (c), la corriente eléctrica circula a través de él, activando la bobina del contactor. Una vez activada esta bobina, sus contactos cambian de estado, cerrando los contactos abiertos y abriendo los contactos cerrados, en este caso cierra el contacto abierto 13-14 (d). Al dejar de pulsar S2 (e), la bobina sigue alimentándose a través de su contacto. Para parar o desactivar la bobina, pulsamos paro S1 (f), abriendo el circuito impidiendo que la corriente eléctrica llegue a la bobina. Al desactivarse la bobina, sus contactos vuelven a la posición de reposo.

En equipos industriales, se emplean botoneras que pueden agrupar ambos pulsadores. Se componen de un cabezal que tiene dos botones y de dos cámaras de contactos: una abierta y la otra cerrada.

La técnica de la realimentación se emplea como elemento de seguridad. Siempre que una maquinaria pare su funcionamiento por fallo en la alimentación, no podrá volver a arrancar por sí sola en el caso de que vuelva el suministro eléctrico. Una puesta en funcionamiento de cualquier máquina sin esperararlo puede causar un accidente.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

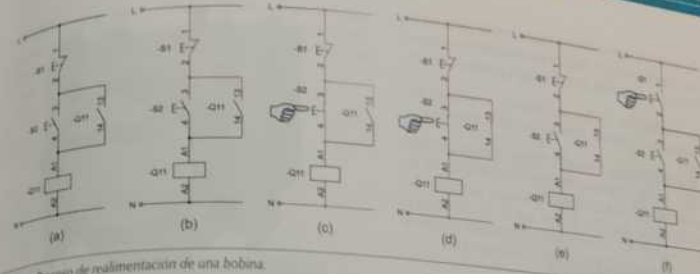


Figura 11.39. Proceso de realimentación de una bobina.



Figura 11.40. Botonera marcha-paro en un único cabezal. (Cortesía de Schneider.)



Figura 11.41. Botonera marcha-paro con pulsadores independientes. (Cortesía de Schneider.)

Los elementos de señalización con contactos cerrados se emplean cuando se desea indicar que cierto contactor o relé no está activado. Por ejemplo, en la Figura 11.42(b), el piloto de señalización P2 se activará cuando el contactor Q11 no esté activado, si el contactor Q11 activa por ejemplo un motor, el piloto P2 indicará que el motor está parado.

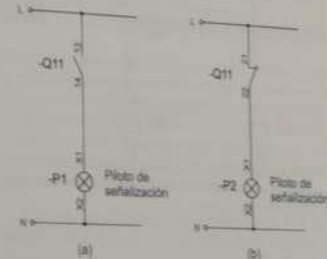


Figura 11.42. Técnicas de señalización.

11.6.2. Operaciones de señalización

Una forma de diálogo entre las máquinas y los operarios es mediante señales. Podemos indicar así que cierta máquina está funcionando o bien que se ha parado debido a algún problema. Estas señales son de tipo luminoso y/o acústico.

Para activar estas señales se emplean los contactos auxiliares asociados a un contactor o relé.

Los elementos de señalización con contactos abiertos se emplean cuando se desea indicar que cierto contactor o relé está activado. Por ejemplo, en la Figura 11.42(a), el piloto de señalización P1 se encenderá cuando el contactor Q11 esté activado, si el contactor Q11 activa por ejemplo un motor, el piloto P1 indicará que el motor está funcionando.

11.6.3. Operaciones con condicionantes

Hay ciertas operaciones en las cuales se necesita que, para activar cierto contactor o relé, se cumplan una serie de condicionantes, como por ejemplo:

- Se tiene una máquina eléctrica de corte de piezas que producen polvo en el ambiente. Se debe activar primero un motor de ventilación antes que se pueda activar la máquina de corte.
- Se tiene un horno eléctrico que calienta las piezas que le llegan por una cinta transportadora. Para que se active la cinta transportadora primero debe activarse el horno.

- Se tiene un motor eléctrico que puede girar en los dos sentidos de giro. Si gira en un sentido se inhibe, por seguridad, que gire en el sentido inverso.

Estas condiciones de funcionamiento se aplican mediante contactos abiertos o cerrados, según la necesidad.

