



TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles

Javier Colomer Barbera

Máster Universitario Ingeniería de Telecomunicación

M1.518 – TFM- Electrónica

Consultor: Aleix López Antón

Profesor: Carlos Monzo Sánchez

Entrega: Junio de 2018



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/es/)

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles</i>
Nombre del autor:	<i>Javier Colomer Barbera</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Aleix López Antón</i>
Nombre del PRA:	<i>Carlos Monzo Sánchez</i>
Fecha de entrega (mm/aaaa):	06/2018
Titulación::	<i>Máster Universitario Ingeniería de Telecomunicación</i>
Área del Trabajo Final:	<i>M1.518 – TFM- Electrónica</i>
Idioma del trabajo:	<i>Castellano</i>
Palabras clave	<i>Sensores, proximidad, robot</i>
Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras):	
<p>El trabajo consiste en la realización de un estudio de investigación sobre los diferentes tipos de sensores de proximidad, en este nos centramos en la descripción detallada de cada una de las tecnologías disponibles, desde los principios de funcionamiento hasta los entornos en los que sería óptima su utilización.</p> <p>Las tecnologías que se estudian son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Final de carrera ▪ Potenciómetro ▪ Sensor proximidad magnético ▪ Sensor proximidad inductivo ▪ Sensor proximidad capacitivo ▪ Sensor proximidad óptico ▪ Sensor proximidad ultrasónico <p>También se describen los diferentes tipos de cableado y señales de salida que se puede utilizar en cada uno de los sensores.</p> <p>Se concluye indicando en que caso será útil cada uno de los sensores, y que tipos de sensores pueden ser los más útiles para el funcionamiento de un robot móvil.</p>	

Abstract (in English, 250 words or less):

The project consists of carrying out a research study on proximity sensors, we focus on the description of all available technologies, review the operating principles and explaining in which environments their use would be optimal.

The technologies that are studied are the following:

- Contact breaker (switch)
- Potentiometer
- Magnetic proximity sensor
- Inductive proximity sensor
- Capacitive proximity sensor
- Optical proximity sensor
- Ultrasonic proximity sensor

Also describes the different types of wiring and output signals that can be used in each of the sensors.

In the conclusion, it is explained which technology preferred use with each of the sensors, and what types of sensors may be most useful for the operation of a mobile robot.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Resumen.....	1
1.2. Motivaciones.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.4. Planificación del TFM	3
1.4.1. Definición	3
1.4.2. Estado del Arte	3
1.4.3. Diseño e implementación	4
1.4.4. Memoria	4
1.4.5. Diagrama de Gantt.....	4
2. Estado del Arte	6
2.1. Historia de los sensores.....	6
2.2. Definiciones	6
2.3. Conceptos básicos de los sensores	8
2.4. Sensores binarios/analógicos	10
2.5. Sensores proximidad.....	11
2.6. Tipo de conexión de los sensores.....	12
3. Sensores con contacto físico	13
3.1. Finales de carrera	13
3.1.1. Descripción Funcionamiento	14
3.1.2. Características.....	15
3.1.3. Aplicaciones reales	16
3.2. Potenciómetros.....	17
4. Sensores sin contacto físico.....	19
4.1. Sensores de proximidad magnéticos	20
4.1.1. Descripción del funcionamiento.....	20
4.1.2. Características.....	21
4.1.3. Aplicaciones reales	22
4.2. Sensores de proximidad inductivos	23
4.2.1. Descripción del funcionamiento.....	23
4.2.2. Características.....	25
4.2.3. Aplicaciones reales	26
4.3. Sensores de proximidad capacitivos	27
4.3.1. Descripción del funcionamiento.....	27
4.3.2. Características.....	28

4.3.3.	Aplicaciones reales	29
4.4.	Sensores de proximidad ópticos	31
4.4.1.	Descripción del funcionamiento.....	31
4.4.2.	Sensores de barrera.....	33
4.4.3.	Sensores de retroreflexión.....	36
4.4.4.	Sensores de reflexión directa.....	39
4.4.5.	Sensores ópticos de proximidad con cables de fibra óptica	42
4.5.	Sensores de proximidad ultrasónicos.....	44
4.5.1.	Descripción del funcionamiento.....	44
4.5.2.	Características.....	45
4.5.3.	Aplicaciones reales	47
5.	Circuitos de adaptación del sensor	48
5.1.	Tipos de conexión	48
5.1.1.	Tecnología de 2 hilos.....	49
5.1.2.	Tecnología de 3 hilos.....	49
5.1.3.	Tecnología de 4	50
5.2.	Señales de salida de los sensores	51
5.2.1.	Sensores con salida binaria.....	51
5.2.2.	Sensores con salida analógica	52
5.2.3.	Sensores con salida digital.....	53
6.	Criterios de selección de sensores de proximidad.....	54
6.1.	Material del objeto	54
6.2.	Tamaño del objeto	56
6.3.	Velocidad del objeto	56
6.4.	Interferencias ambientales	56
6.5.	Clase de protección IP	57
6.6.	Forma del sensor	58
6.7.	Comparativa diferentes tipos de sensores	61
7.	Fabricantes de sensores	63
8.	Sensores óptimos para un robot móvil	64
9.	Ejemplos de robots que existen en el mercado	67
9.1.	Robot mBot.....	67
9.2.	Robot Zumo 32U4	68
10.	Bibliografía	69

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 - Símbolos sensores de proximidad.....	7
Ilustración 2 - Exactitud vs Precisión.....	9
Ilustración 3 - Sensor mecánico neumático.....	13
Ilustración 4 - Final de carrera.....	14
Ilustración 5 - Funcionamiento del interruptor.....	15
Ilustración 6 - Aplicaciones finales de carrera.....	16
Ilustración 7 - Ejemplos comerciales de finales de carera.....	17
Ilustración 8 - Funcionamiento potenciómetro lineal.....	17
Ilustración 9 - Potenciómetro lineal y rotativo.....	18
Ilustración 10 - Funcionamiento del palpador.....	18
Ilustración 11 - Sensor proximidad magnético.....	20
Ilustración 12 - Aplicaciones sensores magnéticos.....	22
Ilustración 13 - Ejemplos comerciales sensores magnéticos.....	22
Ilustración 14 - Diagrama de bloques sensor inductivo.....	23
Ilustración 15 - Funcionamiento sensor inductivo.....	24
Ilustración 16 - Sensor con Blindaje y sin blindaje.....	25
Ilustración 17 - Aplicaciones sensores inductivos.....	26
Ilustración 18 - Ejemplos comerciales sensores inductivos.....	26
Ilustración 19 - Diagrama de bloques sensor capacitivo.....	27
Ilustración 20 - Aplicaciones sensores capacitivos 1.....	29
Ilustración 21 - Aplicaciones sensores capacitivos 2.....	30
Ilustración 22 - Ejemplos comerciales sensores capacitivos.....	30
Ilustración 23 - Diagrama de bloques sensor óptico.....	31
Ilustración 24 - Sensor proximidad óptico.....	32
Ilustración 25 - Principio del funcionamiento de sensor de barrea.....	33
Ilustración 26 - Zona de respuesta del sensor de barrera.....	33
Ilustración 27 - Aplicaciones sensores de barrera 1.....	35
Ilustración 28 - Aplicaciones sensores de barrera 2.....	35
Ilustración 29 - Ejemplos comerciales sensores ópticos de barrera.....	35
Ilustración 30 - Principio del funcionamiento de sensor de retroreflexión.....	36
Ilustración 31 - Zona de respuesta del sensor de retroreflexión.....	36
Ilustración 32 - Aplicaciones sensores de retroreflexión.....	38

Ilustración 33 - - Ejemplos comerciales sensores de retrorreflexión.....	38
Ilustración 34 - Principio del funcionamiento de sensor de reflexión directa	39
Ilustración 35 - Comportamiento con diferentes ángulos de incidencia	39
Ilustración 36 - Influencia del fondo en un sensor de reflexión directa	40
Ilustración 37 - Aplicaciones sensores de reflexión directa	41
Ilustración 38 - Ejemplos comerciales sensores de reflexión directa.....	41
Ilustración 39 - Sensores de barrera con cables de fibra óptica.....	42
Ilustración 40 - Sensores de retrorreflexión con cables de fibra óptica.....	43
Ilustración 41 - Sensores de reflexión directa con cables de fibra óptica.....	43
Ilustración 42 - Diagrama de bloques sensor ultrasónico.....	44
Ilustración 43 - Principio del funcionamiento de sensor ultrasónico	44
Ilustración 44 - Evaluación del tiempo de transmisión por pulso ultrasónico.....	45
Ilustración 45 - Efecto inclinación objetos antes sensor ultrasónico.....	47
Ilustración 46 - Aplicaciones sensores ultrasónicos	47
Ilustración 47 -- Ejemplos comerciales sensores ultrasónicos	47
Ilustración 48 - Tecnología de 2 hilos	49
Ilustración 49 - Tecnología de 3 hilos	50
Ilustración 50 - Tecnología de 4 hilos	51
Ilustración 51 - Salida binaria.....	52
Ilustración 52 - Salida analógica	52
Ilustración 53 - Salida digital.....	53
Ilustración 54 - Sensores cilíndricos.....	58
Ilustración 55 - Sensores rectangulares	59
Ilustración 56 - Sensores sin cuerpo	59
Ilustración 57 - Sensores en forma de anillo	60
Ilustración 58 - Sensores en forma horquilla.....	60
Ilustración 59 - Sensores de cuerpo irregular	60
Ilustración 60 - Robot ejemplo	65
Ilustración 61 - HC-SR04.....	65
Ilustración 62 – Final de carrera y PIZZATO FR525	66
Ilustración 63 - Robot mBot.....	67
Ilustración 64 - Robot Zumo 32U4	68

1. Introducción

1.1. Resumen

En este proyecto se van a describir los principales tipos de sensores para la detección de obstáculos (*sensores de proximidad*). Estos se pueden dividir en dos grandes grupos **sensores con contacto físico y sin contacto**. Los sensores con contacto físico suelen ser finales de carreras (potenciómetros), estos necesitan del contacto con el objeto a detectar, esta restricción hace que las distancias a detectar sean relativamente cortas. En lo que respecta a los sensores sin contacto tenemos un abanico más amplio de tecnologías disponibles, como pueden ser sensores inductivos, capacitivos, ultrasónicos, magnéticos, fotoeléctricos, etcétera. Estas tecnologías permiten un rango más amplio de distancia a detectar.

A parte de la tecnología que se utiliza, también se podrá diferenciar dependiendo de la naturaleza de la señal de salida del sensor ya sea binaria (detecta obstáculo o no detecta), o analógica/digital la cual permite saber lo cerca/lejos que estas del obstáculo.

En cada una de estas tecnologías entraremos en detalle para ver sus principales características y en que escenarios es más idóneo la utilización de las mismas. Además se describirán los circuitos de adecuación de la señal para una correcta interpretación de la misma.

Para finalizar, se realizará una tabla resumen con las características de cada una de las tecnologías, junto con un apartado que enfatice que tecnologías son más idóneas para la detección de objetos en un robot móvil, teniendo en cuenta las características que debe tener un robot en tema de autonomía, consumo, dimensiones, etcétera.

1.2. Motivaciones

Hoy en día el tema de la sensorización está en un continuo crecimiento, el crear equipos inteligentes capaces de recibir sentidos (señales de los sensores), y dependiendo de estos sentidos realizar unas cosas u otras.

Esto se puede ver en la industria, con la llamada Industria 4.0, la cual consiste en sensorización, monitorización, automatización y autoaprendizaje de tareas. Pero para que esto llegue a los futuros ingenieros hay que realizar un trabajo de educación de las tecnologías, para esto en muchos institutos se están realizando robots móviles con diferentes tipos de sensores.

El objetivo principal de este proyecto es que se describan los diferentes tipos de sensores de detección de obstáculos para que sea más rápida y eficaz la elección del sensor óptimo para cada una de las situaciones.

En el ámbito personal trabajo en la industria donde interactué continuamente con máquinas herramienta, centros de mecanizado, robot, etcétera. Lo que me hace ver los sensores desde un ámbito y aplicaciones industriales, y por lo que me motiva la realización del trabajo para entender el funcionamiento teórico de cada uno de los sensores y poder tener conocimientos para una correcta elección del sensor oportuno en cada uno de los casos.

1.3. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es la creación de una guía de las diferentes tecnologías que existen en el campo de los sensores de proximidad. Este objetivo lo podemos subdividir en los siguientes subjetivos:

- Conocer las diferentes tecnologías de los sensores de proximidad
- Aprender el principio el funcionamiento de cada una de las tecnologías.
- Entender las características de cada uno de ellos y que conexiones pueden tener.

El trabajo le tiene que permitir a cualquier persona los conocimientos necesarios para poder elegir el sensor óptimo para la aplicación que quiera realizar.

1.4. Planificación del TFM

Debido a que el trabajo se ha basado en su plenitud al estudio, investigación y recopilación de información sobre los sensores la planificación del mismo se ha simplificado en gran medida, ya que si hubiéramos realizado una aplicación real deberíamos haber destinado un cierto tiempo a la creación del hardware + software, test de funcionalidad, etcétera.

La planificación del TFM se podría dividir en cuatro bloques los que al mismo tiempo corresponden con cada una de las PECs que se han requerido en la asignatura.

A continuación vamos a describir cada uno de los bloques en los que lo he dividido:

1.4.1. Definición

Una de las partes más importante del trabajo es la elección del tema sobre el que se va a realizar el mismo. Esto se realizó en este bloque, después de proponer y escuchar las propuestas del consultor. Para la elección del tema se debe de realizar un pequeño estudio de cada uno de los temas, para poder identificar cual es tema que realmente nos motiva, y nos permitirá disfrutar con la realización de este.

Una vez elegido el tema, se debe realizar un primer estudio con más profundidad sobre el tema del trabajo y así poder realizar un boceto de lo que podría ser una primera versión del índice. Además hay que identificar un conjunto de recursos que nos podrán servir para la realización del trabajo.

1.4.2. Estado del Arte

Este bloque consiste en ver que ha realizado la gente, que proyectos similares se han realizado, que aplicaciones hay en el mercado. Como es un trabajo de investigación en esta parte me he centrado en seguir investigando la teoría de los sensores y poner de una manera rápida y esquemática todo lo que se va a profundizar en la memoria.

1.4.3. Diseño e implementación

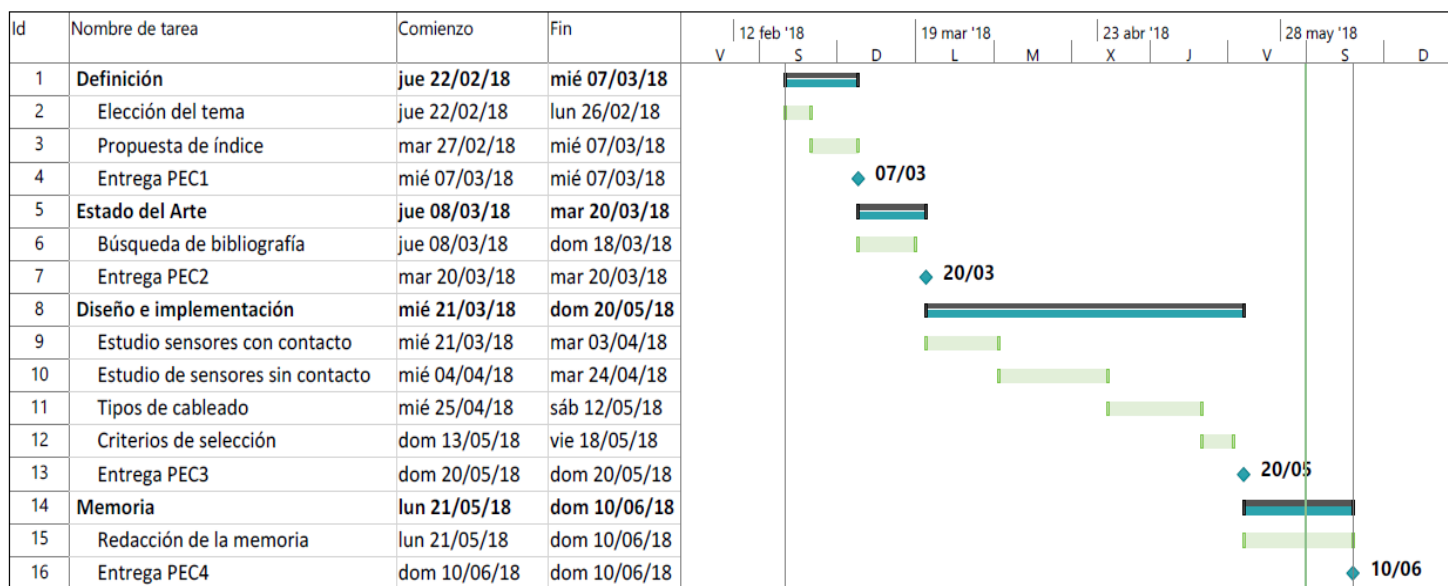
Aquí es donde se ha empleado la mayoría de los esfuerzos. Una vez estudiados con profundidad cada uno de los tipos de sensores se ha redactado el principio de funcionamiento de cada uno de ellos, con sus principales características. En esta se realizó la primera versión de la memoria, aunque esta aún estaba incompleta.

1.4.4. Memoria

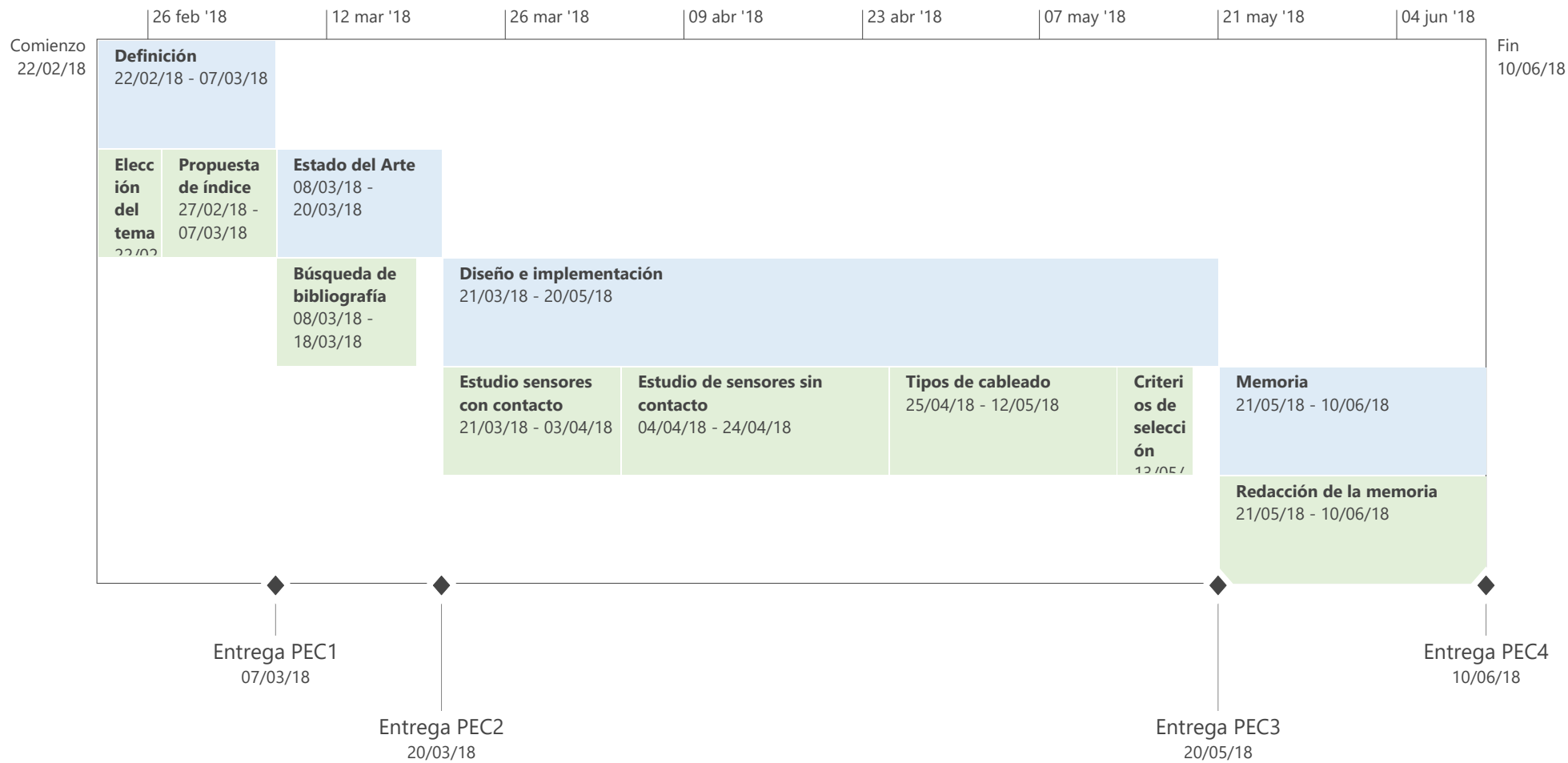
En este punto se recopila toda la información redactada hasta el momento, para aplicarle un formato correcto y poder darle forma a todos los conceptos que se han expuesto en el trabajo.

1.4.5. Diagrama de Gantt

En el siguiente diagrama de Gantt se puede ver la planificación que he descrito anteriormente y que es la que se ha seguido en la ejecución del trabajo.



