



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

## **PROPUESTA DE APLICACIONES DE SENSORES PARA LA INDUSTRIA Y CARACTERÍSTICAS DE SENSORES**

**Julio Alejandro Abac de León**

Asesorado por la Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE APLICACIONES DE SENSORES PARA LA  
INDUSTRIA Y CARACTERÍSTICAS DE SENSORES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JULIO ALEJANDRO ABAC DE LEÓN**

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROPUESTA DE APLICACIONES DE SENSORES PARA LA INDUSTRIA Y CARACTERÍSTICAS DE SENSORES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 23 de noviembre de 2012.



**Julio Alejandro Abac de León**

25 de febrero de 2015

Ingeniero  
Carlos Estuardo Guzmán  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzmán.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **Propuesta de aplicaciones de sensores para la industria y características de sensores**, del señor **Julio Alejandro Abac de León**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota  
Colegiada 5,356  
Asesora

**Ingrid Rodríguez de Loukota**  
Ingeniera en Electrónica  
colegiado 5356



Ref. EIME 38. 2015

Guatemala, 27 de ABRIL 2013.

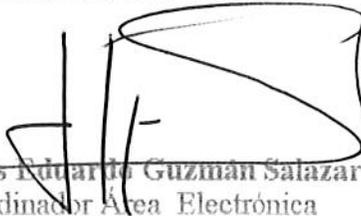
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
**PROPUESTA DE APLICACIONES DE SENSORES PARA LA  
INDUSTRIA Y CARACTERÍSTICAS DE SENSORES,** del  
estudiante **Julio Alejandro Abac de León**, que cumple con los  
requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área Electrónica



S/O



REF. EIME 38. 2015.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JULIO ALEJANDRO ABAC DE LEÓN titulado: PROPUESTA DE APLICACIONES DE SENSORES PARA LA INDUSTRIA Y CARACTERÍSTICAS DE SENSORES, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



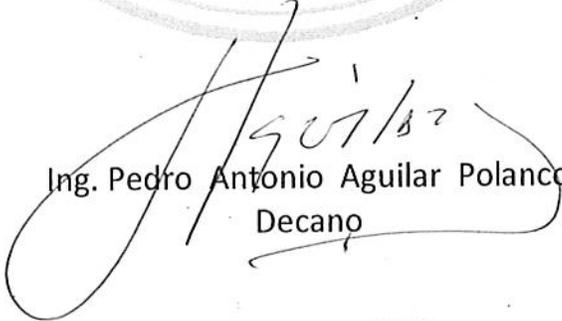
GUATEMALA, 10 DE JULIO 2015.



DTG. 466.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE APLICACIONES DE SENSORES PARA LA INDUSTRIA Y CARACTERÍSTICAS DE SENSORES**, presentado por el estudiante universitario: **Julio Alejandro Abac de León**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, septiembre de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme fuerza, salud y conocimiento para alcanzar esta meta.
- Mis padres** Rogelio Abac y Edelmira de León de Abac. Su amor y comprensión es la luz que ha guiado mi camino.
- Mis hermanos** Rogelio y Laura Abac, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.
- Mi asesora** Inga. Ingrid de Loukota, por su apoyo dado en la elaboración de este trabajo de graduación.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por abrirme las puertas al conocimiento y al desarrollo como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser fuente de conocimiento y crecimiento profesional.
<b>Departamento de Física de la Facultad</b>	Por darme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo.
<b>Ing. Walter Álvarez</b>	Por darme su apoyo y amistad durante mi tiempo en el Departamento de Física.
<b>Mis amigos y compañeros</b>	Por apoyarme de manera incondicional durante mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. <b>SENSORES</b> .....	1
1.1.    Tipos de sensores .....	2
1.2.    Características.....	4
1.2.1.    Rango de medida .....	4
1.2.2.    Precisión.....	4
1.2.3.    Exactitud.....	5
1.2.4.    Offset.....	6
1.2.5.    Linealidad .....	6
1.2.6.    Sensibilidad .....	7
1.2.7.    Resolución.....	7
1.2.8.    Velocidad de respuesta .....	8
1.2.9.    Derivas.....	9
1.2.10.    Repetibilidad.....	9
2. <b>SENSORES POR FUNCIONAMIENTO</b> .....	11
2.1.    Sensores activos .....	11
2.1.1.    Clasificación.....	11
2.1.2.    Características sensores activos .....	13