En el ejemplo de la Figura 11.43, se observa que para activar K1, no hay ninguna condición, simplemente se activará pulsando S2. Sin embargo, para que se active K2 primero debe estar activado K1, ya que de lo contrario el contacto 23-24 de K1 no se cerrará impidiendo la activación de K2. Es decir, K2 está condicionado por K1.

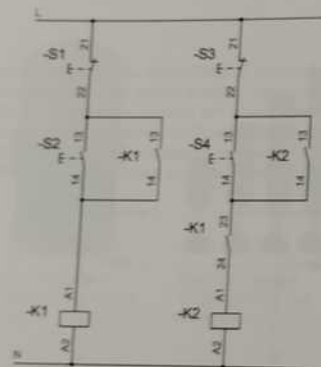


Figura 11.43. Ejemplo de conexión.

11.7. El temporizador

El temporizador es un relé en el cual sus contactos se activan en función del tiempo. Este tiempo se puede fijar desde el propio dispositivo y su rango depende del modelo, pero oscila entre milisegundos hasta horas.

Existen dos grupos de temporizadores:

- **Acoplados al contactor.** No tienen la parte de la bobina y constan solamente de los contactos. Se activan mediante la activación o desactivación de la bobina del contactor al cual se le acopla. Suelen llevar al menos un par de contactos (uno abierto y uno cerrado).
- **Independientes.** Constán de su propia bobina junto con los contactos. Los contactos suelen ser conmutados, es decir que llevan un borne común a un contacto abierto y cerrado.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO



Figura 11.44. Temporizador de acople a contactor. (Cortesía de Schneider)

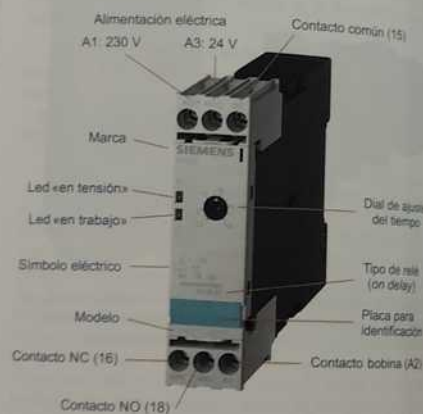


Figura 11.45. Partes de un relé temporal.

Respecto a los contactos, que pueden ser normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC), existen dos tipos:

- **SPST (Simple Pole – Simple Throw).** Son contactos simples. Cada contacto lo componen dos bornes.

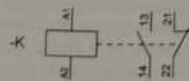


Figura 11.46. Relé con dos contactos SPST.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

- **SPDT (Simple Pole – Double Throw).** Son contactos conmutados. Cada contacto lo componen tres bornes, que son: un borne abierto, uno cerrado y uno que se utiliza como común.



Figura 11.47. Relé con dos contactos SPDT.

11.7.1. La temporización a la conexión

En el relé temporizado a la conexión (*on delay*), cuando la bobina del temporizador es activada, internamente realiza el proceso de contar el tiempo. Alcanzado este tiempo, activa sus contactos variando su posición, es decir abriendo los cerrados y cerrando los abiertos. Está **retrasando la conmutación de sus contactos al ser activada la bobina**.

Si durante el proceso de contar el tiempo se deja de alimentar la bobina, esta se inicializa volviendo al estado inicial.

Un relé temporizador con temporización a la conexión se simboliza de la forma indicada en la Tabla 11.12.

Tabla 11.12. Representación gráfica del relé temporizado a la conexión.

Elemento	Símbolo
Relé temporizador con retardo a la conexión	
Contactos temporizados a la conexión (NO y NC)	

El símbolo del relé temporizador se identifica con la letra K. A veces se acompaña de la letra T, siendo KT.

En la Figura 11.48 se observa un ejemplo de funcionamiento. Al accionar S1 se activa la bobina del relé y transcurrido un tiempo (t), cierra su contacto 15-18 activando la lámpara P1. Al cesar la activación de la bobina, la lámpara se apaga instantáneamente, volviendo el circuito al estado inicial.

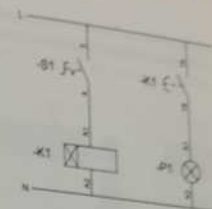


Figura 11.48. Temporizador a la conexión.