También adjunto el mismo diagrama de Gantt en formato escala de tiempo:



2. Estado del Arte

2.1. Historia de los sensores

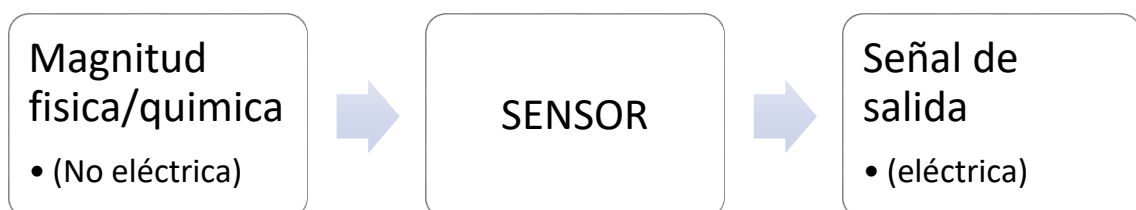
El inicio de los sensores no está muy definido en el tiempo, no tenemos información de quien creó el primer sensor de la historia, lo que sí sabemos es que desde los inicios de la humanidad las personas tenían sensaciones de calor/frío, claro/oscuro, cerca/lejos, etc. En algún momento estas sensaciones se convertirían en sensores que de manera electrónica muestren y caractericen las sensaciones anteriores.

Sí que tenemos constancia de quien y cuando se creó el primer sensor de proximidad, este fue fabricado por *Pepperl Fush* en 1958, este desarrollo un sensor inductivo. En la actualidad esta sigue siendo una compañía que está centrada en la fabricación de sensores.

Hoy en día vivimos rodeado de todo tipo de sensores, ya sea en los equipos electrónicos del hogar, como en el mundo de la industria, en ambos campos se está viendo un crecimiento exponencial de estos en lo que es llamado **IoT** o la **Industria 4.0**, la cual uno de sus campos es la monitorización del estado de la fabricación, y esta monitorización se realiza a través de sensores de todo tipo.

2.2. Definiciones

Un **sensor** es un convertidor técnico, que convierte una variable física (como puede ser distancia, temperatura, etcétera) en otra variable diferente, la cual puede ser fácilmente evaluable, normalmente suele ser una señal eléctrica, pero esta señal puede ser de otro tipo como neumática.



En primer lugar, se encontrará con varios términos para ‘sensor’ encoder, transmisor, detector, transductor e incluso emisor. Existen algunas diferencias, pero para la mayoría de las intenciones y propósitos podemos considerar que todos ellos son términos para referirse al mismo objeto. Utilizaremos la palabra “sensor” como término universal.

Los sensores de proximidad pueden determinar la presencia o ausencia de un objeto, se producen mediante una simple salida digital de encendido/apagado. También pueden proporcionar la posición a lo largo del tiempo de una manera continua mediante una señal eléctrica proporcional a la posición.

Símbolos sensores de proximidad:


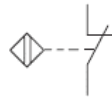

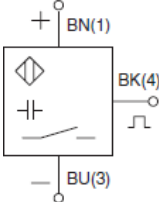
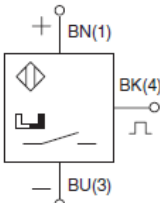
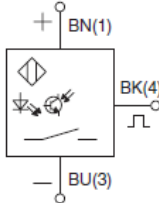
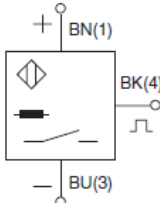
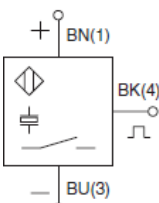
<i>Sensor</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Sensor</i>	<i>Símbolo</i>
NA (normalmente abierto)		NC (Normalmente cerrado)	
Sensor de proximidad por contacto (NA)		Sensor de proximidad capacitivo (NA)	
Sensor de proximidad magnético (NA)		Sensor de proximidad óptico (emisor y receptor) (NA)	
Sensor de proximidad inductivo (NA)		Sensor de proximidad ultrasónico (NA)	

Ilustración 1 - Símbolos sensores de proximidad

2.3. Conceptos básicos de los sensores

A continuación se realiza un repaso de conceptos básicos y características de los sensores de proximidad:

- **Campo de medida** (Alcance), es el dominio máximo de variación, es decir, la diferencia entre el valor máximo y mínimo de la escala del sensor.
- **Frecuencia de conmutación**, número máximo de veces por segundo que el sensor puede cambiar de estado cuando el objeto entre o abandone el campo de detección, se expresa en Hz.
- **Tiempo de respuesta (rapidez en la salida)**, tiempo que tarda en verse reflejada en la salida una variación en la entrada.
- **Sensibilidad**, expresa la variación de la señal de salida para un cambio en la señal de entrada. En los sensores lineales la sensibilidad es una constante, sin embargo en los no lineales, depende del rango en el que se está haciendo la medida.
- **Curva de calibración**, curva que permite conocer el funcionamiento del sensor en diferentes rangos, y permite el ajuste del mismo.
- **Error de fidelidad**, desviación máxima que cabe esperara sobre la curva de calibración y la respuesta real.
- **Interferencias**, señales a la entrada que el sistema capta aunque no son deseables para el mismo.
- **Superficie activa**, en un sensor de proximidad sin contacto, la superficie que emite el campo eléctrico y en la cual el sensor reacciona a la aproximación de un objeto.
- **Resolución**, variación mínima de la señal de entrada para que se pueda apreciar en la señal de salida.

- **Precisión**, dar el mismo resultado en mediciones diferentes ejecutadas en las mismas condiciones, este parámetro no se debe confundir con exactitud.
- **Exactitud**, diferencia del valor real y el valor teórico de la salida.

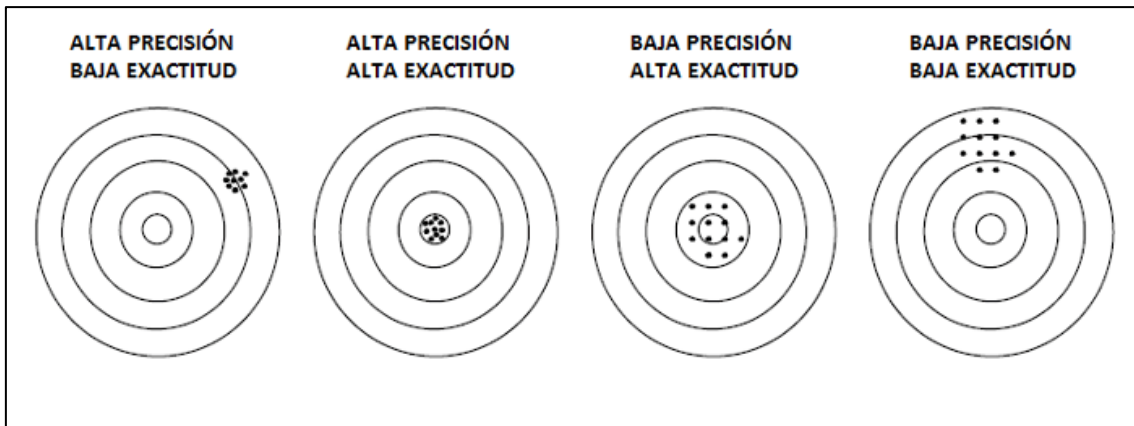


Ilustración 2 - Exactitud vs Precisión

- **Histéresis**, Diferencia entre valores de salida cuando se aplica la misma entrada.
- **Normalmente abierto (NA)**, La salida se cierra cuando detecta un objeto, y se mantiene abierta si no se está detectando ningún objeto.
- **Normalmente cerrado (NC)**, La salida se abre cuando detecta un objeto, y se mantiene cerrada si no se está detectando ningún objeto.
- **Sensor de proximidad magnético**, Dispositivo que percibe un campo magnético de un objeto.
- **Sensor de proximidad capacitivo**, Dispositivo capaz de detectar objetos basándose en los cambios de la capacidad eléctrica de un condensador en un circuito resonante RC.
- **Sensor de proximidad inductivo**, Dispositivo que crea un campo electromagnético de alta frecuencia por medio de un circuito resonante LC y que emite una señal de salida en el caso de que se cumplan ciertas condiciones de atenuación.

- **Sensor de barrera óptico**, Disposición de un sensor óptico con emisor y receptor separados, que reacciona ante la interrupción del rayo de luz dirigida desde el emisor al receptor.
- **Sensor de reflexión directa**, Un sensor de proximidad óptico cuya luz es emitida por la superficie de un objeto (difusión).
- **Sensor de retroreflexión**, Sensor en el cual la luz de un emisor óptico es reflejada por medio de un reflector (retroreflexión)
- **Sensor de proximidad ultrasónico**, Sensor capaz de ubicar la distancia a un objeto basándose en el tiempo de ida y vuelta de la onda acústica que emite.

2.4. Sensores binarios/analógicos

Dependiendo de la señal de salida de los sensores se pueden diferenciar en dos tipos de sensores:

- **Sensores binarias**, estos aportan una señal de salida de afirmación o negación, es decir, indican a la salida si detecta o no detecta, si ha alcanzado el nivel o no, únicamente son dos estados (encendido/apagado, 1/0, ON/OFF).

Ejemplos:

- Detectores de presencia (final de carrera)
 - Termostato
 - Sensores de nivel
 - Presostatos
- **Sensores analógicos**, estos aportan más grados de detalle, pudiendo parametrizar lo cerca/lejos que está el objeto, teniendo una tensión o intensidad máxima y mínima, y sabiendo los márgenes del sensor. Puede variar entre los siguientes valores:

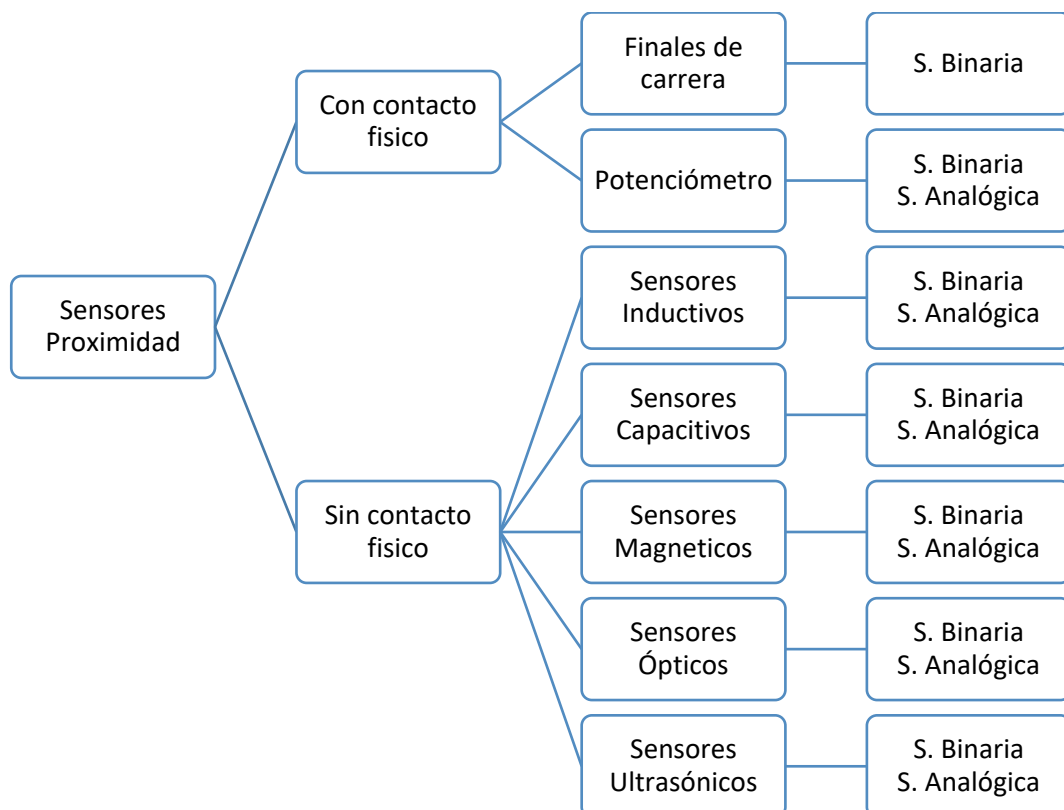
- | | |
|---------------|-----------------|
| - 0 ... +10 V | - 0 ... +20mA |
| - 1 ... +5 V | - -10 ... +10mA |
| - -5 ... +5 V | - 4 ... +20mA |

Ejemplos:

- Sensores de longitud, distancia o desplazamiento
- Sensores para movimiento rotativos o lineal
- Sensores de presión
- Sensores de peso
- Sensores de caudal
- Sensores de fuerza

2.5. Sensores proximidad

A continuación se ilustra una tabla con los tipos de sensores a estudiar, la gran mayoría de estos sensores pueden tener una salida analógica y otra binaria si se le configura el rango a partir del cual es ON y el que es OFF.



2.6. Tipo de conexión de los sensores

Hay diferentes formas de conexionado de los sensores:

- Tecnología de 2 hilos
 - NA (normalmente abierto)
 - NC (normalmente cerrado)
- Tecnología de 3 hilos
 - PNP – NA
 - PNP - NC
 - NPN - NA
 - NPN – NC
- Tecnología de 4 hilos

3. Sensores con contacto físico

Este tipo de sensores necesitan del contacto para determinar lo cerca/lejos que se encuentran de un objeto. Esta característica los limita bastante ya que en muchas aplicaciones cuando se produce el contacto ya es tarde para la correcta reacción, no permitiendo actuar con antelación. Esto limita la distancia a la cual detectamos objetos, se puede utilizar para detectar objetos a una muy corta distancia pero con alta precisión, ya que la precisión dependerá del modelo/formato del sensor.

Aunque hay una tendencia a la utilización de los sensores sin contacto, los sensores con contacto como pueden ser los finales de carrera y los potenciómetros siguen siendo los sensores de posición más comunes.

3.1. Finales de carrera

Los finales de carrera son el sensor más típico de los sensores de proximidad con contacto. Estos dispositivos pueden tener un funcionamiento mecánico, eléctrico o neumático, dependen si la respuesta que ocasiona el contacto con el obstáculo (objeto a detectar) ocasiona un respuesta mecánica (leva que realiza algún accionamiento), una respuesta neumática (provocando un cambio de presión), o una respuesta eléctrica (provocando una circulación de corriente eléctrica).

Final de carrera mecánico-neumático, se actúa sobre un circuito neumático dependiendo de la posición de la leva la cual varía dependiendo del contacto mecánico que tiene con el objeto. La ventaja de este tipo de sensores es la ausencia de contactos eléctricos y, por lo tanto, la imposibilidad de que se quemen.

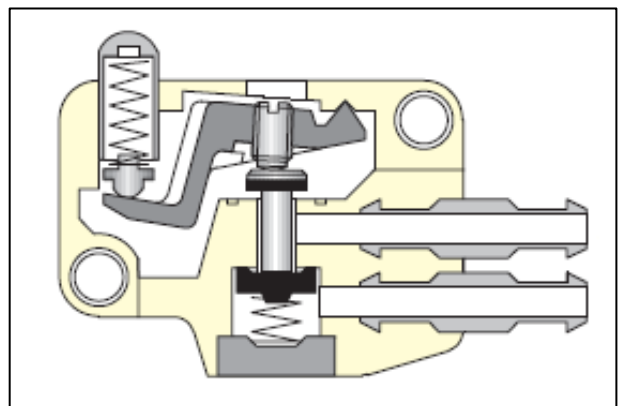


Ilustración 3 - Sensor mecánico neumático

En los siguientes apartados nos vamos a centrar en los **finales de carrera electrónicos**, los cuales aportan una respuesta eléctrica a un contacto mecánico con el objeto, es decir, el contacto cierra o abre un circuito eléctrico, dependiendo si es un NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).

3.1.1. Descripción Funcionamiento

Un **final de carrera mecánico electrónico** consta dos partes principales, una parte mecánica sobre la que hace contacto el objeto la cual desplaza una lámina de contacto que cierra o abre los circuitos electrónicos.

En la siguiente imagen se pueden apreciar cada una de las partes:

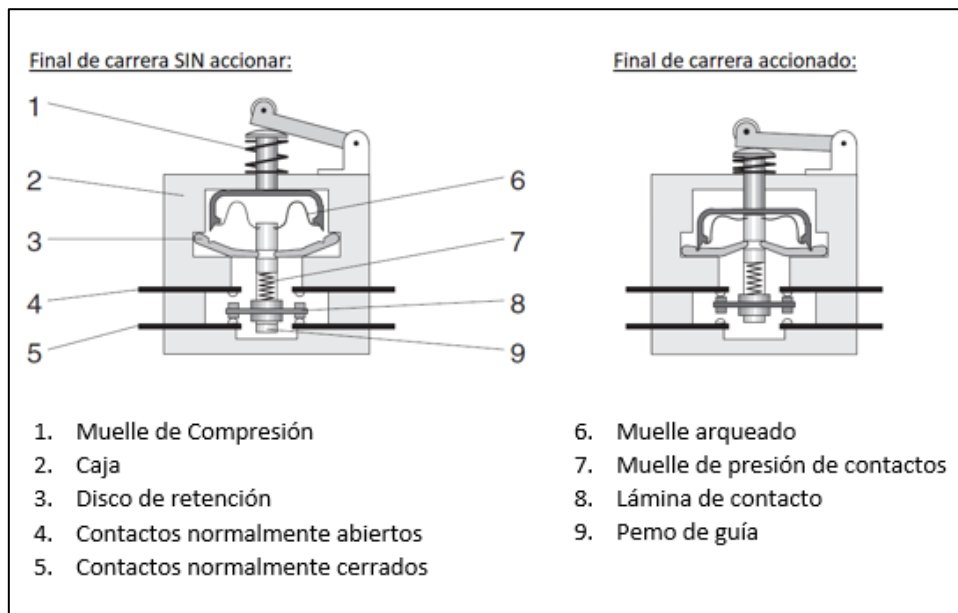


Ilustración 4 - Final de carrera

Como se puede ver en la siguiente ilustración , disponen de tres patillas: **el común**, normalmente marcado con **C**, el **NA** (*normalmente abierto*), que en posición de reposo está abierto pero que se cierra al accionar el interruptor, y el **NC** (*normalmente cerrado*), que opera al revés, cierra el interruptor en reposo y lo desconecta cuando se activa. Estos cambios se producen cuando se detecta un objeto y se presiona la parte móvil del final de carrera.

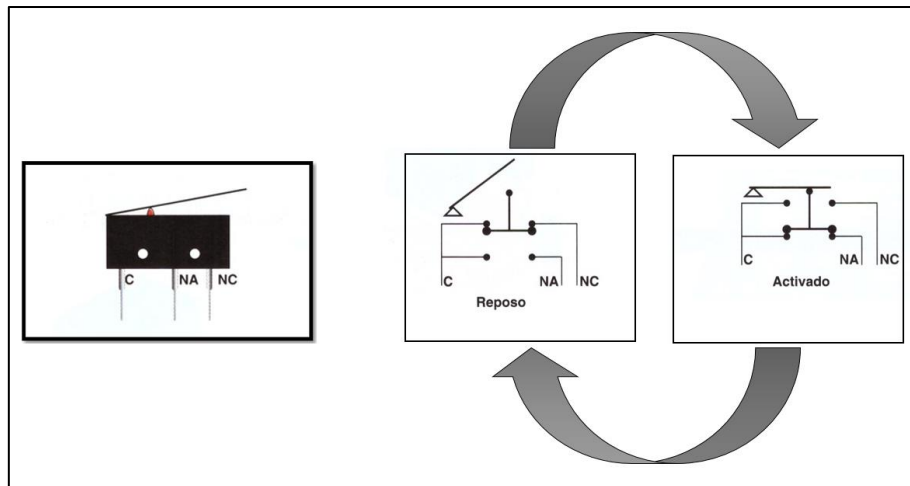


Ilustración 5 - Funcionamiento del interruptor

3.1.2. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los finales de carrera:

- **Alcance**, para poder detectar un objeto en los finales de carrera se necesita el contacto en el objeto, por lo tanto el alcance del mismo será lo largo que sea el accionador, suele ser de varias centímetros.
- **Material del objeto a detectar**, este tipo de sensores son capaces de detectar todo tipo de objetos siempre y cuando que sean sólidos, independiente de su color, volumen, rugosidad, etc.
- **Interferencias**, los finales de carrera no son sensibles a interferencias externas, no les afectan los campos electromagnéticos ni las fuentes de suciedad.
- **Vida útil**, la durabilidad de estos dispositivos suele estar limitada sobre los 10 millones de ciclos de interrupción. Estos es debido su componente mecánico.
- **Velocidad de conmutación**, el tiempo de respuesta está limitado, por lo que los tiempos de conmutación debe ser entre 1 y 10 ms como muy rápido. También se debe considerar los posibles rebotes de los contactos.
- **Precisión de conmutación** de 0.01 a 0.1 mm incluso hasta 0.001mm en algunos dispositivos.

- **Respuesta binaria**, los finales de carrera por su propio funcionamiento tienen una respuesta detecta/No detecta.

Los componentes más importantes son sus contactos. Los materiales más utilizados para los contactos son: níquel-oro, oro fino, plata, óxido de plata-cadmio, plata-paladio y níquel-plata. Haciendo una correcta elección de los materiales del contacto, es posible alcanzar unas condiciones que permitan mejor rendimiento del final de carrera.

3.1.3. Aplicaciones reales

Los finales de carrera se utilizan en infinidad de aplicaciones en el ámbito industrial y doméstico, por ejemplo en el ámbito doméstico se puede instalar en una puerta para verificar que está cerrada o abierta, y poder detectar aperturas de la misma, también se utiliza determinar la altura ubicación de un ascensor. En la industria se puede aplicar sobre una cinta transportadora para detectar un objeto ha llegado al final, o sobre unos ejes donde se mueve una mesa poder detectar que está en el tramo final de la mesa.

