

Módulo de Aprendizaje 23:

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Serie Básica 101



EAT•N

Cutler-Hammer

Temario

Comenzaremos con una presentación general de los tres tipos de sensores. Después, estudiaremos con detalles cada uno de estos temas:

Generalidades sobre Sensores	6
Interruptor Limitador	6
Sensor de Proximidad	6
Sensor Fotoeléctrico	7
Comparación entre los Sensores	8
Repaso 1	9
Interruptores Limitadores	10
Fuerzas y Debilidades	10
Aplicaciones	10
Componentes de los Interruptores Limitadores	11
Movimiento de los Interruptores Limitadores	12
Definiciones de los Movimientos de los Interruptores Limitadores	13
Accionadores y Cabezas de Accionamiento	14
Accionadores de Palanca Rotatoria	14
Accionadores de Tipo Vástago	16
Consideraciones de Montaje	19
Tipos de Interruptores Limitadores	20
Interruptor Limitador Industrial Estándar	20
Interruptor Limitador para Ubicaciones Peligrosas	21
Interruptores Limitadores de Precisión	21
Interruptores Limitadores para Propósitos Especiales	22
Repaso 2	25
Sensores de Proximidad Inductivos	26
Fuerzas y Debilidades	26
Aplicaciones	26
Cómo funciona un Sensor de Proximidad Inductivo	26
Componentes	27
Histéresis	27
Tipos de Sensores de Proximidad	28
Repaso 3	30
Influencias de Sensores de Proximidad Inductivos	31
Material del Objeto Blanco	31
Tamaño del Objeto Blanco	31
Forma del Objeto Blanco	31
Acercamiento al Objeto Blanco	31
Tamaño de Bobina/Núcleo	32
Blindaje	33
Consideraciones de Montaje	33
Entorno	34
Repaso 4	37

Sensores de Proximidad Capacitivos	38
Fuerzas y Debilidades	38
Aplicaciones	38
Influencias sobre los Sensores de Proximidad Capacitivos	41
Ajuste de Sensibilidad	41
Material y Tamaño del Objeto Blanco	41
Entorno	41
Repaso 5	43
Sensores Fotoeléctricos	44
Aplicaciones	44
Flexibilidad de Diseño	44
Modos de Operación	45
Operación Básica de los Sensores Fotoeléctricos	46
La Luz Fuente	46
Estilos y Usos de Sensores Fotoeléctricos	47
Para Propósitos Generales	47
Sensores Especializados	48
Fibras Ópticas	48
Modos de Detección	49
Operación en Luz vs. Operación en Oscuridad	49
Haz Directo	50
Retroreflector	50
Reflexión Difusa	51
Rechazo de Fondo (Perfect Prox)	52
Repaso 6	54
Exceso de Ganancia	55
Definición	55
Aplicación del Exceso de Ganancia	55
Haz Directo	56
Reflexión Difusa	57
Retroreflector	58
Cortina Luminosa	58
Retroreflector de Cubo Angular	58
Contraste	59
Haz Directo y Retroreflector	60
Difuso	60
Entorno	61
Repaso 7	62
Circuito de Salida de Sensor	64
Sensor Excitado por Carga	64
Sensores Excitador por Línea	64
Sensores de Dos Alambres	65

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Tipos de Salida	65
Dispositivo FET Bilateral	67
Configuración de Salida	67
Consideraciones Accesorias	69
Lógica de Interrupción	70
Funciones de Lógica de Salida	70
Tiempo de Respuesta de Salida y Velocidad de Operación	70
Modos de Temporización de Salida	71
Repaso 8	74
Especificaciones de Gabinetes	75
Ubicaciones No Peligrosas de conformidad con NEMA	75
Ubicaciones Peligrosas de conformidad con NEMA	75
Especificaciones según IEC	76
Especificaciones de Gabinete Ambiental según IEC	
— Ejemplos de Designaciones	76
Índice de Especificaciones de Gabinete – IEC	76
Glosario	77
Respuestas del Repaso 1	80
Respuestas del Repaso 2	80
Respuestas del Repaso 3	80
Respuestas del Repaso 4	80
Respuestas del Repaso 5	80
Respuestas del Repaso 6	81
Respuestas del Repaso 7	81
Respuestas del Repaso 8	81

Bienvenido

Bienvenido al Módulo 23, que trata de **sensores**. Como su nombre lo indica, los **sensores son dispositivos que detectan la presencia o ausencia de objetos**. Los sensores desempeñan numerosas funciones en la fabricación automatizada y en los sistemas de manejo de materiales. Por ejemplo, los sensores pueden determinar si el objeto está presente, si un herramental está roto o si un producto se está desplazando en una línea transportadora.

Este módulo le presentará la operación básica y la aplicación de tres categorías principales de sensores: **interruptores limitadores**, **Sensores de Proximidad** y **sensores fotoeléctricos**.

Figura 1. Sensores Típicos



Como los demás módulos en esta serie, este módulo presenta pequeñas secciones de material nuevo seguido por una serie de preguntas sobre este material. Estudie el material cuidadosamente y después conteste a las preguntas sin hacer referencia a lo que acaba de leer. Usted es el mejor juez de su asimilación del material. Repase el material tan frecuentemente como lo considere necesario. Lo más importante es establecer una base sólida sobre la cual construir conforme pasa de tema en tema y de módulo en módulo.

Nota sobre Estilos de Fuentes

Los puntos esenciales se muestran en negritas.

Los elementos del Glosario se presentan en cursivas y son subrayados la primera vez que aparecen.

Viendo el Glosario

Las versiones impresas tienen el glosario al final del módulo. Usted puede también hojear el Glosario seleccionando con el mouse la marca de Glosario en el margen izquierdo.

Generalidades sobre Sensores

Un interruptor manual permite a un operador interactuar con la máquina. Por ejemplo, si un operador detecta un problema en una línea de fabricación, puede desplazar un interruptor para detener la línea. O bien, piense en un interruptor de luz en su domicilio. Si usted (el operador), desea encender la luz, tiene que accionar el interruptor.

Un sensor se puede considerar como un interruptor automático. En una fábrica, un sensor puede ser utilizado para detectar un problema en la línea y parar la línea automáticamente. O bien, en su domicilio, un sensor podría ser utilizado como dispositivo de seguridad para detectar una ventana o puerta abierta.

Los sensores han contribuido de manera importante a los avances recientes en la tecnología de fabricación. Utilizando un sensor hace que un proceso o sistema sea más automatizado y elimine la necesidad que operadores humanos monitoreen y controlen la situación.

Las tres categorías principales de sensores son sensores limitadores, sensores de proximidad y sensores fotoeléctricos. Vamos a ver cada uno de ellos con mayores detalles.

Interruptor Limitador

Un interruptor limitador es un dispositivo electromecánico. Una parte del interruptor limitador, que se conoce como *Accionador*, se coloca en la trayectoria de un objeto acercándose, como por ejemplo una caja en una banda transportadora. Cuando el objeto hace contacto con el accionador, los contactos en el interruptor limitador se abren (o cierran, según el diseño del interruptor limitador) para parar (o iniciar) el flujo de corriente en el circuito eléctrico.

Figura 2. Interruptor Limitador con Brazo de Rodillo Estándar



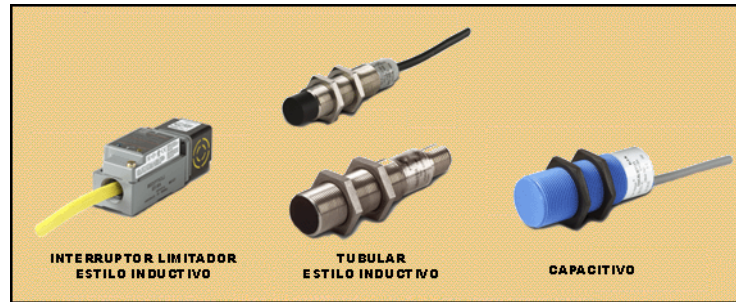
Sensor de Proximidad

Este tipo de sensor utiliza un campo electromagnético para detectar cuando un objeto está cerca. No existe contacto físico entre el objeto y el sensor. Los sensores de proximidad inductivos detectan solamente objetos metálicos. Los sensores de proximidad capacitivos pueden detectar tanto objetos metálicos como objetos no metálicos.

Piense en un proceso de fabricación en donde la alineación de una parte es un factor crítico. Un sensor de proximidad puede ser utilizado para cerciorarse que la parte está alineada dentro de una cierta tolerancia. Si la parte no está correctamente alineada, el sensor de proximidad se activará.

Este tipo de sensor se utiliza generalmente para detectar a distancias inferiores a una pulgada.

Figura 3. Tipos de Sensores de Proximidad



Sensor Fotoeléctrico

Este tipo de sensor utiliza la luz para detectar la presencia o la ausencia de un objeto. Un sensor fotoeléctrico de *Haz Directo* utiliza dos dispositivos (una fuente de luz y un detector) frente a frente. La detección ocurre cuando un objeto bloquea el haz de luz que pasa entre ellos [Figura 4]. Un sensor de *Reflexión Difusa* emite un haz luminoso que debe ser reflejado hacia el por el objeto blanco mismo para que ocurra la detección [Figura 5]. Un sensor de *Retrorreflexión* emite un haz de luz que es reflejado hacia el sensor por un retrorreflector. Cuando un objeto bloquea el haz entre el sensor y el retrorreflector, ocurre la detección [Figura 6]. Daremos mayores detalles sobre estos tipos de sensores fotoeléctricos más adelante en este módulo.

La mayoría de los dispositivos de apertura de puertas eléctricas incluyen un sensor fotoeléctrico por razones de seguridad. Si el haz del sensor fotoeléctrico es interrumpido (por un niño, por ejemplo) conforme la puerta está bajando, el sensor envía señales al dispositivo de apertura de puerta para invertir la dirección de la puerta.

Aún cuando factores ambientales pueden afectar los sensores fotoeléctricos, estos dispositivos tienen un largo rango de detección. Los objetos que detectan pueden ser de cualquier material.

Figura 4. Haz Directo

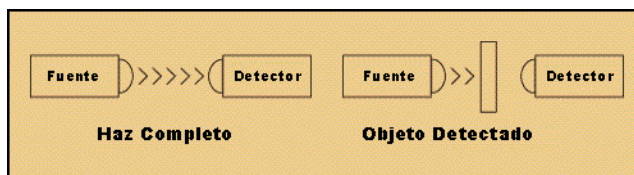


Figura 5. Sensor de Reflexión Difusa

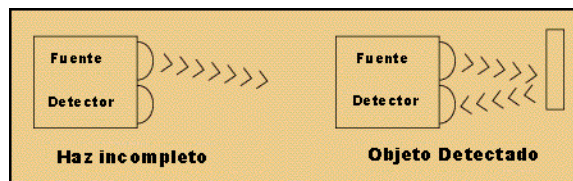
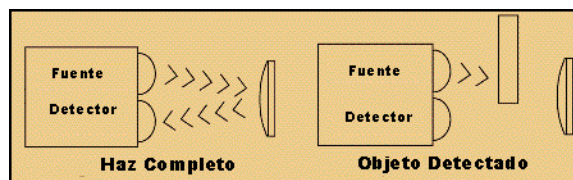


Figura 6. Sensor de Retroreflexión



Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Comparación entre los Sensores

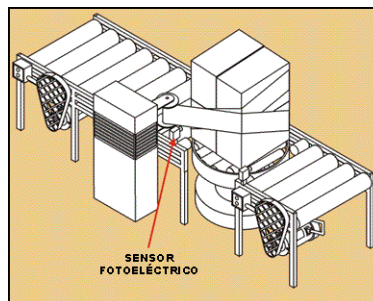
Cada una de las tres categorías de sensores tiene fuerzas y debilidades. La tabla siguiente nos ofrece una comparación entre ellos:

	Interruptores Limitadores	Sensores de Proximidad	Sensores Fotoeléctricos
Método de Detección	Contacto físico	Campo electromagnético	Haz luminoso
Rango de Detección	Contacto físico	Cerca: dentro de 1" (25.44 mm)	Lejano: puede ser de 800' (243.8 m)
Material Blanco	El blanco debe poder resistir el rango físico	Inductivo: metálico solamente Capacitivo: metálico y no metálico	Puede ser afectado por la superficie del blanco, por ejemplo, si el blanco es brillante o transparente
Marcas en Objetos	No puede detectarlas	No puede detectarlas	Puede detectarlas
Costo	Bajo	Bajo	Bajo a elevado según el método de detección
Tamaño del Sensor	Tiende a ser grande	De pequeño a grande	Muy pequeño (fibra óptica) a grande
Sensibilidad Ambiental	Afectado por escombros	Inductivo: interferencia eléctrica Capacitivo: afectado por la humedad	Interferencia luminosa
Tiempo de Respuesta	Milisegundos	Milisegundos	Microsegundos

En Campo

Conforme una banda transportadora desplaza las cajas apiladas hacia una mesa rotatoria, un sensor detecta las cajas en posición y le indica a la máquina que empiece a accionar la tabla rotatoria y ajuste el material de envoltura. Otro sensor monitorea la remoción de material de envoltura para detectar un carrete vacío y alertar al personal. Una vez terminada la operación, las cajas envueltas son desplazadas hacia su destino.

Figura 7. El Sensor "Ve" la Caja y le Indica a la Máquina de Envolver que Empiece a Operar



Gracias a los sensores, el trabajo repetitivo y tedioso en esta fábrica es manejado de manera precisa y confiable por maquinarias y sistemas trabajando juntos.

Repaso 1

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que le acabamos de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo acaba de leer.

1. Los sensores pueden detectar el _____ o _____ de objetos.
2. Las tres categorías principales de sensores son:

3. Un interruptor limitador es un dispositivo de _____ que depende del contacto físico con el objetivo.
4. El tipo de sensor que puede detectar solamente objetos metálicos es el sensor de _____.
5. El tipo de sensor que utiliza un haz de luz interrumpido para detectar objetos se conoce habitualmente como un sensor _____.

Interruptores Limitadores

Vamos a estudiar ahora con mayores detalles el interruptor limitador. Es un dispositivo comúnmente utilizado. Si usted se observa en su cocina encontrará varios interruptores limitadores. Por ejemplo, interruptores limitadores impiden la operación de su horno de microondas hasta el cierre de la puerta, y permiten el encendido de la luz en su refrigerador solamente cuando la puerta está abierta.

Recuerde, un **interruptor limitador es un dispositivo mecánico que requiere del contacto físico de un objeto con el accionador del interruptor para que los contactos cambien de estado**. El término interruptor limitador es derivado de esta operación del interruptor. Conforme el objeto (o blanco) hace contacto con el operador del interruptor, desplaza eventualmente el accionador hasta el "límite" en donde los contactos cambian de estado.

Figura 8. Interruptor Limitador con Palanca de Varilla



Esta acción mecánica ya sea abre (en un circuito *Normalmente Cerrado (NC)*) o cierra (en un circuito *Normalmente Abierto (NO)*) los contactos eléctricos. Los contactos entonces inician o detienen el flujo de corriente en el circuito eléctrico.

La función de interrupción puede ser utilizada para controlar cargas de relevadores simples a solenoides de corriente elevada de dispositivos lógicos a PLCs.

Fuerzas y Debilidades

Como en el caso de todos los dispositivos, el interruptor limitador tiene sus fuerzas y sus debilidades:

Fuerzas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser utilizado en casi todos los entornos industriales debido a su diseño resistente • Puede controlar cargas de inductancia altas de hasta 10 amperes • Muy preciso en términos de exactitud y repetibilidad • Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Las partes mecánicas móviles se desgastan • Debe tocar el blanco para detectar • Relativamente lento (5 veces/segundo) en comparación con los dispositivos electrónicos

Aplicaciones

Los interruptores limitadores son utilizados en varias aplicaciones. Vamos a mencionar las siguientes:

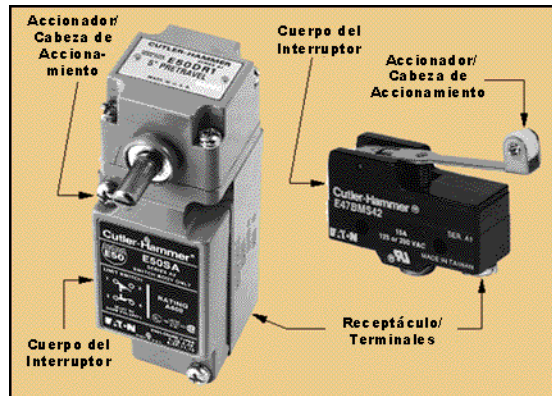
Los interruptores limitadores pueden utilizarse para apagar una lavadora si la carga se vuelve desbalanceada. En automóviles, encienden las luces cuando la puerta está abierta.

En la industria, los interruptores limitadores son utilizados para limitar el desplazamiento de partes de máquinas, operaciones en secuencia o bien para detectar elementos en movimiento en un sistema de transporte.

Componentes de los Interruptores Limitadores

Un interruptor limitador consiste de tres componentes principales.

Figura 9. Componentes de un Interruptor Limitador



El **accionador** es la parte del interruptor limitador que entra físicamente en contacto con el blanco. En algunos interruptores limitadores, el accionador está sujetado sobre una **cabeza de accionamiento**. La cabeza de accionamiento traduce un movimiento rotatorio, lineal o perpendicular “de activación” en el tipo de movimiento requerido para abrir o cerrar los contactos eléctricos del interruptor.

El **cuerpo del interruptor** es el componente que contiene el mecanismo de contactos eléctricos.

El tornillo terminal o el ensamble de tornillo/sujetador necesarios para el alambrado se conoce como el **receptáculo**.

En Campo

En la Fábrica de camisetas Marathon, cajas de ropa se acercan al final de la línea de empaque, listas para ser apiladas en tarimas. Un dispositivo de colocación en tarimas con agarraderas con ventosas toma una caja y la desplaza arriba de una tarima.

Figura 10. Un Interruptor Limitador en Acción



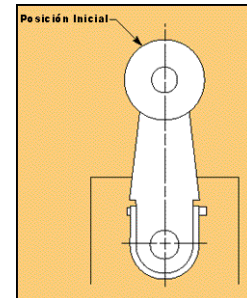
¿Cómo sabe la unidad que ha llegado a la sexta capa de cajas? Cuando el brazo pivotante llega la parte superior de su varilla de desplazamiento vertical, el brazo entra en contacto con un interruptor limitador. El interruptor envía señales al sistema para mandar la tarima llena por la línea y colocar una tarima vacía para reiniciar el proceso.

Movimiento de los Interruptores Limitadores

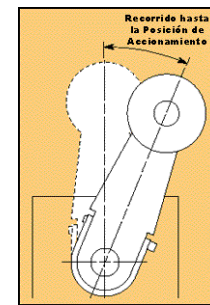
Vamos a ver con mayores detalles lo que pasa realmente cuando se acciona un interruptor limitador. Imagine que un objeto blanco se está desplazando hacia un accionador de interruptor limitador.

El accionador se encuentra en su **posición inicial**. Los contactos del interruptor limitador están en su posición normal “no accionados”.