11.7.2. La temporización a la desconexión

En el relé temporizado a la desconexión (*off delay*), cuando la bobina del temporizador es activada, sus contactos cambian de estado de manera instantánea, es decir abriendo los cerrados y cerrando los abiertos. Pero al cesar, internamente comienza a contar el tiempo y transcurrido este, sus contactos vuelven al estado inicial. Está **retrasando la conmutación de sus contactos al ser desactivada la bobina**.

Un relé temporizador con temporización a la desconexión se simboliza de la forma indicada en la Tabla 11.13.

Tabla 11.13. Representación gráfica del relé temporizado a la desconexión.

Elemento	Símbolo
Relé temporizador con retardo a la desconexión	
Contactos temporizados a la desconexión (NO y NC)	

En la Figura 11.49 se observa un ejemplo de funcionamiento. Al accionar S1 se activa la bobina del relé y se cierra instantáneamente el contacto 15-18. Al abrir S1, deja de llegar tensión a la bobina y es entonces cuando comienza el tiempo de retardo.

za el proceso de temporizar. Pasado el tiempo prefijado, el contacto 15-18 se abre apagando la lámpara y volviendo el relé al estado inicial.

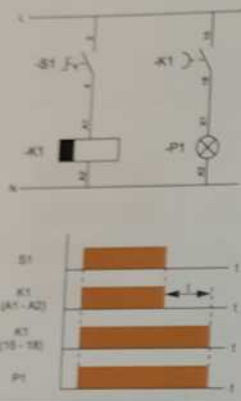


Figura 11.49. Temporizador a la desconexión.

11.7.3. Otras temporizaciones

No solo existen en el mercado estos dos tipos de temporizadores, sino que hay una amplia gama de funciones especiales: relés intermitentes, con temporización a la conexión y a la desconexión, relé de pulsos, etcétera.

Estos tipos de relés, por lo general, son de tipo multifunción. Significa que un único relé tiene varios modos de trabajo y mediante un selector se selecciona el modo de trabajo o función que se desea que realice.

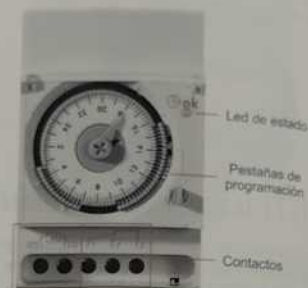
11.8. El relé horario

El reloj o relé horario es otro dispositivo que permite gestionar el tiempo. Mientras que en el temporizador el tiempo es de un valor pequeño, normalmente segundos o minutos, el reloj horario permite el cierre y la apertura del circuito a lo largo de las 24 horas, incluso a lo largo del año.

La gran diferencia entre un relé temporizador y un relé horario es que mientras que el temporizador necesita de una señal de activación (manual o proveniente de algún tipo de sensor), el relé horario se activa y desactiva solo en función del tiempo.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Por ello, en función del margen del tiempo, se clasifican en relojes diarios, semanales o anuales.



Bobina



Figura 11.50. Partes de un reloj horario (electromecánico y digital).

Existen dos grandes grupos de estos dispositivos:

- **Electromecánicos.** Su programación se realiza mediante una serie de pestañas o levas que tienen distribuidas a lo largo de una circunferencia que actúa como reloj. Cada pestaña o leva abarca un espacio de tiempo y tiene dos posiciones: activada y desactivada. Cuando el tiempo llega a esa franja, en función de la posición de la pestaña, abrirá o cerrará sus contactos.
- **Digitales.** No contiene ningún elemento móvil. Se basa en el uso de la electrónica, tanto para la programación como para su funcionamiento.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Tabla 11.14. Representación gráfica del relé horario

Elemento	Símbolo
Relé horario	
Contactos (NO y NC)	

El símbolo del relé horario se identifica, al igual que el temporizador, con la letra K. A veces se acompaña de la letra T, siendo KT.

11.9. El interruptor de posición

El interruptor de posición, también llamado final de carrera, es un dispositivo electromecánico, similar a los interruptores, el cual se acciona de manera mecánica por el contacto de un objeto móvil sobre él. Se emplea para detectar la posición concreta y definida de un objeto que se desliza por una trayectoria fija y conocida.

Existen una gran variedad de interruptores de posición, que se distinguen por el cableal o sistema de accionamiento (de pulsador, de varilla, de rodillo, etc.).