También se utiliza como medida de seguridad en algunas aplicaciones que están comandadas por encoders, los cuales tienen un final de carrera de seguridad, el cual ocasiona una parada de emergencia ya que aunque el encoder esté dando calores correctos estas llegando a una zona que no debe invadir.

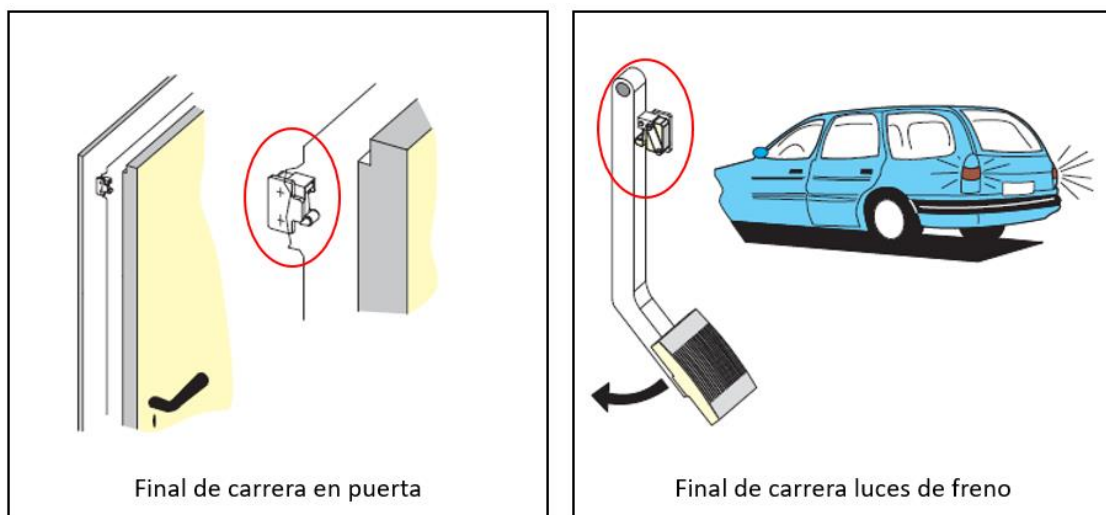


Ilustración 6 - Aplicaciones finales de carrera

En la siguiente imagen se pueden ver ejemplos de sensores reales: *a*, *b* y *c* son sensores mecánico-eléctricos y el *d* mecánico-neumático.

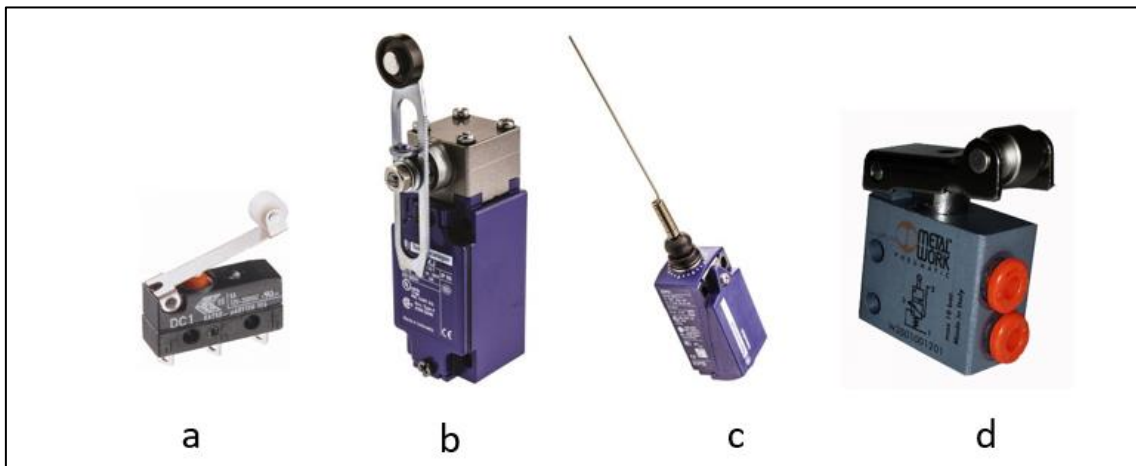


Ilustración 7 - Ejemplos comerciales de finales de carrera

3.2. Potenciómetros

Los potenciómetros son transductores de distancia y posición con contacto y rozamiento.

La medida se obtiene mediante el deslizamiento de unas escobillas sobre una resistencia, en función del punto donde se encuentre, dará un valor proporcional en resistencia. Ha esta escobilla conectaremos el objeto a detectar y con el movimiento del objeto se realizará la variación de la resistencia.

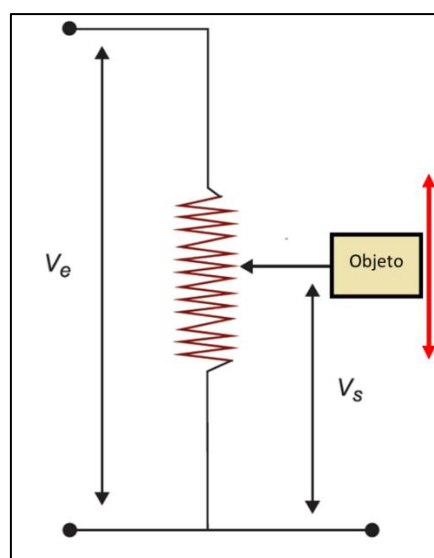


Ilustración 8 - Funcionamiento potenciómetro lineal

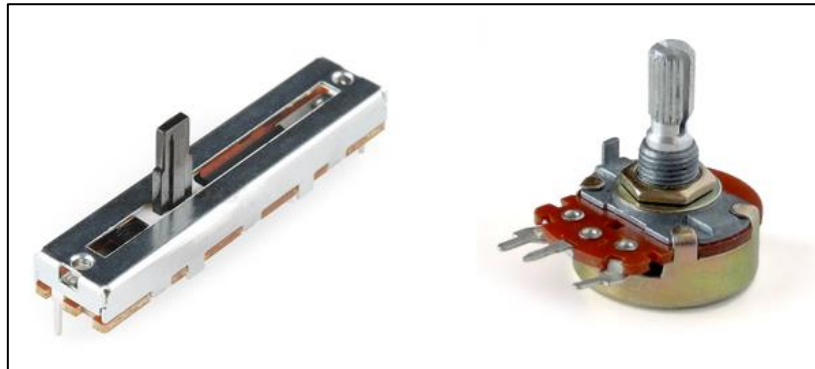


Ilustración 9 - Potenciómetro lineal y rotativo

Otra manera de llamarlos es como palpadores, y no se utilizan como sensores en sí mismo, pero se podrían utilizar. Estos normalmente son utilizados como dispositivos de alta precisión para acotar las medidas/dimensiones de un objeto en calibres, la precisión de los mismos suele llegar hasta la micra. También son muy utilizados en los tornos, fresas, CNC, máquina herramienta, etc.

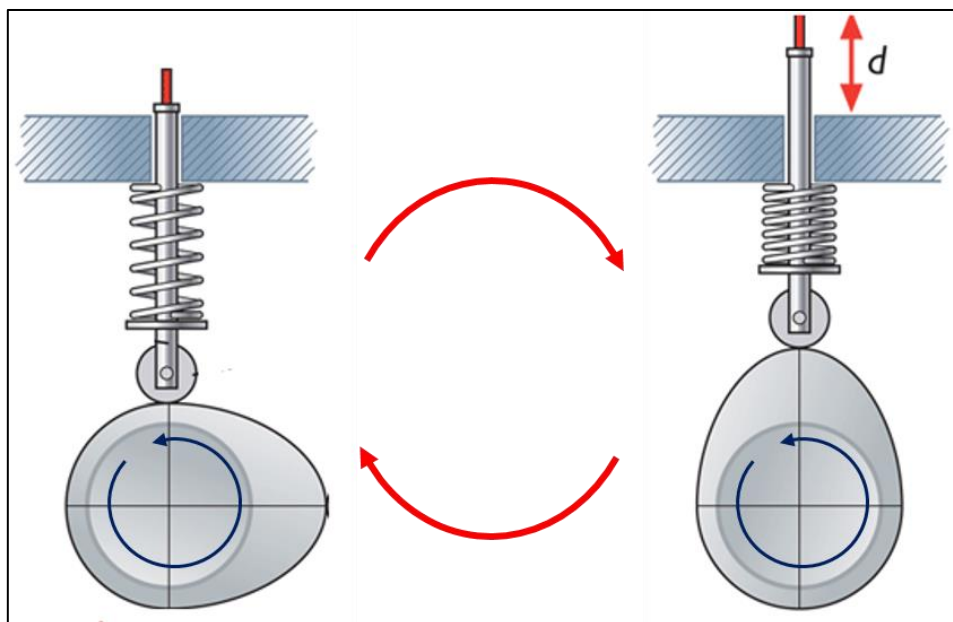


Ilustración 10 - Funcionamiento del palpador

4. Sensores sin contacto físico

Los sensores de proximidad sin contacto físico son los más utilizados tanto en la industria como en el ámbito doméstico. Estos permiten detectar la presencia de un objeto a una cierta distancia, dependiendo de la tecnología que utilicemos la distancia de detección será mayor o menor.

Muchos de estos sensores se pueden programar para que tengan un funcionamiento binario, es decir, detectan objeto o no detectan, otros permiten que tu extraigas una salida analógica/digital con la información de lo cerca/lejos que esta el objeto.

Para el estudio de estos sensores vamos a realizar un apartado para cada una de las principales tecnologías de detección.

- Sensores de proximidad magnéticos.
- Sensores de proximidad inductivos.
- Sensores de proximidad capacitivos.
- Sensores de proximidad ópticos.
- Sensores de proximidad ultrasónicos.

4.1. Sensores de proximidad magnéticos

Los sensores de proximidad magnéticos, reaccionan ante los campos magnéticos de imanes permanentes o electroimanes. El método más simple y usual de detectar un campo magnético es utilizar un **interruptor reed**. Dos laminillas flexibles de material magnético se unen por medio de un campo magnético externo, estableciendo un contacto eléctrico.

4.1.1. Descripción del funcionamiento

Los sensores magnéticos constan de un sistema de contactos cuyo accionamiento vendrá ocasionado por la influencia de un campo magnético. Los contactos se cerrarán con la presencia del campo magnético provocado por un dispositivo imantado ubicado en el objeto a detectar.

En el caso de un **sensor reed**, las láminas de contacto están hechas de material ferromagnético (Fe-Ni aleado, Fe= hierro, Ni= níquel) y están selladas dentro de un pequeño tubo de vidrio.

El tubo se llena con un gas inerte, por ejemplo, Nitrógeno (gas inerte significa un gas no activo ni combustible).

Si se acerca un campo magnético al sensor de proximidad, las láminas se unen por magnetismo y se produce un contacto eléctrico, como se puede ver en la siguiente imagen:

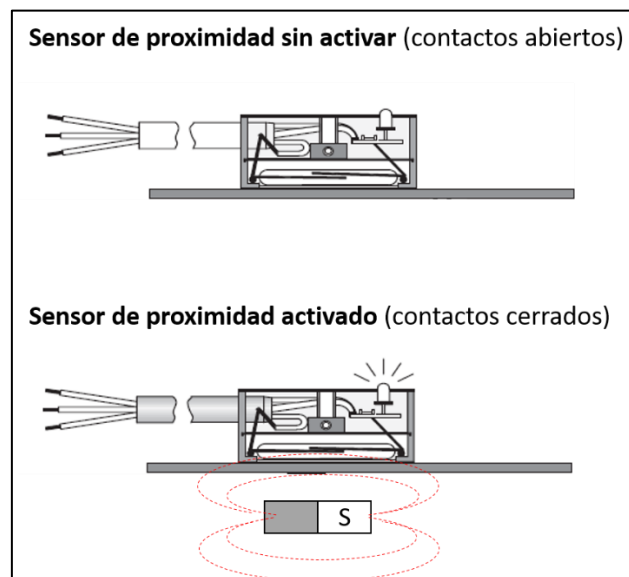


Ilustración 11 - Sensor proximidad magnético

4.1.2. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores magnéticos:

- **Alcance**, los sensores magnéticos no necesitan el contacto con el objeto detectar pero sí que necesitan estar bastante cerca, el alcance máximo de este tipo de sensores es cercano a los 100mm.
- **Material del objeto a detectar**, únicamente pueden detectar objetos que estén imantados ya sea temporalmente o permanentemente, pero se requiere que el objeto tenga un campo magnético.
- **Interferencia magnética**, hay que asegurar que no hay interferencia magnética cerca del sensor, sino podríamos detectar falsos positivos. Si el campo magnético excede de 0.16mT (T=Tesla), sería necesario plantear el apantallar el sensor.
- **Minimizar el flujo de corriente**, en estos tipos de sensores se debe minimizar el flujo de corriente ya que estos pueden ocasionar un arco de descarga durante la conexión o desconexión y podría quemar las láminas del contacto. Como solución se suele añadir una resistencia en serie que limitaría la corriente del circuito y aumentaría la vida útil del sensor.
- **Vida útil de contacto**, hay que tener en cuenta que aunque tenga una resistencia que limite la circulación de corriente los contactos tienen una estimación de los ciclos de conmutación que pueden durar, en este caso son 5 millones de ciclos.
- **Velocidad de conmutación**, en este tipo de sensores dicho valor suele estar sobre 2ms o incluso más rápido (1000Hz- 1ms). Hay que tener en cuenta que este sistema no está exento de rebotes.

4.1.3. Aplicaciones reales

En la siguiente imagen se observa una posible aplicación de un sensor magnético donde el émbolo (pistón) de un cilindro está imantado permanentemente y cada vez que el cilindro llega a la posición que se encuentra el sensor este detectará magnéticamente la posición.

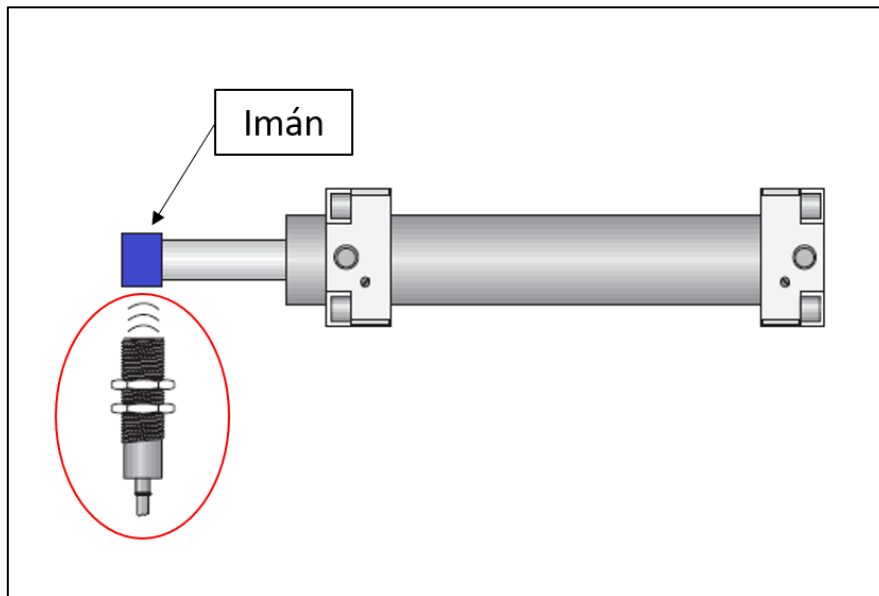


Ilustración 12 - Aplicaciones sensores magnéticos



Ilustración 13 - Ejemplos comerciales sensores magnéticos

4.2. Sensores de proximidad inductivos

Los sensores de proximidad inductivos son detectores de posición electrónicos, capaces de detectar cualquier objeto ferroso (metálico, o conductor eléctrico) a una cierta distancia sin necesidad de contacto. En el caso de los sensores magnéticos el elemento a detectar tenía que tener la fuente de magnetismo, en este caso de los inductivos el propio sensor el que emite una señal magnética.

4.2.1. Descripción del funcionamiento

El sensor emite un campo magnético hacia el exterior mediante la **bobina osciladora (1)**, esta crea un área limitada lo largo de la superficie activa del sensor de proximidad inductivo, esta zona se conoce como zona activa de conmutación. La oscilación que emite la bobina es ocasionada por el **oscilador (2)**, cuando un objeto se acerca al campo magnético, fluye una corriente de inducción (*corriente de Foucault*), debido a la inducción electromagnética. Conforme el objeto se acerca al sensor, aumenta el flujo de corriente de inducción, lo cual provoca que la carga en el circuito de oscilación crezca. Entonces, la oscilación se atenúa o decrece. El sensor detecta este cambio en el estado de oscilación mediante la **demodulación (3)** y la **etapa de disparo (4)**, y emite una señal de detección a la **salida del detector (5)**.

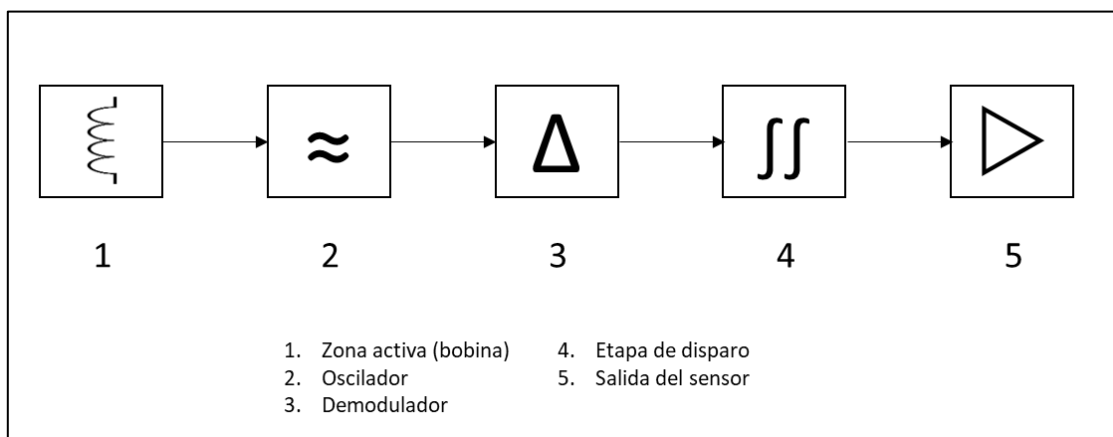


Ilustración 14 - Diagrama de bloques sensor inductivo

Cuando el objeto a detectar está ausente la amplitud de la **oscilación es máxima**. Cuando se aproxima un objeto ferroso se producen corriente de Foucault, y genera una transferencia de energía lo que se traduce en una **disminución de amplitud**. Si se elimina el objeto metálico la corriente anterior desaparece recuperando la **amplitud máxima** como se puede ver en la siguiente imagen:

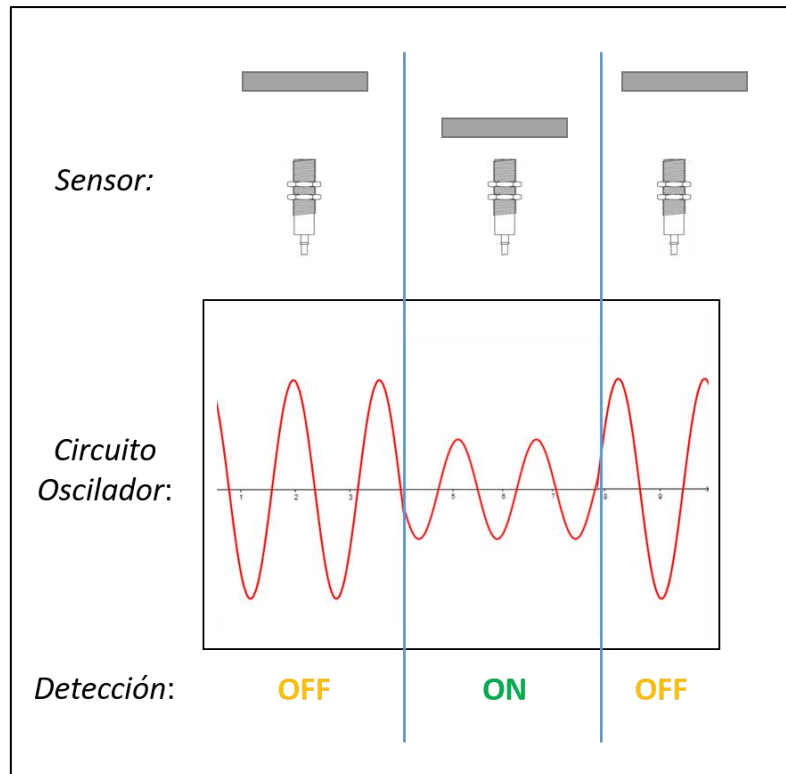


Ilustración 15 - Funcionamiento sensor inductivo

El sensor puede estar **blindado**, este limita el rango de visión del sensor a la zona del frente del sensor y resulta un campo más concentrado, esto se consigue añadiendo una banda metálica que rodee la bobina. También puede ser **no blindado**, los cuales aumentan la zona de detección del sensor.