Figura 11. Movimiento de un Interruptor Limitador



El contacto se establece con el objeto blanco y el accionador se desplaza sobre su Recorrido hasta la posición de Accionamiento. Los contactos están todavía en su posición normal “no accionada”.



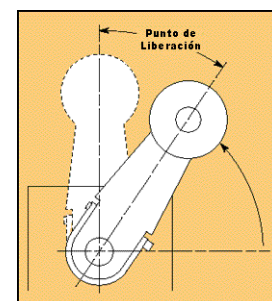
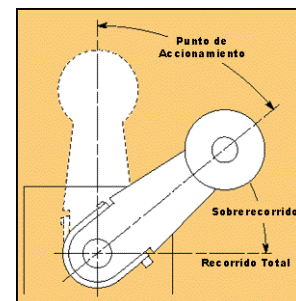
El accionador llega a su **punto de accionamiento** en donde los contactos cambian de su posición normal “no accionada” a su posición “accionada”.

En el caso de un accionador de palanca, existe un cierto Sobrecorrido que permiten a la palanca desplazarse más allá del punto de accionamiento.

En el caso de accionadores de tipo vástago, la distancia de sobrecorrido es un margen de seguridad para el sensor para evitar la ruptura.

El accionador empieza el regreso a su posición inicial. Los contactos regresan a su posición normal “no accionada” cuando el accionador alcanza su **punto de liberación** y reinicializa los contactos.

El **diferencial** es la diferencia entre el punto de accionamiento y el punto de liberación. El diferencial está ajustado en el interruptor para proteger contra los efectos de vibración y oscilaciones rápidas de conexión/desconexión del interruptor justo en el punto de accionamiento.



Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Definiciones de los Movimientos de los Interruptores Limitadores

A continuación se presentan algunos términos utilizados para describir el movimiento del accionador de un interruptor limitador:

La ***Fuerza de Operación*** es la fuerza requerida para desplazar el elemento de accionamiento.

La ***Fuerza de Retorno*** mínima es la fuerza mínima requerida para que el accionador regrese a su posición inicial.

El **recorrido total** es la distancia máxima permisible sobre la cual puede desplazarse el elemento de accionamiento.

La capacidad de un interruptor de repetir sus características con precisión entre una operación y la siguiente se conoce como **exactitud de repetición** del interruptor.

En Campo

En este aserradero, una sierra de alta velocidad reduce rápidamente los troncos en vigas de construcción.

Figura 12. Interruptores Limitadores Trabajan en Lugares en Donde la Gente No Puede



En el proceso, astillas y polvo llenan el aire. La respiración es imposible en el área sin una máscara. Aún con goggles sería imposible revisar el corte.

El departamento de producción diseñó un sistema de interruptores limitadores para que la revisión se hiciera automáticamente. Un operador remoto puede configurar un conjunto de interruptores limitadores para permitir cortar los troncos a las dimensiones deseadas.

Accionadores y Cabezas de Accionamiento

La selección del accionador apropiado (se conoce también **cabeza de accionamiento**) para un interruptor limitador depende de numerosos factores específicos para la aplicación. **Para seleccionar un accionador, usted debe conocer la forma, velocidad, dirección y especificaciones de recorrido total.**

Las cabezas de accionamiento se dividen en dos tipos generales: *Contacto Mantenido* y *Contacto Momentáneo*. Los contactos momentáneos regresan a su estado normal tan pronto como el accionador pasa por su punto de liberación. Este tipo de cabeza de accionamiento se conoce como de “retorno por resortes”.

Con una cabeza de accionamiento de contacto mantenido, los contactos permanecen en la posición “activada” aún después de la liberación del accionador. Son reinicializados solamente a través de una acción mecánica adicional de la cabeza de accionamiento. Por ejemplo, en un tipo de cabezas de accionamiento, los contactos son reinicializados por la rotación en la dirección opuesta.

Los accionadores pueden tomar la forma de palancas rotatorias o vástagos. En las próximas páginas veremos tipos específicos de accionadores.

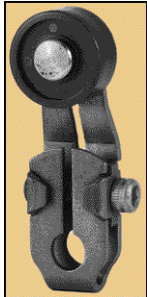
Accionadores de Palanca Rotatoria


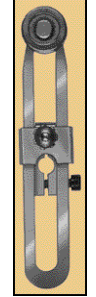
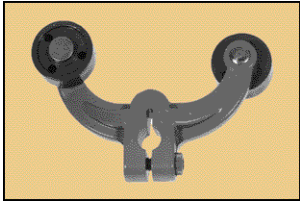

Un accionador de palanca rotatoria funciona de la siguiente manera: **una Leva o placa entra en contacto con el extremo del brazo de palanca que hace girar un eje y opera los contactos en el interruptor.**

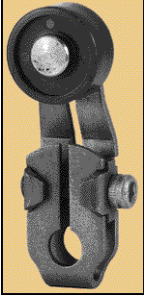
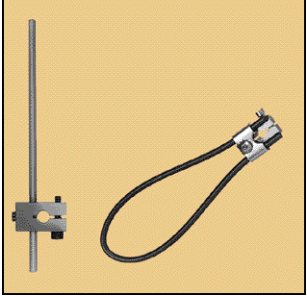
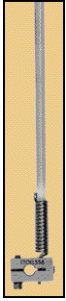
La rotación puede ser momentánea (retornada con resortes) o mantenida. Un brazo de palanca puede ser una varilla o un rodillo de tamaño fijo o ajustable. Puede fabricarse de numerosos materiales.

Un accionador de palanca rotatoria es habitualmente la mejor elección en la mayoría de las aplicaciones. Puede utilizarse en cualquier aplicación en donde la leva se desplace perpendicularmente con relación al eje de rotación de la palanca. Este tipo de accionador ofrece también el beneficio de una vida larga.

A continuación veremos los diferentes tipos actualmente disponibles de accionadores de palanca rotatoria.

Tipo de Palanca	Ilustración	Aplicación
Rodillo Estándar	<p data-bbox="786 1266 883 1293">Figura 13.</p> 	<p data-bbox="1005 1266 1416 1455">Se utiliza en la mayoría de las aplicaciones de palanca rotatoria. Disponible en varias longitudes. El rodillo es habitualmente fabricado de nylatron para una operación suave y resistencia al desgaste.</p>

Tipo de Palanca	Ilustración	Aplicación
Rodillo de Rodamiento de Bolas	<p data-bbox="786 275 881 300">Figura 14.</p> 	<p data-bbox="1005 275 1414 457">Se utiliza en casos en los cuales un polvo abrasivo podría provocar un desgaste exagerado de los rodillos estándares de nylatron. Se utiliza también con levas de alta velocidad.</p>
Longitud Ajustable	<p data-bbox="786 623 881 648">Figura 15.</p> 	<p data-bbox="1005 623 1414 905">Se utiliza en casos en los cuales la longitud del brazo requerido se desconoce cuando los dispositivos son pedidos o en los casos en los cuales el tamaño del blanco o su ubicación puede cambiar de día en día. Un operador puede ajustar la longitud del brazo antes del inicio de la producción.</p>
De Horquilla	<p data-bbox="786 970 881 995">Figura 16.</p> 	<p data-bbox="1005 970 1414 1346">Se utiliza con interruptores de estilo de contacto mantenido. Cuando los rodillos están en lados opuestos, una leva activará el interruptor y la segunda lo reinicializará. Cuando los rodillos están del mismo lado, una leva activará y reinicializará el interruptor. Se aplica en casos en los cuales el blanco se acerca de dos lados, como por ejemplo en el caso de un esmeril que trabaja hacia atrás y hacia adelante.</p>
Desplazado	<p data-bbox="786 1358 881 1383">Figura 17.</p> 	<p data-bbox="1005 1358 1401 1415">Se utiliza para obtener diferentes dimensiones de pista de leva.</p>

Tipo de Palanca	Ilustración	Aplicación
Rodillo de Un Sentido	<p data-bbox="786 275 881 300">Figura 18.</p> 	<p data-bbox="1008 275 1409 365">Se utiliza con levas reversibles en casos en los cuales se requiere operación en una sola dirección.</p>
Varilla o Lazo	<p data-bbox="786 623 881 648">Figura 19.</p> 	<p data-bbox="1008 623 1425 806">Se utiliza en casos en los cuales se requiere de una forma no usual. Las varillas se fabrican habitualmente de acero o nylon. Los lazos se fabrican habitualmente de nylon.</p>
Varilla con Resorte	<p data-bbox="786 970 881 995">Figura 20.</p> 	<p data-bbox="1008 970 1425 1157">Se utiliza en transportadores en donde pueden ocurrir atascamientos. Una varilla flexible se desplaza en cualquier dirección y elimina la posibilidad de daño al brazo o interruptor.</p>

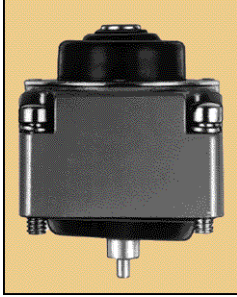




Accionadores de Tipo Vástago

Un accionador de tipo vástago funciona de la siguiente manera: **una leva o placa entra en contacto con el extremo del vástago que es oprimido y acciona los contactos en el interruptor.**





Un accionador de tipo vástago es la mejor opción para monitorear movimientos cortos y controlados de máquinas, o bien en casos en los cuales las restricciones de espacio o montaje no permiten el uso de un accionador de palanca.

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

A continuación vamos a ver los diferentes tipos disponibles de accionadores de tipo vástago.

Tipo de Vástago	Ilustración	Aplicación
Varilla de Empuje Superior	<p data-bbox="786 363 881 388">Figura 21.</p> 	<p data-bbox="1003 363 1421 611">El accionamiento debe ser efectuado en línea con el eje del vástago. Se debe tomar precauciones para evitar rebasar el sobrecorrido establecido por el fabricante. Un retén mecánico debería utilizarse cuando exista la posibilidad de sobrecorrido.</p>
Varilla de Empuje Lateral	<p data-bbox="786 716 881 741">Figura 22.</p> 	<p data-bbox="1003 716 1421 995">Debe utilizarse en casos en los cuales el montaje permite operar solamente desde la parte lateral y no desde la parte superior. Como en el caso de la varilla de empuje superior, se debe evitar rebasar el sobrecorrido recomendado. Está disponible tanto en estilo momentáneo como en estilo mantenido.</p>
Rodillo de Empuje Superior y Lateral	<p data-bbox="786 1010 881 1035">Figura 23.</p> 	<p data-bbox="1003 1010 1421 1289">La función es similar a los estilos de varilla de empuje excepto que se encuentra un rodillo sujetado en el extremo de la varilla. Se utiliza típicamente en los casos en los cuales un brazo de palanca no es adecuado para accionamiento lateral. Los rodillos pueden colocarse ya sea vertical u horizontalmente.</p>
Tipo de Aguja	<p data-bbox="786 1304 881 1329">Figura 24.</p> 	<p data-bbox="1003 1304 1421 1415">Se utilizan muy frecuentemente cuando se requiere de diferenciales y fuerzas de accionamiento extremadamente pequeños.</p>
Recto	<p data-bbox="786 1539 881 1564">Figura 25.</p> 	<p data-bbox="1003 1539 1421 1688">Se utiliza cuando el elemento de accionamiento se desplaza en el mismo eje que el vástago. Disponible en longitudes estándares y extendidas.</p>

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Tipo de Vástago	Ilustración	Aplicación
Palanca	<p>Figura 26.</p> 	Se utiliza en aplicaciones en las cuales la leva acciona en línea con el vástago pero puede requerir de un <i>Diferencia!</i> mayor o en casos en los cuales está presente un empuje lateral importante.
Palanca con Rodillo	<p>Figura 27.</p> 	Se utiliza en aplicaciones en las cuales la leva pasará por el interruptor lateralmente.
Vástago con Rodillo	<p>Figura 28.</p> 	Se utiliza en aplicaciones en las cuales la leva puede presentar algún grado de empuje lateral. Los rodillos ayudan a manejarlo.
Bigote de Gato y Varilla Oscilante	<p>Figura 29.</p> 	Se utiliza típicamente en aplicaciones en transportadoras para contar los objetos conforme pasan. Puede ser accionado en cualquier dirección.

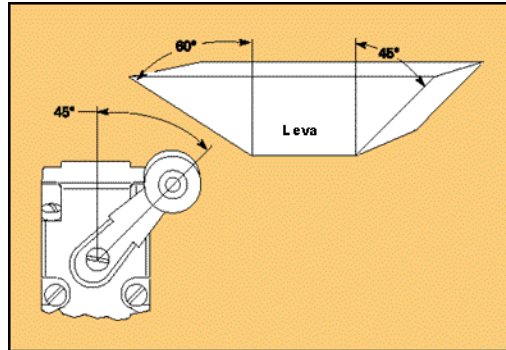
Consideraciones de Montaje

Cuando se aplican interruptores limitadores mecánicos, se debe tomar en cuenta el tipo de accionamiento requerido, el lugar de armado del dispositivo y la velocidad de accionamiento.

Diseño de Leva

El ángulo de leva debe ser igual al ángulo de brazo de palanca para aplicaciones en las cuales la leva no provocará un sobrecorrido del accionador. Cuando movimientos relativamente rápidos están involucrados, la leva debe ser de una forma tal que no permite que el accionador reciba un impacto severo o bien que libera el accionador repentinamente dejándolo regresar libremente.

Figura 30. Diseño de Leva



Cuando se utilizan accionadores de tipo vástago de empuje lateral o empuje superior, cerciórese que la leva opera en línea con el eje de la varilla de empuje.

No utilice el cuerpo del interruptor limitador para actuar como retén mecánico para la leva en aplicaciones de sobrecorrido. Algún otro tipo de barrera debe ofrecerse como retén.

Ubicación de Montaje

Los interruptores limitadores nunca deben montarse en ubicaciones que permiten operaciones falsas por movimientos normales de operadores o componentes de máquina. Deben ser montados rígidamente, accesibles para mantenimiento y deben tener la placa de cubierta frente al punto de acceso.

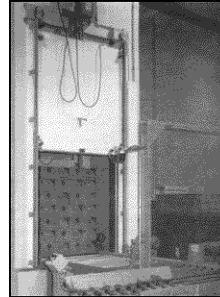
Si la penetración de líquido es una posibilidad, el interruptor debe ser montado cara hacia abajo para permitir que la gravedad impida la filtración de humedad a través de los sellos en la cabeza de accionamiento. Todas las conexiones deben ser selladas herméticamente.

En aplicaciones en las cuales rebabas y otros residuos se acumulan. El interruptor limitador debe colocarse en una ubicación o a un ángulo tal, que se pueda minimizar la acumulación de residuos en la cabeza de accionamiento.

En Campo

En este procesador de alimentos congelados, se utiliza un sistema de apilamiento automático de tarimas. Este sistema utiliza un interruptor limitador de tipo de varilla oscilante para detectar cuando las tarimas han sido cargadas a su nivel deseado.

Figura 31. En el Congelador



El interruptor señala entonces al transportador que envíe la carga a través de una puerta de abertura vertical automática en el congelador para congelamiento rápido.

Tipos de Interruptores Limitadores

Existen tres clasificaciones básicas de interruptores limitadores:

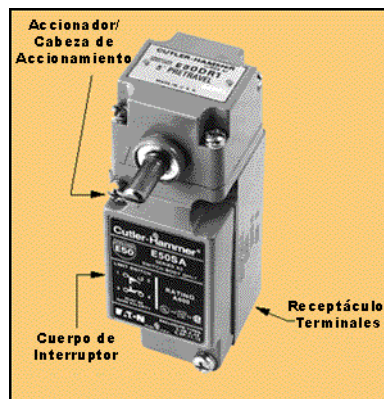
- Industrial Estándar
- Para Ubicación Peligrosa
- De Precisión

A continuación vamos a presentar cada uno de ellos con mayores detalles.

Interruptor Limitador Industrial Estándar

Frecuentemente la primer elección para aplicaciones industriales, este interruptor funciona en varios entornos industriales rudos. **Este tipo de interruptor puede ser sometido a aceite, grasa, polvo, lavado con alta presión, choque, vibraciones, etc.** Típicamente estos dispositivos satisfacen las especificaciones de gabinete NEMA 1, 3, 3S, 4, 6, 12 y 13. Una explicación de estas especificaciones puede encontrarse en “Especificaciones de Gabinetes” en la página 75.

Figura 32. Interruptor Limitador Industrial Estándar



La mayoría de los interruptores limitadores en el comercio hoy en día son de diseño de tipo enchufable, lo que significa que la cabeza de accionamiento, el

cuerpo del interruptor y el receptáculo son componentes separados. **Si el interruptor es dañado o falla, puede ser reemplazado en el campo en menos de un minuto, sin realambrear el interruptor.** Se remueve simplemente el cuerpo del interruptor, y el alambrado permanece intacto en el receptáculo. La mayoría de las nuevas aplicaciones industriales utilizan el tipo enchufable debido a su flexibilidad y resistencia.

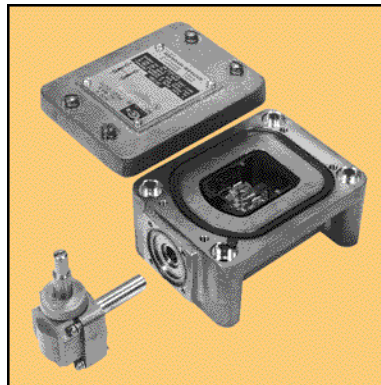
Los tipos **No enchufables** son un diseño popular para **interruptores limitadores montados en riel DIN**. Estos interruptores se construyen para satisfacer los estándares de dimensión y operación establecidos en Europa. Tienen **típicamente las mismas especificaciones de contactos eléctricos y gabinete que los interruptores para servicio pesado regulares, pero frecuentemente su vida eléctrica y mecánica no es tan larga.** Son una alternativa económica para aplicaciones en las cuales el interruptor no está sometido a abuso físico.

**Interruptor Limitador
para Ubicaciones
Peligrosas**

El interruptor limitador para ubicaciones peligrosas es ideal para su uso en entornos rudos o peligrosos. Este interruptor es suficientemente resistente para contener una explosión en su parte interna.

El cuerpo de interruptor/receptáculo de una pieza es mucho más pesado y grueso que en el caso de los interruptores impermeable al aceite estándares. Como los interruptores impermeables al aceite estándares, los interruptores limitadores para ubicaciones peligrosas tienen cabezas de accionamiento removibles fijadas sobre el cuerpo del interruptor con cuatro tornillos.

Figura 33. Interruptores Limitadores para Ubicaciones Peligrosas

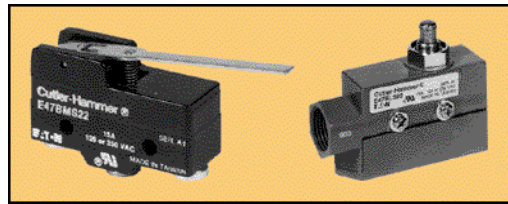


Este tipo de interruptor cumple generalmente con los requerimientos de NEMA 1 y los requerimientos para ubicaciones peligrosas de NEMA 7, Clase 1, Grupos B, C y D; y NEMA 9, Clase II, Grupos E, F y G. Algunos fabricantes ofrecen modelos clasificados NEMA 4X y 13 también (véase “Especificaciones de Gabinete” para mayor información).