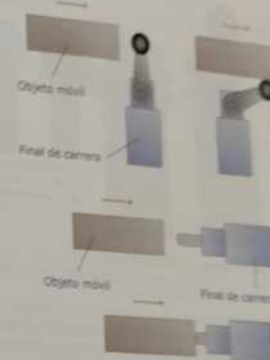


Figura 11.52. Funcionamiento de la detección del final de carrera.



Figura 11.53. Diferentes tipos de interruptores de posición. (Cortesía de Siemens.)

Cuando un objeto incide sobre el cabezal, este acciona los contactos que se encuentran en el interior del cuerpo.

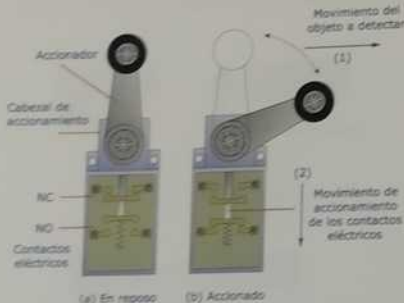


Figura 11.53. Detalle de un interruptor de posición.

En algunos modelos, el cuerpo es común para toda la gama y los cabezales son intercambiables entre sí. Esta modularidad favorece el mantenimiento de la instalación.



Figura 11.54. Sistema modular de los interruptores de posición. (Cortesía de Siemens.)

Tabla 11.15. Representación gráfica del interruptor de posición

Elemento	Símbolo		
Final de carrera (símbolo genérico) (NO, NC y NO+NC)			
Final de carrera (accionamiento mediante roldana)			

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

La simbología eléctrica que representa al interruptor de posición o final de carrera es la mostrada en la Tabla 11.15.

Los interruptores de posición se identifican con la letra B según la norma EN 81346.

11.10. Los sensores de proximidad

El sensor de proximidad, también llamado **transductor** o **captador**, es un dispositivo capaz de transformar una magnitud física en una magnitud eléctrica, por ejemplo, un sensor de temperatura, de presión, de presencia, etcétera.

Los detectores de proximidad revelan la presencia de un elemento dentro de su campo de acción. Entre el sensor y el elemento a detectar **no existe un contacto físico**, con lo que no existe un desgaste al no haber piezas en movimiento.

Estos dispositivos reemplazan los elementos mecánicos por elementos electrónicos, obteniéndose una serie de ventajas:

- Mayor vida útil independiente del número de maniobras.
- Pueden trabajar sin problemas en ambientes duros: húmedos, polvorientos, etcétera.
- Su tiempo de respuesta es muy corto, lo que permite una frecuencia de trabajo alta.

Dentro del grupo de detectores o sensores de proximidad se encuentran dos variantes:

- El sensor de proximidad inductivo.
- El sensor de proximidad capacitivo.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

11.10.1. Los sensores de proximidad inductivos

Los sensores de presencia que se emplean para la detección de materiales metálicos.



Figura 11.55. Sensores de proximidad inductivos. (Cortesía de Schneider.)

Funcionan a base de generar un campo electromagnético alterno mediante una bobina delante de una cara sensible o activa y con una frecuencia alta (entre 100 kHz y 500 kHz) mediante un oscilador. Cuando un objeto metálico se sitúa dentro de su campo de detección crea unas perturbaciones que el circuito de control detecta y activa la salida.

La distancia del campo de detección es corta (del orden de milímetros a centímetros) y puede ser alterada en función del tipo de material y de la forma del objeto a detectar. Por ejemplo, un objeto de acero dúctil se detecta mejor que uno de aluminio o cobre, y un objeto plano se detecta mejor que uno redondeado.

El material del cuerpo del sensor puede ser de tipo metálico o plástico, y con rosca o sin rosca. El cuerpo roscado facilita el montaje del sensor mediante un par de tuercas. El cuerpo suele contar con un diodo led que indica su estado para facilitar su comprobación operativa. Respecto a la salida de la señal, esta se puede llevar a cabo mediante un cableado o bien mediante conector.

11.10.2. Los sensores de proximidad capacitivos

Los sensores de proximidad de tipo capacitivo son de aspecto similar a los de tipo inductivo.

En este caso, en vez de crear un campo electromagnético, crean un campo electrostático. Funcionan de manera similar al condensador. La cara activa del sensor actúa como una de las placas del condensador y la otra placa se consi-

dera tierra. Entre ambas se encuentra el dieléctrico, que es el aire. Cuando un objeto se sitúa en el campo de detección se modifica el dieléctrico y de esta manera el circuito de control lo detecta y actúa sobre la salida.