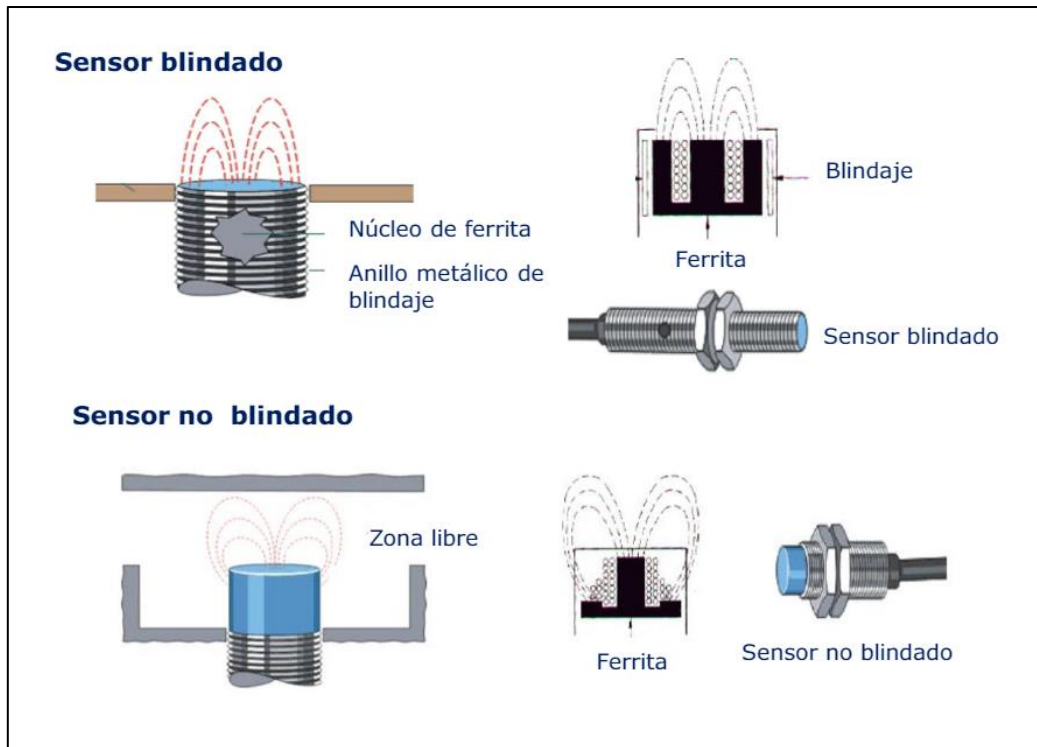


Ilustración 16 - Sensor con Blindaje y sin blindaje

4.2.2. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores inductivos:

- El **alcance** o distancia a la que se puede detectar el objeto varía entre **0.8 – 250mm**. Esta distancia depende del tamaño de la bobina, cuando mayor sea la bobina mayor distancia de detección. El material del que esté construido el receptor también afectará con el siguiente factor de reducción:

- Acero ligero: 1	- Aluminio: 0.45
- Acero inoxidable: 0.9	- Cobre: 0.4
- Bronce: 0.5	

- **Material del objeto a detectar**, el objeto que se quiere detectar tienen que tener componentes metálicos/ferrosos para que el campo magnético aplicado por el sensor tenga una respuesta en forma de corriente inducida.

- **Interferencias**, este tipo de sensor es insensible a la suciedad, pero es sensible a campos electromagnéticos cercanos, que pueden provocar interferencias y alterar el resultado.

- **Vida útil**, la durabilidad de este sensor es mucho mayor que los sensores nombrados anteriormente, como puede ser el final de carrera y el sensor magnético, esto es debido a la funcionalidad del mismo que no produce un desgaste y su vida útil no depende del número de detecciones.
- **Velocidad de conmutación**, la respuesta de este tipo de sensores es relativamente elevada, tienen una frecuencia de conmutación típica entre 10 – 5000Hz (0.1s – 0.2ms), y con un máximo de 20KHz (0.05ms).

4.2.3. Aplicaciones reales

Los sensores inductivos se aplican para la detección de piezas metálicas, se suelen emplear en aplicaciones industriales, ya que estos NO son sensibles a la suciedad, ni al aceite. Como detectan el objeto sin contacto se puede aplicar en la industria alimentaria ya que no contaminarían el producto. Permiten el contaje, analizar su posición y forma de objetos metálicos.

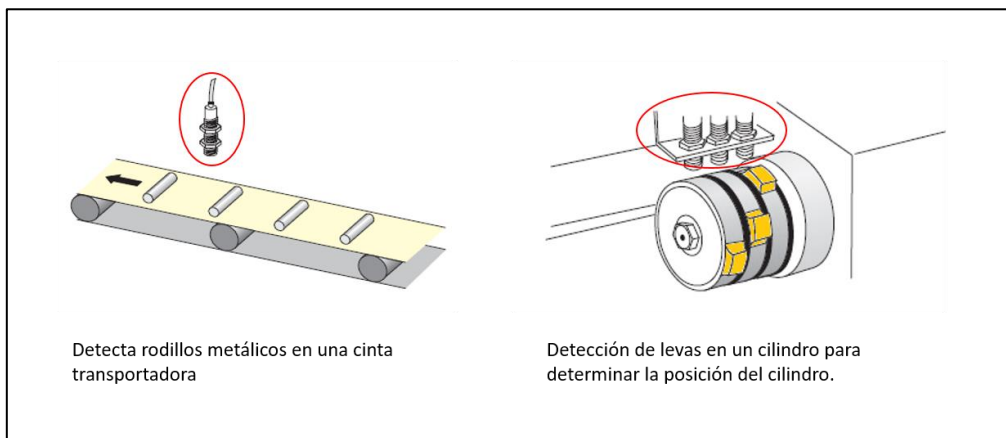


Ilustración 17 - Aplicaciones sensores inductivos



Ilustración 18 - Ejemplos comerciales sensores inductivos

4.3. Sensores de proximidad capacitivos

Los sensores de proximidad capacitivos son detectores de posición electrónicos, capaces de detectar cualquier objeto a una cierta distancia sin necesidad de contacto.

4.3.1. Descripción del funcionamiento

El principio de funcionamiento del sensor de proximidad capacitivo, se basa en un condensador como elemento activo, el cual está hecho de electrodos metálicos en forma de discos, y una pantalla metálica semiabierta en forma de vaso. Si un material metálico o no, se introduce dentro de la zona activa frente al sensor, la capacidad C del condensador cambia de valor.

En los sensores de proximidad capacitivos, un circuito resonante RC es sintonizado de tal forma que el sensor en estado inactivo hasta que se produzca un campo disperso frente a su superficie activa.

Si un objeto (metal, plástico, vidrio, agua, etcétera) interrumpe la **zona activa (1)** la capacidad del circuito resonante se altera. El **oscilador (2)** y **demodulador (3)** convierten la señal para que la **etapa de disparo (4)** detecte un cambio en la capacidad y pueda indicar que ha detectado un objeto en la **salida del sensor (5)**.

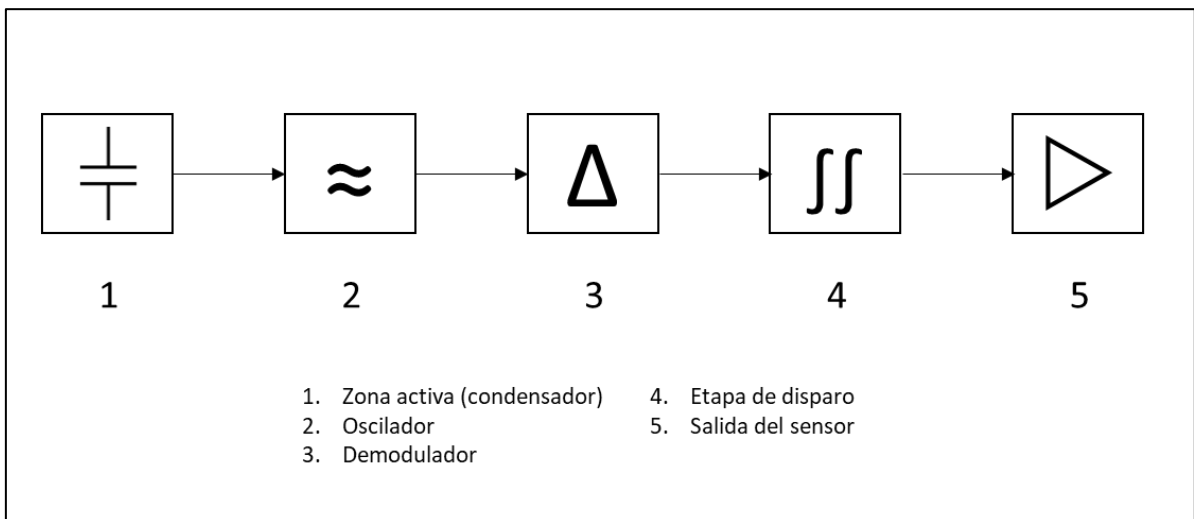


Ilustración 19 - Diagrama de bloques sensor capacitivo

El cambio de capacidad en el sensor depende de los siguientes parámetros:

- Distancia entre el objeto a detectar y la parte activa del sensor.
- Dimensiones del objeto a detectar.
- Constante dieléctrica del objeto a detectar.

La sensibilidad, distancia de detección, se puede ajustar mediante un potenciómetro en la mayoría de los sensores capacitivos. Esto permite que focalices a la distancia que te interesa detectar el objeto.

Si se introduce un objeto no conductor en la zona activa, la capacitancia se incrementa con la constante dieléctrica ϵ_r del material, en proporción a la distancia desde el electrodo en forma de disco del condensador. Cuanto menor sea la constante dieléctrica relativa de un material no conductor, menor será la distancia de conmutación.

4.3.2. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores capacitivos:

- El **alcance** o distancia a detectar depende de lo gruesa que sea la placa de metal conectada a tierra. Las distancias típicas suelen ser de 5-20mm llegando en algunas aplicaciones a 60mm.
- **Material del objeto a detectar**, permite detectar todos los objetos que tengas constante dieléctrica >1 .
- **Interferencias**, estos son sensible a la suciedad ya que esta suciedad la puede interpretar como el objeto que realmente quiere detectar y provocar falsos positivos.
- La **vida útil de este sensor es muy elevada**, ya que no existen componentes mecánicos que se puedan desgastar.
- **Velocidad de conmutación**, la respuesta de este tipo de sensores no es relativamente rápida, la frecuencia de conmutación máxima es de 300Hz (3.3ms).

4.3.3. Aplicaciones reales

Debido a que reaccionar ante una amplia gama de materiales, los sensores de proximidad capacitivos son más universales en aplicaciones que los sensores de proximidad inductivos.

Aunque en muchas aplicaciones cuando se pretende detectar un objetos metálicos se prefieren los sensores de proximidad inductivos a los capacitivos

En la detección de objetos no-metálicos, también compiten como alternativa viable los sensores de proximidad ópticos.

Los sensores de proximidad capacitivos son adecuados, por ejemplo, para supervisar los niveles de llenado en contenedores de almacenamiento. Otras áreas de aplicación incluyen la detección de materiales no-metálicos.

En el caso de tener que **detectar niveles de líquidos** a través de paredes finas de recipientes de plástico, tubos de vidrio de inspección, etc. el grueso de la pared debe estar siempre limpio de tal forma que permita al sensor de proximidad capacitivo reaccionar sólo con el propio contenido del recipiente. En la siguiente imagen se puede ver dos maneras diferentes de ubicar los sensores de proximidad capacitivos para identificar el nivel del depósito.

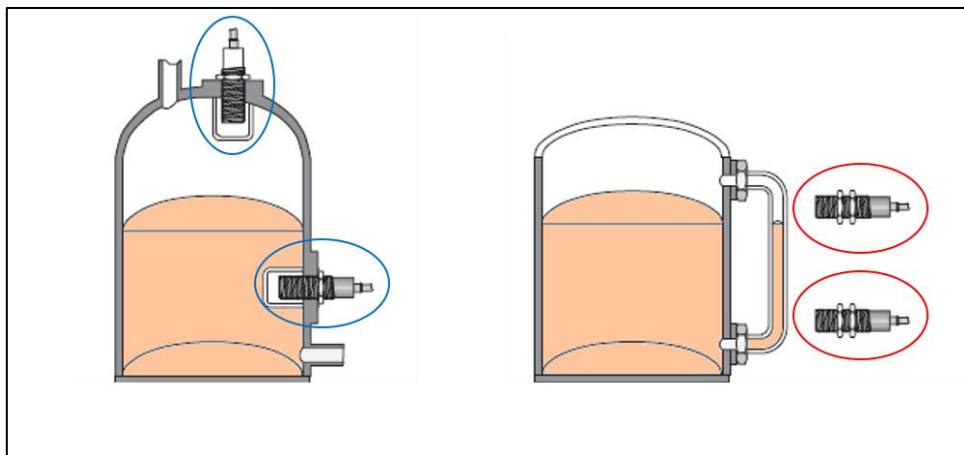


Ilustración 20 - Aplicaciones sensores capacitivos I

Otra de las utilidades principales es la verificación del volumen de llenado de contenedores o paquetes cerrados, es decir, poder verificar en el proceso que se ha introducido dentro de una caja lo que correspondía sin tener que abrirla. En la siguiente imagen se puede ver cómo se puede comprobar que hay 4 botellas de vidrio dentro sin tener la necesidad de abrir la caja.

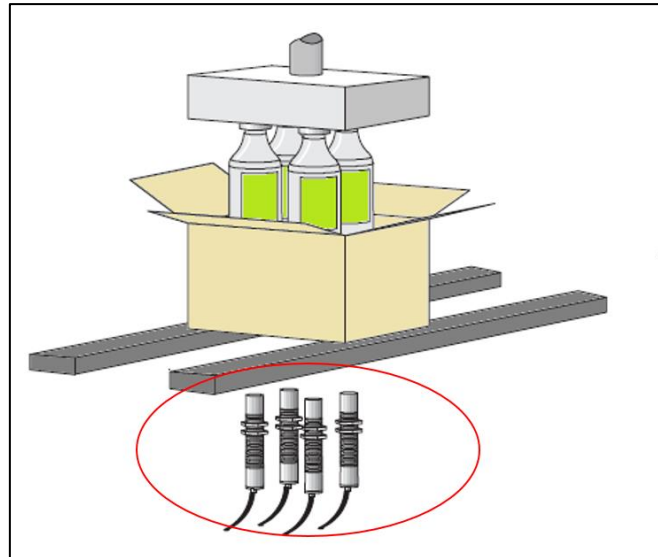


Ilustración 21 - Aplicaciones sensores capacitivos 2

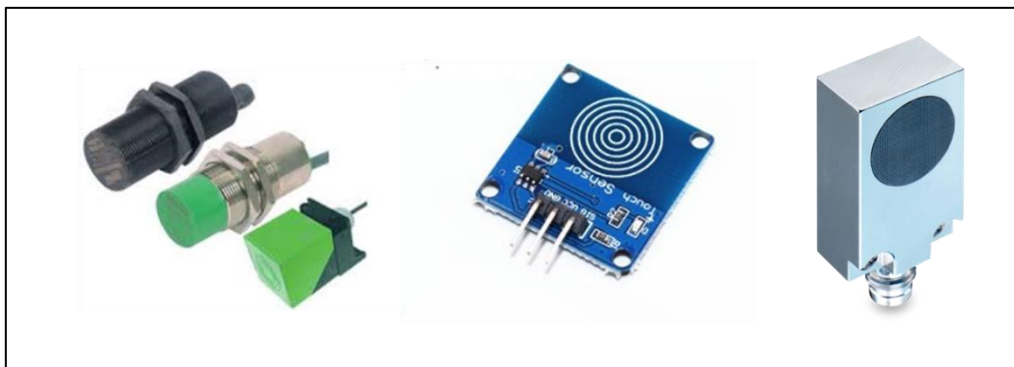


Ilustración 22 - Ejemplos comerciales sensores capacitivos

4.4. Sensores de proximidad ópticos

Los sensores de proximidad ópticos utilizan medios ópticos y electrónicos para la detección de objetos. Estos utilizan luz roja o infrarroja. Los diodos semiconductores emisores de luz (LEDs) son la fuente de luz más utilizada en este tipo de sensores, estos son pequeños y robustos, tienen una larga vida útil y pueden modularse fácilmente. Los fotodiodos y fototransistores se utilizan como elementos receptores de la señal óptica.

Cuando se ajusta un sensor de proximidad óptico, la luz roja tiene la ventaja frente a la infrarroja de que es visible. Además, pueden utilizarse fácilmente cables de fibra óptica de polímero en la longitud de onda del rojo, dada su baja atenuación de la luz.

La luz infrarroja, la cual es invisible, se utiliza en ocasiones en las que se requieren mayores prestaciones, por ejemplo, para cubrir mayores distancias. Además, la luz infrarroja es menos susceptible a las interferencias de la luz ambiente.

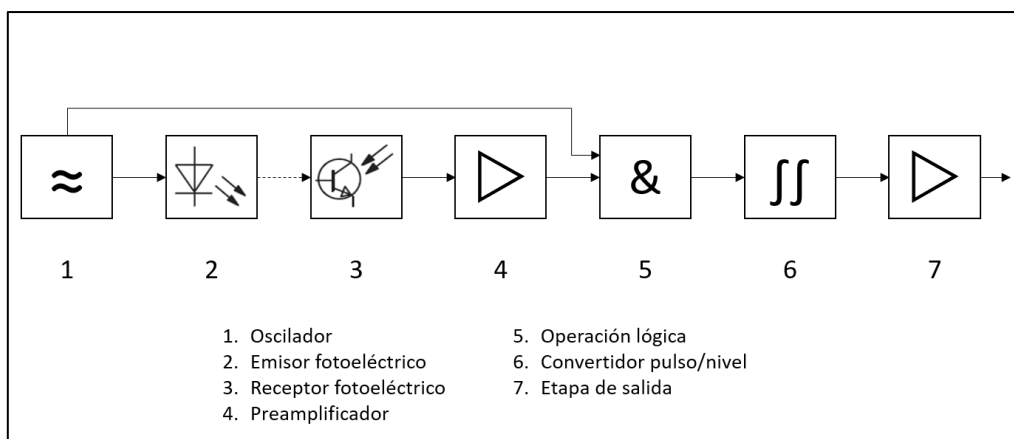


Ilustración 23 - Diagrama de bloques sensor óptico

4.4.1. Descripción del funcionamiento

Los sensores de proximidad ópticos consisten básicamente en dos elementos principales: **el emisor y el receptor**. Dependiendo del tipo y de la aplicación, se requieren complementos a estos como pueden ser los reflectores y cables de fibra óptica.

El emisor y el receptor se pueden encontrar instalados en un único dispositivo (sensores de reflexión directa y de retrorreflexión), o en dispositivos separados (sensores de barrera).

El emisor emite luz roja o infrarroja, la cual, se propaga en línea recta y puede ser desviada, enfocada, interrumpida, reflejada y dirigida. Esta luz es recibida por el receptor, separada de la luz externa, y evaluada electrónicamente.

El sensor de proximidad se monta con un apantallamiento interno. Los componentes electrónicos son encapsulados y se dispone un potenciómetro para ajustar la sensibilidad. Este suele incluir un diodo emisor de luz (LED), que luce cuando la salida está activada y sirve como verificación del funcionamiento.

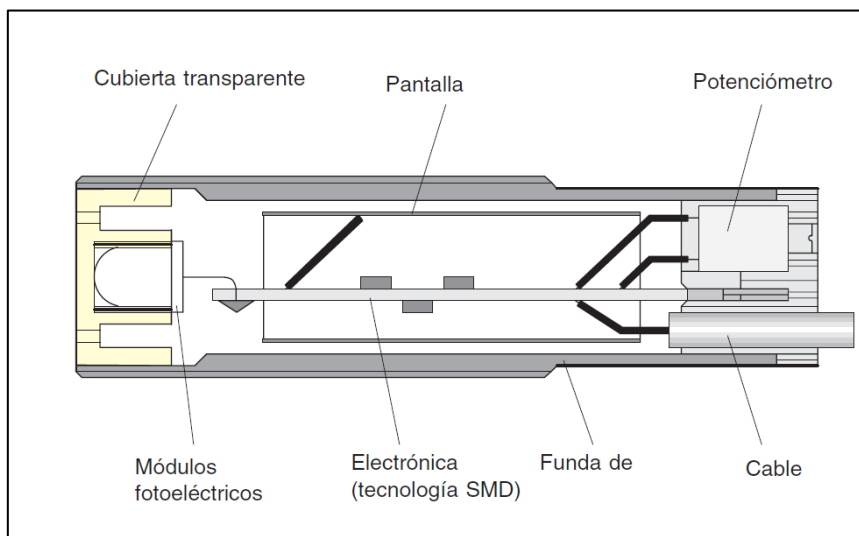
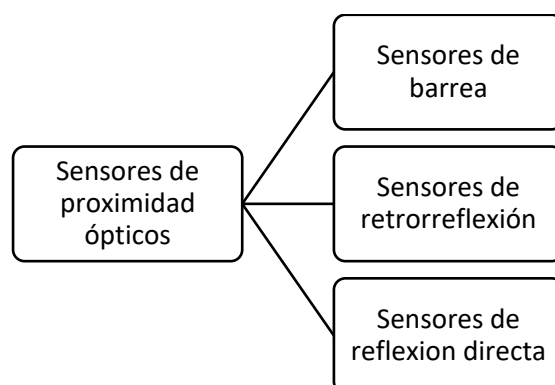


Ilustración 24 - Sensor proximidad óptico

Los sensores ópticos a menudo están expuestos a la contaminación por polvo, virutas o lubricantes durante su funcionamiento. Esta contaminación causa interferencias en la detección de objetos y puede dar falsos positivos, identificando que hay un objeto cuando solo es polvo o viruta.

A continuación se va a describir el funcionamiento de unas variantes de sensores de proximidad ópticos:



4.4.2. Sensores de barrera

Los sensores de barrera constan de dos componentes, emisor y receptor, montados en dos dispositivos separados, con los cuales pueden obtenerse amplios rangos de detección.