**Interruptores
Limitadores de Precisión**

El interruptor limitador de precisión es ampliamente utilizado tanto en aplicaciones industriales como comerciales, desde aparatos hasta equipo agrícola. **Se selecciona frecuentemente por sus características de operación precisa, pequeño tamaño y bajo costo.**


Figura 34. Interruptores Limitadores de Precisión

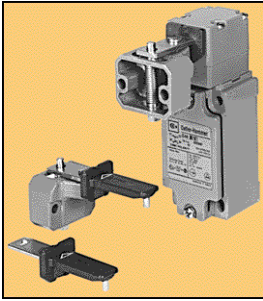




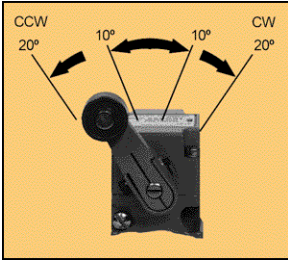
Los interruptores de precisión están típicamente disponibles en dos tipos: interruptores limitadores de precisión básicos e interruptores limitadores de precisión en gabinete. El interruptor limitador de precisión básico es de una sola pieza. El interruptor limitador de precisión en gabinete es simplemente un interruptor limitador básico dentro de una caja vaciada en molde. Los interruptores de precisión básicos generalmente no reciben una especificación de gabinete según NEMA mientras que algunos interruptores de precisión en gabinete pueden ser especificados según NEMA 4 o NEMA 13.

**Interruptores
Limitadores para
Propósitos Especiales**

Algunas aplicaciones requieren de un interruptor limitador para desempeñar una función de detección especial. Tales funciones incluyen la **dirección del movimiento de un objeto, la altura de un objeto, su ancho, longitud, etc.** A continuación vamos a presentar algunos de los interruptores limitadores para propósitos especiales.

Tipo de Interruptor	Ilustración	Aplicación
Cable de Seguridad para Jalar	<p>Figura 35.</p> 	<p>Utilizado en sistemas de transportación y líneas de transferencia en los cuales partes móviles o maquinarias pueden presentar un peligro para el operador. El cable se coloca de tal manera que el operador pueda jalarlo fácilmente en casos de emergencia para parar la máquina o el proceso.</p> <p>Mecanismos de <u>Contactos de Apertura Positiva</u> para controlar maquinaria son adecuados para su uso en aplicaciones de parada de emergencia. Además el interruptor debe accionarse si el cable es jalado o roto.</p>

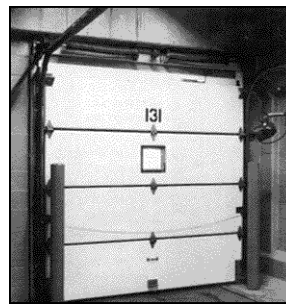
Tipo de Interruptor	Ilustración	Aplicación
Protección de Seguridad	<p data-bbox="786 268 883 296">Figura 36.</p> 	<p data-bbox="1005 268 1421 527">Este tipo de interruptor es utilizado para asegurar la protección del operador de una máquina peligrosa. Un interruptor limitador estándar podría ser disparado o accionado en forma errónea, planteando un peligro para la persona que está operando la máquina.</p> <p data-bbox="1005 541 1421 667">El accionamiento de este interruptor limitador ocurre solamente cuando una llave es insertada en la ranura para llave.</p> <p data-bbox="1005 667 1421 856">La llave está habitualmente montada en la puerta de seguridad o protección de máquina de tal manera que cuando está cerrada, la llave se desliza en la ranura, accionando el interruptor.</p>
Retorno por Gravedad	<p data-bbox="786 863 883 890">Figura 37.</p> 	<p data-bbox="1005 863 1421 1178">A diferencia de otros interruptores limitadores rotatorios, este interruptor no tiene ningún mecanismo de retorno con resorte. El peso de la palanca de accionamiento debe suministrar la fuerza necesaria para que retorne a su posición libre. Este interruptor es habitualmente montado con la cabeza de accionamiento hacia abajo.</p> <p data-bbox="1005 1199 1421 1325">Se utiliza frecuentemente en aplicaciones en las cuales se requieren de fuerzas de accionamiento muy bajas por parte del blanco.</p>
Posición Neutral	<p data-bbox="786 1329 883 1356">Figura 38.</p> 	<p data-bbox="1005 1329 1421 1423">Con este interruptor limitador, se puede detectar la dirección de operación.</p> <p data-bbox="1005 1444 1421 1633">Un grupo de contactos es accionado cuando la palanca es desplazada en una dirección y un segundo grupo de contactos es accionado cuando la palanca es desplazada en la otra dirección.</p>

Tipo de Interruptor	Ilustración	Aplicación
Dos Pasos	<p data-bbox="786 268 883 296">Figura 39.</p> 	<p data-bbox="1005 268 1417 489">Este interruptor opera para desempeñar dos funciones con un interruptor. Un grupo de contactos es accionado a 10°, y el otro conjunto es accionado en el caso de una rotación de 20° (en la misma dirección).</p> <p data-bbox="1005 506 1406 632">Este interruptor puede monitorear la altura de un objeto, su orientación, posición, el carácter completo de un ensamblado, etc.</p>

En Campo

En algunas plantas, cuartos deben se cerrados rápidamente debido a contaminación o incendio. Par ayudar a facilitar este proceso, se han desarrollado puertas de alta velocidad. Estas puertas pueden desplazarse a una velocidad de hasta dos metros por segundo.

Figura 40. Los Interruptores Limitadores Ayudan a Operar esta Puerta de Alta Velocidad



A estas velocidades, la puerta sería destruida rápidamente si no fuera por el uso de interruptores limitadores. Los interruptores limitadores son utilizados para reducir la velocidad de la puerta justo antes que llegue a su estado totalmente abierto o totalmente cerrado.

Repaso 2

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que le acabamos de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo que ya ha leído.

1. Los tres componentes principales de un interruptor limitador son:

Relacione la terminología con la descripción correcta:

- | | | |
|---|-------|--|
| 2. Posición inicial | _____ | A. La distancia que el accionador puede recorrer con seguridad más allá del punto de accionamiento. |
| 3. Distancia hasta la posición de accionamiento | _____ | B. Distancia máxima permisible que el accionador puede recorrer. |
| 4. Punto de accionamiento | _____ | C. El accionamiento y los contactos están en la posición normal, no activada. |
| 5. Sobrerecorrido | _____ | D. Posición del accionador en donde los contactos cambian de estado. |
| 6. Punto de liberación | _____ | E. Posición del accionador en donde los contactos están reinicializados a su estado normal "no accionado". |
| 7. Recorrido total | _____ | F. El accionador se desplaza desde el contacto con el blanco hasta el punto de accionamiento. |
8. La capacidad de un interruptor para repetir sus características de una operación a la siguiente se conoce como la exactitud de repetición del interruptor.
VERDADERO FALSO

Sensores de Proximidad Inductivos

Un sensor de proximidad inductivo puede ser utilizado para detectar objetos metálicos. Lo hace a través de la creación de un campo electromagnético.

Con la capacidad de detectar de cerca, los sensores de proximidad inductivos son útiles para aplicaciones de inspección y medición precisa.

Fuerzas y Debilidades

Fuerzas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Inmunes a condiciones ambientales adversas • Alta velocidad de interrupción para aplicaciones de respuesta rápida • Pueden detectar blancos metálicos a través de barreras no metálicas • Larga vida operacional con ciclos de operación virtualmente ilimitados • Estado sólido para proporcionar una señal de entrada "sin rebote" a PLCs y otros dispositivos lógicos de estado sólido 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Rango de Detección</u> limitado (4" o 100 mm, máximo) • Detecta solamente objetos metálicos • Puede ser afectado por rebabas metálicas que se acumulan en la carga del sensor

Aplicaciones

Los sensores de proximidad son utilizados en varias aplicaciones. A continuación presentamos algunas de ellas:

Los sensores de proximidad pueden ser utilizados para detectar el final del recorrido en una tabla de posicionamiento, para determinar la velocidad contando los dientes de un engranaje, o bien pueden utilizarse para revisar si una válvula está totalmente abierta o cerrada.

Los sensores de proximidad pueden ser utilizados para detectar la presencia o ausencia de una pieza metálica o tarimas metálicas en líneas de transporte.

Cuando un brazo de robot se desplaza para una operación de toma y colocación, un sensor de proximidad asegura que el brazo tiene realmente una parte en sus pinzas.

En el maquinado de metales, los sensores de proximidad pueden asegurar que la pieza está montada en el dispositivo, y que la broca no está rota.

Cómo funciona un Sensor de Proximidad Inductivo

Los sensores de proximidad inductivos producen un campo de radiofrecuencia (RF) oscilante e invisible en la cara del sensor. Cuando se llevan objetos metálicos en este campo, el campo oscilante es afectado. Cada tipo y tamaño de sensor tiene un punto de interrupción de rango de sensor específico de tal manera que la detección de un blanco metálico es muy exacta y repetible.

La presencia de un blanco metálico interrumpe el campo y altera (por Amortiguamiento) la corriente en el sensor (pérdida por Corriente en Remolino) provocando que el circuito de detector detecte el cambio. El sensor activa después una salida a un dispositivo conectado.

Componentes

A continuación vamos a ver los componentes y el proceso paso a paso:

Un objeto metálico o blanco, penetra en el campo de detección.

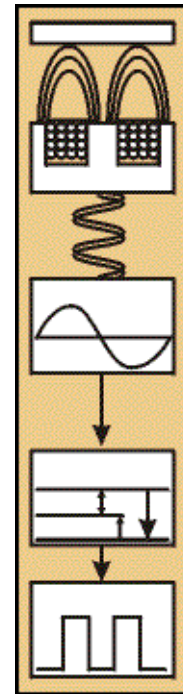
La **bobina del sensor** es una bobina de alambre típicamente enrollada alrededor de un núcleo de ferrita. Si usted pudiera ver el campo electromagnético creado, tendría la forma de un cono. El blanco pasa a través de este campo. El núcleo de ferrita le da forma al campo y el tamaño de la bobina determina el rango de detección.

El **circuito del oscilador** provoca que el campo tenga ciclos a una radiofrecuencia específica establecida (de 100 KHz a 1 MHz). La presencia del metal provoca un cambio de oscilación y la formación de una corriente en remolino en el blanco. El objeto metálico **induce** un cambio en el campo magnético. Este cambio crea un efecto de amortiguamiento sobre la cantidad de la señal que regresa a la bobina del sensor.

El **circuito detector** detecta el cambio y conecta en un punto establecido particular (amplitud). Esta CONEXIÓN genera una señal hacia la salida de estado sólido.

El **circuito de salida** permanece activo hasta que el blanco salga del campo de detección. El oscilador responde con un incremento de la amplitud y cuando alcanza el punto establecido, el circuito de detector se DESCONECTA. La salida retorna a su estado normal.

Figura 41. Componentes

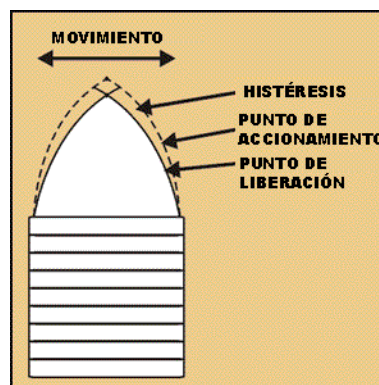


Histéresis

La Histéresis es una diferencia manipulada entre los puntos de CONEXIÓN y DESCONEXIÓN.

Si estos puntos fueran iguales, se produciría un traqueteo — un ciclo muy rápido de conexión-desconexión-conexión-desconexión. Esto provocaría mucho esfuerzo innecesario sobre los componentes accionados por el circuito.







Figura 42. Histéresis






Con la histéresis, el Punto de Operación y el Punto de Liberación están a distancias diferentes de la cara del sensor.

Tipos de Sensores de Proximidad

Los sensores de proximidad se ofrecen en numerosas variedades de diseños para satisfacer los requerimientos de casi todas las aplicaciones industriales. A continuación vamos a presentar los tipos disponibles.

Tipo	Ilustración	Aplicación
Interruptor Limitador Tipo Modular	<p>Figura 43.</p> 	El diseño modular puede ser adecuado para muchos tipos de aplicación. Los componentes pueden ser fácilmente desconectados para cambios en el proceso de fabricación.
Interruptor Limitador Normalizado	<p>Figura 44.</p> 	El cuerpo sellado protege los componentes en entornos corrosivos.
Tubular	<p>Figura 45.</p> 	Es el diseño de elección para un número creciente de aplicaciones. El pequeño tamaño permite un montaje fácil en un dispositivo o su uso en lugares angostos encontrados en muchas líneas de ensamblaje.
Tubular con Ángulo Recto	<p>Figura 46.</p> 	Este estilo permite el montaje en ubicaciones con poco espacio disponible.
Tubular de Alta Corriente	<p>Figura 47.</p> 	Permite el diseño tubular más pequeño para llevar corrientes continuas e irruptivas extremadamente grandes. Excelente para equipo pesado como por ejemplo camión grúa.
<u>Ferroso y No Ferroso</u>	<p>Figura 48.</p> 	Puede detectar ya sea metales ferrosos (acero/hierro) como metales no ferrosos (bronce/aluminio). Estas unidades son adecuadas para operaciones de ensamblaje como por ejemplo en el caso de motores de aviones o carros.

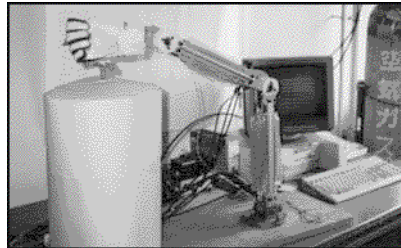
Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Tipo	Ilustración	Aplicación
Caja Com- puesta	<p data-bbox="786 239 883 264">Figura 49.</p> 	Esta unidad resistente a la corrosión tiene un buen desempeño en áreas con lavado importante, como por ejemplo, procesamiento de alimentos o lugares en donde abundan los químicos cáusticos.
Plano	<p data-bbox="786 438 883 464">Figura 50.</p> 	La bobina extraancha en esta unidad logra el rango más ancho y más amplio disponible: 3.94 pulgadas. Es ideal para aplicaciones en plataformas petroleras y para el ensamblaje de partes grandes.
Inmune a Campo de Aparato de Soldar	<p data-bbox="786 638 883 663">Figura 51.</p> 	El campo magnético no es susceptible al campo conflictivo creado por soldadura por arco. Es útil para líneas de ensamblaje automatizadas en donde sensores de proximidad deben trabajar en combinación con equipo de soldadura.

En Campo

Sin sensores de proximidad, las puntas de los dedos de un brazo robótico estarían insensibles.

Figura 52. Los Sensores de Proximidad permiten que un Brazo de Robot Maneje con Seguridad Componentes Frágiles



La combinación del programa de control de software del robot y la capacidad de detección del sensor de proximidad permite que un robot pueda sujetar un objeto sin aplastarlo.

Repaso 3

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo que ya ha leído.

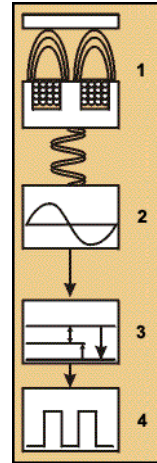
1. Relacione el nombre del componente de sensor con la imagen correcta.

A. Oscilador _____

B. Salida _____

C. Detector _____

D. Bobina de Sensor _____



Relacione el componente de sensor de proximidad con su función.

- 2. Bobina de sensor _____ A. Establece un campo electromagnético para crear un patrón de ondas.
- 3. Oscilador _____ B. Alerta al circuito eléctrico que un objeto ha sido detectado.
- 4. Detector _____ C. Le da forma al campo electromagnético.
- 5. Salida _____ D. Busca un cambio de frecuencia.

6. La histéresis es el espacio entre el punto de accionamiento y el punto de liberación para suavizar la operación del sensor.
VERDADERO FALSO

Influencias de Sensores de Proximidad Inductivos

Cuando se aplican sensores de proximidad inductivos, es importante entender el rango de detección y los factores que influyen en este rango. **El rango de detección se refiere a la distancia entre la cara del sensor y el blanco.** Incluye también la forma del campo de detección generado a través de la bobina/núcleo.

Existen cuatro preocupaciones principales al seleccionar y aplicar sensores de proximidad:

Consideraciones de Blanco (Material, Tamaño, Forma y Acercamiento)

Tamaño de Bobina y Protección

Requerimientos de Montaje de Sensor

Entorno

Material del Objeto Blanco

Usted debe conocer el material del cual está formado el objeto blanco. Esta información le ayudará a determinar la distancia de detección máxima. Si usted rebasa esta distancia, el efecto de amortiguamiento necesario para activar la salida de sensor no será creado y el sensor no detectará el blanco.

Los sensores de proximidad funcionan mejor con metales ferrosos. Aún cuando estos sensores detectan otros metales, el rango no es tan grande. En general, entre menos hierro contiene el blanco, más cerca debe estar el objeto para que el sensor pueda detectarlo.

Los fabricantes ofrecen generalmente tablas que muestran los factores de corrección necesarios para varios tipos de metales cuando utilizan sus sensores. Cada estilo de sensor tendrá un factor de corrección para permitir el cálculo para un material blanco particular.

Tamaño del Objeto Blanco

El tamaño del blanco es también importante. Si usted maneja un objeto blanco menor que el "tamaño estándar" del sensor, el rango de detección será menor. Esto se debe a que un objeto de tamaño menor crea una corriente en remolino más débil. Sin embargo, un objeto blanco más grande no significa que se logre un rango de detección mayor.

El espesor del objeto blanco no tiene una influencia muy importante sobre el rango de detección. Sin embargo, un objeto blanco no ferroso muy delgado puede lograr de hecho un rango de detección mayor puesto que genera una corriente en remolino en ambos lados (que se conoce como efecto de hoja).

Entonces, ¿qué tan grande debe ser el objeto blanco? **En términos generales el tamaño del diámetro del sensor o tres veces el rango de detección del sensor, cualquiera que sea mayor.**

Forma del Objeto Blanco

La forma del objeto blanco puede tener una influencia sobre el rango de detección. Un objeto redondo, o un objeto con una superficie dispereja puede afectar el efecto de amortiguamiento del sensor y puede requerir de una distancia de detección más corta. La utilización de un tamaño de sensor mayor o de un sensor con un rango ampliado minimizará también este efecto.

Acercamiento al Objeto Blanco

La forma como se acerca el objeto blanco al sensor es importante. Cuando un objeto se acerca al sensor directamente, se conoce como *Acercamiento Axial*. Con este tipo de acercamiento, será necesario proteger físicamente el sensor. Es necesario considerar un sobrecorrido del 25%.

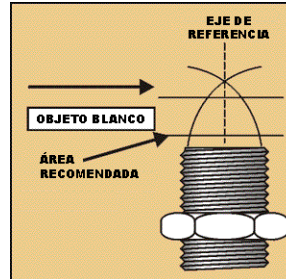
La histéresis tiende a ser mayor en el caso de un acercamiento axial en comparación con un acercamiento lateral.