Figura 11.56. Sensores de proximidad capacitivos. (Cortesía de Schneider.)

Por ello, este tipo de sensor es capaz de detectar tanto objetos metálicos como no metálicos.

Requieren un poco de mantenimiento, ya que si se acumula suciedad en la cara activa, esta puede dar lugar a falsas detecciones. Sin embargo, son muy utilizados para la detección de objetos no metálicos tales como: detección de niveles (tanto sólidos como líquidos), detección de elementos en envases, etcétera.

11.10.3. Simbología

La simbología eléctrica que representa a los sensores de proximidad es la indicada en la Tabla 11.16.

Tabla 11.16. Representación gráfica del sensor de proximidad

Elemento	Símbolo	
Símbolo genérico		
Sensor de proximidad inductivo		
Sensor de proximidad capacitivo		

Estos elementos se identifican con la letra B.

11.10.4. Conexionado

En el conexionado eléctrico de los sensores existen dos grupos:

- **Sensores a dos hilos**

Se conectan en serie con la carga. La fuente de alimentación puede ser tanto en corriente continua como en alterna, depende del modelo.

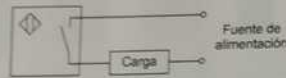


Figura 11.57. Conexión eléctrica del sensor a dos hilos.

- **Sensores a tres hilos**

Funcionan en corriente continua. Disponen de tres cables: dos de ellos se conectan a la fuente de alimentación eléctrica y el otro es la señal de salida que se conecta a la carga, que suele ser la bobina de un relé. Algunos sensores disponen cuatro cables: dos de alimentación, uno de señal de salida y el otro de valor complementario a la salida.

Respecto a los parámetros proporcionados por los fabricantes, la corriente de fuga no es aplicable en estos casos y la tensión residual es despreciable.

Existen dos tipos de sensores a tres hilos: de tipo PNP y NPN. En los de tipo PNP (salida de valor positivo), la carga se conecta a la salida del sensor y al negativo; y en los de tipo NPN (salida de valor negativo), la carga se conecta a la salida y positivo de alimentación.

Sabías que...

La mayoría de los fabricantes dotan a sus modelos de sensores con una serie de protecciones tales como: protección contra la inversión del cableado de alimentación, protección contra sobrecargas y cortocircuitos, etcétera.

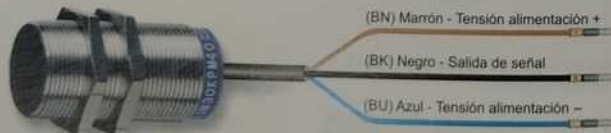


Figura 11.59. Cableado en un sensor de proximidad.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

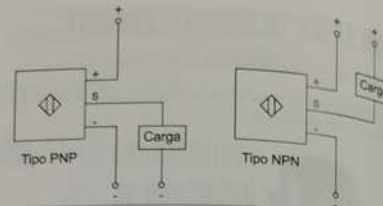


Figura 11.58. Conexión eléctrica del sensor a tres hilos.

Saber más

El nombre de PNP y NPN viene del tipo de transistor electrónico interno que se emplea como etapa de salida del sensor.

Los sensores de proximidad a tres hilos funcionan para una tensión de 24 V en corriente continua. La salida de señal del sensor se aplica a la entrada de un autómata programable (PLC) o se conecta a un relé auxiliar que actúa como preaccionador.

11.11. Los detectores ópticos

Los detectores ópticos basan su funcionamiento en la emisión y posterior recepción de un haz de luz.



Figura 11.60. Sensores fotoeléctricos. (Cortesía de Schneider)

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

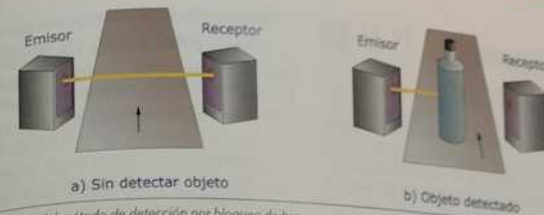


Figura 11.61. Funcionamiento del método de detección por bloqueo de haz.