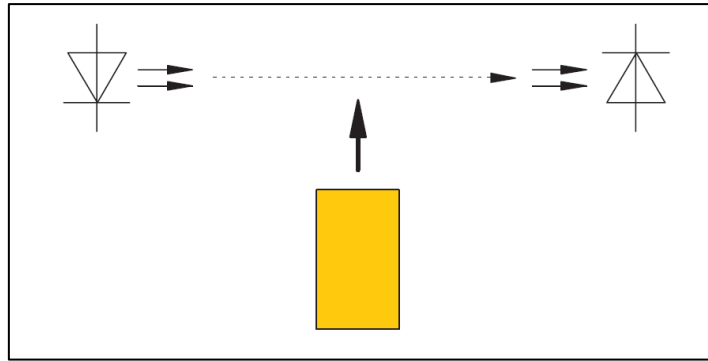


Ilustración 25 - Principio del funcionamiento de sensor de barrera

Para poder detectar la interrupción del rayo de luz, debe cubrirse la sección activa del rayo, es decir, el objeto debe cubrir la zona de respuesta del sensor ya que si este no la cubre por completo y la luz pasa el receptor, y como detecta que le llega luz no identifica que el haz se ha cortado. Sin embargo no hay problema con que refleje toda la luz emitida ya que el receptor está en el sentido opuesto.

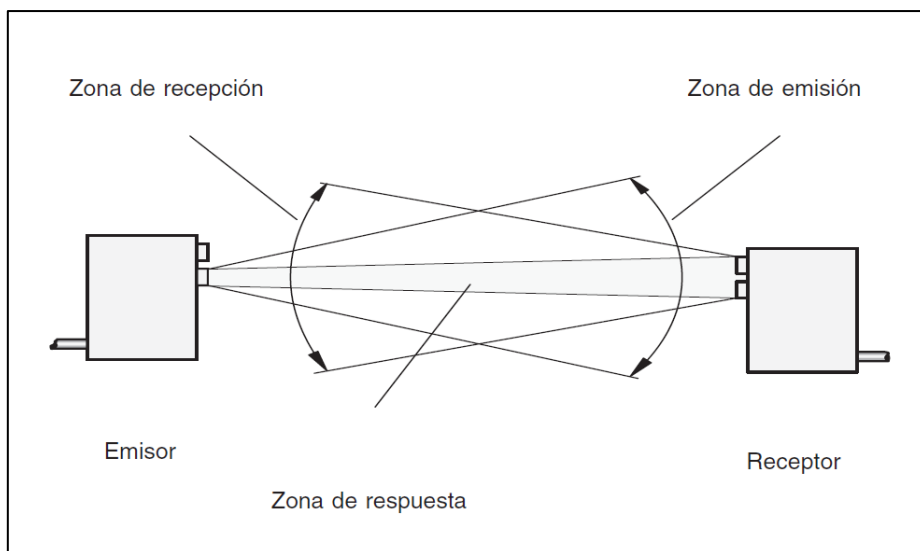


Ilustración 26 - Zona de respuesta del sensor de barrera

4.4.2.1. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores ópticos de barrera:

- El **alcance** de este tipo de sensores puede llegar hasta 100m, teniendo en cuenta que se necesita visión directa. La distancia máxima también depende de la calidad de los equipos de emisión y recepción que utilicemos. Otro factor a tener en cuenta que puede afectar es la calidad del aire.
- **Material del objeto a detectar**, puede detectar todo tipo de objetos siempre y cuando no sea muy transparente, ya que este permite que pase la luz por él y no corta el haz.
- **Interferencias**, este tipo de sensores es sensible a la **suciedad**, pero no lo es a las interferencias electromagnéticas.
- **Vida útil**, esta depende de la vida útil del emisor y del receptor pero suele ser bastante larga, aproximadamente 100.000 horas.
- **Velocidad de conmutación**, la respuesta de este tipo de sensores es elevada, la frecuencia de conmutación varía entre 20 ... 10000Hz (50 ... 0.1 ms)

Hay que tener en cuenta que esta aplicación aumenta la fiabilidad del sistema como consecuencia de la presencia permanente de luz durante el estado de reposo, es decir, un fallo de emisión se evalúa como un objeto presente.

Si utilizamos un emisor y un receptor muy direccionales se pueden detectar objetos muy pequeños incluso a largas distancias.

Algunos sistemas tienen conectados el emisor y el receptor y aunque no se corte todo el haz de luz calcula la diferencia de la luz emitida sobre la recibida y así puede detectar que hay un objeto presente aunque sea parcialmente transparente o no cubra todo el haz de luz.

4.4.2.2. Aplicaciones reales

Este tipo de sensores se utilizan como barreras de seguridad para la prevención de accidentes en prensas, máquinas de corte o acceso a celdas en las que trabajan robots, cuando el haz de luz es cortado se para inmediatamente el equipo.

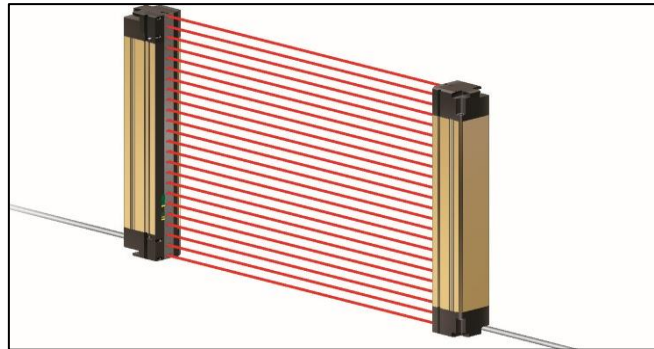


Ilustración 27 - Aplicaciones sensores de barrera 1

Otro ejemplo puede ser para determinar roturas de herramientas como el ejemplo que se muestra en la siguiente imagen:

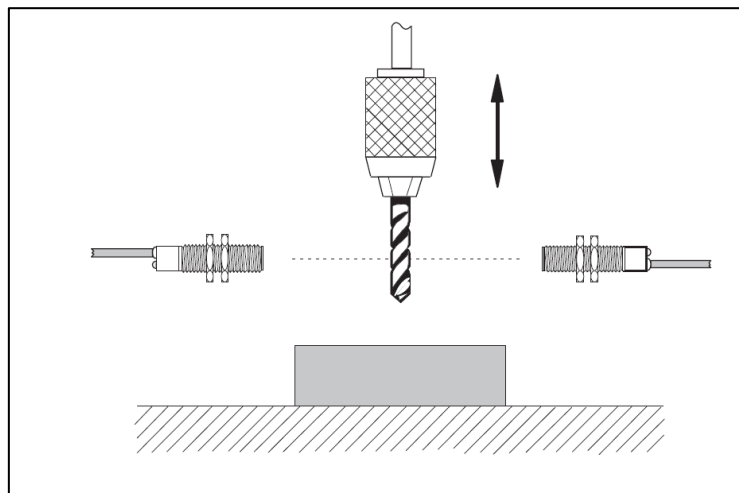


Ilustración 28 - Aplicaciones sensores de barrera 2

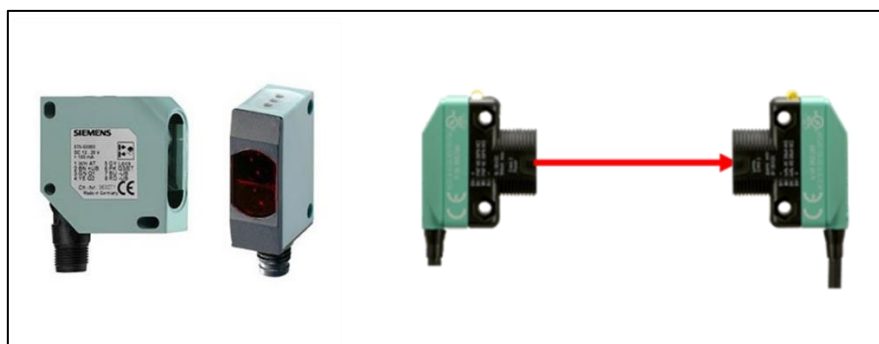


Ilustración 29 - Ejemplos comerciales sensores ópticos de barrera

4.4.3. Sensores de retrorreflexión

El emisor y el receptor de luz se encuentran instalados en el mismo dispositivo, con lo que se requiere un reflector para que pueda reflejar el rayo hacia la dirección de origen. Se evalúa la interrupción del rayo de luz reflejado.

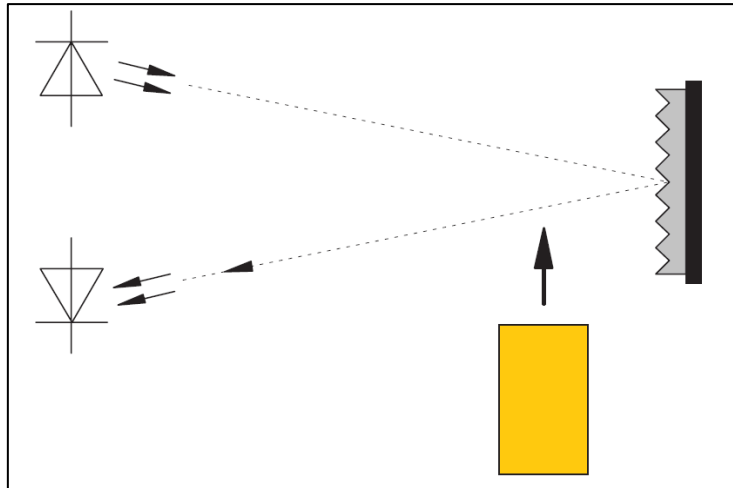


Ilustración 30 - Principio del funcionamiento de sensor de retrorreflexión

La interrupción del rayo de luz no debe ser compensada por la reflexión del objeto. En algunos casos, los objetos transparentes, claros o brillantes, pueden pasar inadvertidos.

La zona de respuesta se halla dentro de las líneas que forman el límite del borde de apertura de la óptica emisor/receptor y el borde del reflector.

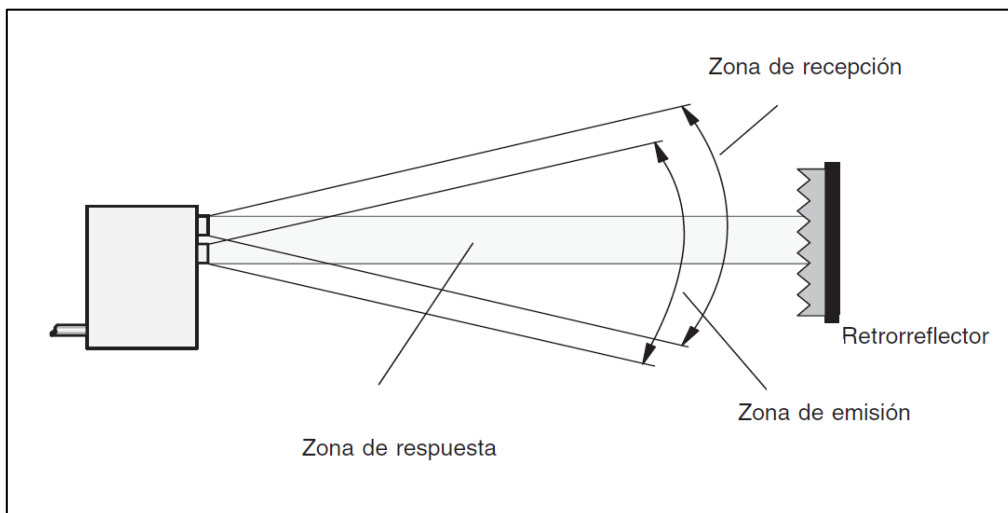


Ilustración 31 - Zona de respuesta del sensor de retrorreflexión

4.4.3.1. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores de retrorreflexión:

- El **alcance** de este tipo de sensores hay que tener en cuenta que el rayo lo emite el emisor tiene que hacer el camino de ida y vuelta reflejando en el reflector, por lo que la distancia de alcance de estos dispositivos suele ser 10m, aunque la luz realice 20m.
- **Material del objeto a detectar**, puede detectar todo tipo de objetos, con dificultad los objetos que sean muy reflectante o muy transparentes, ya que estos rebotan toda la luz o permite que pase la luz por él y no corta el haz.
- **Interferencias**, como la resta de sensores ópticos estos son sensible la **suciedad**, pero no lo es a las interferencias electromagnéticas.
- **Vida útil**, esta depende de la vida útil del emisor y del receptor pero suele ser bastante larga, aproximadamente 100.000 horas.
- **Velocidad de conmutación**, la respuesta de este tipo de sensores es elevada, la frecuencia de conmutación varía entre 10 ... 1000Hz (100 ... 1 ms)

Como en el caso de los sensores de barrera tienen una alta fiabilidad como consecuencia de la presencia permanente de luz durante el estado de reposo, es decir, un fallo de emisión se evalúa como un objeto presente.

En el caso de objetos transparentes, se pueden llegar a detectar ya que el rayo de luz atraviesa dos veces el objeto y como resultado de ello el haz de luz se ve atenuado. Para poder detectarlos se deberá ajustar previamente la sensibilidad del sensor mediante el potenciómetro que lleve incorporado.

4.4.3.2. Aplicaciones reales

Los sensores de retrorreflexión se pueden hacer la mayoría de las aplicaciones que se realizan con los sensores de barrera pero con la ventaja de que en este caso solo necesitas un reflector pasivo, evitando con ello el cableado que precisaría el receptor de un sensor de barrera.

Por ejemplo, se puede utilizar para tener un control de presencia del objeto o para contar cuantos objetos han pasado por una cinta transportadora, como se puede ver en la siguiente imagen:

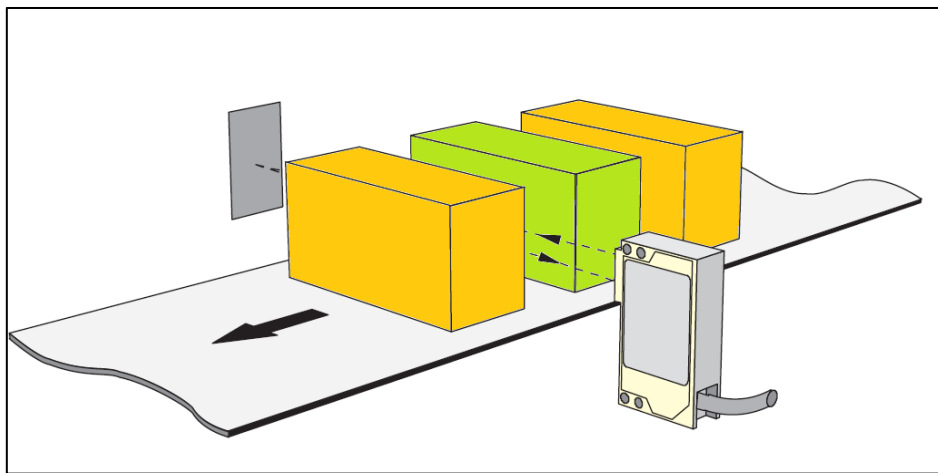


Ilustración 32 - Aplicaciones sensores de retrorreflexión

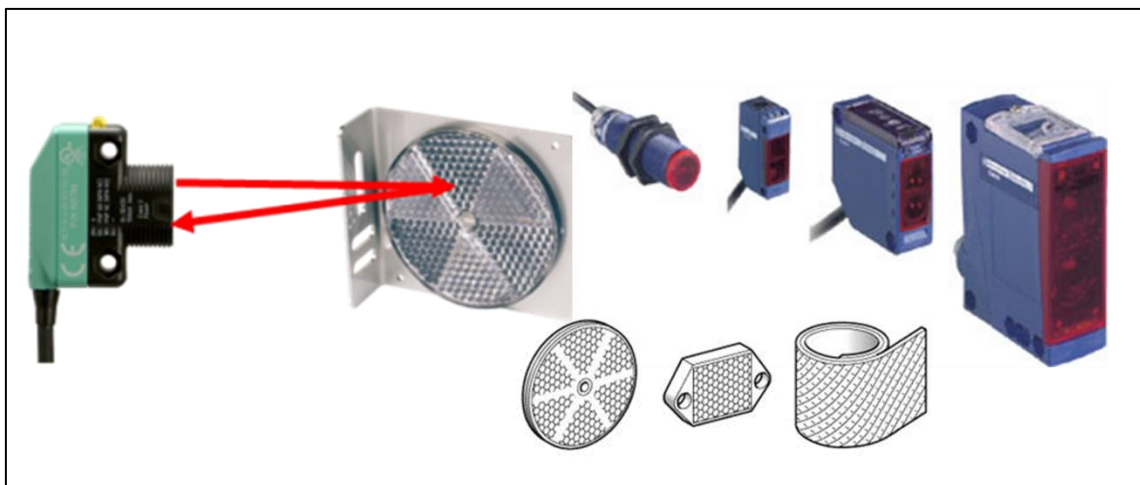


Ilustración 33 - - Ejemplos comerciales sensores de retrorreflexión

4.4.4. Sensores de reflexión directa

El emisor y el receptor se encuentran instalados en el mismo dispositivo. El objeto a detectar refleja directamente un porcentaje de la luz emitida, activando con ello el receptor. Este tipo de sensores no necesitan de ningún elemento en la parte opuesta del emisor.

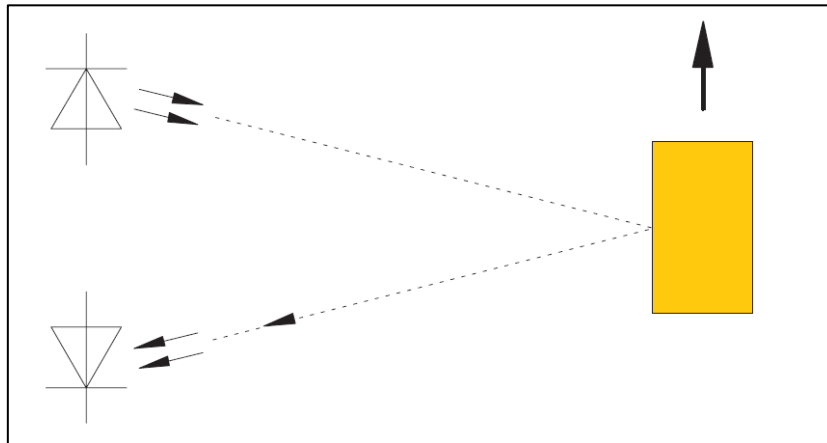


Ilustración 34 - Principio del funcionamiento de sensor de reflexión directa

La distancia de detección depende en mucha medida de la reflectividad del objeto, pero también del tamaño, superficie, forma, densidad y color del objeto, así como el ángulo de incidencia del rayo. Además para evitar detectar falsos positivos el fondo debe absorber o desviar la emisión de luz.

En la siguiente imagen se puede ver como dependiendo de la inclinación del objeto varía el ángulo de incidencia del rayo y se puede detectar o no un objeto. Hay que tener en cuenta que la superficie del objeto a detectar debe estar alineada perpendicularmente con la dirección del rayo de luz.

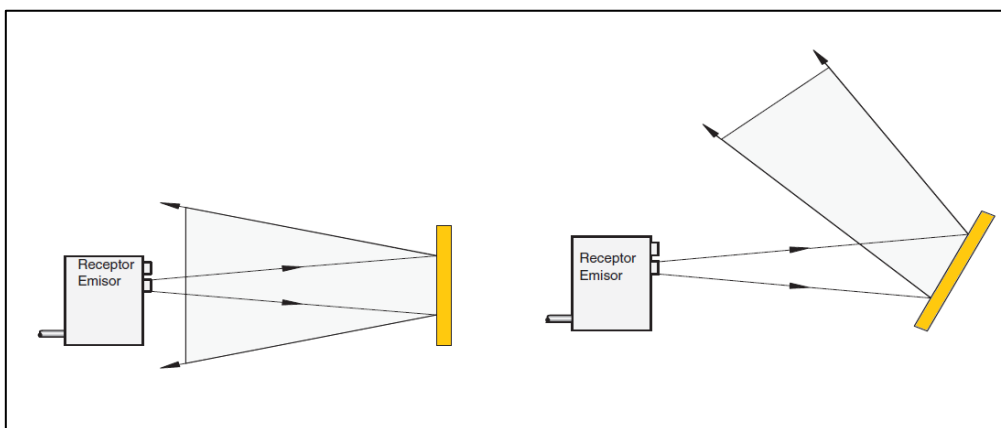


Ilustración 35 - Comportamiento con diferentes ángulos de incidencia

La detección del sensor de reflexión directa depende de la diferencia entre la reflexión del objeto y la del fondo. Con contrastes muy pequeños, el umbral de respuesta se debe ajustar modificando la sensibilidad del sensor de forma que el objeto sea detectado con fiabilidad incluso bajo estas circunstancias difíciles.

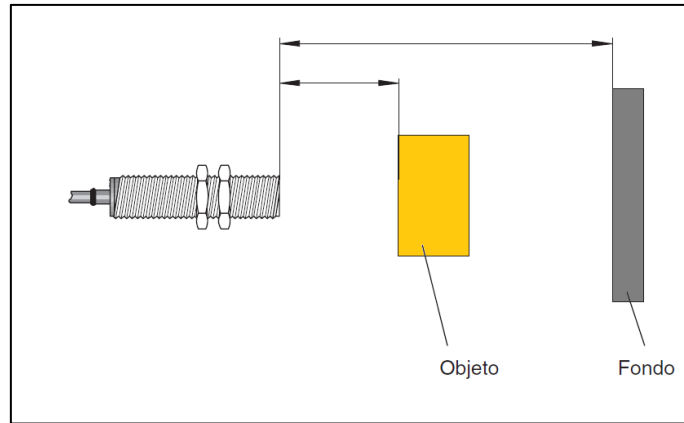


Ilustración 36 - Influencia del fondo en un sensor de reflexión directa

4.4.4.1. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores de reflexión directa:

- El **alcance** de este tipo de sensores es mucho menor a los otros sensores ópticos, esto es debido a que no hay un elemento activo/pasivo al otro lado de la señal que la refuerza para el camino de vuelta, sino que el reflector es el objeto en sí, y este puede no tener altas propiedades de reflectividad. Las distancias suelen ir desde 50mm hasta 2m aproximadamente.
- **Material del objeto a detectar**, puede detectar todo tipo de objetos que tengan un cierto grado de reflectividad. Los objetos con baja reflexión como pueden ser plástico negro mate, goma negra, tejidos oscuros, materiales oscuros con superficies rugosas no podrán ser detectados, únicamente en distancias muy cortas.
- **Interferencias**, como todos los sensores ópticos estos son sensibles a la **suciedad**, pero no lo es a las interferencias electromagnéticas.
- **Vida útil**, esta depende de la vida útil del emisor y del receptor pero suele ser bastante larga, aproximadamente 100.000 horas.