Figura 53. Acercamiento Axial



En el caso de un *Acercamiento Lateral*, el objeto blanco se acerca al eje del campo de detección desde el lado.

Figura 54. Acercamiento Lateral



El objeto no debe pasar más cerca que la tolerancia básica integrada en el diseño de la máquina. Los objetos que golpean el sensor garantizan un desempeño insatisfactorio del sensor.

En el caso de ambos tipos de acercamiento, cerciéndose que el objeto blanco no pasa a más del 75% de la distancia de detección a partir de la cara del sensor. Es en esta área de “Punto” que ocurren las variaciones del rango de detección.

En Campo

Aceite para motor es envasado en este sistema de llenado automático.

Figura 55. Un Sensor de Proximidad Inductivo es Utilizado para Colocación Positiva



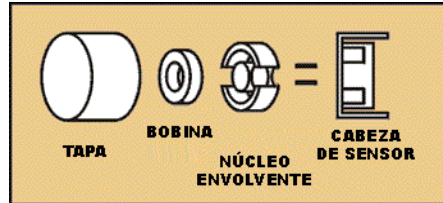
Cuando una botella de un cuarto se desplaza por la banda transportadora, el recipiente pasa por un sensor de proximidad inductivo localizado en la posición de llenado. La etiqueta en la botella tiene un diseño distintivo, impreso con tintas metálicas. La etiqueta indica al sensor de proximidad que la botella está en posición y lista para ser llenada.

Tamaño de Bobina/
Núcleo

Un factor importante para determinar el rango del sensor es la construcción de la bobina/núcleo. Una bobina abierta sin núcleo producirá un campo que podrá ser accionado a partir de un objeto blanco desde cualquier dirección. Esto no sería muy práctico para aplicaciones industriales.

En el caso de un sensor de proximidad inductivo, la **bobina** del sensor que genera el campo se coloca dentro de un núcleo de ferrita. La pieza de material de ferrita en forma de envolvente se conoce como **núcleo de tipo envolvente**. Este núcleo dirige el campo y le da forma.

Figura 56. Construcción de Bobina/Núcleo



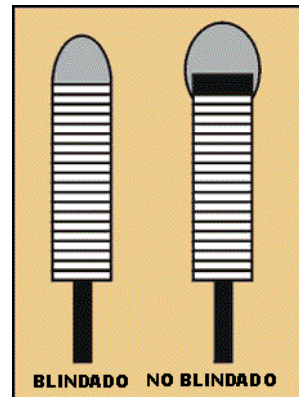
Una **tapa** de protección impide que el polvo y otros contaminantes ambientales penetren en el sensor.

Blindaje

Para enfocar la intensidad del campo, la bobina puede ser Blindada. En un sensor de rango estándar, el núcleo envolvente de ferrita le da forma al campo para que surja recto de la cara de detección del sensor. En un sentido, lo blindo.

Un ensamble de bobina/núcleo de rango extendido no utiliza el núcleo envolvente estándar, solamente un núcleo de ferrita. Este dispositivo No Blindado permite la extensión del rango de detección. Existe una menor cantidad de ferrita para absorber el campo electromagnético de tal manera que su rango es más ancho y un poco más largo.

Figura 57.



La decisión de utilizar un sensor no blindado tendrá una influencia sobre el montaje del sensor, como lo comentaremos a continuación.

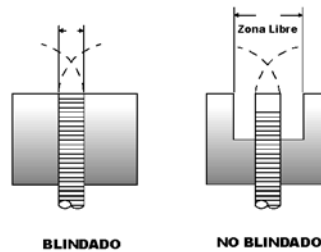
Consideraciones de Montaje

El diseño de un sensor puede afectar su montaje.

Un sensor blindado puede estar totalmente Integrado en el bloque de montaje de metal sin afectar el rango. A veces se conocen como sensores empotrados.

Un sensor no blindado debe tener un espacio libre alrededor de él (se conoce como zona sin metal) la cual es determinada por su rango de detección. De otra forma el sensor estaría detectando el montaje metálico y operando continuamente.

Figura 58.

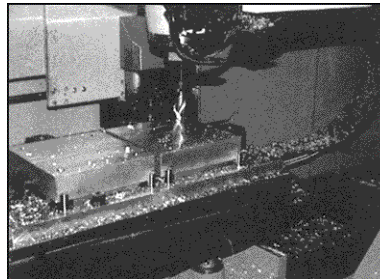


El montaje de dos sensores uno al lado del otro puede también plantear un problema. Si se colocan dos sensores de proximidad demasiado cerca uno del otro — ya sea lado a lado o bien uno frente al otro — los dos campos entrarán en conflicto entre ellos. **Cada sensor debe ser montado a una distancia de por lo menos tres veces su propio rango de detección.** El uso de una cabeza de frecuencia alterna en uno de los sensores evitará la interacción de campos de detección de sensores adyacentes.

En Campo

En una planta de fabricación de automóviles, se efectuó la operación de taladrado en los bloques de válvula para permitir el montaje de las placas de cubierta. La operación es totalmente automatizada.

Figura 59. Un Sensor de Proximidad Inductivo Monitorea una Operación de Taladrado



La broca debe formar orificios en un material extremadamente duro. La ruptura de las brocas es un fenómeno muy frecuente. Por esta razón, se coloca un sensor de proximidad. Si se rompe una broca, el sensor envía una señal al sistema para parar la operación de tal manera que se pueda reemplazar dicha broca.

Entorno

El entorno del sensor puede tener una influencia importante sobre su desempeño. A continuación le presentaremos algunos de estos factores ambientales.

Residuos pueden acumularse en la tapa de detección, cambiando el rango del campo de detección. En una aplicación en donde se producen rebabas metálicas, el sensor debe montarse de tal manera que se evite la acumulación de las rebabas en la cara del sensor. Si no es posible, entonces se debe utilizar un fluido refrigerante para lavar las rebabas de la cara. Una rebaba individual generalmente no presenta una área superficial suficiente para provocar el accionamiento del sensor, pero varias pueden cubrir el rango de detección e interferir con la precisión del sensor.

Los campos magnéticos causados por alambrados eléctricos cercanos pueden afectar la operación del sensor. Si el campo alrededor de los alambres

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

llega a una intensidad que sature la ferrita o la bobina, el sensor no operará. Sensores utilizados en áreas con dispositivos de soldar de alta frecuencia pueden también verse afectados. Para compensar por la presencia de un dispositivo de soldar, se pueden instalar sensores inmunes a los campos de máquinas de soldar. O bien, si el sensor es utilizado con un PLC, se puede programar un retardo para ignorar la señal proveniente del sensor cuando el aparato de soldar está operando.

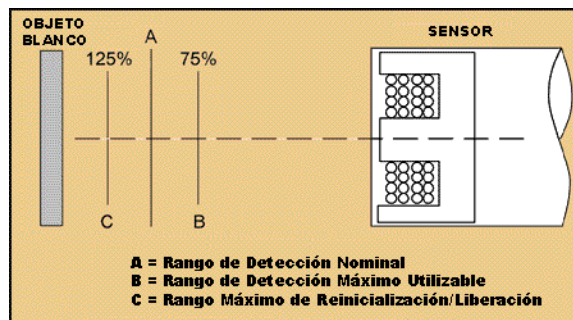
Los transeptores de radio (como por ejemplo un walkie-talkie) pueden producir una señal con la misma frecuencia que el circuito de oscilador del sensor. Esto se conoce como interferencia de radio frecuencia (RFI). La mayoría de los fabricantes han tomado medidas para ofrece una protección máxima contra la interferencia de radio frecuencia y contra una operación falsa del sensor.

La interferencia eléctrica proveniente de motores, solenoides, relevadores y similares cercanos puede tener un efecto sobre la operación del sensor. **Una línea inducida o pico de corriente puede causar una operación falsa del sensor.** Este pico puede ser producido por el arco eléctrico creado al momento del cierre de un interruptor eléctrico/mecánico o contactor. Si las líneas que conectan el sensor y los dispositivos son adyacentes y paralelas entre ellas, el pico puede afectar el sensor. La mayoría de los códigos y especificaciones requieren de una separación entre conductores de control y de potencia de tal manera que este problema no se observa con frecuencia.

La temperatura ambiente puede afectar el rango de detección. El efecto se conoce como deriva térmica. El rango de detección puede cambiar hasta en $\pm 10\%$.

Puesto que los rangos de detección pueden variar debido a variaciones en cuanto a componentes, circuitos y temperaturas, junto con los efectos del desgaste normal de la máquina, **los sensores deben seleccionarse con base en la detección del objeto blanco a 75%, y liberación a 125% de la distancia de detección nominal.**

Figura 60. Tolerancias en Materia de Distancias de Detección



En Campo

En la línea de procesamiento automatizado en Harris House Paints, ocasionalmente una lata puede pasar por el proceso de empaquetado sin tapa. Las tapas son ingresadas a la línea a través de una alimentación por gravedad y ocasionalmente una tapa puede atorarse momentáneamente.

Figura 61. Un Sensor de Proximidad Inductivo Mantiene el Control



Mediante el montaje de un sensor de proximidad inductivo sobre las latas que pasan por la línea, la línea puede rechazar una lata sin tapa.

Repaso 4

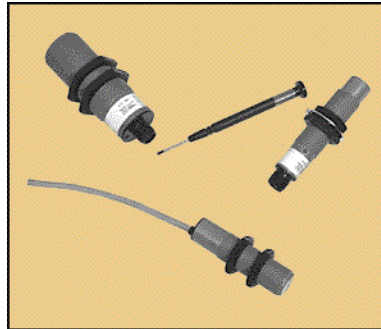
Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que le acabamos de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo que acaba de leer.

1. Los sensores de proximidad inductivos funcionan mejor con metales _____.
2. En general el tamaño del objeto blanco es: el tamaño del diámetro del sensor, o tres veces el rango de detección del sensor, cualquiera que sea mayor.
VERDADERO FALSO
3. Un objeto blanco con una superficie dispereja no afecta el rango de detección.
VERDADERO FALSO
4. Un acercamiento por el costado hacia el sensor se conoce como acercamiento lateral.
VERDADERO FALSO
5. Un acercamiento derecho se conoce como acercamiento axial.
VERDADERO FALSO
6. Cuando dos sensores de montarse lado a lado, el uso de cabeza de frecuencia alterna en uno de los sensores no evita la interacción entre los campos de detección de los sensores.
VERDADERO FALSO

Sensores de Proximidad Capacitivos

A continuación vamos a estudiar con mayores detalles otro sensor de proximidad, el sensor de proximidad capacitivo. Este sensor opera de manera muy similar a un sensor de proximidad inductivo, pero su medio de detección es muy diferente.

Figura 62. Sensores de Proximidad Capacitivos



Los sensores de proximidad capacitivos están diseñados para detectar blancos tanto metálicos como no metálicos. Son ideales para controlar el nivel de líquidos y para detectar materiales en polvo o gránulos.

Fuerzas y Debilidades

A continuación se presentará las fuerzas y debilidades de los sensores de proximidad capacitivos:

Fuerzas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden detectar objetos tanto metálicos como no metálicos a mayores distancias que los sensores inductivos • Alta velocidad de conmutación para aplicaciones de respuesta rápida (conteo) • Pueden detectar objetos líquidos a través de barreras no metálicas (vidrio, plástico) • Vida útil larga, salida de estado sólido para señales "sin rebote" 	<ul style="list-style-type: none"> • Afectados por la variación de las condiciones de temperatura y humedad • No son tan exactos como los sensores de proximidad inductivos

Aplicaciones

A continuación se presentan algunos ejemplos que muestran cómo se utiliza el poder de detección de los sensores de proximidad capacitivos:

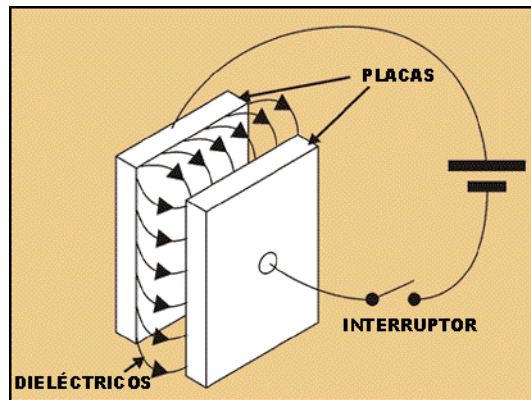
- **Aplicaciones para la detección de nivel de líquido**, como por ejemplo para evitar el sobrellenado o el subllenado, son comunes en la industria del envasado.
- **Aplicaciones de control de nivel de material**, como por ejemplo para asegurar que el propósito de etiquetas en una línea de etiquetado no está vacío.
- **Aplicaciones de conteo**, como por ejemplo el rastreo de las unidades que pasan por un punto en una banda transportadora.
- **Proceso de moldeo por inducción**, detección de nivel de plástico en la tolva de alimentación.

Operación del Sensor de Proximidad Capacitivo

Un capacitor consiste de dos placas metálicas separadas por un aislador (conocido como *Dieléctrico*). La operación de este tipo de sensor se basa en la **Capacitancia dieléctrica**, que es la capacidad de un dieléctrico para almacenar una carga eléctrica. La distancia entre las placas determina la capacidad de almacenamiento de carga del capacitor.

La medición del cambio de capacitancia conforme un objeto penetra en un campo eléctrico puede emplearse como una función de **CONEXIÓN/DESCONEXIÓN**.

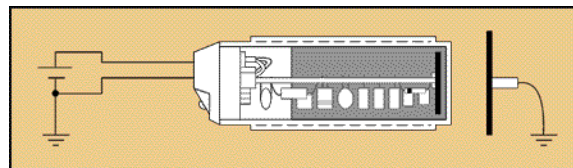
Figura 63. Operación de un Capacitor



Cuando se aplica a este principio al sensor de proximidad capacitivo, **una placa capacitiva es parte del interruptor, la cara del sensor es el aislador. El objeto blanco es la otra "placa"**. La conexión a tierra es la ruta común).

Los sensores de proximidad capacitivos pueden detectar cualquier objeto que tenga una constante dieléctrica mayor que el aire. Los líquidos tienen constantes dieléctricas altas. Los metales representan también blancos adecuados.

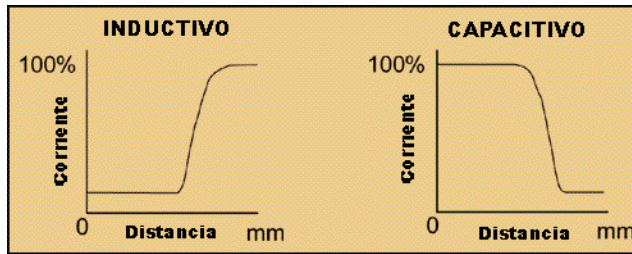
Figura 64. Operación de un Sensor de Proximidad Capacitivo



El sensor de proximidad capacitivo tiene cuatro elementos básicos: un sensor (que es un dieléctrico), un circuito de oscilador, un circuito de detector y un circuito de salida.

Conforme un objeto se acerca al sensor, la **constante dieléctrica del capacitor cambia**. La oscilación del circuito oscilador **empieza cuando se detecta la capacitancia de retroalimentación**. Es exactamente lo contrario en el sensor de proximidad inductivo en donde la oscilación es amortiguada cuando el objeto está presente.

Figura 65. Amortiguamiento de Oscilador



El **circuito de detector** monitorea la salida del oscilador. Cuando detecta un cambio suficiente en el campo, conecta el circuito de salida.

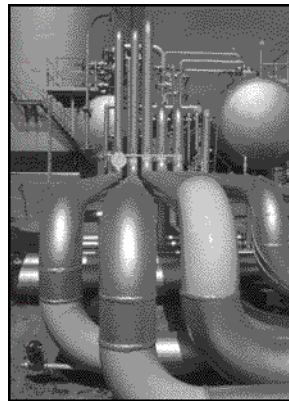
El **circuito de salida** permanece activo hasta que el objeto blanco salga del campo de detección. El oscilador responde con una reducción de la amplitud y cuando ya no recibe una retroalimentación de capacitancia suficiente, el circuito de detector se desconecta. La salida regresa a su estado normal.

Existe una **diferencia entre las amplitudes de operación y de liberación para proporcionar histéresis**.

En Campo

Conforme se vacía aceite en este depósito de almacenamiento, un sensor de proximidad capacitivo cerca de la parte superior envía señales a la válvula de llenado para cerrar una vez que el depósito llega a su capacidad completa.

Figura 66. Sensores de Proximidad Capacitivos en una Aplicación de Detección de Nivel de Líquido



Otro sensor cerca del fondo le informa al sistema de llenado que el nivel del depósito es bajo.

Influencias sobre los Sensores de Proximidad Capacitivos

Muchos de los factores que influyen el rango de detección de los sensores de proximidad inductivos afectan también el rango de detección de los sensores de proximidad capacitivos.

Típicamente, sensores capacitivos tienen un rango de detección mayor que los sensores inductivos.

Sensor con un Diámetro Tubular de:	Sensor Inductivo con Rango Extendido	Sensor Capacitivo con Rango Extendido
18 mm	8 mm	10 mm
30 mm	15 mm	20 mm
34 mm	—	40 mm

La distancia de detección para sensores de proximidad capacitivos depende del diámetro de la placa. Con los sensores de proximidad inductivos, el tamaño de la bobina es el factor determinante.

Ajuste de Sensibilidad

La mayoría de los sensores de proximidad capacitivos están equipados con potenciómetros de ajuste de sensibilidad. Puesto que el sensor mide un espacio dieléctrico, es importante poder compensar por el objeto blanco y condiciones de aplicación y ajustar el rango de detección.

Material y Tamaño del Objeto Blanco

Un sensor capacitivo no debe ser manejado manualmente durante el ajuste. Puesto que la mano tiene una constante dieléctrica mayor que el aire, el sensor puede detectar la mano y no el objeto blanco contemplado.

Los sensores capacitivos pueden detectar tanto materiales ferrosos como no ferrosos. **No se aplica ninguna desclasificación cuando se detectan materiales metálicos.** Pero otros materiales si afectan el rango de detección. Puesto que pueden ser utilizados para detectar líquidos a través de materiales no metálicos tales como vidrio o plástico, es necesario cerciorarse que el sensor detecta solamente líquido y no el recipiente. **La transparencia del recipiente no tiene efecto sobre la detección.**

En la práctica, el tamaño del objeto blanco puede ser determinada de la misma manera que lo comentado en "Tamaño del Objeto Blanco" para sensores de proximidad inductivos.

Entorno

Muchos de los factores que afectan los sensores de proximidad inductivos afectan también los sensores capacitivos, pero con mayor intensidad.

- Montaje integrado – los sensores capacitivos son generalmente considerados como **dispositivos no blindados**, y por consiguiente, **no pueden ser empotrados**.
- Rebabas – Son **más sensibles a las rebabas y residuos metálicos y no metálicos**.
- Sensores Adyacentes – **se requiere de un mayores espacio entre los dispositivos** debido al mayor rango de detección no protegido.
- Fondo del Objeto Blanco – debido al mayor rango de detección y debido a la capacidad de detección de materiales metálicos y no metálicos, **se debe tomar mayor cuidado al aplicar estos sensores cuando condiciones de fondo están presentes**.
- Ambiente – la **humedad puede provocar que un sensor capacitivo opere sin presencia del objeto blanco**.