2.1.3.	Protección .....	15
2.2.	Sensores pasivos .....	16
2.2.1.	Características sensores pasivos.....	17
2.2.2.	Protección .....	18
3.	SENSORES, DADO EL TIPO DE SEÑAL QUE GENERA.....	19
3.1.	Analógicos.....	20
3.1.1.	Características de sensores analógicos.....	22
3.1.2.	Protección .....	23
3.2.	Digitales .....	24
3.2.1.	Características de sensores digitales.....	25
3.2.2.	Protección .....	27
3.3.	Temporales .....	27
3.3.1.	Características de sensores temporales .....	29
3.3.2.	Protección .....	30
4.	SENSORES POR RANGO DE VALORES QUE PROPORCIONAN .....	31
4.1.	De medida o continuos.....	31
4.1.1.	Clasificación .....	33
4.1.2.	Características de sensores de medida .....	36
4.1.3.	Protección .....	37
4.2.	Todo o nada o discretos.....	38
4.2.1.	Clasificación .....	39
4.2.2.	Características de sensor discretos .....	39
4.2.3.	Protección .....	40
5.	SENSORES POR TIPO DE VARIABLE FÍSICA MEDIDA .....	41
5.1.	Mecánica.....	42
5.1.1.	Clasificación .....	42

5.1.2.	Características de variable mecánica .....	44
5.1.3.	Protección.....	45
5.2.	Química .....	45
5.2.1.	Características de variable química.....	45
5.2.2.	Protección.....	46
5.3.	Eléctrica.....	46
5.3.1.	Clasificación.....	47
5.3.2.	Características de variable eléctrica .....	47
5.3.3.	Protección.....	48
5.4.	Térmica.....	49
5.4.1.	Clasificación.....	49
5.4.2.	Características de variable térmica.....	50
5.4.3.	Protección.....	51
5.5.	Magnética .....	51
5.5.1.	Características de variable magnética.....	52
5.5.2.	Protección.....	53
6.	PROPUESTAS DE APLICACIONES INDUSTRIALES.....	55
6.1.	Propuesta de aplicación de sensores por funcionamiento.....	55
6.1.1.	Sensores activos .....	55
6.1.2.	Sensores pasivos .....	57
6.2.	Propuesta de aplicación de sensores por tipo de variable que genera .....	59
6.2.1.	Analógicos .....	59
6.2.2.	Digitales.....	61
6.2.3.	Temporales.....	63
6.3.	Propuesta de aplicación de sensores por rango de valores que proporcionan.....	66
6.3.1.	Continua .....	66

6.3.2.	Discreta .....	69
6.4.	Propuesta de aplicación de sensores por tipo de variable física que mide .....	70
6.4.1.	Mecánica .....	70
6.4.2.	Química .....	72
6.4.3.	Eléctrica.....	74
6.4.4.	Térmica .....	76
6.4.5.	Magnética.....	78
CONCLUSIONES.....		81
RECOMENDACIONES.....		83
BIBLIOGRAFÍA.....		85

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Diagrama en bloque de un sensor .....	2
2.	Clasificación de sensores.....	3
3.	Precisión y exactitud .....	5
4.	Offset .....	6
5.	Linealidad.....	7
6.	Sensor de barrera .....	12
7.	Sensor de rebote.....	12
8.	Ejemplo de sensor activo .....	15
9.	Optocoplador de barrera .....	16
10.	Ejemplo de sensor pasivo .....	17
11.	Ejemplo de señal análoga .....	19
12.	Ejemplo de señal digital .....	20
13.	Ejemplo de señal temporal .....	20
14.	Ejemplo de señal periódica y aperiódica .....	21
15.	Señal de respuesta a un evento particular .....	22
16.	Señal digital a diferentes frecuencias.....	24
17.	Símbolo Schmitt trigger .....	25
18.	Señal estabilizada por Schmitt trigger .....	25
19.	Señal de respuesta temporal digital .....	28
20.	Señal de respuesta temporal análoga.....	28
21.	Señal de medida de tiempo análoga .....	32
22.	Señal de medida por tiempo digital .....	32
23.	Respuesta se sensor positiva.....	33