- **Velocidad de conmutación**, la respuesta de este tipo de sensores es elevada, la frecuencia de conmutación varía entre 10 ... 2000Hz (100 ... 2 ms)

Este tipo de sensores no se puede aplicar en ambientes de alta seguridad, ya que el fallo en el emisor se detecta como objeto ausente, y puede dar falsos negativos al sistema.

Como hemos comentado anteriormente, no necesita de componentes adicionales un único emisor/receptor ubicados en el mismo dispositivo es suficiente para el sistema.

4.4.4.2. Aplicaciones reales

Este tipo de sensores nos permiten con gran facilidad darnos una respuesta analógica de lo lejos/cerca que está el objeto a detectar. Aunque también se puede programar como los otros sensores una salida binaria de detección o NO detección. Una tecnología similar es la que se utiliza en los medidores de distancia por láser.

En este caso vemos un ejemplo de una cinta transportadora donde se utiliza para ver si los objetos que están sobre ella están en la posición correcta o no.

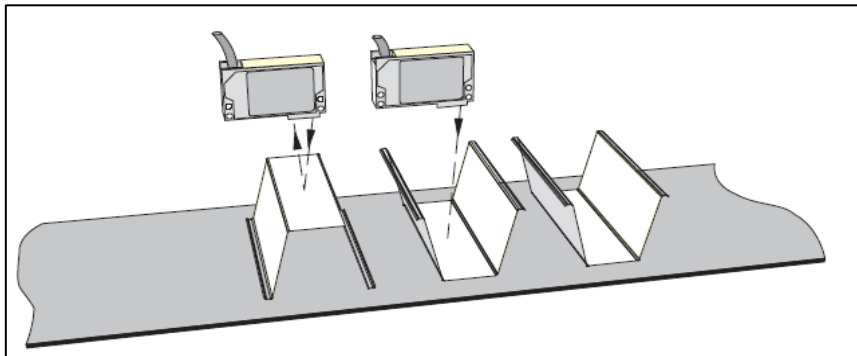


Ilustración 37 - Aplicaciones sensores de reflexión directa

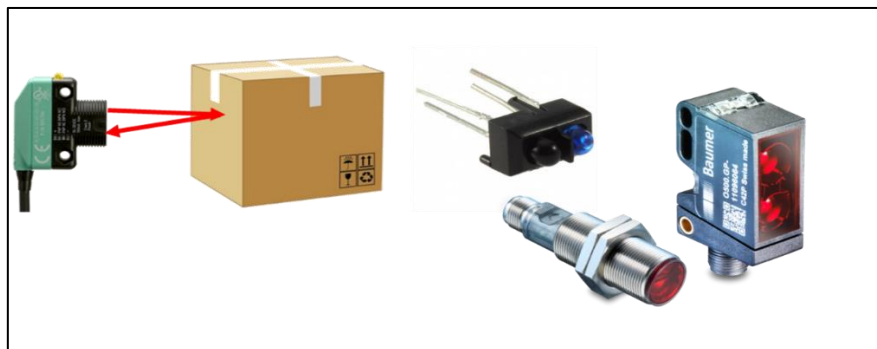


Ilustración 38 - Ejemplos comerciales sensores de reflexión directa

4.4.5. Sensores ópticos de proximidad con cables de fibra óptica

Los sensores de proximidad con adaptadores para fibra óptica se utilizan cuando los dispositivos convencionales ocupan demasiado espacio en áreas con riesgo de explosión. Con la utilización de cables de fibra óptica, puede detectarse con precisión la posición de pequeños objetos.

La utilización de cables de fibra óptica tiene las siguientes ventajas:

- Detección de objetos en áreas poco accesibles, como puede ser dentro de agujeros.
- Posibilidad de instalar el sensor en zonas más seguras y accesibles, alejadas de condiciones extremas como pueden ser humedad, calor, agua, explosiones, etc
- Detección de objetos muy pequeños, focalizando el área de detección.

A continuación vamos a ver el esquema de cada uno de los sensores ópticos que hemos visto anteriormente pero con cables de fibra óptica.

- Sensores de barrera con cables de fibra óptica:

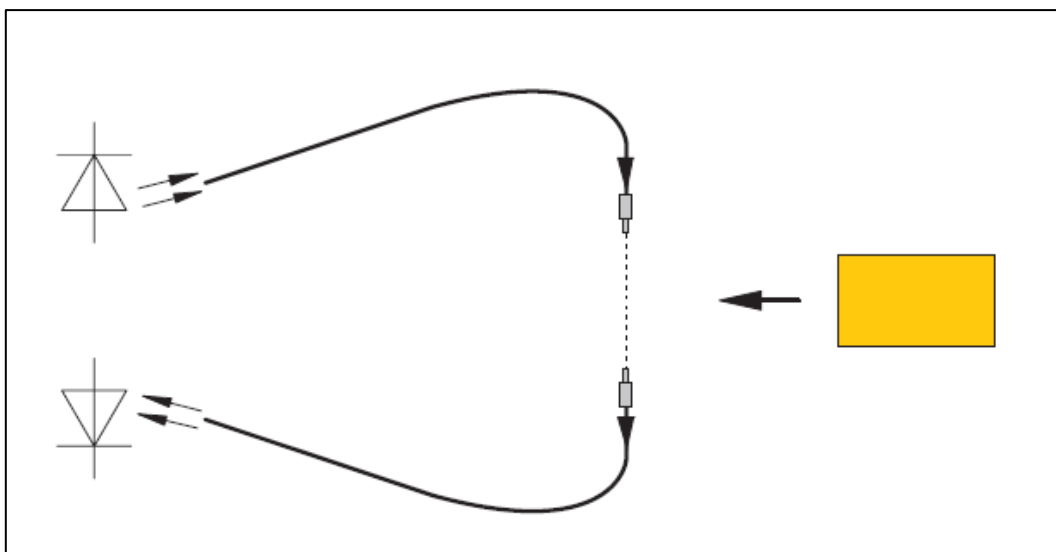


Ilustración 39 - Sensores de barrera con cables de fibra óptica

- Sensores de retroreflexión con cables de fibra óptica:

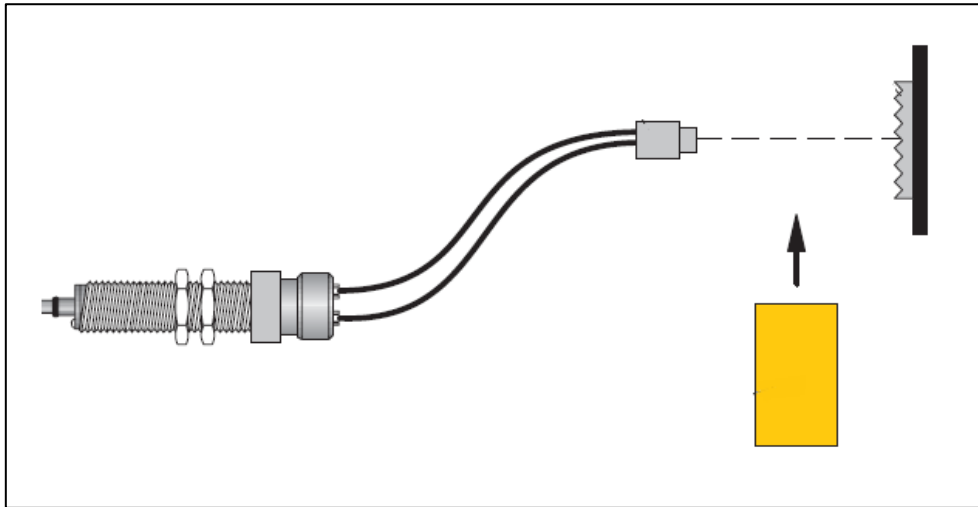


Ilustración 40 - Sensores de retroreflexión con cables de fibra óptica

- Sensores de reflexión directa con cables de fibra óptica:

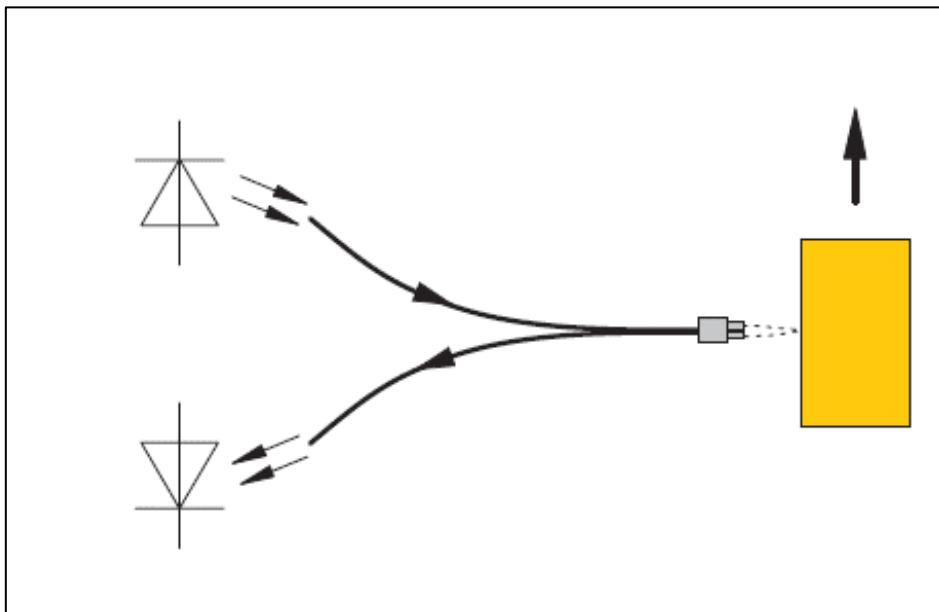


Ilustración 41 - Sensores de reflexión directa con cables de fibra óptica

4.5. Sensores de proximidad ultrasónicos

El principio de funcionamiento de un sensor de proximidad ultrasónico está basado en la emisión y reflexión de ondas acústicas que emite el emisor, rebotan en el objeto y llegan hasta el receptor. Se mide y se evalúa el tiempo que tarda en desplazarse el sonido.

4.5.1. Descripción del funcionamiento

El sensor de proximidad ultrasónico puede dividirse en tres módulos principales, el transductor ultrasónico, la unidad de evaluación y la etapa de salida. Un pulso corto dispara brevemente el transmisor ultrasónico.

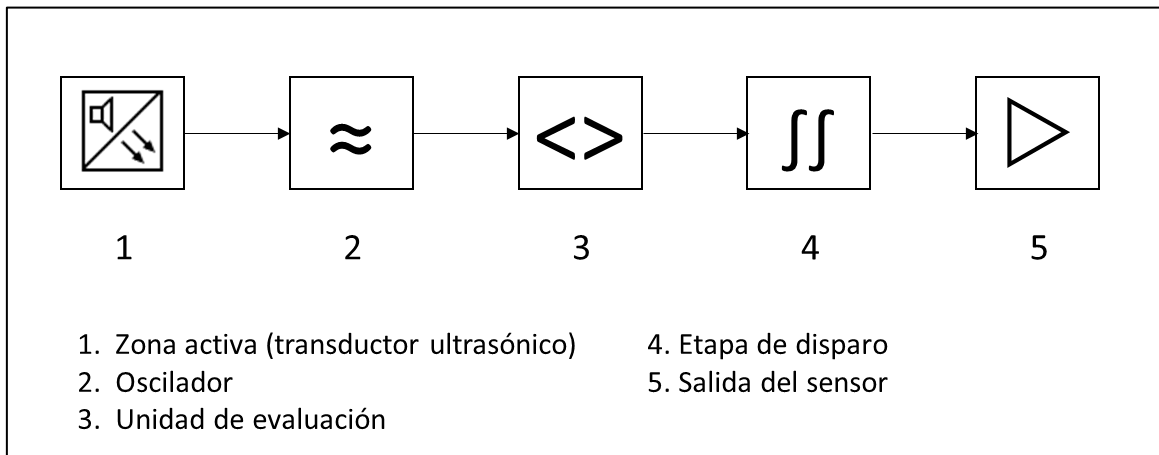


Ilustración 42 - Diagrama de bloques sensor ultrasónico

El transmisor ultrasónico emite ondas sónicas en el rango inaudible normalmente entre 30 y 300 kHz. Los filtros dentro del sensor de proximidad ultrasónico, comprueban si el sonido recibido es realmente el eco de las ondas sónicas emitidas.

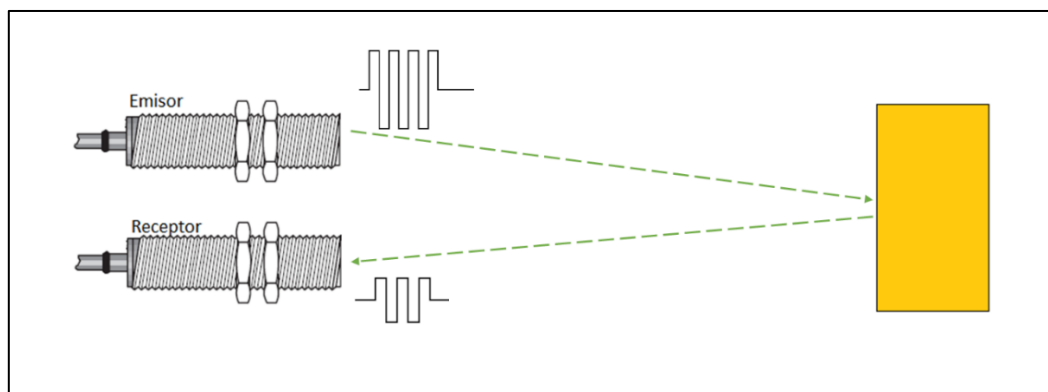


Ilustración 43 - Principio del funcionamiento de sensor ultrasónico

4.5.2. Características

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores ultrasónicos:

- El **alcance** del sensor tiene que ver con la duración del pulso emitido, este tiene que ser lo más corto posible pero con una energía suficiente para que llegue a los objetos más alejados.

El **pulso** debe ser **corto** para poder diferenciar objetos cercanos ya que si es muy largo y el eco llega cuando aún está emitiendo el pulso no podrá diferenciar que está llegando el eco (señal que rebota en el objeto). De este principio se extrae la distancia mínima del sensor. **La distancia mínima suele ser de 50 mm.**

Se necesita que el **pulso** sea **largo** para poder identificar objetos a una larga distancia, ya que cuando más largo sea el pulso más energía emite y supera mejor la atenuación de la señal por el aire, la distancia máxima la limitará hasta donde es capaz de llegar la señal y la diferencia entre dos pulsos emitidos, es decir, si llega un eco de un objeto muy lejano cuando ya se ha emitido otro pulso el sistema podría entender que este eco es del segundo pulso y no identificar el objeto correctamente. **La distancia máxima suele estar cercana a los 10m.**

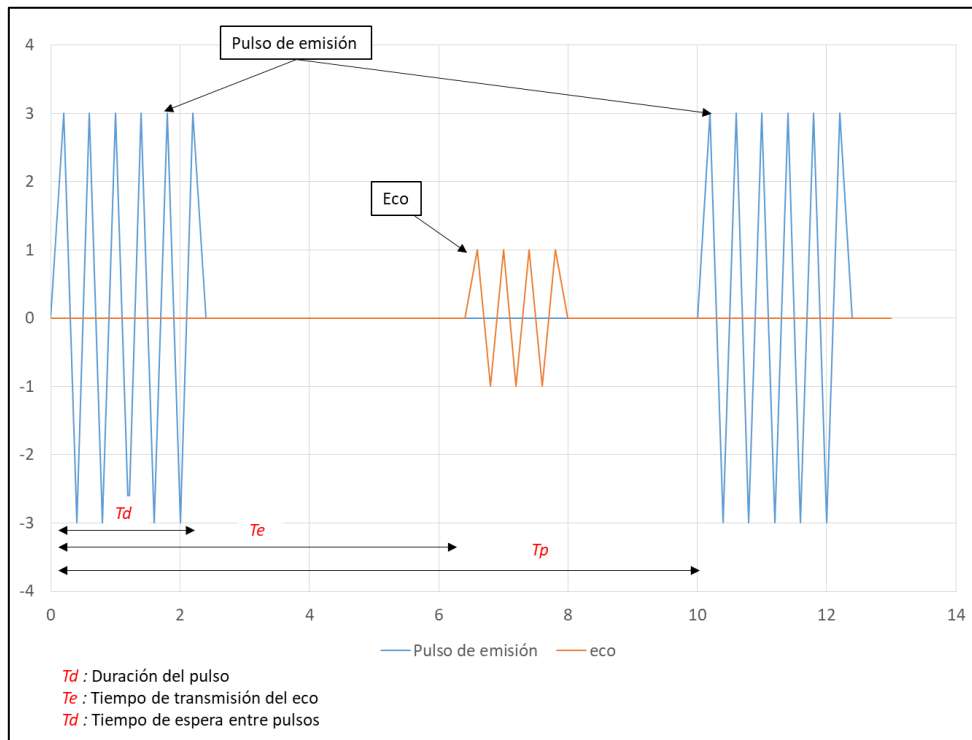


Ilustración 44 - Evaluación del tiempo de transmisión por pulso ultrasónico

- **Material del objeto a detectar**, pueden detectar una amplia gama de diferentes materiales. La detección es independiente de la forma, color y material, además el material puede ser sólido, fluido o en forma de polvo. Sin embargo los objetos que no son adecuados para los sensores ultrasónicos, son los materiales que absorben el sonido, tales como las telas gruesas, lana, algodón, gomaespuma. Por otro lado, es posible detectar estos materiales por medio de barreras ultrasónicas, poniendo un emisor a un lado y receptor al otro lado del emisor y si no pasa el sonido es que hay un objeto absorbente en el medio.

- **Interferencias**, como en la mayoría de los sensores hay que tener en cuidado si ponemos dos sensores ultrasónicos cercanos, ya que estos podría interferir uno con el otro. El sonido ambiente no suele afectar a este tipo de sensores por el rango de frecuencias que utilizan. Pueden producirse pequeños cambios en la medida ocasionados por cambios bruscos en la temperatura y la humedad. En principio la suciedad no afecta en este tipo de sensores

- **Vida útil**, este sensor a priori no tienen sensores que se puedan desgastar por el tiempo, entonces se prevé que la vida útil de este sea muy larga.

- **Velocidad de conmutación**, la respuesta de este tipo de sensores es relativamente lenta, la frecuencia de conmutación varía entre 1 ... 125Hz (1s ... 8 ms)

- **Inclinación del objeto**, esta influye en la detección de los objetos, los ultrasonidos se desvían en las superficies planas e inclinadas. En el caso de que la superficie esta inclinada, el sensor ultrasónico no recibiría el eco de la señal. Los objetos con superficies lisas y regulares, no se podrán detectar si las desviaciones son de más de $\pm 5^\circ$ de la perpendicular al sensor de proximidad. Con objetos de superficie rugosa o irregular, es posible un margen más amplio.

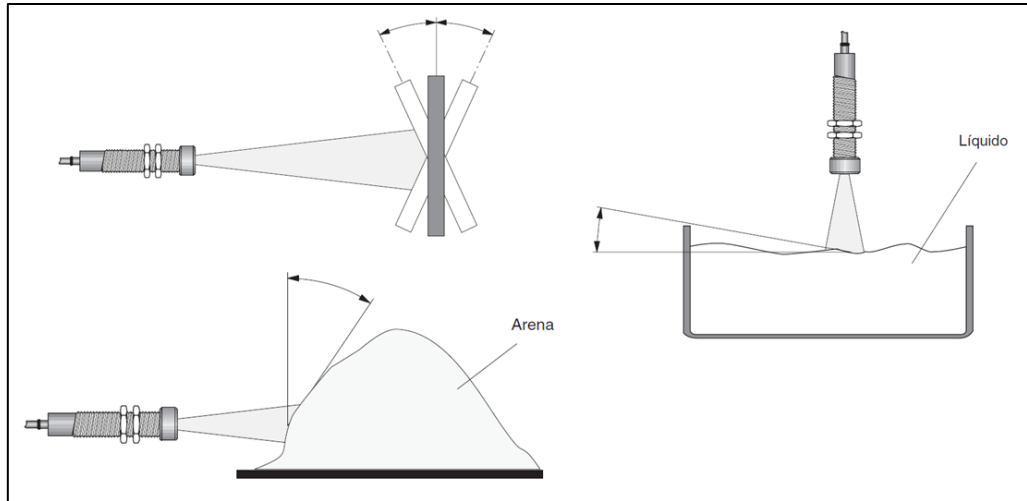


Ilustración 45 - Efecto inclinación objetos antes sensor ultrasónico

4.5.3. Aplicaciones reales

Este tipo de sensores son de los más utilizados cuando necesitas saber la presencia, distancia, grosor de un objeto y este no se mueve a gran velocidad.

Se puede utilizar para verificar el nivel de los tanques de cualquier fluido, para detectar que hay objetos transparentes, cosa que los ópticos no lo permitían.