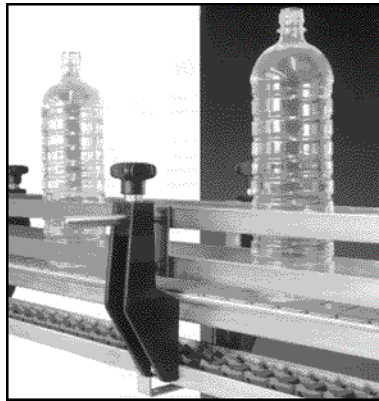
Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

- Campos magnéticos por soldadura – los sensores capacitivos **generalmente no se aplican en entornos de soldadura.**
- Interferencia por Radio Frecuencia (RFI) – De la misma manera que los sensores de proximidad inductivos son afectados, **la interferencia de radio frecuencia afecta los circuitos de los sensores capacitivos.**
- Picos de corriente (EFT) – **los ruidos eléctricos inducidos afectan estos sensores** de la misma manera que en el caso de un sensor inductivo.

En Campo

En una línea de llenado en Bud Springs Natural Water, botellas de plástico de cinco galones pasan debajo de una boquilla de llenado.

Figura 67. Un Sensor de Proximidad Capacitivo “Ve” a Través de una Pared para Encontrar el Objeto Blanco



Conforme el agua llena cada botella, un sensor de proximidad capacitivo detecta cuando el agua alcanza el nivel especificado. Puesto que el sensor es más sensible al agua que al plástico, el sensor puede “ver a través de” la pared de la botella.

Repaso 5

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo que se le acaba de presentar.

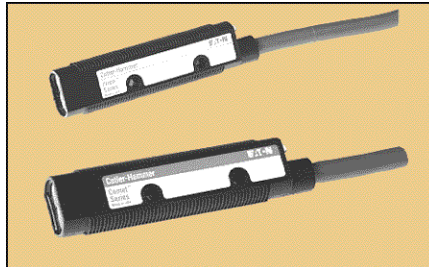
1. La operación de un sensor de proximidad capacitivo se basa en la capacitancia dieléctrica.
VERDADERO FALSO
2. Las cuatro partes principales de un sensor de proximidad capacitivo son:

3. Mediante la medición del cambio de capacitancia conforme un objeto penetra en un campo generado por el oscilador, puede emplearse para una función de conexión/desconexión.
VERDADERO FALSO
4. Cuando se detecta una capacitancia de retroalimentación, termina la oscilación.
VERDADERO FALSO
5. Cuando se detectan objetos blanco metálicos, se debe aplicar un factor de desclasificación.
VERDADERO FALSO
6. La transparencia del recipiente no tiene efectos sobre la detección.
VERDADERO FALSO

Sensores Fotoeléctricos

El sensor fotoeléctrico es un dispositivo con versatilidad y costo relativamente bajo. Los sensores fotoeléctricos pueden detectar objetos más rápidamente y a mayores distancias que muchas tecnologías competidoras. Por estas razones, los sensores fotoeléctricos se están volviendo rápidamente cada vez más populares en la manufactura.

Figura 68. Sensores Fotoeléctricos



Aplicaciones

Los sensores fotoeléctricos pueden proporcionar soluciones a numerosas situaciones. Algunos de los usos más comunes de los sensores fotoeléctricos incluyen:

Manejo de Material. Un sensor puede asegurar que los productos se desplacen a lo largo de una línea transportadora de manera ordenada. El sensor detendrá la operación si ocurre un atascamiento. Y se pueden contar los artículos conforme pasan por la línea.

Empaque. Los sensores pueden verificar que los recipientes estén apropiadamente llenados, correctamente etiquetados y que tengan sellos de seguridad.

Operación de Máquinas. Los sensores pueden verificar si una máquina está operando correctamente, si el material está presente y si el herramental no está roto.

Industria del Papel. Los sensores pueden detectar defectos en los rollos, empalmes, y presencia de papel mientras mantienen velocidades de enrollado elevadas.

Flexibilidad de Diseño

Los sensores fotoeléctricos ofrecen flexibilidad de diseño para manejar muchos tipos de situaciones. Existen numerosas formas de colocación de transmisor y receptor para satisfacer las necesidades de la aplicación.

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Modos de Operación

A continuación presentaremos una breve introducción a estos modos, y una explicación más completa más adelante.

Modo	Descripción
Haz Directo	Una unidad fuente en una ubicación envía un haz luminoso hacia una unidad de detector en otro lugar. Se detecta un objeto cuando pasa entre la unidad de fuente y la unidad de detector, interrumpiendo el haz luminoso.
Retroreflexivo	La fuente y el detector están alojados en un mismo lugar y colocados en el mismo lado de la trayectoria del objeto blanco. Cuando el objeto pasa, la señal de fuente es reflejada hacia el detector por un retrorreflector.
Reflexión Difusa	La fuente y el detector están alojados en un paquete y colocados en el mismo lado de la trayectoria del objeto blanco. Cuando el objeto pasa, la señal de la fuente es reflejada hacia el detector por el objeto blanco mismo.
Rechazo de Fondo (<u>Perfect Prox</u>)	Es un tipo especial de sensor de reflexión difusa que incluye dos detectores. Este arreglo permite que el sensor detecte objetos confiablemente dentro de un rango definido e ignore objetos fuera de este rango. A diferencia de un sensor de reflexión difusa estándar, el color o la reflectividad tienen un efecto mínimo sobre el rango de detección de un sensor de rechazo de fondo.

En Campo

En la caseta, la pluma se levanta solamente cuando usted ha insertado las monedas. Pero ¿cómo sabe la pluma cuando tiene que bajar de nuevo?

Figura 69. Un Sensor Fotoeléctrico Evita que los Coches Siguiendo Pasen por la Caseta Gratuitamente



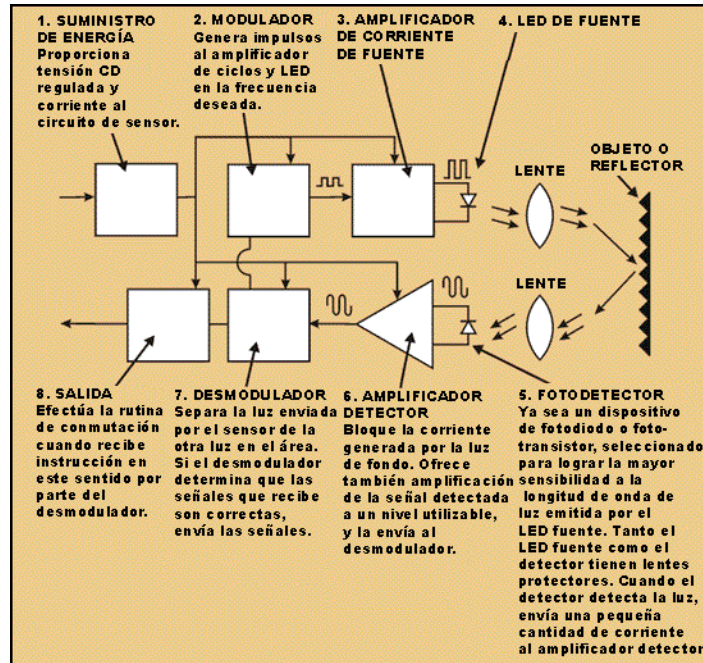
La pluma es controlada por un sensor fotoeléctrico que detecta su coche conforme pasa por el haz.

Operación Básica de los Sensores Fotoeléctricos

La operación del sensor fotoeléctrico es bastante sencilla. Una fuente LED envía un haz luminoso que es detectado por un fotodetector. Cuando un objeto se desplace en la trayectoria del haz luminoso, el objeto es detectado.

Veamos ahora como funciona un sensor fotoeléctrico.

Figura 70. Operación de un Sensor Fotoeléctrico










La Luz Fuente

La luz generada hoy en día por un sensor fotoeléctrico proviene de diodos emisores de luz, que se conocen como LED. La utilización de LEDs ofrece muchas ventajas importantes:




- pueden ser conectados rápidamente y apagados y encendidos instantáneamente
- extremadamente pequeños
- consumen muy poca energía
- generan una cantidad insignificante de calor
- su vida rebasa 100,000 horas (11 años) de uso continuo
- son fácilmente modulados para crear una activación falsa por la luz ambiente

Estilos y Usos de Sensores Fotoeléctricos

Para Propósitos Generales

Estilo	Ejemplo	Aplicación
Tipo de Interruptor Limitador	<p>Figura 71.</p> 	Una cabeza modular, cuerpo de sensor y receptáculo permiten su uso en varias situaciones. Amplio rango de detección.
Tubular	<p>Figura 72.</p> 	Un cuerpo pequeño, fácil de montar permite su montaje en maquinarias y otros lugares con poco espacio disponible. Este sensor se ofrece en varias formas, según el tipo de montaje requerido.
Para Servicio Pesado	<p>Figura 73.</p> 	Su construcción resistente hace que este sensor sea ideal para entornos rudos.
Modular	<p>Figura 74.</p> 	Los componentes se enchufan para conformar un sensor fotoeléctrico que satisface la mayoría de las necesidades. Es ideal para máquinas grandes con pequeños lotes de producción. Esta unidad tiene generalmente una amplia área de detección.
Fibras Ópticas	<p>Figura 75.</p> 	Fabricado para una respuesta rápida y para detección en áreas con muy poco espacio. Los cables se fabrican de fibras de vidrio o plástico individuales y no contienen equipo electrónico.
Base de Terminales	<p>Figura 76.</p> 	Integrados en una caja de resina moldeada, resistente a los impactos, estos dispositivos tienen cables pre-alambrados o conexiones de terminales.
Miniatura	<p>Figura 77.</p> 	Una línea completa de sensores fotoeléctricos miniaturas para colocación y protección óptimas sin comprometer el desempeño.

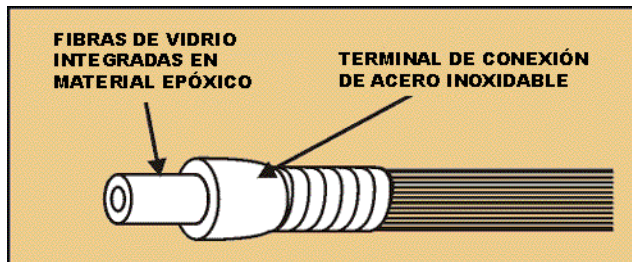
Sensores Especializados

Estilo	Ejemplo	Aplicación
UV	<p>Figura 78.</p> 	Este sensor detecta sustancias fluorescentes visibles e invisibles.
Marca de Color	<p>Figura 79.</p> 	Es un sensor de reflexión difusa diseñado para buscar marcas distintivas en un objeto.
DeviceNet™	<p>Figura 80.</p> 	Sensores que incorporan capacidades de comunicación, diagnóstico y toma de decisiones en un sistema DeviceNet.

Fibras Ópticas

La aplicación de la tecnología de *Fibra Óptica* a sensores fotoeléctricos significa que las aplicaciones con restricciones de espacio ya no representan problemas. Un cable de fibra óptica puede detectar objetos en lugares demasiado atascados para un sensor estándar. **Un cable de fibra óptica está disponible en tamaños desde 0.002 pulgadas de diámetro.**

Figura 81. Un Cable de Fibra Óptica de Vidrio



Un cable de fibra óptica de vidrio se elabora de un gran número de fibras de vidrio individuales envainadas para protección contra daño o flexión excesiva. Los cables de fibra óptica de plástico incluye una sola fibra de plástico en revestimiento protector. Ningún tipo de cable contiene dispositivos electrónicos.

Puesto que la luz — y no la corriente — se desplaza por estos cables, **la señal no se ve afectada por la interferencia electromagnética (EMI) ni por vibraciones.** El diseño es también inmune al ruido eléctrico y a las lecturas inexactas que pueden proporcionar los sensores regulares.

Las fibras ópticas pueden resistir a altas temperaturas; en el caso de plástico hasta 158°F, en el caso de vidrio hasta 480°F, y existen versiones especializadas para altas temperaturas que resisten hasta 900°F. Las fibras de vidrio pueden resistir los químicos de lavado agresivos utilizados en muchas aplicaciones en la industria de los alimentos, bebidas y farmacéutica.

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Sin embargo, las fibras ópticas tienen desventajas. Tienen una distancia de detección limitada de tal manera que pueden utilizarse solamente en áreas con poco espacio disponible. La distancia máxima para el haz directo es solamente 15 pulgadas. Asimismo, estos sensores tienen una pequeña área de detección. Una pequeña gota de agua o una partícula de polvo pueden fácilmente engañar los sensores de fibra óptica.

En Campo

En esta planta de galletas, sensores fotoeléctricos de fibra óptica están colocados en un horno caliente. En la medida en que los sensores detectan movimiento conforme las charolas de galletas pasan, el horno permanece encendido.

Figura 82. Un Sensor Fotoeléctrico Impide que se Quemen las Galletas



Si el dispositivo de transporte para, los sensores detectarán luz u oscuridad durante un tiempo excesivamente largo y el dispositivo de salida apagará el horno.

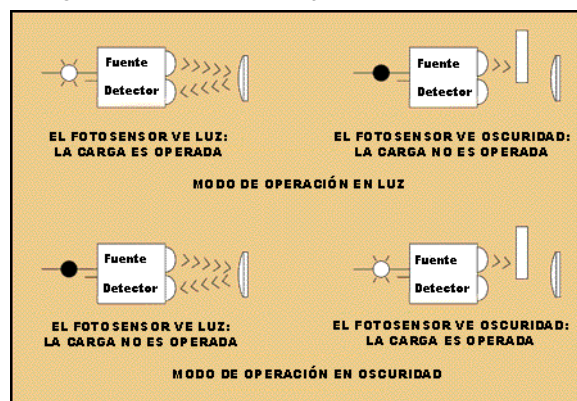
Modos de Detección

En la mayoría de las aplicaciones, los sensores fotoeléctricos **generan una salida** cada vez que se detecta un objeto.

Operación en Luz vs.
Operación en Oscuridad

Si esto ocurre **cuando el fotodetector ve luz**, se dice que el sensor está funcionando en modo de **operación en luz**.

Figura 83. Operación en Luz y Operación en Oscuridad



Si el control **genera una salida cuando el fotodetector no ve luz**, se dice que el control no está funcionando en el modo de operación en **oscuridad**.

Arriba, describimos brevemente los cuatro modos básicos de operación que ofrecen los sensores fotoeléctricos. Estos son:

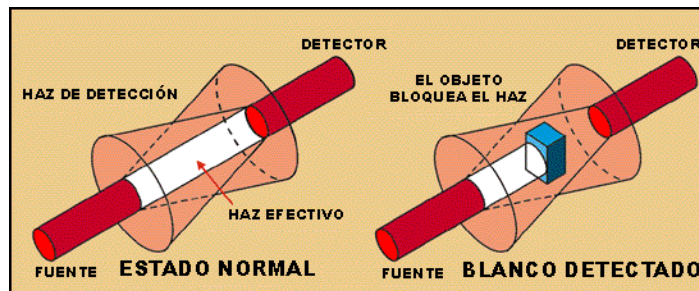
- Haz Directo
- De Retroreflexión
- Reflexión Difusa
- Rechazo de Fondo (Perfect Prox)

A continuación vamos a explicar cómo funciona cada uno de estos métodos.

Haz Directo

Unidades separadas de fuente de luz y detector hacen entre ellas en un área. El haz de luz que se desplaza en una línea recta entre los dos lentes es el haz detector efectivo. Un objeto que atraviesa la trayectoria tiene que bloquear totalmente el haz para ser detectado.

Figura 84. Operación de Haz Directo



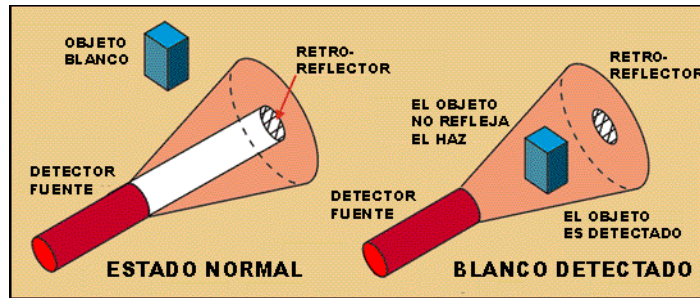
Fuerzas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Larga distancia de detección (hasta 800 pies) • Altamente confiable • Puede ver a través de objetos opacos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dos componentes a montar y alambrear • El alineamiento puede ser difícil con una zona de detección de distancia mayor

Retroreflector

La fuente y el detector están colocados de manera paralela entre ellos en el mismo lado del objeto a detectar. Otro elemento, llamado retroreflector, se coloca frente a la fuente y detector. El retroreflector es similar a un reflector en la parte posterior de una bicicleta. El retroreflector rebota la luz proveniente de la fuente hacia el detector.

Cuando un objeto blanco pasa entre la unidad de fuente/detector y el retroreflector, el haz ya no es reflejado y se detecta el objeto blanco. El objeto tiene que bloquear todo el haz.

Figura 85. Operación Retrorreflectora



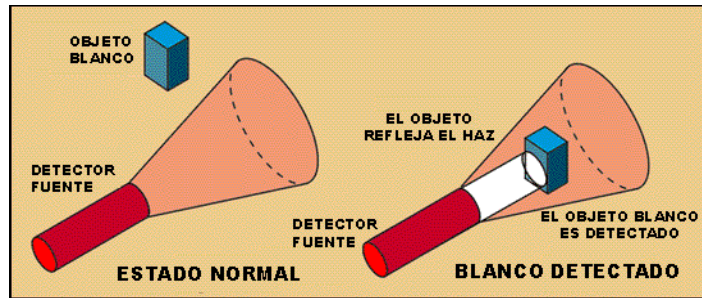
En algunos casos, un sensor con retroreflector puede ser falsamente activado por reflejos de una superficie brillante del objeto. Para evitar este problema, se puede utilizar un sensor de *Retroreflector Polarizado*. El filtro de polarización en el sensor asegura que solamente la luz reflejada por un retroreflector es reconocida por el sensor.