24.	Respuesta de sensor de señal negativa .....	34
25.	Palabra digital .....	35
26.	Señal de respuesta lenta .....	36
27.	Indicador de revoluciones .....	38
28.	Vibración .....	42
29.	Estiramiento .....	43
30.	Compresión.....	43
31.	Deformación.....	44
32.	Zona de riesgo .....	56
33.	Diagrama de alarma de barrera láser .....	57
34.	Detector de nivel .....	59
35.	Detector de pulso.....	61
36.	Encoder y circuito básico .....	63
37.	Transmisor ultrasónico.....	65
38.	Receptor ultrasónico .....	65
39.	Principio de inductancia .....	68
40.	Detector de metales.....	68
41.	Final de carrera.....	70
42.	Sensor de vibración .....	72
43.	Comprobador de alimentos.....	73
44.	Detector de gases.....	74
45.	Amperímetro .....	76
46.	Indicador de temperatura.....	78
47.	Lectura de caudal .....	80
48.	Puente Maxwell.....	80

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>DC</b>	Corriente directa
<b>Ghz</b>	Gigahertz $1 \cdot 10^9$ hertz
<b>Hz</b>	Hertz
<b>Khz</b>	Kilohertz $1 \cdot 10^3$ hertz
<b>Mhz</b>	Megahertz $1 \cdot 10^6$ hertz
<b>1</b>	Valor lógico alto, de 2,5 a 5 voltios
<b>0</b>	Valor lógico bajo, de 0,5 a 2,5 voltios



## GLOSARIO

<b>Domótica</b>	Conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda.
<b>Evento</b>	Suceso importante y programado.
<b><i>Flip-flop</i></b>	Circuito capaz de estar en uno de dos estados posibles durante un tiempo indefinido.
<b>Hertz</b>	Unidad de medida de frecuencia, ciclos por segundo.
<b>Microcontrolador</b>	Circuito integrado programable.
<b>Palabra digital</b>	Secuencia digital lógica.
<b>Punto de referencia</b>	Convención utilizada como punto de inicio desde que se empieza a tomar una medición.
<b>Receptor</b>	Dispositivo electrónico que recibe la señal del sensor.
<b>Señal</b>	Un impulso electromagnético generado por un sensor.
<b>Telemetría</b>	Tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas.

<b>Transductor</b>	Dispositivo capaz de convertir determinada forma de energía, como presión, temperatura, dilatación, entre otros, en otra normalmente eléctrica.
<b>Transmisor</b>	Equipo que transmite señal, código o mensaje a través de un medio.
<b>Umbral</b>	Cantidad mínima de una señal que debe existir para ser detectada.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación se presenta y explica las clasificaciones, característica de las diferentes clases de sensores, así también se hace una serie de propuestas de aplicaciones en la industria de los sensores.

En el primer capítulo se describen las definiciones, tipos y características generales del sensor.

En el segundo capítulo se observan los sensores por funcionamiento, siendo estos los activos y pasivos, dando a conocer su clasificación, características y protección.

En el tercer capítulo se presentan los sensores por el tipo de señal que genera: analógicos, digitales y temporales; dando a conocer su clasificación, características y protección.

El cuarto capítulo muestra los sensores discretos y continuos, dando a conocer su clasificación, características y protección.

En el quinto capítulo se detallan los sensores por tipo de variable física medida, siendo estos: mecánica, química, eléctrica, térmica y magnética, dando a conocer su clasificación, características y protección.

En el sexto capítulo se presentan algunas aplicaciones de los sensores anteriormente mencionados.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer aplicaciones de sensores en la industria e indicar las características y fundamentos de los sensores.

### **Específicos**

1. Dar a conocer los fundamentos y características generales de los sensores.
2. Describir los fundamentos y características de los sensores activos y pasivos.
3. Definir los fundamentos y características de los sensores analógicos, digitales y temporales.
4. Conocer los fundamentos y características de los sensores de señal continua y discreta.
5. Conocer los fundamentos y características de los sensores que miden variables mecánicas, químicas eléctricas térmicas y magnéticas.
6. Diseñar propuestas de aplicaciones industriales de sensores.



## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo de graduación se describen los fundamentos y características de los sensores, los cuales son dispositivos electrónicos, estos recolectan información de cambios físicos (temperatura, magnetismo, entre otros), y los interpreta como cambios de corriente o voltaje para realizar un proceso, ya sea industrial o doméstico.