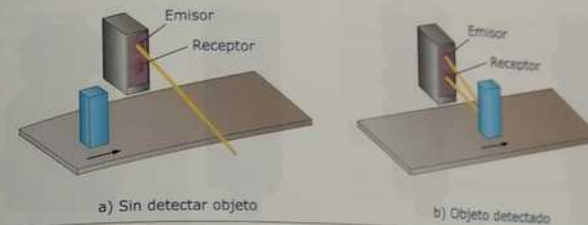


Figura 11.62. Funcionamiento del método de detección por retorno de haz.

El sistema básico consiste en crear una barrera de luz, es decir un elemento llamado **emisor** es el encargado de generar y emitir un rayo de luz, y otro elemento, llamado **receptor**, es el encargado de recibir ese rayo de luz, creando entre ambos elementos una barrera. Hay dos sistemas de detección: sistema por bloqueo de haz (el receptor detecta el corte del haz) y sistema por retorno de haz (el receptor detecta el haz de luz).

El tipo de encapsulamiento es muy variado: rectangulares, compactos, cilíndricos, de horquilla, de fibras ópticas, barreras de matriz, etcétera.

El conexionado es a tres hilos o a cinco hilos (dos de alimentación y tres para la salida de tipo conmutado).

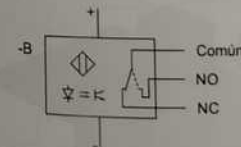


Figura 11.63. Sensor con conexión a cinco hilos.

Algunos sensores cuentan con cuatro hilos, pero son básicamente un sensor con tres hilos el cual cuenta con una segunda salida que es su complementaria.

11.11.1. Simbología

La simbología eléctrica que representa al sensor fotoeléctrico es la indicada en la Tabla 11.17.

Tabla 11.17. Representación gráfica del sensor fotoeléctrico

Elemento	Simbolo
Sensor fotoeléctrico (de barrera)	
Sensor fotoeléctrico (emisor y receptor)	
Sensor fotoeléctrico (reflex)	
Sensor fotoeléctrico (de proximidad)	

Estos elementos se identifican con la letra B.

11.12. Los detectores por ultrasonidos

El detector o sensor de ultrasonidos es un elemento capaz de detectar un objeto situado dentro de su campo de acción por medio de la emisión y recepción de ondas de ultrasonidos y, por tanto, no existe contacto físico entre el detector y el objeto.



Figura 11.84. Sensores de ultrasonidos. (Cortesía de Schneider y Siemens.)

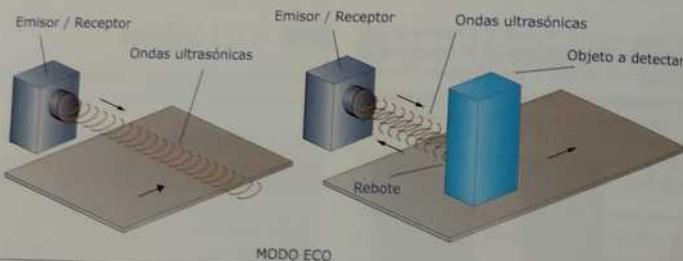


Figura 11.85. Modo eco.



Figura 11.86. Modo opuesto.

El sensor de ultrasonidos puede operar de dos formas:

- **Modo difuso o modo eco.** El sensor emite y recibe el mismo la onda de ultrasonidos. Si recibe las ondas significa que ha detectado un objeto.

- **Modo opuesto.** En este modo se emplean dos sensores, de tal manera que uno de ellos emite la onda y el otro la recibe. Actúan como barrera sónica, si el receptor no recibe las ondas significa que ha detectado un objeto.

11.13. Los sensores de temperatura

Un sensor de temperatura es un elemento capaz de transformar una señal física de temperatura en una señal eléctrica.

Existen diferentes dispositivos para la medición de la temperatura: eléctricos (termorresistencias, termopares, etc.), mecánicos (bimetales), radiación (pirómetros) y otros sistemas diversos.

En función de la manera de actuar, hay dos grupos: los termostatos, de salida digital (se activan al alcanzar cierto nivel de temperatura designado como consigna) y los termómetros, de salida analógica (miden la temperatura).

11.13.1. Tipos de sensores de temperatura

Los sensores de temperatura pueden ser de diferentes tipos, tales como:

- **Termistores.** Un termistor es una resistencia cuyo valor varía con la temperatura. Existen de dos tipos: NTC (Negative Temperature Coefficient) cuya resistencia varía inversamente con la temperatura, y PTC (Positive Temperature Coefficient) cuya resistencia varía directamente con la temperatura.
- **Termorresistencias,** también llamadas RTD (Resistance Temperature Detector), son metálicas, principalmente de platino. Se basan en el principio de que cuando un metal aumenta su temperatura, también aumenta su resistencia. El rango de medición va desde -200°C a 800°C aproximadamente. Son muy utilizadas.