Fuerzas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Distancia de detección de rango medio • Bajo costo • Facilidad de instalación • El alineamiento no tiene que ser exacto • El filtro de polarización ignora la luz indeseada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe montar un reflector • Problemas para la detección de objetos claros • El polvo en el retroreflector puede impedir la operación • No adecuado para detectar objetos pequeños • La distancia de detección y el plano de detección son limitados con un filtro polarizante

Reflexión Difusa

La Fuente y el detector están ubicados del mismo lado del objeto blanco. Los dos componentes están alineados de tal manera que sus campos de vista se crucen. **Cuando el objeto blanco se deplaca en el área, la luz proveniente de la fuente es reflejada por la superficie del objeto blanco hacia el detector.**

Figura 86. Operación con Reflexión Difusa



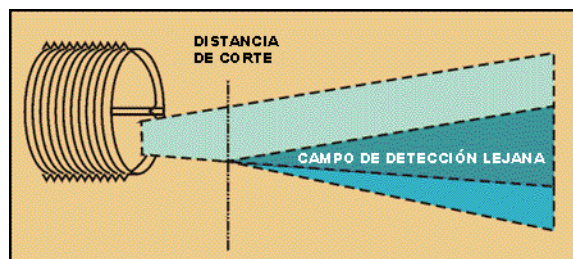
Fuerzas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Flexibilidad de aplicación Bajo costo Instalación fácil Alineación fácil Muchos tipos disponibles para muchos tipos de aplicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Corta distancia de detección (menos de 6') La distancia de detección depende del tamaño, superficie y forma del blanco

Rechazo de Fondo (Perfect Prox)

Este esquema de detección es realmente un **tipo especial del sensor de reflexión difusa**. Combina una **potencia de detección extremadamente alta con un corte óptico agudo**. Esto permite al sensor detectar de manera confiable objetos blancos independientemente de color, reflectancia, contraste o forma de la superficie, ignorando objetos justo fuera del rango objetivo.

Este método **utiliza dos fotodetectores** diferentes. Para la unidad de Perfect Prox con un rango de seis pulgadas, el detector cercano tiene un rango de 0 a 24 pulgadas. Su detector lejano tiene un rango de 6 a 24 pulgadas.

Figura 87. Sensor de Tipo Perfect Prox



Los objetos más cercanos que 6 pulgadas son detectados solamente por el detector próximo. Los objetos entre 6 y 24 pulgadas son detectados por ambos detectores.

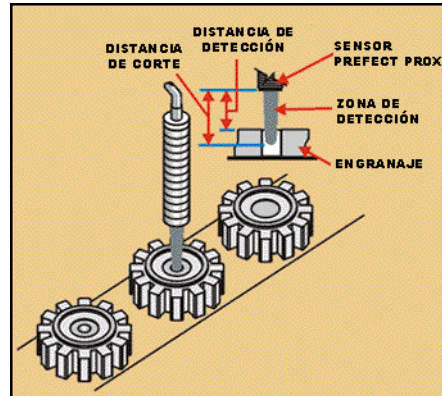
Si la señal cercana es más fuerte que la señal lejana, la salida del sensor está CONECTADA. Si la señal lejana es más fuerte o igual a la señal cercana, la salida está DESCONECTADA. El resultado es un sensor con un alto Exceso de Ganancia para seis pulgadas, seguido por un corte agudo.

En Campo

Hobbes Gear deseaba reducir el número de engranajes rechazados en su línea. Un proceso crítico es el taladrado automático del orificio de montaje de los

engranajes. Para incrementar la confiabilidad del proceso de inspección, Hobbes instaló un sensor de tipo Perfect Prox.

Figura 88. Un Sensor de Tipo Perfect Prox es el “Inspector #12”



El sensor es ajustado para revisar la presencia del orificio maquinado en el engranaje. Si el orificio está presente, la luz del sensor brilla a través de él, hacia la banda transportadora. La banda está justo más allá de la distancia de detector del sensor. Si se detecta un orificio faltante, el sensor emite una señal a un vástago cilíndrico operado por aire para rechazar el engranaje.

Repaso 6

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo que ya ha leído.

1. Los cuatro modos de detección son:

2. Si el control de sensor fotoeléctrico genera una salida cuando el fotodetector no ve la luz, el control está trabajando en el modo de operación en oscuridad. VERDADERO FALSO

Relacione el modo de detección con su definición.

- | | | |
|--|-------|---------------------|
| 3. El modo de detección puede detectar objetos brillantes. | _____ | A. Retrorreflector |
| 4. El modo de detección tiene el rango más largo. | _____ | B. Perfect Prox |
| 5. Un modo de detección que combina un poder de detección extremadamente alto con un corte óptico agudo. | _____ | C. Haz Directo |
| 6. Un filtro de polarización utilizado con este modo de detección asegura que solamente la luz reflejada por un retrorreflector es reconocida por el sensor. | _____ | D. Reflexión Difusa |

Exceso de Ganancia

Definición

El exceso de ganancia es una medición de la capacidad de detección que tiene un sensor fotoeléctrico más allá de la potencia requerida para detectar un objeto.

Un exceso de ganancia de 1.00 en un rango dado significa que existe exactamente la energía suficiente para detectar un objeto **en condiciones perfectas en este rango**. En otras palabras, **el rango en el cual el exceso de ganancia es igual a 1.00 es el rango máximo del sensor**.

Todos los modelos de sensor tienen un diagrama de exceso de ganancia para ayudarle a determinar el exceso de ganancia para una distancia de detección de aplicación.

Sin embargo, tenemos que tomar en cuenta las siguientes variables existentes en el mundo real:

- Tamaño del objeto blanco
- Color del objeto blanco
- Textura de la superficie del objeto blanco
- Capacidad de bloquear el haz
- Fondo
- Entorno de la aplicación

En el mundo real, existe contaminación — polvo, humedad, residuos — que pueden asentarse en los lentes y reducir la transmisión de la luz. Además, cada objeto blanco individual puede variar ligeramente de los demás en cuanto a color, reflectividad o distancia del sensor.

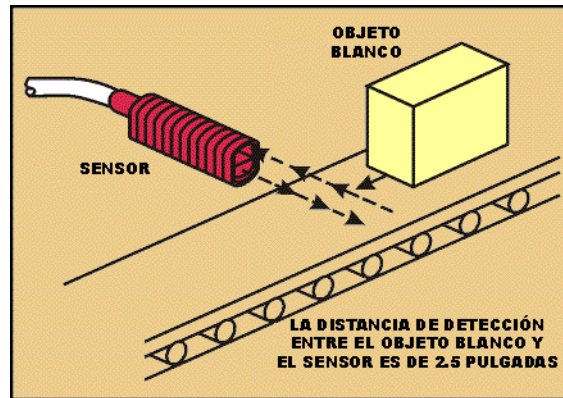
Si usted utiliza un sensor con un exceso de ganancia de exactamente 1.00, usted tiene la probabilidad de no detectar el blanco de manera confiable. Para cubrirse, **usted requiere de un sensor con el mayor exceso de ganancia posible en el rango contemplado**. Esto asegura que el sensor seguirá operando confiablemente cuando lo requiera. Conforme el nivel de contaminación empeora, se requerirá de mayor exceso de ganancia para superar la visibilidad insatisfactoria.

Aplicación del Exceso de Ganancia

¿Cómo se utiliza el exceso de ganancia a la hora de seleccionar un sensor para una aplicación?

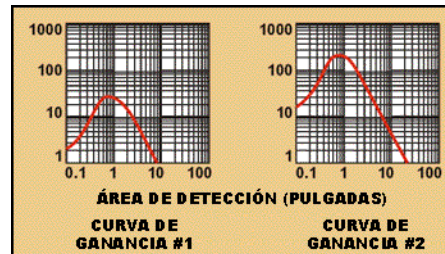
Considera una aplicación para detectar cajas en un entorno industrial. Esta área tiene una cantidad considerable de polvo volando. Las cajas pasan a aproximadamente dos a cinco pulgadas del sensor conforme se desplazan a lo largo de la banda transportadora en la ubicación de detección.

Figura 89. Aplicación Típica de Detección Fotoeléctrica



Usted debe seleccionar uno de dos sensores fotoeléctricos de reflexión difusa cuyas curvas de exceso de ganancia aparecen en las siguientes gráficas simplificadas.

Figura 90. Selección de Sensores



Ambos sensores tienen curvas aceptables. Sin embargo, conforme los contaminantes se asientan en los lentes de los sensores, el sensor de la izquierda fallará primero. El sensor de la derecha podría funcionar mejor aquí puesto que ofrece un mayor exceso de ganancia.

No es adecuado depender solamente de las especificaciones de rangos máximos — **busque siempre el exceso de ganancia máximo en el rango en el cual se efectúa la detección.**

La forma de determinación en el exceso de ganancia es diferente según el modo de detección. A continuación vamos a presentar cómo se determina el exceso de ganancia en cada uno de los modos.

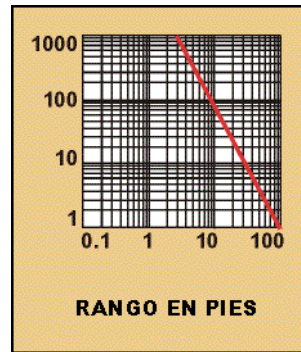
Haz Directo

El exceso de ganancia de este tipo de sensor es el más sencillo de medir. **El exceso de ganancia depende casi exclusivamente de la separación entre la unidad de fuente y la unidad de detector.**

Cuando se implementa el exceso de ganancia para una aplicación, empiece con la gráfica de exceso de ganancia 1000 para el sensor de haz directo. Considere después:

- Alineación errónea de las dos unidades
- Polvo en el entorno que reduce la ganancia

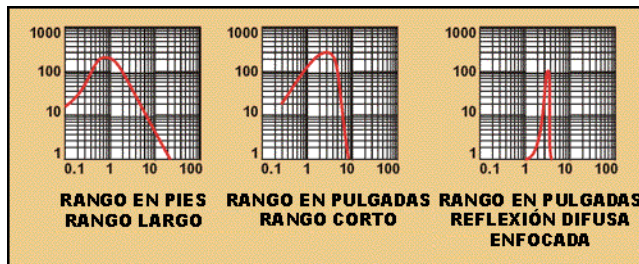
Figura 91. Curva de Ganancia Típica



Reflexión Difusa

Casi todos los sensores de reflexión difusa tienen una combinación única de lentes y ángulos de haz. Como resultado, casi todos los sensores tienen una curva de exceso de ganancia única.

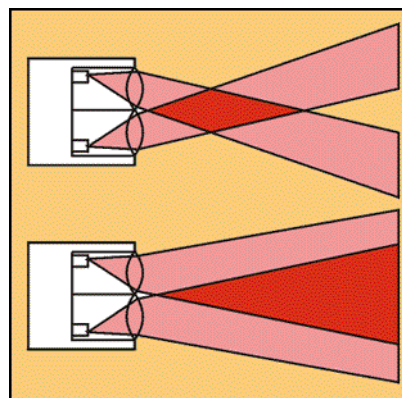
Figura 92. Rangos de Reflexión Difusa



Un sensor de rango corto proporciona un alto exceso de ganancia sobre una corta distancia de detección y baja rápidamente. El haz de fuente y el campo de vista del detector convergen a corta distancia de los lentes. La energía presente en esta área es muy alta, permitiendo la detección de blancos pequeños. El sensor ignora también objetos en el fondo cercano.

Un haz de fuente de sensor de largo rango y un campo de vista de detector están colocados cerca entre ellos en el mismo eje. La capacidad de detección se extiende a cierta distancia. **El exceso de ganancia llega a su culminación a varias pulgadas del sensor y después se reduce lentamente conforme se incrementa la distancia.**

Figura 93. Rango Corto y Rango Largo



Para detectar en orificios o cavidades, o bien para detectar objetos muy pequeños, se utiliza un sensor de reflexión difusa enfocada. O bien, un sen-

El sensor con un tamaño de punto luminoso muy pequeño. La fuente y el detector se colocan detrás del lente con el objeto de enfocar la energía hacia un punto. El exceso de ganancia es extremadamente alto en este punto y después se reduce en ambos lados de la zona de detección.

Retrorreflector

El cálculo del exceso de ganancia para un sensor retrorreflector es similar al método utilizado en el caso de los sensores de reflexión difusa.

Con este tipo de sensor, **el exceso de ganancia y el rango se relacionan a la luz que rebota del reflector**. Un rango máximo de operación depende también de la geometría del lente y de la ganancia del amplificador detector.

El haz efectivo es definido como el tamaño real de la superficie del reflector. El objeto blanco debe ser mayor que el reflector antes que el sensor pueda reconocer el objeto blanco.

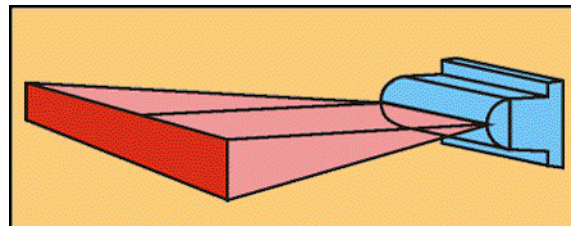
Figura 94. Haz de Sensor Retrorreflector Efectivo



Cortina Luminosa

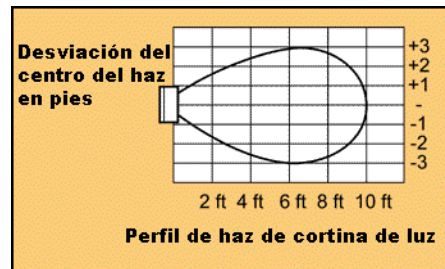
Una **Cortina Luminosa** es una cabeza de sensor retrorreflector especializada. Tiene cuatro transmisores y tiene cuatro detectores lado a lado detrás de un lente cilíndrico. La cortina luminosa emite un haz en forma de abanico que proporciona una amplia área de vista.

Figura 95. Haz Efectivo de Sensor de Cortina de Luz



La distancia del lente a la tira reflectora, junto con la longitud del reflector, sirven para definir el área de detección efectiva.

Figura 96. Gráfica del Área de Detección Efectiva



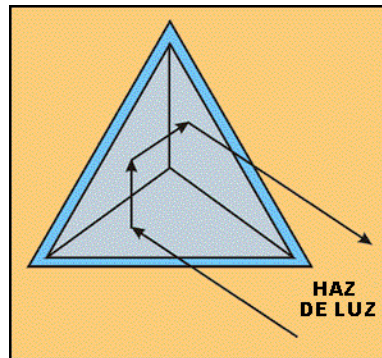
Retrorreflector de Cubo Angular

En el caso del reflector de cubo angular, el rango y el exceso de ganancia dependen de la calidad del reflector.

Los reflectores de cubo angular ofrecen el más alto retorno de señal al sensor. Los reflectores de tipo cubo tienen de 2000 a 3000 veces más reflectividad que el papel blanco.

Los reflectores de cubo angular consisten de tres lados consecutivos colocados a ángulos rectos entre ellos.

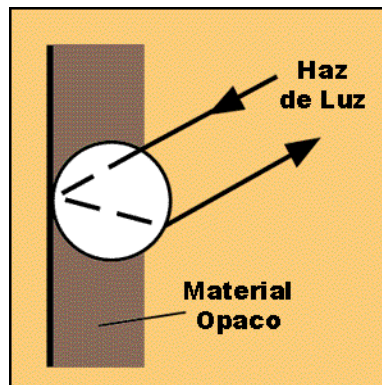
Figura 97. Un Reflector de Cubo Angular



Cuando un haz de luz entra en contacto con uno de los tres lados adyacentes, el haz es reflejado hacia el segundo lado, después hacia el tercer lado, y después de regreso a su fuente en una dirección paralela a su trayectoria de origen. Miles de estos cubos se moldean en un reflector de plástico resistente o de material vinílico.

Retroreflectores de perlas de vidrio están disponibles en forma de cinta para su utilización en surtidores para codificar paquetes en una banda transportadora. Están también disponibles en forma de hoja de tal manera que puedan cortarse al tamaño requerido. La superficie de perlas tiene típicamente un valor nominal de 200 a 900 veces la reflectividad del papel blanco.

Figura 98. Perla de Vidrio



Solamente reflectores de cubo angular pueden ser utilizados con sensores retrorreflectores polarizados. La luz devuelta de la superficie del cubo es despolarizada con relación a la luz recibida. Los reflectores de perlas de vidrio no pueden ser utilizados con sensores retrorreflectores polarizados.

Contraste

El contraste mide la capacidad de un sensor fotoeléctrico para detectar un objeto. El contraste de un sensor es la proporción entre el exceso de ganancia bajo condiciones de luz y el exceso de ganancia bajo condiciones de oscuridad. Es deseable tener una relación de 10:1. **El contraste es importante cuando un sensor tiene que detectar objetos semitransparentes u objetos extremadamente pequeños.**

Cada modo maneja el contraste de manera diferente.

Haz Directo y Retrorreflector

Estos modos son afectados por:

- La transmisividad de la luz de un objeto o superficie
- El tamaño de un objeto con relación al tamaño del haz

Difuso

Este modo es afectado por:

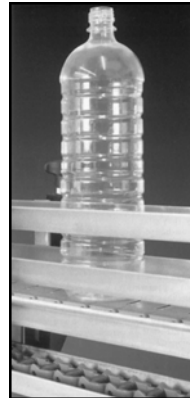
- Distancia del objeto o superficie hasta el sensor
- Color o material del objeto o superficie
- Tamaño del objeto o superficie

La aplicación ideal proporciona una relación de contraste infinita del evento de detección. Esto es el caso cuando el 100% del haz es bloqueado en modos de retroreflexión o haz directo. En el caso de la detección difusa, esto ocurre cuando no hay nada. La comprensión de la relación de contraste es un factor crítico cuando esta situación no existe, como por ejemplo cuando se detectan objetos semitransparentes. En algunos casos, puede ser necesario utilizar un sensor de bajo contraste especial diseñado para estas aplicaciones.

En Campo

Dos haces directos están a una distancia de diez pulgadas para detectar una botella de plástico semitransparente que se desliza a través de la zona de detección. Pero el sensor no está detectando la botella.

Figura 99. El Tipo Correcto de Sensor hace La Diferencia entre Una Detección Confiable y la Ausencia de Detección



Dado que el exceso de ganancia a este rango es de 100, y puesto que la botella bloquea solamente el 5% de la energía luminosa, La relación de contraste es cercana a 1 (100/95). Esto no cumple con la relación de contraste aconsejada de 10:1. El par de haces directos es simplemente demasiado potente.

La utilización de un sensor enfocado colocado a tres o cuatro pulgadas de la botella cambia las cosas. En esta zona de detección, el exceso de ganancia se encuentra entre 20 y 100. (Véase Figura 69, Gráfica de Área de Detección Efectiva).

Entorno

La lista siguiente clasifica el nivel de contaminación en un rango de entornos típicos de aplicación.

Rango	Descripción	Exceso de Ganancia Mínimo Requerido
Relativamente limpio	No se observa acumulación de polvo en lentes o reflectores	1.5 X
Ligeramente Sucio	Ligera acumulación de polvo, aceite, humedad, etc. en lentes o reflectores. Los lentes deben ser limpiados regularmente.	5 X
Moderadamente Sucio	Contaminación evidente de lentes y reflectores. Los lentes son limpiados ocasionalmente o en caso necesario.	10 X
Muy Sucio	Fuerte contaminación de los lentes. Nebulina densa, polvo, humo o película de aceite. Limpieza mínima de lentes.	50 X

Conforme usted baja por la lista, el exceso de ganancia requerido para superar la contaminación se eleva.

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Para complicar todavía más este asunto, en el caso de los modos de retrorreflector y haz directo, la fuente y el reflector pueden encontrarse en ubicaciones diferentes con diferentes niveles de contaminación.

Para uso en exteriores, el entorno puede estar dentro de un rango de ligeramente sucio a extremadamente sucio.