Se presentan algunas propuestas de aplicaciones industriales específicas, de acuerdo a los diferentes tipos de clasificación que existen.



# 1. SENSORES

Son dispositivos electrónicos con la capacidad de detectar la variación de una magnitud física, tales como: temperatura, iluminación, movimiento y presión entre otros, y de convertir el valor de esta, en una señal eléctrica, ya sea analógica, digital o magnética.

Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Por otro lado, transductor sugiere que la señal de entrada y la de salida no deben ser homogéneas.

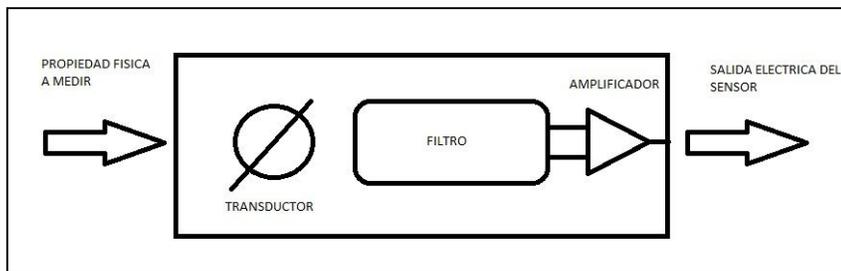
La distinción entre transductor de entrada (señal física/señal eléctrica) y transductor de salida (señal eléctrica/presentación) está prácticamente en desuso. La tendencia actual, particularmente en robótica, es emplear el término sensor para designar el transductor de entrada, y el término actuador o accionamiento para designar el transductor de salida. Los primeros pretenden la obtención de información, mientras que los segundos buscan la conversión de energía.

En este caso se denominará sensor al conjunto de ambos elementos junto con su encapsulado y sus conexiones.

Los sensores constan de una serie de componentes (ver figura 1):

- Un circuito de lazo cerrado de emisión y recepción de la señal física a medir.
- Un transductor, el cual convierte la variable física medible en señal eléctrica.
- Un detector de umbral.
- Una etapa anti rebote o filtro.
- Un amplificador.

Figura 1. Diagrama en bloque de un sensor



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

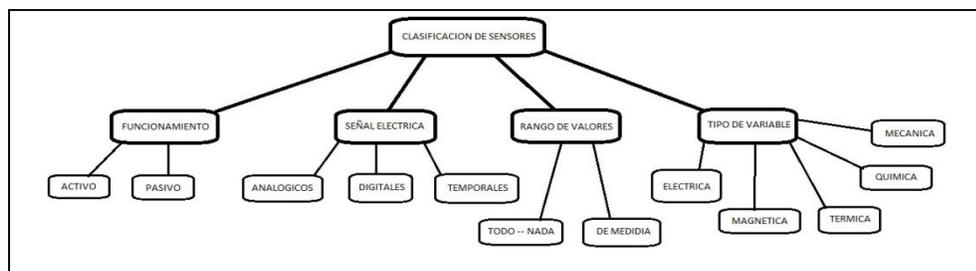
### 1.1. Tipos de sensores

Debido a la gran variedad de aplicaciones y formas en la que operan los sensores, estos se clasifican según su modo de operación (ver figura 2).

- Por su funcionamiento:
  - Activo
  - Pasivo
- Por su tipo de señal eléctrica que maneja:

- Analógicos
- Digitales
- Temporales
  
- Por el rango de valores que proporciona:
  - De medida (constantes )
  - Todo o nada (discreta)
  
- Por el tipo de variable física medida:
  - Mecánica: identifica el cambio de una pieza con respecto de un punto de referencia previamente indicado.
  - Química: identifica el cambio de propiedades químicas con respecto a un patrón ya establecido.
  - Eléctrica: identifica el cambio de corriente o voltaje en un punto específico con respecto a un valor determinado.
  - Térmica: identifica el cambio de temperatura de un área determinada.
  - Magnética: identifica los cambios magnéticos en un área determinada.

Figura 2. **Clasificación de sensores**



Fuente: elaboración propia.

## **1.2. Características**

Las propiedades que los sensores poseen son dadas por los mismos componentes que crean al sensor, las cuales están tomadas en las hojas de datos de cada sensor.