En el siguiente ejemplo se utiliza para clasificar objetos por tamaño:

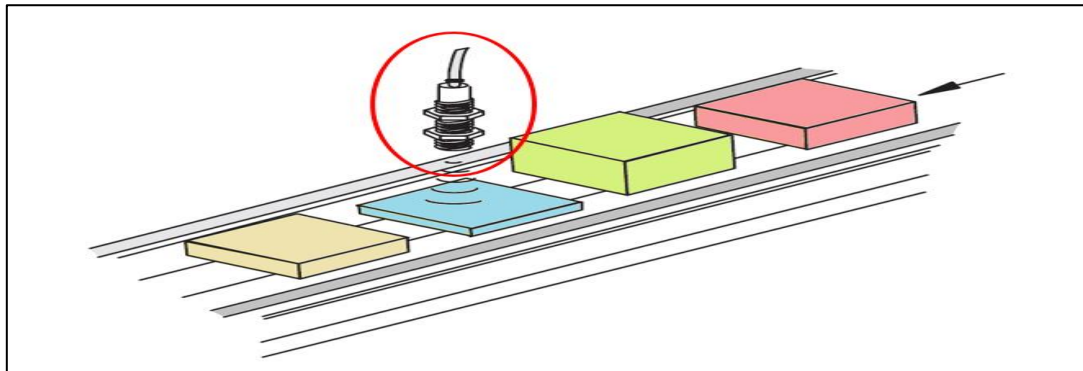


Ilustración 46 - Aplicaciones sensores ultrasónicos



Ilustración 47 -- Ejemplos comerciales sensores ultrasónicos

5. Circuitos de adaptación del sensor

Los sensores que existen en el mercado se pueden clasificar por la tecnología que usan para conectarse con el medio (alimentación y salida del sensor). Los diferentes tipos de sensores de proximidad pueden conectarse con dos hilos, tres hilos o cuatro hilos.

También podemos diferenciar los sensores por la naturaleza de la señal que emiten, ya sea analógica, digital, binaria, etc.

5.1. Tipos de conexión

Los cables que se utilizan para los sensores siguen unos estándares europeos que permiten distinguir con facilidad que función tiene cada cable. *La designación de los terminales se hace según el estándar Europeo EN 50 044. El código abreviado del color se basa en el estándar internacional IEC 757.*

La nomenclatura del cable se detalla a continuación:

- Alimentación positiva (+): El cable es marrón y se denomina BN del inglés *brown*
- Alimentación negativa (-): El cable es azul y se denomina BU del inglés *blue*
- Salida del sensor : El cable es negro y se denomina BK del inglés *black*
- Salida antivalente o normalmente cerrada: El cable es blanco y se denomina WH del inglés *white*.

Función	Color	Designación
Alimentación positiva (+)	Marrón	BN
Alimentación negativa (-)	Azul	BU
Salida sensor	Negro	BK
Salida antivalente	Blanco	WH

5.1.1. Tecnología de 2 hilos

Este tipo de sensores tienen solo dos hilos para conectar, se alimentan y conectan la carga en serie, de manera que funcionan como un contacto normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC).

En la siguiente imagen se pueden ver cada uno de los casos posibles. Los dos primeros son normalmente abiertos, con la carga en la alimentación o en la tierra. Y los dos de abajo son normalmente cerrados con la carga en las dos posibilidades.

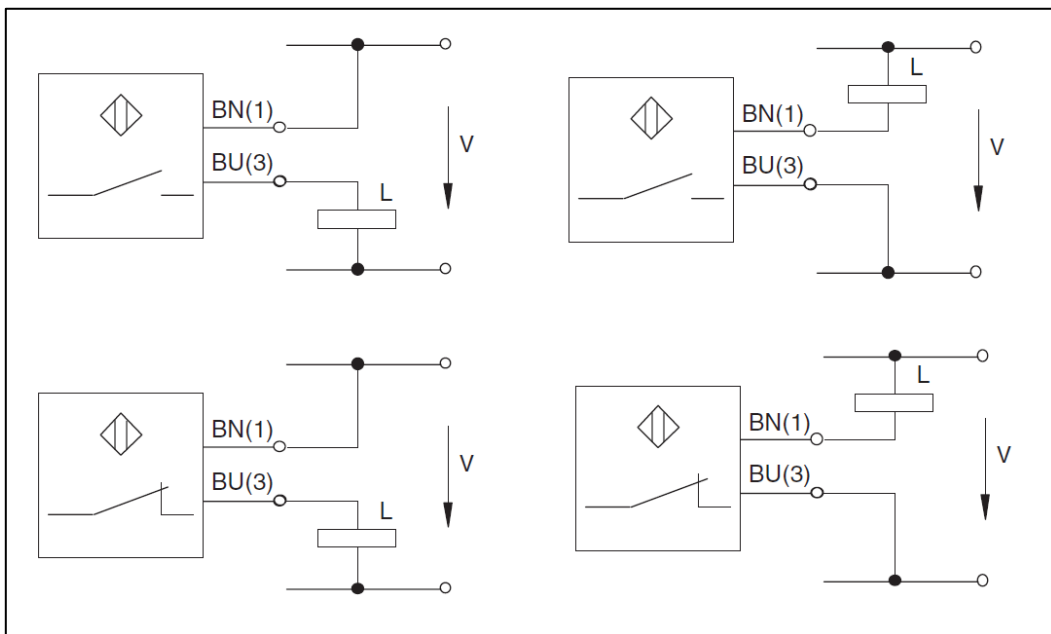


Ilustración 48 - Tecnología de 2 hilos

5.1.2. Tecnología de 3 hilos

En los sensores de tres hilos nos encontramos que tienen dos hilos para la alimentación y un tercer hilo que tiene como misión exclusiva la salida del sensor indicando si el sensor está detectando o no.

Nos podemos encontrar cuatro tipos de salidas:

- **PNP** (salida positiva), conectando la carga entre el cable de salida y el negativo con contacto *normalmente abierto*.

- **PNP** (salida positiva), conectando la carga entre el cable de salida y el negativo con contacto *normalmente cerrado*.
- **NPN** (salida negativa), conectando la carga entre el cable de salida y el positivo con contacto *normalmente abierto*.
- **NPN** (salida negativa), conectando la carga entre el cable de salida y el positivo con contacto *normalmente cerrado*.

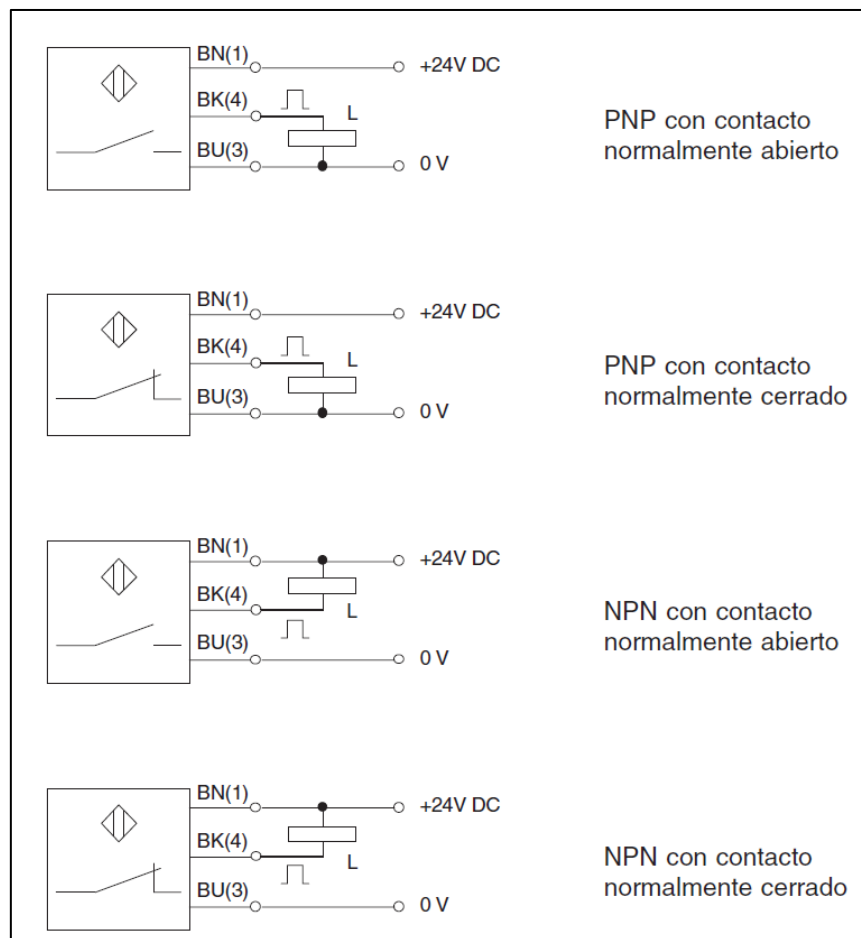


Ilustración 49 - Tecnología de 3 hilos

5.1.3. Tecnología de 4

Los sensores con cuatro hilos tienen las mismas características que los de tres hilos pero sumando un cuarto hilo que equivale a otra salida, teniendo el sensor una salida normalmente abierta y otra normalmente cerrada. A esta otra salida se le denomina salida antivalente y suele ser el cable de color blanco.

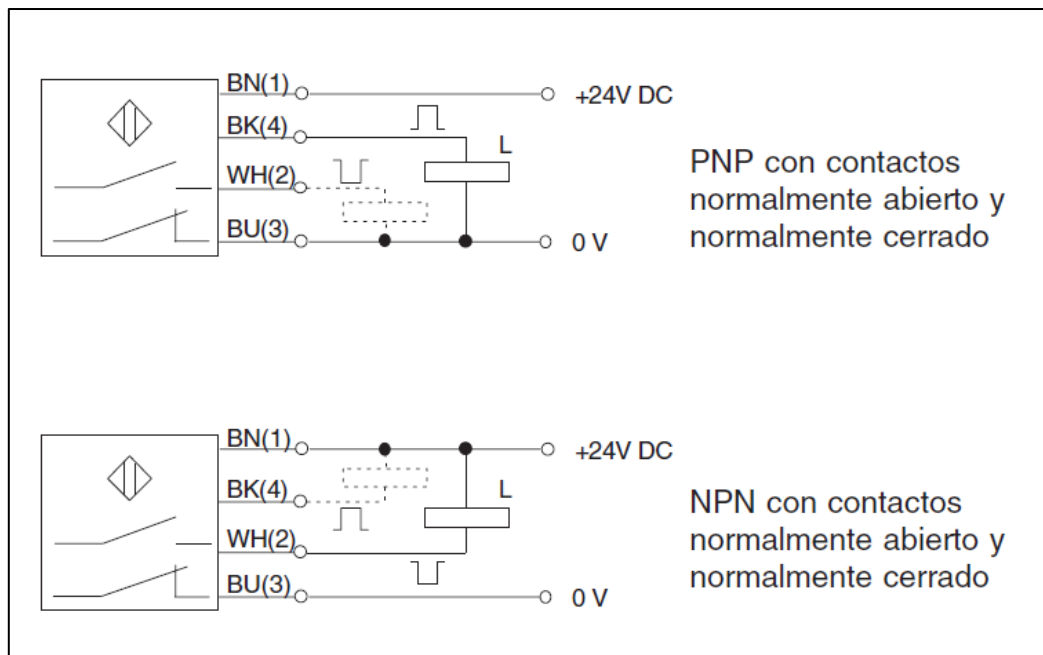


Ilustración 50 - Tecnología de 4 hilos

5.2. Señales de salida de los sensores

Todos los sensores que hemos visto en los apartados anteriores pueden tener sacar cualquiera de las señales que se van a describir a continuación, excepto los finales de carrera, que únicamente proporcionan la señal binaria.

Aunque hay sensores de contacto como los potenciómetros o palpadores los cuales sí que pueden sacar el resto de salidas.

Los sensores en si reciben una señal analógica de lo que está sucediendo en su superficie activa (zona de detección) que esta señal se puede sacar directamente añadiendo una salida analógica, o digitalizar la señal proporcionando una señal digital, o mediante programación interna del sensor definirle los parámetros límites de la salida binaria, es decir, definir que es ON y que es OFF.

5.2.1. Sensores con salida binaria

Son sensores que tienen dos estados de salida, con lo que proporcionan una señal binaria indicando ON/OFF – ACTIVO/INACTIVO, en el caso que el sensor esté en reposo el sensor emitirá el estado inactivo.

Estos sensores son muy simples, o requieren de una programación de condiciones la cual indique a partir de qué valor es ON y a partir de cual es OFF en el propio sensor.

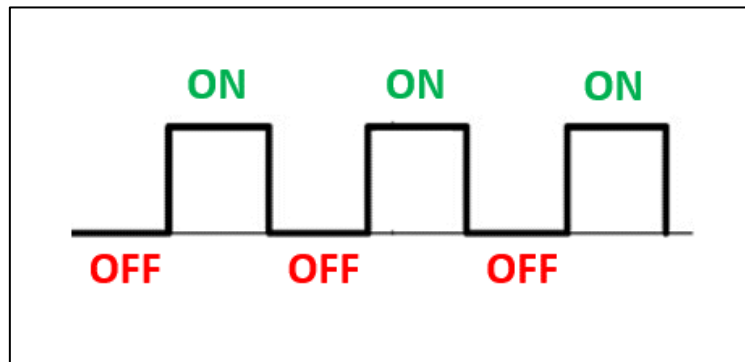


Ilustración 51 - Salida binaria

Los sensores con salida binaria son los finales de carrera, presostatos, sensores de proximidad programables, etc.

5.2.2. Sensores con salida analógica

Los sensores con salida analógica tendrán una señal que puede tener infinidad de valores en función del dato a registrar. Estos valores analógicos podrán estar sin amplificar por lo que necesitarán de un circuito complementario para poder visualizar la señal (amplificador). O los valores de salida ya estarán previamente amplificados y las tendrán entre los siguientes valores de 0 a 10V., de 0 a 20 mA y de 4 a 20mA.

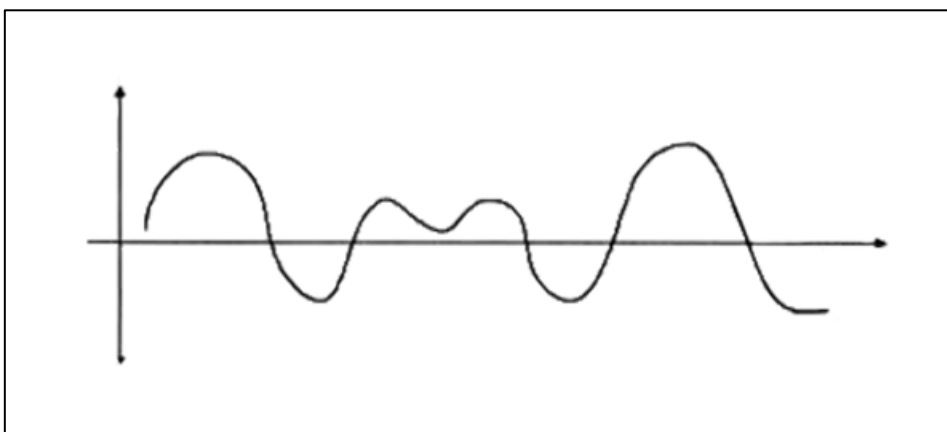


Ilustración 52 - Salida analógica

5.2.3. Sensores con salida digital

Los sensores tendrán un número finito de posibles valores, la precisión de estos valores dependerá del número de bits que tenga para transmitir. Lo que realiza el sensor es coger la señal analógica que percibe el sensor y aproximar el valor al más próximo en la escala digital que tiene asignada. Este valor se puede convertir a parámetros de tensión o corriente que salgan del sensor o convertirse en una señal que se transmita en algunos de los buses de datos, como pueden ser la RS 232, RS 485, etcétera.

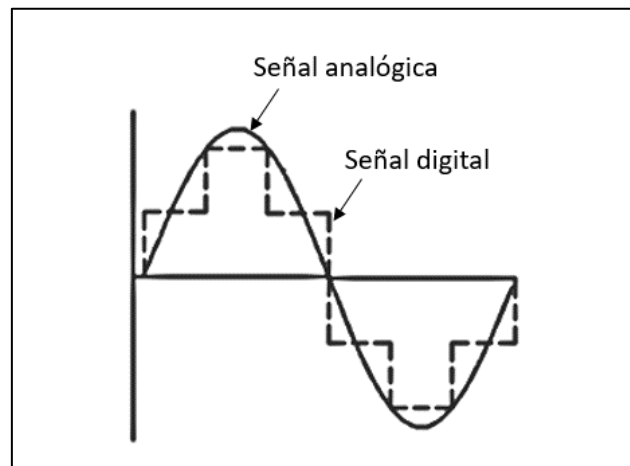


Ilustración 53 - Salida digital

6. Criterios de selección de sensores de proximidad

Para la correcta elección del sensor a utilizar en cada una de las aplicaciones se deben de realizar unas preguntas previas:

- ¿Qué voy a detectar un sólido, un líquido, un gas?
- ¿Cuál es la composición del objeto a detectar? ¿Es metálico?
- ¿A qué distancia quiero detectarlo?
- ¿Qué interferencias puede tener el sensor? ¿Campos electromagnéticos? ¿Suciedad?
- ¿Qué frecuencia de sensado necesitamos?
- ¿Qué nivel de protección IP necesita el sensor?
- ¿Rangos de funcionamiento en los cuales voy a integrar el sensor? ¿A qué temperaturas va a estar sometido?
- ¿Cómo lo voy a integrar en la aplicación? ¿Qué forma necesito que tenga mi sensor?

A continuación vamos a describir algunos de los campos a estudiar que dan respuesta a algunas de las preguntas anteriores y que nos ayudarán a realizar una elección coherente del sensor.

6.1. Material del objeto

En primer lugar, los sensores de proximidad pueden seleccionarse de acuerdo con el material que deben detectar. Si estos son sólidos se pueden clasificar en los siguientes campos:

- Si el objeto a detectar es **metálico** de cualquier tipo pueden detectarse fácil y económicamente con sensores de proximidad inductivos si solo se requieren distancias pequeñas (de 0,4...50 mm). Para distancias mayores, se dispone de sensores de proximidad ópticos o ultrasónicos. Los materiales de los que puede ser los objetos metálicos: Acero, latón, cobre, aluminio, níquel, cromo, etc.

- Si el objeto a detectar **NO es metálico** los sensores de proximidad capacitivos son adecuados para su detección pero para distancias relativamente cortas, similares a las de los sensores de proximidad inductivos. Como en el caso de los metálicos para distancias mayores se utilizan sensores ópticos o ultrasónicos. Listado de materiales No metálicos: plástico, cartón, papel, madera, textiles, vidrio.
- Si el objeto a detectar es **magnético**, en distancias cortas se pueden utilizar los sensores magnéticos, aunque en distancias más largas necesitaremos sensores ópticos o ultrasónicos.

Si la naturaleza del objeto es líquida se clasifican en si son **opacos** o **transparentes**, ambos se pueden detectar a distancias cortas con sensores capacitivos, ya que estos no requieren de que el líquido se vea o no, pero para distancias más largas esto cambia:

- Si el líquido a detectar es **opaco** a distancias relativamente largas se debe utilizar sensores ópticos para su correcta detección.
- Si el líquido a detectar es **transparente** a distancias relativamente largas se debe utilizar sensores ultrasónicos para su correcta detección.

A continuación se muestra una tabla resumen, donde se muestra dependiendo del material y distancia que sensor es el idóneo:

MATERIAL		DISTANCIA	TIPO DE DETECTOR
SOLIDO	Metálico	< 50mm	Inductivo
		> 50mm	Ultrasónico o Óptico*
	No metálico	< 50mm	Capacitivo
		> 50mm	Ultrasónico o Óptico*
	Magnético	< 50mm	Magnético
		> 50mm	Ultrasónico o Óptico*
LIQUIDO	Transparente	< 50mm	Capacitivo
		> 50mm	Ultrasónico
	Opaco	< 50mm	Capacitivo
		> 50mm	Óptico

* El sensor óptico depende del tamaño del objeto

6.2. Tamaño del objeto

El tamaño del objeto también puede ser un punto calve a tener en cuenta:

- Si el objeto **es muy pequeño** los sensores de proximidad capacitivos pueden no detectarlo, ya que requiere un volumen mínimo, entonces NO sería una buena opción este tipo de sensores. Los sensores ópticos tampoco pueden detectar los objetos extremadamente pequeños.

6.3. Velocidad del objeto

Hay que tener en cuenta lo rápido que se mueve el objeto para saber si tenemos suficiente tiempo para detectarlo antes de que pase, y en qué frecuencia pasan los objetos a detectar.

Este se define mediante la frecuencia de conmutación, la cual indica el número máximo de secuencias de conmutación por segundo que es capaz de asumir el sensor.

6.4. Interferencias ambientales

A la hora de seleccionar el sensor óptimo para nuestra aplicación también debemos considerar las condiciones que va a tener a su alrededor para poder elegir el sensor que mejor se adapte a estas características:

- **Temperatura ambiente**, todos los sensores tienen un rango de temperaturas en el cual pueden trabajar. En el Datasheet del sensor se especificar el rango de trabajo, deberemos elegir un sensor conociendo en el ambiente que va a estar que temperatura máxima/mínima puede alcanzar.
- **Influencia de campos magnéticos o eléctricos**, hay que tener en cuenta el entorno en el que se va a instalar el sensor si está influenciado por otro campo ya que si elegimos el sensor que trabaja en el mismo campo que tenemos la influencia, esta podría ocasionar apantallamiento del sensor y detectar falsos positivos y falsos negativos.

- **Influencia de luz externa**, en los sensores ópticos es muy importante el tipo y la cantidad de luz externa al sensor (luz ambiente), sobre la cual va a actuar el sensor, ya que dependiendo del tipo de luz un sensor puede funcionar correctamente o no.