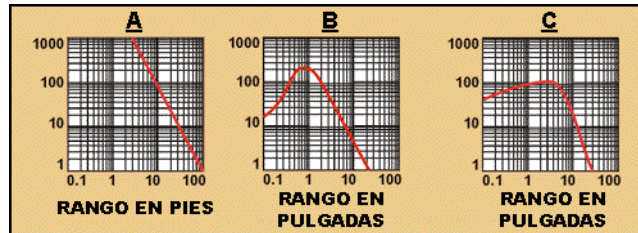
Repaso 7

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo que acaba de leer.

1. La ganancia en exceso es una medición de la potencia de detección de un sensor fotoeléctrico más allá de _____.

2. Nombre los tres factores que pueden afectar el exceso de ganancia.

3. Con base en las gráficas de exceso de ganancia presentadas abajo, ¿Qué sensor sería más indicado para una aplicación, en un entorno sucio, para un objeto blanco a una distancia de 10 pulgadas? _____



4. Casi todos los sensores de reflexión difusa tienen una curva de exceso de ganancia única puesto que casi todos los sensores tienen una combinación única de lentes y ángulos de haz.
VERDADERO FALSO

5. Solamente los reflectores tipo de cubo angular pueden ser utilizados con sensores retrorreflectores polarizados.
VERDADERO FALSO

6. El contraste no es importante cuando se detectan objetos semitransparentes.
VERDADERO FALSO

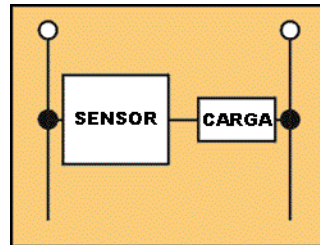
Circuito de Salida de Sensor

Como ya lo aprendió, los sensores se conectan a otros circuitos de control a través del circuito de salida. El tipo de tensión de control es un factor determinante cuando se considera el tipo de salida. Los tipos de tensión de control, ya sea CA, CD o CA/CD, pueden clasificarse ya sea como Sensor Excitado por Carga o Sensor Excitado por Línea.

Sensor Excitado por Carga

Los dispositivos excitados por carga son similares a los interruptores limitadores. Están conectados en serie con la carga controlada. **Estos dispositivos tienen dos puntos de conexión al circuito y se conocen frecuentemente como un interruptor de dos alambres.** La corriente de operación es tomada a través de la carga.

Figura 100. Sensor Excitado por Carga/Circuito de 2 Alambres



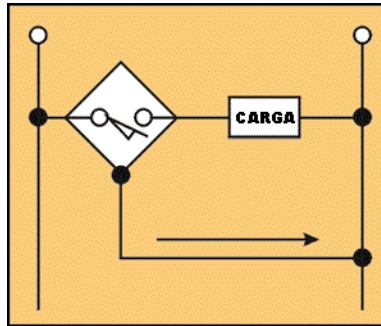
Cuando el interruptor no es operado, debe tomar una cantidad mínima de corriente de operación que se conoce como corriente de fuga de estado apagado. La corriente de fuga de estado apagado se conoce también como corriente residual. Esta corriente se utiliza para mantener activo los aditamentos electrónicos del sensor mientras “busca” un blanco. La corriente residual no es un problema para cargas tales como relevadores, arrancadores de motor, etc. (con baja impedancia). Sin embargo, cargas tales como controladores lógicos programables (con alta impedancia) requieren de una corriente de fuga de menos de 2 mA. De otra forma el PLC puede considerar que la tensión es una señal de CONEXIÓN. La mayoría de los sensores tiene 1.7 mA. Si un PLC particular requiere menos que 1.7 mA. Se agrega una resistencia de carga en paralelo a las entradas de la carga del PLC. La resistencia reduce la corriente detectada por el PLC de tal manera que no se activa de manera falsa.

La corriente requerida para **mantener el sensor cuando el objeto blanco está presente se conoce como la Corriente de Retención Mínima.** Esta corriente puede estar dentro de un rango de 3 mA hasta 20 mA, según la especificación del sensor. Si la corriente tomada por la carga no es suficientemente alta, entonces el sensor no puede operar. Sensores con una corriente de retención mínima de 4 mA o menos pueden ser utilizados con los PLCs sin problemas.

Sensores Excitador por Línea

Los sensores excitados por línea derivan su energía eléctrica de la línea y no a través de la carga. **Tienen tres puntos de conexión al circuito, y se conocen frecuentemente como interruptores de 3 alambres.**

Figura 101. Sensor Excitado por Línea/Circuito de 3 Alambres



La corriente de operación que el interruptor toma de la línea se conoce como la corriente de carga. Típicamente es de 20 mA. Puesto que la corriente de operación no pasa a través de la carga, no es un problema importante para el diseño del circuito.

Sensores de Dos Alambres

La mayoría de los sensores son dispositivos de 3 alambres pero algunos fabricantes ofrecen dispositivos de 2 alambres. Son diseñados para ser reemplazos fáciles para interruptores limitadores sin necesidad de cambiar el alambrado ni la lógica.

Puesto que los interruptores de dos alambres “roban” su energía de operación del circuito de carga, existe una caída de la tensión en el interruptor cuando está conectado (aproximadamente 7 - 9 volts en dispositivos activados con CA).

Si más que un interruptor de 2 alambres está conectado en serie con la carga, se observa una caída de tensión acumulativa en el interruptor. Cuando más que un interruptor de dos alambres está conectado en paralelo con la carga, se observa un efecto acumulativo sobre la corriente de fuga. Esta corriente de fuga en estado apagado incrementada puede provocar que un PLC reciba una señal de CONEXIÓN falsa.

Tipos de Salida

Existen tres tipos de salidas disponibles — Relevador, Triac y Transistor.

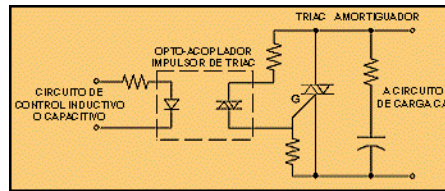
Un relevador es un dispositivo mecánico que puede manejar corrientes de carga a tensiones más altas. Esto permite que el sensor esté conectado directamente con motores, solenoides y otras cargas inductivas. **Pueden manejar cargas ya sea CA o cargas CD.**

Los relevadores son sometidos a desgaste de los contactos y acumulación de resistencia, pero la vida de los contactos depende de la corriente de carga y de la frecuencia de operaciones. Puesto que los contactos botan, pueden producir resultados erráticos con contadores, controladores lógicos programables y otros dispositivos de este tipo, a menos que se filtre la entrada a estos dispositivos. Puesto que los relevadores son mecánicos, pueden agregar de 10 a 25 milisegundos al *Tiempo de Respuesta* de un sensor.

Para la mayoría de las aplicaciones, estas limitaciones no plantean problemas o bien pueden ser fácilmente minimizadas. **Las salidas de relevadores son muy frecuentemente utilizadas con sensores.**

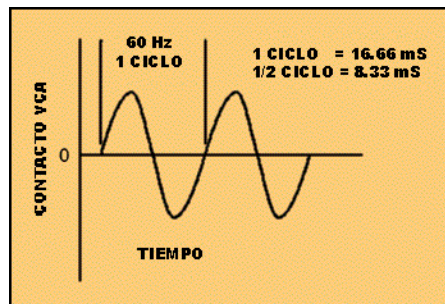
Un triac es un dispositivo de estado sólido diseñado para controlar una corriente CA. Un triac se conecta en menos de un microsegundo cuando su pata (pata de control) es excitada. Se desconecta al *Cruce de Cero* del ciclo de energía CA.

Figura 102. Circuito de Salida de Triac



Puesto que un triac es un dispositivo de estado sólido, no está sometido a las limitaciones mecánicas de un relevador. El tiempo de respuesta es limitado solamente por el tiempo que la energía CA 60 Hz requiere para efectuar un medio ciclo.

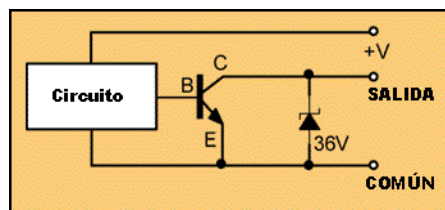
Figura 103. Ciclo de Energía Eléctrica CA



Mientras un triac se está utilizando dentro de su especificación de tensión y corriente máxima, su vida útil es virtualmente infinita. Los dispositivos triac utilizados con sensores son generalmente especificados a cargas de 2A o menos y pueden estar conectados directamente con PLCs y otros dispositivos electrónicos. Los triacs tienen algunas limitaciones en el sentido que una carga inductiva conectada directamente puede activarlos de manera errónea. Un Circuito Amortiguador puede ser utilizado para minimizar el problema. Un cortocircuito de la carga destruirá el triac, de tal manera que el dispositivo debe ser protegido contra cortocircuitos para evitar este problema.

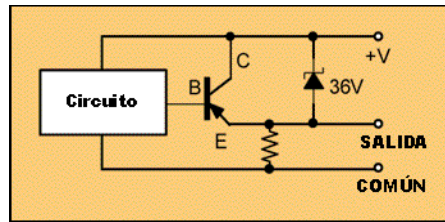
Un transistor es un dispositivo de estado sólido diseñado para controlar la corriente CD. Se utilizan más comúnmente en sensores de energía CD de baja tensión como el interruptor de salida. Se utilizan dos tipos, según la función de interrupción. Uno se conoce como **Colector Abierto NPN (Derivación de Corriente)**. El transistor de salida está conectado a la CD negativa. La corriente fluye desde la terminal positiva a través de la carga, hacia el sensor, hacia la terminal negativa. **El sensor “deriva” la corriente de la carga.**

Figura 104. Un Circuito de Salida de Transistor NPN (Derivación)



El segundo tipo es lo que se conoce como **PNP (Fuente de Corriente)**. El sensor está conectado a la terminal positiva de CD. La corriente fluye desde la terminal positiva a través del sensor, hacia la carga, hacia la terminal negativa. **El sensor “es fuente” de corriente hacia la carga.**

Figura 105. Circuito de Salida de Transistor (Fuente)



Dispositivo FET Bilateral

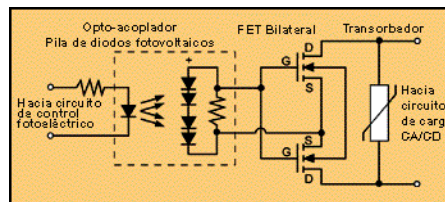
Los fotosensores tienen otro tipo de salida que se conoce como salida FET bilateral. Esta salida tiene muchas ventajas sobre los otros tipos de salidas:

- Maneja tensión CA o tensión CD
- Baja fuga en “estado apagado”
- Tiempo de respuesta extremadamente rápido
- Se conecta directamente a circuitos de TTL y CMOS (para PLCs y computadoras industriales)
- No auto-genera ruido de línea

Las siglas FET significan Transistor de Efecto de Campo en inglés, y este dispositivo puede volverse la salida más popular en el futuro debido a sus características de operación casi ideales.

La tensión aplicada a la compuerta (G) controla la resistencia de conducción entre la fuente (S) y el drenaje (D). Puesto que un FET es un dispositivo resistivo, no desarrolla una caída de tensión fija entre sus terminales como otros interruptores de estado sólido. Tampoco requiere de corriente residual o corriente de fuga para mantener los elementos electrónicos en el estado apagado.

Figura 106. Dispositivo FET Bilateral (Interruptor CA/CD)



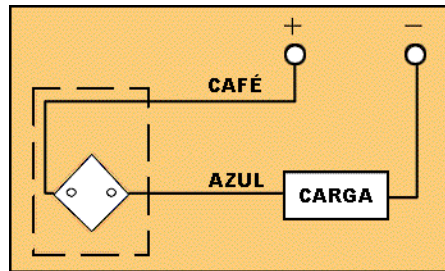
Los interruptores FET son independientes de la tensión o de la fase de la corriente y pueden ser configurados en circuitos que controlan ya sea tensiones CA o tensiones CD. En el caso de circuitos que utilizan PLCs, computadora u otros dispositivos sensibles, los FETs son buenos puesto que no generan ningún ruido de línea inducido por interrupción como lo hacen los relevadores y los interruptores de tipo triac.

Como las demás salidas de estado sólido, no pueden tolerar picos de línea o grandes corrientes irruptivas. En la ilustración mencionada arriba, un transorbador es utilizado para proteger el FET contra picos de tensión para disipar la energía en forma de calor.

Configuración de Salida

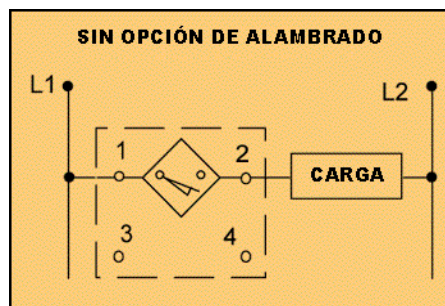
Como en otros dispositivos de control, varias configuraciones de salida están disponibles para los sensores. Salidas simples fijas ya sea un NO o un NC, son muy comunes y las salidas de tipo NO son las más comunes. Sensores de salida simple fija no pueden cambiar de configuración al otro circuito.

Figura 107. Salida Simple



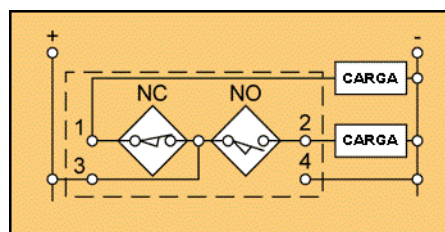
Un sensor de *Salida Programable* tiene una salida NO o NC, según la forma de alambrado de la salida al momento de la instalación. A veces, la configuración de salida se selecciona empleando un interruptor. Los sensores con salida programable están disponibles solamente como CA o CD de 2 alambres.

Figura 108. Salida Programable



Un sensor de salida complementario tiene dos salidas, 1NO y 1NC. Ambas salidas cambian de estado simultáneamente cuando el objeto blanco entra o sale del campo de detección. Estos sensores están disponibles solamente como CA o CD de 3 alambres.

Figura 109. Salida Complementaria



La lógica de salida para las configuraciones de contactos normalmente abierta y normalmente cerrada para un sensor de proximidad inductivo se muestra abajo:

Configuración de Salida	Objeto Blanco	Estado de Salida
NO	Ausente	No conductor (DESCONECTADO)
	Presente	Conductor (CONECTADO)
NC	Ausente	Conductor (CONECTADO)
	Presente	No conductor (DESCONECTADO)

Consideraciones Accesorias

La elección del circuito de control, de la utilización de salidas simples, programables o complementarias dependen de:

- Tensión disponible – ¿El circuito de control está equipado para suministrar CD? Algunos circuitos de control tienen un circuito de interfaz para sensores CD aún si la fuente principal de tensión de control es CA.
- Requerimientos de corriente de circuito de control – Si el circuito requiere de una corriente mayor que la especificación en el sensor, se puede utilizar un relevador interpuesto.
- Requerimientos de salida de aplicación.– Mientras NO es lo que se usa más comúnmente, ciertas aplicaciones pueden requerir de lógica de circuitos proporcionada por NC, o bien aún los sensores configurados como complementarios.
- Requerimientos de velocidad de interrupción – En el caso de aplicaciones que requieren de alta velocidad como por ejemplo conteo, se pueden requerir de sensores CD. Los circuitos CA son limitados por operaciones por segundo (debido a la onda sinusoidal CA), y son típicamente más lentos que los circuitos CD.
- Dispositivo lógico conectado – Probablemente, el factor más importante para el circuito de sensor y la configuración de salida es el dispositivo al cual el sensor estará conectado. Qué tipo de entrada puede aceptar el PLC, contador, relevador, etc. es el factor determinante para la selección de la salida de sensor.

Otras consideraciones son si el sensor necesitará de indicación LED de su estado y si requerirá de protección contra cortocircuitos, protección contra polaridad reversa o terminación de alambre.

Lógica de Interrupción

Funciones de Lógica de Salida

Las salidas de dos o más sensores pueden estar alambradas juntas en serie y paralelo para llevar a cabo funciones lógicas. Factores que requieren de tomarse en cuenta, sin embargo, son una corriente de fuga excesiva o una caída de tensión y retroalimentación inductiva con sensores que reciben energía eléctrica de línea. Por estas razones, conexiones en serie y paralelo para funciones lógicas no se efectúan comúnmente. Es habitualmente más fácil conectar directamente a una entrada de PLC y efectuar las funciones lógicas a través del programa del PLC.

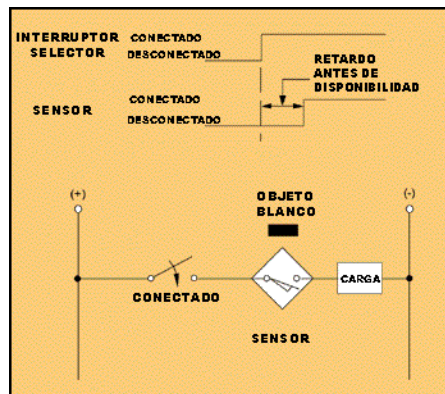
Tiempo de Respuesta de Salida y Velocidad de Operación

Los sensores fotoeléctricos, inductivos y capacitivos pueden operar a una velocidad considerablemente mayor que un interruptor limitador, por lo que son mejores opciones para operaciones de alta velocidad tales como conteo o clasificación. El tiempo que se requiere para responder, su velocidad de operación, se basa en varios factores. A continuación vamos a presentarlos.

Cuando un sistema es excitado, el sensor no puede operar hasta que los elementos electrónicos estén "excitados a su nivel de operación". Esto se conoce como el **tiempo requerido antes de la disponibilidad**.

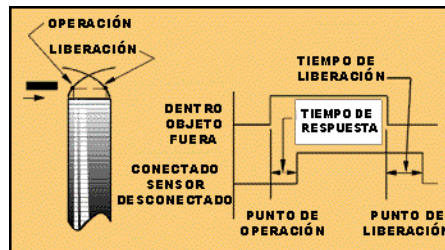
En el caso de sensores CA, este retardo es típicamente de 35 milisegundos hasta 100 milisegundos. En el caso de un sensor CD, el retardo es típicamente de 30 milisegundos.

Figura 110. Retardo Antes de Disponibilidad



Una vez que el objeto blanco penetra en el rango de detección y que el detector provoca que la salida cambie de estado, pasa un cierto lapso de tiempo. Esto se conoce como el **tiempo de respuesta**. En el caso de un sensor CA, este tiempo de respuesta es habitualmente inferior a 10 milisegundos. Los dispositivos CD responden en microsegundos.