Debido a la serie de componentes que posee, existen varios factores que afecta al sensor sin importar de qué tipo se trate, estas propiedades son:

- Rango de medida
- Precisión
- Offset
- Linealidad
- Sensibilidad
- Resolución
- Rapidez de respuesta
- Derivas
- Repetibilidad

### **1.2.1. Rango de medida**

Son los valores mínimo y máximo en el cual opera el sensor, medida tomada en referencia a la magnitud física que se mide.

### **1.2.2. Precisión**

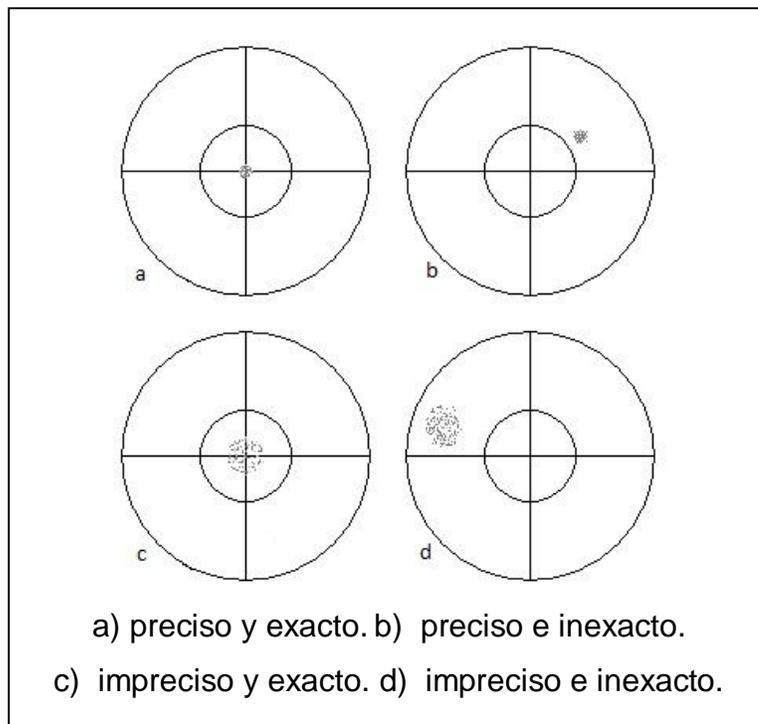
Es la capacidad de un sensor de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas bajo las mismas condiciones.

### 1.2.3. Exactitud

Es la capacidad de un sensor de acercarse al valor de la magnitud real. La exactitud depende de los errores sistemáticos que intervienen en la medición, denotando la proximidad de una medida al verdadero valor y, en consecuencia, la validez de la medida (ver figura 3).

Suponiendo varias mediciones, no está midiendo el error de cada una, sino la distancia a la que se encuentra la medida real de la media de las mediciones (cuán calibrado está el aparato de medición).

Figura 3. **Precisión y exactitud**

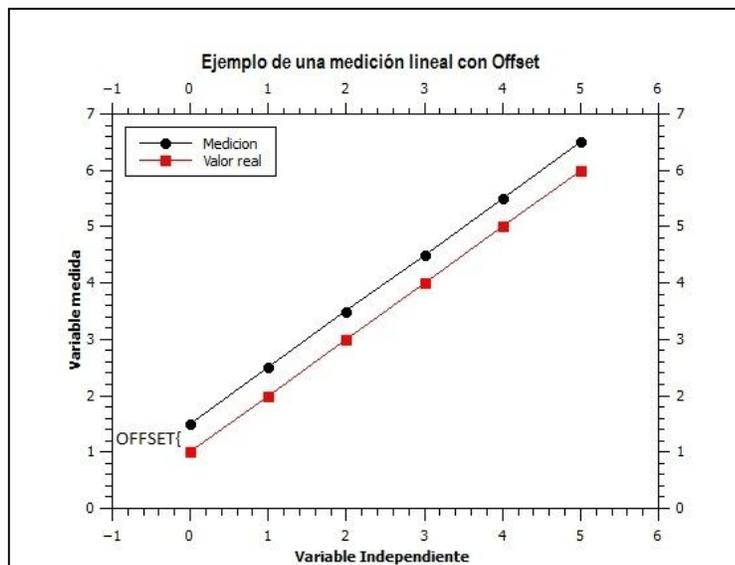


Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

### 1.2.4. Offset

Llamado también desviación de cero, es el valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset (ver figura 4).