6.5. Clase de protección IP

Si el sensor va a estar bajo los efectos del polvo, suciedad, partículas, humedad, agua, etc. Debes elegir el tipo de sensor que esté preparado para que no le afecten estos factores, para esto hay una escala de protección en la cual puedes ver lo que protege cada uno de los códigos IP (Protección Internacional), y este código está en el Datasheet de cada uno de los sensores.

El primer código (0-6) especifica el grado de protección contra contacto y penetración de cuerpos extraños, mientras que el segundo código (0-8) el grado de protección contra la penetración de agua. Como se puede mostrar en la siguiente tabla:

1ª Cifra	Definición	2ª Cifra	Definición
0	No protegido	0	No protegido
1	Protección contra cuerpos sólidos de diámetro superior a 50mm	1	Protección contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación)
2	Protección contra cuerpos sólidos de diámetro superior a 12mm	2	Protección contra las caídas de gotas de agua hasta 15° de la vertical
3	Protección contra cuerpos sólidos de diámetro superior a 2.5mm	3	Protección contra las caídas de gotas de agua hasta 60° de la vertical
4	Protección contra cuerpos sólidos de diámetro superior a 1mm	4	Protección contra gotas de agua en todas las direcciones

5	Protección contra depósito de polvo	5	Protección contra chorros de agua en todas las direcciones
6	Protección contra penetración de polvo	6	Protección contra el ambiente marino y fuertes chorros de agua
		7	Protección contra efectos de la inmersión en agua, durante un tiempo y presión definidos
		8	Protección contra efectos de la sumersión en agua, inmersión permanente

6.6. Forma del sensor

Un elemento a considerar es la forma que tiene el cuerpo del sensor para poder elegir la mejor opción a la hora de integrarlo en el sistema. Existen sensores de infinitud de formas pero vamos a destacar algunas de las formas más comunes:

- **Sensores cilíndricos:**



Ilustración 54 - Sensores cilíndricos

- **Sensores rectangulares:**



Ilustración 55 - Sensores rectangulares

- **Sensores sin cuerpo:**

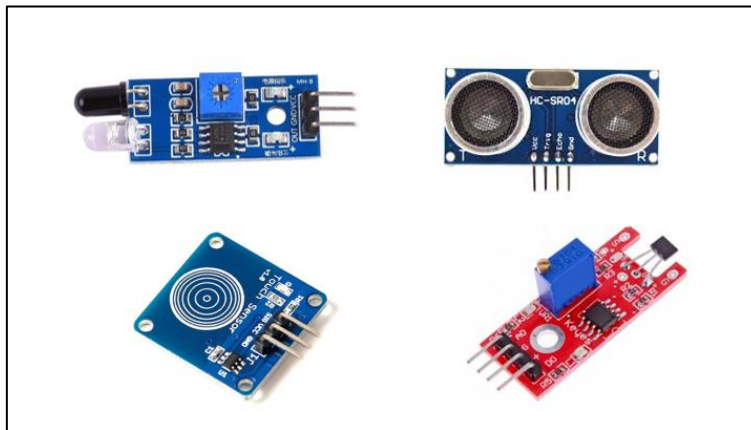


Ilustración 56 - Sensores sin cuerpo

- **Sensores en forma de anillo:**



Ilustración 57 - Sensores en forma de anillo

- **Sensores en forma horquilla:**



Ilustración 58 - Sensores en forma horquilla

- **Sensores de cuerpo irregular:**



Ilustración 59 - Sensores de cuerpo irregular

6.7. Comparativa diferentes tipos de sensores

Sensor	Material a detectar	Alcance	Vida útil	Velocidad de conmutación	Interferencias
Final de carrera	Todos los sólidos independientemente de color, rugosidad, etc.	Con contacto. Depende de la longitud del accionador, varios centímetros.	10 millones de ciclos.	1-10ms Hay que considerar que pueden existir rebotes	No existen
Sensores Magnéticos	El objeto tiene que contener un campo magnético. Imanes o electroimanes.	Sin contacto. Muy cercano máximo 100mm	5 millones de ciclos.	1-2ms Hay que considerar que pueden existir rebotes	Campos electromagnéticos
Sensores Inductivos	Materiales metálicos	Sin contacto. 0.8-250mm	Muy larga Más que los finales de carrera y los magnéticos	0.1-0.05ms	Campos electromagnéticos

Sensores Capacitivos	Todos los elementos que su constante dieléctrica >1	Sin contacto. 5-60mm	Muy larga	3.3 ms	Sensible a la Suciedad
Sensores de barrera (Ópticos)	Todos los materiales siempre que no sean muy transparentes	Sin contacto. Hasta 100m	100.000 hrs	50-0.1ms	Sensible a la Suciedad
Sensores de retroreflexión (Ópticos)	Todos los materiales siempre que no sean muy transparentes	Sin contacto. Hasta 10/20m	100.000 hrs	100-1ms	Sensible a la Suciedad
Sensores de reflexión directa (Ópticos)	Materiales con buena reflectividad y que no absorban la luz	Sin contacto. 50mm - 2m	100.000 hrs	100-2ms	Sensible a la Suciedad y orientación del objeto
Sensores Ultrasónicos	Todo tipo de materiales menos absorbentes del sonido	Sin contacto. 100mm – 10m	Muy muy larga	Lento 1s – 8 ms	Sensores que emitan la misma frecuencia y orientación del objeto

7. Fabricantes de sensores

En la siguiente tabla se muestra una selección de los principales fabricantes de sensores, hay que tener en cuenta que la mayoría de ellos son de sensores industriales:

Fabricante	Enlace
IFM	https://www.ifm.com/es/es/category/010
Honeywell	https://sensing.honeywell.es/
Festo	https://www.festo.com/cat/es_es/products_050000
Cognex	https://www.cognex.com/es-es/products/machine-vision/in-sight-2000-vision-sensors
Omron	https://industrial.omron.es/es/products/sensing
Sick	https://www.sick.com/es/es/c/PRODUCT_ROOT#g253054
Balluf	https://www.balluff.com/es-mx/mx/products/tecnologia-de-sensores/sensores-inductivos-de-proximidad/

8. Sensores óptimos para un robot móvil

Para la configuración de un robot móvil se requieren los sensores de posición para poder detectar obstáculos y poder superar las barreras arquitectónicas que se encuentren. Bajo mi punto de vista un robot debe llevar dos tipos de sensores unos que permitan anticiparse a los obstáculos y otros que permitan detectar el obstáculo ante fallo o no detección del primero.

Para poder anticiparse a los obstáculos se necesitan sensores que sean capaces de detectar objetos a una cierta distancia y sin contacto. Los más apropiados para este tipo de aplicaciones son los **ópticos o ultrasónicos**, preferiblemente se debe utilizar los ultrasónicos, así puedes detectar materiales transparentes, aunque los ultrasónicos puede que no detecten algún material que absorba mucho el sonido.

El otro tipo de sensores que debemos instalar son sensores de contacto como **finales de carrera**, los cuales van a detectar que has colisionado con un obstáculo, y te permiten como seguridad por si el sensor de sin contacto a fallado o no lo ha podido detectar.

El sensor de contacto (final de carrera), también se puede utilizar como sensor de seguridad, es decir, cuando el sensor sin contacto detecta la presencia del objeto y va observando como el robot se aproxima, va reduciendo la velocidad hasta que el de contacto detecta que ha colisionado.

Como conclusión, pienso que para que un robot móvil sea completo se necesitan de diferentes tipos de sensores para poder verificar que estamos detectando todo tipo de obstáculos. La CPU del robot ya se encargará de tomar las decisiones de que acción tomar ante una detección de obstáculo en uno de los sensores.

En la siguiente imagen se observa cómo podría estar la distribución de los sensores con cuatro sensores sin contacto (sensores ultrasónicos), y cuatro sensores con contacto (finales de carrera):

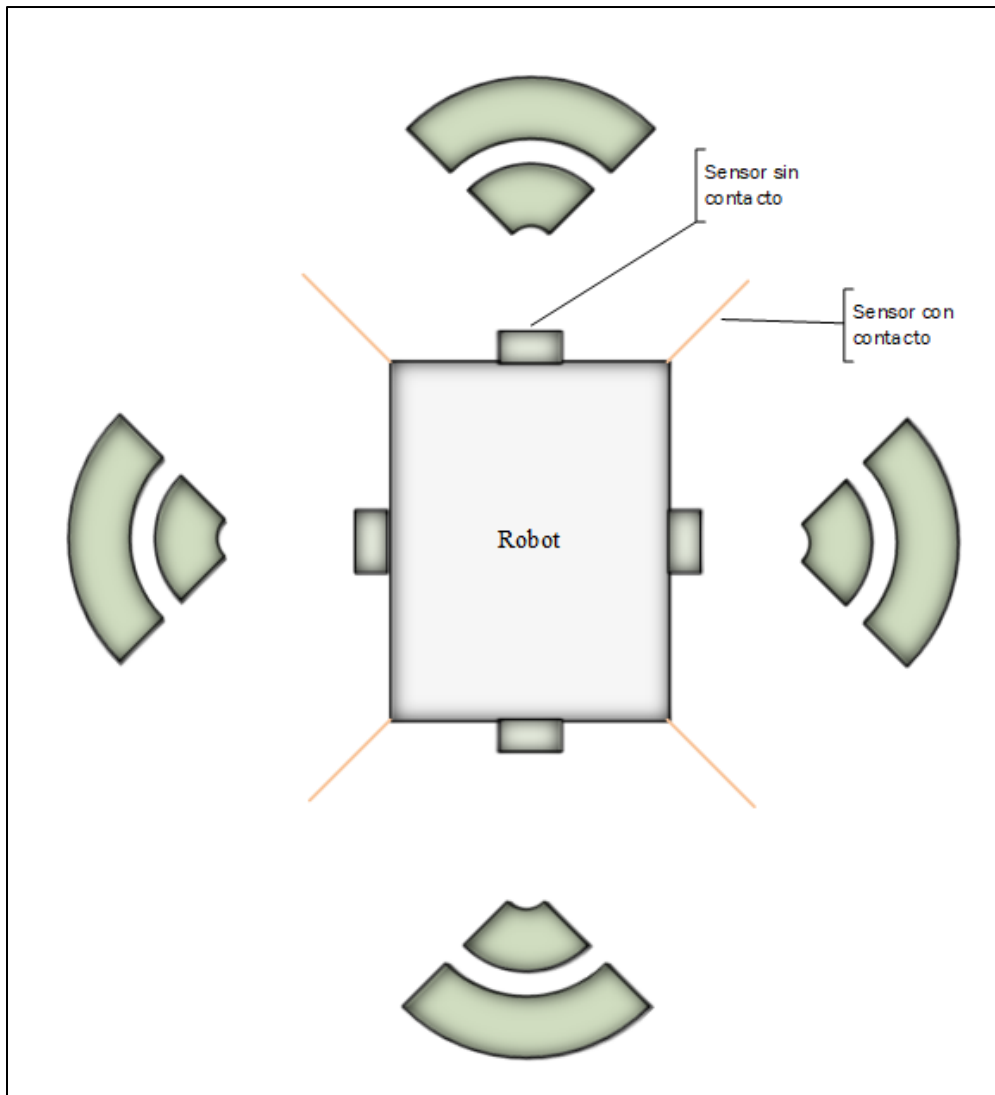


Ilustración 60 - Robot ejemplo

Uno de los sensores ultrasónicos que yo utilizaría es el **HC-SR04**, el cual permite detectar hasta los 4m, con un ángulo de detección de 15°, lo que la influencia de un sensor no le va a afectar al sensor que tiene al lado. [FICHA TECNICA](#)

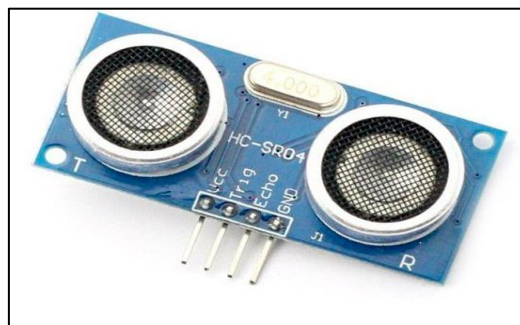


Ilustración 61 - HC-SR04

Como sensor de contacto utilizaría un final de carrera que tuviera la palanca un poco más larga de lo normal para poder detectar el objeto antes que el chasis de robot haya colisionado, y evitar esta colisión, o utilizaría uno como el **PIZZATO FR525** al cual se le puede cambiar el cabezal que tenga para que se ajuste más a nuestro diseño. [FICHA TECNICA DE PIZZATO FR525](#)

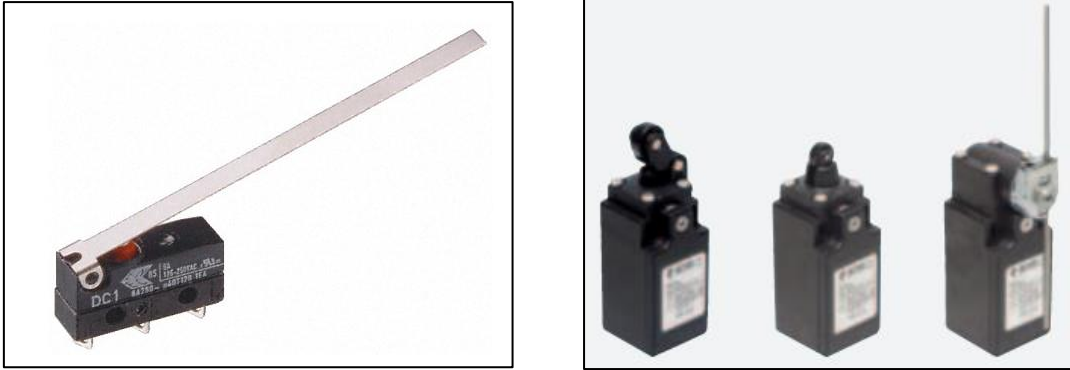


Ilustración 62 – Final de carrera y PIZZATO FR525

9. Ejemplos de robots que existen en el mercado

En el mercado existen muchos robots móviles, los cuales puedes comprar ensamblados o por piezas para que tú mismo los montes. Estos utilizan todo tipo de sensores de proximidad para la detección de objetos, pero lo más usual son los sensores ultrasónicos o ópticos (infrarrojos).

A continuación se van nombrar dos robots comerciales, uno más de índole educativa y otro más comercial.

9.1. Robot mBot

Este fabricante tiene una amplia gama de robots educativos en los que los niños puedan aprender a programar robots. En la mayoría de sus modelos estos constan de uno o dos **sensores ultrasónicos**, junto con un sensor infrarrojos ubicado en la parte inferior para añadir la funcionalidad de seguir líneas.

<http://www.spc-makeblock.es/catalogo-spc-makeblock/robots/>



Ilustración 63 - Robot mBot

9.2. Robot Zumo 32U4

Este robot está equipado para detectar todo tipo de obstáculos, cuenta **4 sensores ópticos (infrarrojos)** capaz de detectar porque dirección se encuentra un obstáculo. Este robot está diseñado para encuentros de robots de sumo, duelos de robots en un ruedo.

<https://www.pololu.com/product/3125>

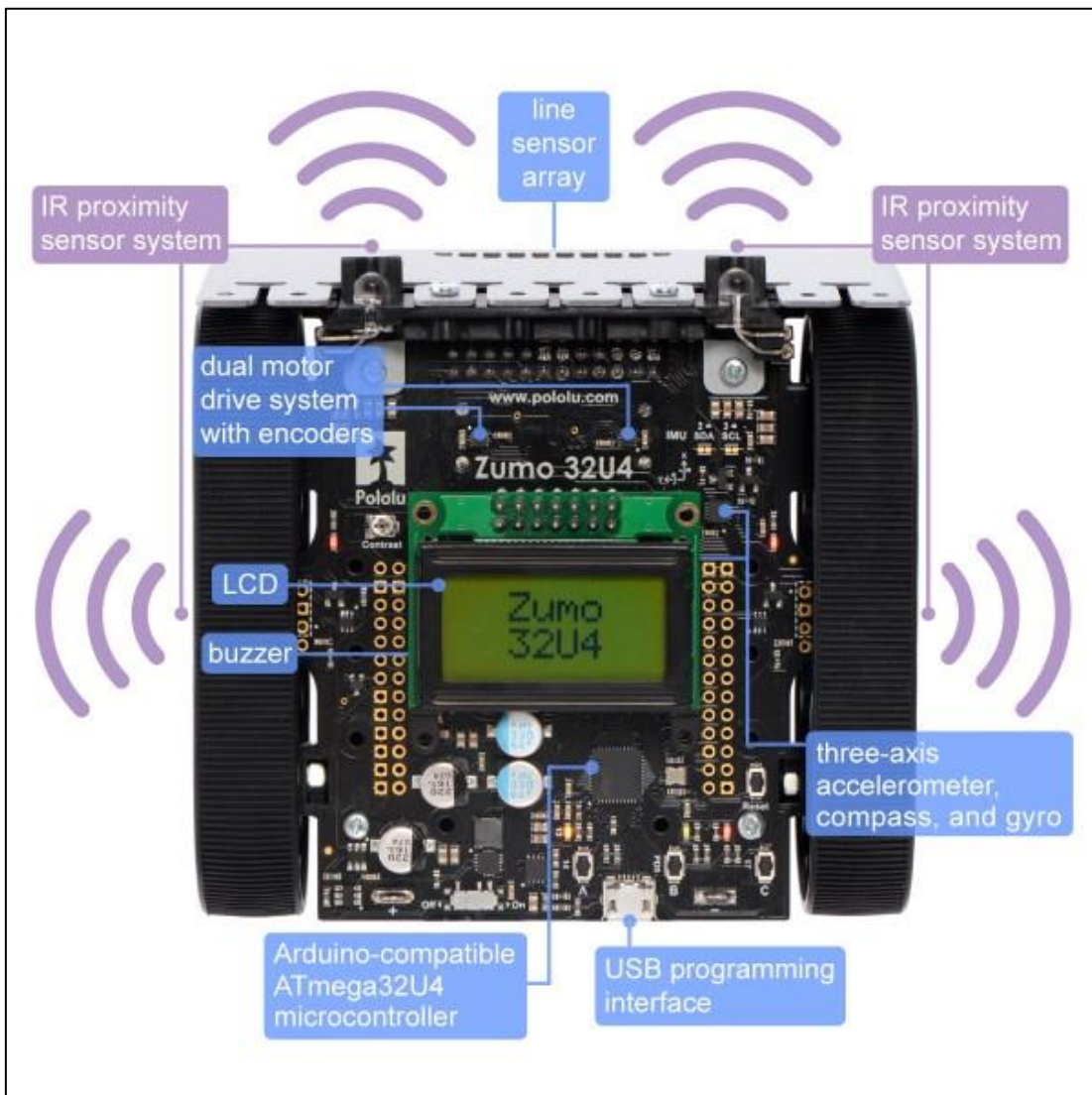


Ilustración 64 - Robot Zumo 32U4

10. Bibliografía

1. *Título:* Instrumentación electrónica
Autor: Ferran Domínguez Gros y Jordi Solé Casals
Fecha de publicación: 2014 (2º Edición)
Fuente de información: Material docente de la UOC
2. *Título:* Fluidos SENSORES
Autor: Por personal de Lab-Volt (Quebec) Ltda
Fecha de publicación: Febrero 2001
Fuente de información: Lab-Volt Ltda. (ISBN 2-89289-503-0)
3. *Título:* Instrumentación electrónica sensores (1)
Autor: Jose María Ferrero Corral
Fecha de publicación: 1994
Fuente de información: Libro apunte UPV (ISBN 84-7721-271-6)
4. *Título:* Sensores para la técnica de procesos y manipulación
Autor: F. Ebel y S. Nestel
Fecha de publicación: 1993
Fuente de información: Festo Didactic
5. *Título:* Sensores inteligentes y sus aplicaciones
Autor: Parallax
Fecha de publicación: 2005
Fuente de información: Parallax (ISBN 1-928982-39-5)
6. *Título:* Foro de robótica creado por profesores de la UPV
Autor: UPV
Fecha de publicación: Actual
Fuente de información: Pagina web (Wiki de Robótica)
<http://wiki.robotica.webs.upv.es/wiki-de-robotica/sensores/sensores-proximidad/>
Consultado: Mayo 2018

7. *Título:* Guía Introductoria para Sensores de Posición
Autor: Zettlex UK Ltd
Fecha de publicación: Actual
Fuente de información: Pagina web
<https://www.zettlex.com/es/articles/sensores-de-posicion/>
Consultado: Mayo 2018

8. *Título:* Fundamentos del sensor
Autor: KEYENCE CORPORATION
Fecha de publicación: Actual
Fuente de información: Pagina web
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/>
Consultado: Mayo 2018

9. *Título:* ¿Qué es un sensor? Tipos y diferencias
Autor:
Fecha de publicación: Mayo 2018
Fuente de información: Pagina web
<http://paolaguimerans.com/openearth/?p=1372>
Consultado: Mayo 2018

10. *Título:* Tipos de sensores electrónicos
Autor: Ingeniería para todos
Fecha de publicación:
Fuente de información: Pagina web
<https://www.ingenieriaparatodos.com/2016/06/sensores.html>
Consultado: Mayo 2018

11. *Título:* Aprendiendo Arduino
Autor: Aprendiendo Arduino
Fecha de publicación: desde 2016 hasta 2018
Fuente de información: Pagina web
<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/?s=sensores>
Consultado: Mayo 2018

12. Título: Proximity Sensors

Autor: Fargo Controls, INC

Fecha de publicación: Actual

Fuente de información: Pagina web

<http://www.fargocontrols.com/sensors.html>

Consultado: Mayo 2018