Figura 11.79. Termorresistencia.

- **Termopares.** Se basan en el principio de que en la unión de dos metales, cuando se les aumenta su temperatura, se crea una pequeña diferencia de tensión (milivoltios). Se emplean principalmente para temperaturas muy elevadas (llegan incluso a valores superiores a 1000°C).

Existen dos tipos de sensores de ultrasonidos, atendiendo a su forma de presentar los datos de salida.

- **Salida digital.** La señal de salida consiste en indicar si existe un objeto o no en su campo de detección. El cableado de salida es a tres hilos (dos de alimentación y uno de salida (PNP o NPN)).

- **Salida analógica.** La señal de salida consiste en indicar si existe un objeto y, además, a qué distancia se encuentra. La salida es de tipo analógica ($4-20\text{ mA}$ y $0-10\text{ Vcc}$). Este tipo de salida se emplea con autómatas programables, por ejemplo para conocer el estado de la capacidad de un depósito.



Figura 11.87. Control de capacidad mediante sensor de ultrasonidos.

No obstante, muchos modelos comerciales incorporan los dos tipos de salida. Así, suelen contar con cuatro pines de conexión: positivo de alimentación eléctrica, negativo, salida digital y salida analógica.

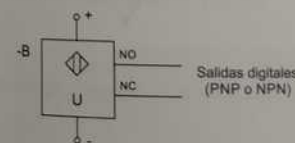


Figura 11.88. Conexión a cuatro hilos (salida digital).



Figura 11.89. Conexión a cuatro hilos con doble salida (analógica y digital).

- **Sistemas electrónicos (diodos y circuitos integrados).** Se basan en emplear tecnología de semiconductores para la medición de la temperatura. Existen circuitos integrados destinados expresamente para realizar esta tarea.

11.13.2. Simbología

La simbología eléctrica que representa a los elementos de medición y control de la temperatura son los que se indican en la Tabla 11.18.

Estos elementos se identifican con la letra B.

11.14. Los sensores de presión

Un **sensor de presión** es un elemento capaz de transformar una señal física de presión en una señal eléctrica.

Al igual que ocurre con los de temperatura, los hay de salida analógica (miden la presión) y salida digital (presostatos, se activan una vez se alcanza el nivel de presión establecido como consigna).

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Aunque existen muchos métodos de determinar la presión, los sensores más utilizados para aplicaciones industriales constan de un elemento detector más una membrana (cerámica o metálica) que al ser sometido a una fuerza de compresión, genera una señal eléctrica. Junto a este detector, se encuentra la electrónica necesaria para tratar esa información. Todo ello está envuelto en una carcasa protectora.

Según la tecnología, el elemento captador puede ser de varios tipos:

- **Capacitivos.** Están basados en la misma tecnología de los condensadores. Cuando la separación de las armaduras de un condensador varía por efecto de la presión, este varía su capacidad.
- **Resistivos.** Consiste en variar la resistencia de un conductor al ser sometido a una presión.
- **Piezoelectrónicos.** Están basados en el efecto piezoeléctrico: ciertos materiales al ser sometidos a una compresión, generan un pequeño voltaje.

Estos dispositivos se conectan mediante un sistema de dos o tres hilos, proporcionando una salida de 4 mA a 20 mA o de 0 V a 10 V.

Tabla 11.18. Representación gráfica de los elementos de medición y control de la temperatura

Elemento	Símbolo		
Termistor (PTC y NTC)			
Termopar			
RTD (Pt 100, a 2, 3 y 4 hilos)			
Termostato (NO, NC y NO+NC)			
Sensor de temperatura			

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO



Figura 11.71. Sensores transmisores de presión. (Cortesía de Danfoss.)

11.14.1. Simbología

La simbología eléctrica que representa a los elementos de control de presión es la que se indica en la Tabla 11.19.

Tabla 11.19. Representación gráfica

Elemento	Símbolo
Sensor de presión	
Presostato (NO, NC y NO+NC)	

Este elemento se identifica con la letra B.