Figura 111. Tiempo de Respuesta y Tiempo de Liberación para un Sensor de Proximidad Inductivo



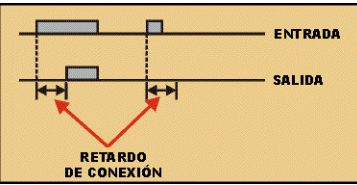
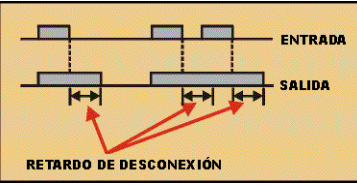
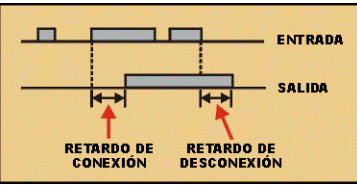
De manera similar, cuando el objeto sale del campo de detección, se requiere de un cierto retardo antes que el interruptor sea restaurado al estado de DESCONEJÓN. Esto se conoce como el *Tiempo de Liberación*. Un sensor CA se libera típicamente en un ciclo (16.66 milisegundos) y dispositivos CD habitualmente en 3 milisegundos o menos.

Con el objeto de lograr apropiadamente operaciones de alta velocidad, existen algunos principios básicos que deben ser aplicados. Además de la respuesta del sensor y de los tiempos de liberación, existe un retardo similar para operar la carga. Esto se conoce como **tiempo de respuesta de carga**. Los tiempos totales combinados se conocen como **tiempo de respuesta del sistema**. De manera similar, existe un **tiempo de liberación de carga** y un **tiempo de liberación de sistema** cuando el objeto sale del campo de detección. Con el objeto de asegurar la confiabilidad y repetibilidad, el objeto debe permanecer en el campo de detección durante un lapso suficientemente grande para permitir que la carga responda. Esto se conoce como **tiempo de permanencia**.

Modos de Temporización de Salida

Cuando un sensor es operado sin un módulo lógico, la salida es generada durante el tiempo en el cual el objeto es detectado. Algunos sensores están disponibles con un módulo lógico que permite ajustar las funciones de temporización.

A continuación se presenta cada una de las funciones lógicas, según lo ilustrado en la tabla siguiente.

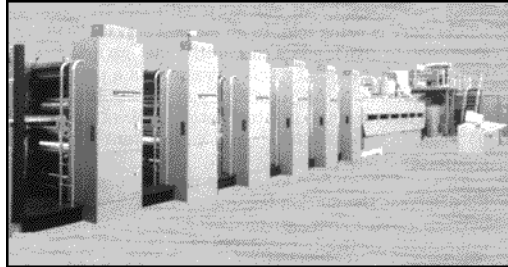
Modo de Temporización	Descripción	Ilustración
Lógica de Retardo de CONEXIÓN	Esto permite que la señal de salida se conecte solamente después que el objeto blanco ha sido detectado durante un período predeterminado de tiempo. La salida se desconecta tan pronto como el objeto sale del rango. El retardo de CONEXIÓN es útil en el llenado de recipientes o detección de atascamiento puesto que el sensor no se activará en falso cuando los objetos pasan en flujo normal.	<p>Figura 112.</p> 
Lógica de Retardo de DESCONEJÓN	Para aplicaciones en las cuales existe un problema con pérdida de señal en el sistema, esta función conecta la salida cuando se detecta el objeto, y después mantiene la señal CONECTADA durante un período preestablecido de tiempo después que el objeto ya no es detectado.	<p>Figura 113.</p> 
Lógica de Retardo de CONEXIÓN/DESCONEJÓN	Esta función lógica combina ambas anteriores — la salida es solamente generada después que el objeto ha sido detectado durante un período preestablecido de tiempo, y permanecerá conectada después que el objeto ya no es detectado durante un período establecido de tiempo. El modo suaviza la salida del sensor para aplicaciones tales como detección de atascamiento, detección de nivel de llenado y guía de borde.	<p>Figura 114.</p> 

Modo de Temporización	Descripción	Ilustración
Lógica Monoestable	<p>Este tipo de lógica genera una salida de una longitud establecida independientemente del tamaño del objeto detectado. Una lógica monoestable puede ser programada para activarse en el borde delantero de un objeto blanco. Una señal de CONEXIÓN monoestable debe terminarse antes que pueda detectar otra entrada.</p> <p>Esta lógica es útil en aplicaciones que requieren de una salida de longitud específica.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 115.</p>
Lógica Monoestable Reactivable	<p>Este modo genera una salida de longitud predeterminada cuando se detecta un objeto. La secuencia se reinicializa cada vez que un objeto es detectado, y permanecerá activada durante todo el período en el cual se detecta una corriente de objetos antes que se acabe el período monoestable.</p> <p>Una lógica monoestable reactivable es útil para detectar condiciones de baja velocidad en líneas de transporte.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 116.</p>
Lógica Monoestable Retardada	<p>Combina la lógica de retardo con la lógica monoestable. La característica monoestable es retardada durante un período predeterminado de tiempo después de su detección.</p> <p>Una lógica monoestable retardada es útil cuando el control fotoeléctrico no puede ser montado exactamente en donde se está llevando a cabo la acción. Esto incluye aplicaciones tales como cabinas de pintura, hornos de alta temperatura o recipientes de secado.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 117.</p>
Lógica de Detección de Baja Velocidad	<p>Opera de manera idéntica a una lógica monoestable reactivable. Detecta velocidades que caen por debajo de un cierto nivel predeterminado.</p> <p>Además, el detector de baja velocidad tiene una característica de cerrojo integrada que cierra el sistema totalmente cuando la velocidad baja a un nivel preestablecido. Esto evita que la lógica monoestable se reactive una vez agotado el tiempo, eliminando una interrupción errática mientras el motor se está apagando.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 118.</p>
Lógica de Detección de Baja Velocidad/ Sobrevelocidad	<p>Detecta tanto condiciones de baja velocidad como condiciones de sobrevelocidad. El detector es ajustado para contar cierto número de objetos en una cantidad específica de tiempo.</p> <p>Si el sistema opera ya sea con una velocidad excesivamente alta o una velocidad excesivamente baja, Se genera una salida.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 119.</p>

En Campo

Las rupturas de papel en una prensa de impresión puede resultar en coser a mano el papel lo que requiere tiempo si no se detecta inmediatamente. Un sensor fotoeléctrico puede detectar esta condición inmediatamente y hacerlo en esta área pequeña.

Figura 120. Un Sensor Fotoeléctrico Minimiza el Tiempo Perdido para Esta Prensa de Impresión



Un exceso de ganancia importante y un corte óptico agudo asegura que se ignora la maquinaria de fondo. Mientras tanto, el papel es detectado, independientemente de textura, color o impresión.

Repaso 8

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar.

Relacione la referencia de circuito de salida con su definición.

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. La corriente requerida para mantener el sensor cuando un objeto blanco está presente _____ | A. Corriente Residual (Fuga) |
| 2. Que tiene tres conexiones (3 alambres) al circuito _____ | B. Corriente de Carga |
| 3. La corriente de operación se toma de la línea _____ | C. Excitado por Carga |
| 4. Tiene dos conexiones (2 alambres) al circuito _____ | D. Excitado por Línea |
| 5. Las iniciales que designan una salida de transistor que deriva corriente de la carga son _____ | |
| 6. Las iniciales que designan una salida de transistor que suministra corriente a la carga son _____ | |

En las preguntas 7 a 13, relacione el término utilizado para describir lo siguiente:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 7. El retardo de un sensor cuando el sistema es activado para comenzar _____ | A. Tiempo de Liberación |
| 8. El período durante el cual la detección de objeto blanco y el detector que provoca el cambio de salida al estado de CONEXIÓN _____ | B. Tiempo de Permanencia |
| 9. El período durante el cual el objeto blanco sale del rango de detección y la salida cambia al estado de DESCONEXIÓN _____ | C. Lógica de retardo de CONEXIÓN |
| 10. El período durante el cual el objeto blanco debe permanecer en el rango para permitir que la carga responda _____ | D. Lógica monoestable |
| 11. El módulo lógico que permite la salida de una señal solamente después de la detección de un objeto blanco durante un período preestablecido de tiempo _____ | E. Tiempo antes de disponibilidad |
| 12. Un módulo lógico que permite que la señal de salida sea mantenida CONECTADA durante un período preestablecido de tiempo _____ | F. Lógica de retardo de DESCONEXIÓN |
| 13. Módulo lógico que permite que la señal de salida tenga una longitud específica independientemente del tamaño físico del objeto blanco o del tiempo de detección _____ | G. Tiempo de respuesta |

Especificaciones de Gabinetes

Ubicaciones No Peligrosas de conformidad con NEMA

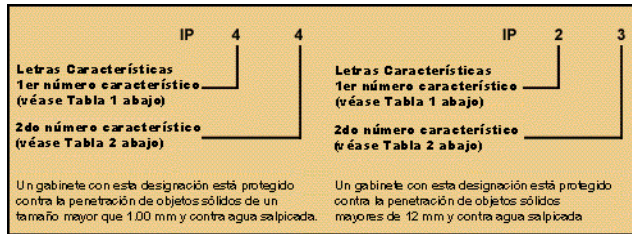
Tipo	Descripción
1	Para uso en interiores, primariamente para ofrecer un grado de protección contra contacto con el equipo en el gabinete.
3	Contemplad para uso en exteriores, primariamente para ofrecer un grado de protección contra polvo, lluvia, llovizna soplada por el aire y formación externa de hielo.
3R	Para uso en exteriores, primariamente para ofrecer un grado de protección contra lluvia, llovizna y formación externa de hielo.
4	Para interiores y exteriores, primariamente para ofrecer un grado de protección contra polvo y lluvia soplada por el aire, agua salpicada y agua aplicada con manguera.
4X	Contemplado para uso en interiores o exteriores, primariamente para ofrecer un grado de protección contra la corrosión, polvo y lluvia soplada por el aire, agua salpicada y agua aplicada directamente con manguera.
6	Contemplado para uso en interiores o exteriores, primariamente para ofrecer un grado de protección contra la penetración de agua durante la inmersión temporal ocasional a profundidad limitada.
6P	Contemplado para uso en interiores o exteriores, primariamente para ofrecer un grado de protección contra la penetración de agua durante inmersión prolongada a profundidad limitada.
12	Contemplado para su uso en interiores, primariamente para proporcionar un grado de protección contra polvo, y líquidos no corrosivos goteando.
13	Contemplado para su uso en interiores, primariamente para ofrecer un área de protección contra polvo, agua, aceite y refrigerante no corrosivo rociado.

Ubicaciones Peligrosas de conformidad con NEMA

Tipo	Descripción
7	Para uso en interiores, en las condiciones de Clase I y Grupos mostrados, para resistir y contener una explosión interna de gases especificados, o bien para contener una explosión suficientemente como para no encender una mezcla explosiva de gas-aire en la atmósfera aledaña.
Clase I	
Grupo A	Acetileno
Grupo B	Hidrógeno, butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno
Grupo C	Monóxido de carbono, éter, etileno, sulfuro de hidrógeno, morfina, ciclopropano
Grupo D	Gasolina, benceno, butano, propano, alcohol, acetona, amoniaco, cloruro de vinilo
9	Para uso en interiores, en condiciones de Clase II y grupos mostrados abajo, para resistir y contener una explosión interna de polvos especificados, o para contener una explosión suficientemente como para no encender una mezcla explosiva de polvo-aire en la atmósfera aledaña.
Clase II	
Grupo E	Polvos metálicos
Grupo F	Negro de humo, polvo de coque. carbón
Grupo G	Polvo de grano, harina, almidón, azúcar, plásticos

Especificaciones según IEC

Especificaciones de Gabinete Ambiental según IEC — Ejemplos de Designaciones



Índice de Especificaciones de Gabinete – IEC

Tabla 1 – 1^{er} Número Característico

Protección contra contacto y penetración de cuerpos sólidos.	
0	Sin protección
1	Protección contra objetos sólidos mayores de 50 mm.
2	Protección contra objetos sólidos mayores de 12 mm.
3	Protección contra objetos sólidos mayores de 2.5 mm.
4	Protección contra objetos sólidos mayores de 1.0 mm.
5	Protegido contra polvo
6	Hermético al polvo

Tabla 2 – 2^{do} Número Característico

0	Sin protección
1	Protección contra agua goteando
2	Protección contra agua goteando con inclinación a 15 grados
3	Protección contra lluvia
4	Protección contra agua salpicada
5	Protección contra chorros de agua
6	Protección contra mares picados
7	Protección contra los efectos de la inmersión
8	Protección contra la inmersión

Glosario

Accionador	Mecanismo dentro del interruptor limitador para operar los contactos.
Acercamiento Axial	El objeto blanco se acerca al sensor directamente.
Leva	Parte de máquina que aplica una fuerza sobre el actuador de interruptor, provocando su desplazamiento.
Capacitancia	La capacidad de los aisladores para almacenar una carga eléctrica.
Amortiguamiento	Un efecto de carga debido a corrientes en remolino inducidos en la superficie de un objeto metálico blanco detectado, que provoca una reducción de la amplitud de la señal de oscilador de sensor de proximidad.
Dieléctrico	El aislador que separa las placas en un capacitor.
Diferencial	El recorrido de un vástago o actuador desde el punto en donde los contactos “establecen el contacto” hasta el punto en donde “regresan”.
Reflexión Difusa	Modo de detección en el cual el sensor rebota la luz del objeto blanco mismo.
Corriente en Remolino	Corrientes inducidas en el cuerpo de un objeto metálico por un campo electromagnético oscilante.
Integrado	Un sensor de núcleo/bobina blindado integrado en el metal aledaño. El sensor no es afectado por el metal aledaño. Se conoce también como montaje empotrado.
Exceso de Ganancia	La medición de la energía de detección de un sensor fotoeléctrico para detectar un objeto más allá de lo mínimo requerido en un entorno dado.
Ferroso	Material metálico que contiene acero, níquel o cobalto.
Fibra Óptica	Un sensor que consiste de plástico delgado o fibras de vidrio para detección en espacios muy reducidos.
Histéresis	La diferencia entre el punto de operación (en donde el blanco es detectado) y el punto de liberación (en donde el blanco ya no es detectado).
Acercamiento Lateral	El objeto blanco se acerca al sensor desde el lado.
LED	Siglas Light Emitting Diode [Diodo Emisor de Luz]. Una fuente de luz de baja energía, sin calor para sensores fotoeléctricos.
Cortina Luminosa	Una cabeza de sensor retroreflector especializados que emite un haz de luz en forma de abanico.
Sensor Excitado por Línea	Un sensor que toma su corriente de operación directamente de la línea.
Sensor Excitado por Carga	Un sensor que toma su corriente de operación a través de la carga.
Contacto Mantenido	Un contacto sostenido después de la liberación del vástago, pero puede ser reinicializado.
Corriente de Retención Mínima	La corriente requerida para sostener un sensor de estado sólido en una condición de operación.

Sensores: Interruptores Limitadores, de Proximidad, y Fotoeléctricos

Contacto Momentáneo	Los contactos regresan de la posición de operación a una posición normal cuando la fuerza de accionamiento es removida.
No Ferroso	Un material metálico que no contiene acero, níquel ni cobalto.
Normalmente Cerrado (NC)	La condición del contacto cuando el circuito no es excitado. Los contactos están cerrados.
Normalmente Abierto (NO)	La condición del contacto cuando el circuito no está excitado. Los contactos están abiertos.
NPN (Derivación de Corriente)	El sensor deriva su corriente de la carga.
Punto de Operación	El punto a una distancia a partir de la cara del sensor a la cual se detecta un objeto blanco.
Fuerza de Operación	Una fuerza en línea recta aplicada al actuador, para provocar que los contactos del interruptor pasen a la posición operada.
Sobrecorrido	El movimiento del actuador más allá de la posición de contacto sin provocar daño al interruptor.
Perfect Prox	Dos fotodetectores de rangos de detección diferentes se utilizan para detectar un objeto ignorando un fondo cercano.
Retroreflector Polarizado	Para la detección de objetos brillantes, estos filtros acondicionan la luz para evitar una señal falsa.
Contactos de Apertura Positiva	La separación de los contactos normalmente cerrados (NC) es efectuada con un dispositivo que no contiene resorte para asegurar que se pueda interrumpir una situación de soldadura de contacto luminosa. (Una característica de seguridad).
PNP (Fuente de Corriente)	El sensor proporciona la corriente a la carga.
Recorrido hasta la posición de Accionamiento	La distancia o ángulo a través del cual el actuador se desplaza antes de llegar el punto en el cual los contactos son disparados.
Salida Programable	Funciones de salida de sensor que pueden ser alambradas a la salida ya sea normalmente abierta o normalmente cerrada pero no simultáneamente.
Sensores de Proximidad	Dispositivos utilizados para detectar la presencia o ausencia de un objeto metálico utilizando un sensor de no contacto electrónico.
Punto de Liberación	El punto en el cual el objeto blanco se encuentra más allá del rango de detección del sensor.
Tiempo de Liberación	Retardo entre el momento cuando un objeto blanco alcanza el punto de liberación y la salida se restaura hasta el estado no operado.
Tiempo de Respuesta	El intervalo de tiempo a partir del momento cuando el objeto blanco alcanza el punto de operación y la salida pasa hacia el estado operado.

Retroreflexión	Modo de detección en donde el sensor rebota una luz de un reflector la cual es tomada por el detector.
Fuerza de Retorno	La cantidad de fuerza que se sigue aplicando a un vástago de interruptor o un actuador al momento en el cual los contactos pasan de la posición de operación a la posición de no operación.
Rango de Detección	La distancia de un sensor hasta el objeto blanco.
Blindada	Una bobina de sensor de rango estándar.
Circuito Amortiguador	Circuito que consiste de una resistencia y un capacitor en serie, y conectado al dispositivo.
Haz Directo	Modo de detección en donde la luz del sensor dirige el haz directamente al detector. Acercamiento básico.
No Blindado	Una bobina de rango extendido.
Cruce de Cero	El punto en un ciclo CA en donde la onda sinusoidal se encuentra en cero.

Respuestas del Repaso 1

1. presencia, ausencia
2. Interruptor Limitador, Sensor de Proximidad, Sensor Fotoeléctrico
3. electromecánico
4. proximidad inductiva
5. fotoeléctrico

Respuestas del Repaso 2

1. Cabeza de Accionamiento, Cuerpo de Interruptor, Receptáculo
2. C
3. F
4. D
5. A
6. E
7. B
8. Verdadero

Respuestas del Repaso 3

1. A. 2
B. 4
C. 3
D. 1
2. C
3. A
4. D
5. B
6. Verdadero

Respuestas del Repaso 4

1. Ferroso
2. Verdadero
3. Falso
4. Verdadero
5. Verdadero
6. Falso

Respuestas del Repaso 5

1. Verdadero
2. Sensor (o Dieléctrico), Circuito de Oscilador, Circuito de Detector, Circuito de Salida
3. Verdadero
4. Falso
5. Falso
6. Verdadero

**Respuestas del
Repaso 6**

1. Haz Directo, Retrorreflector, de Reflexión Difusa, Rechazo de Fondo (o Perfect Prox®)
2. D
3. C
4. B
5. A

**Respuestas del
Repaso 7**

1. energía requerida
2. Tamaño de objeto blanco, color, textura; Contaminación (polvo, humedad, residuos); Aplicación (distancia, fondo, reflectividad)
3. C
4. Verdadero
5. Verdadero
6. Falso

**Respuestas del
Repaso 8**

1. A
2. D
3. B
4. C
5. NPN
6. PNP
7. E
8. G
9. A
10. B
11. C
12. F
13. D