Figura 4. Offset

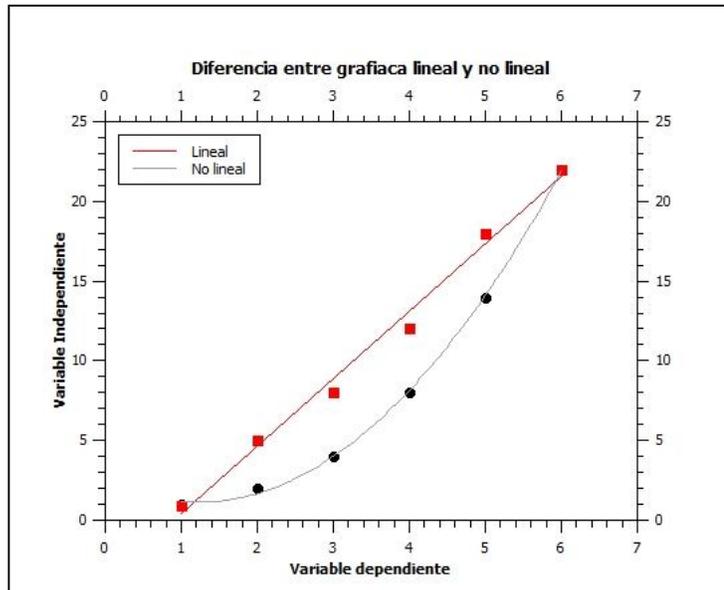


Fuente: elaboración propia, con base al programa Qtiplot.

### 1.2.5. Linealidad

Es el grado en que la respuesta de una entrada dada en comparación con la salida, proporciona una gráfica con una tendencia línea (ver figura 5).

Figura 5. **Linealidad**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Qtiplot.

### 1.2.6. **Sensibilidad**

Es la variación de la salida producida por una variación de entrada. Mientras mayor sea la curva de calibración, mejor es su sensibilidad.

### 1.2.7. **Resolución**

Es el incremento más pequeño que permite diferenciar una lectura del sensor.

### **1.2.8. Velocidad de respuesta**

Mide la capacidad de un transductor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada. La forma de cuantificar este parámetro es a base de una o más constantes de tiempo, que suelen obtenerse de la respuesta al escalón.

Los parámetros más relevantes empleados en la definición de la velocidad de respuesta son los siguientes:

- Tiempo de retardo: el transcurrido desde la aplicación del escalón de entrada hasta que la salida, alcanza el 10 % de su valor permanente.
- Tiempo de subida: el transcurrido desde que la salida alcanza el 10 % de su valor permanente hasta que llega por primera vez al 90 % de dicho valor.
- Tiempo de establecimiento al 99 %: transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la respuesta alcanza el régimen permanente, de una tolerancia de  $\pm 1$  %.
- Constante de tiempo: para un transductor con respuestas de primer orden (una sola constante de tiempo dominante), se puede determinar la constante de tiempo a base de medir el tiempo empleado para que la salida alcance el 63 % de su valor de régimen permanente, cuando la entrada se le aplica un cambio de escalón.

### **1.2.9. Derivas**

Son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento o desgaste del sensor.

### **1.2.10. Repetibilidad**

Se le conoce como máxima desviación entre valores de salida al medir un mismo valor de entrada con el mismo sensor.



## **2. SENSORES POR FUNCIONAMIENTO**

Los sensores se pueden dividir con base a su funcionamiento, es decir, tomando en cuenta el diseño con el que están creados, el tipo de componentes y requerimientos para que se active y den una respuesta efectiva y eficaz que se acople a los requerimientos.

### **2.1. Sensores activos**

Son aquellos que emiten energía sobre el objeto y reciben la señal reflejada por el mismo.

Estos sensores tienen en cuenta un diseño específico que cuentan con un transmisor que emitirá una señal y un receptor que recibirá la misma señal.

Con esto los sensores pueden tomar en cuenta tanto la intensidad como el tiempo o frecuencia de la recepción de la recepción, para dar una respuesta de señal dependiendo de la necesidad.

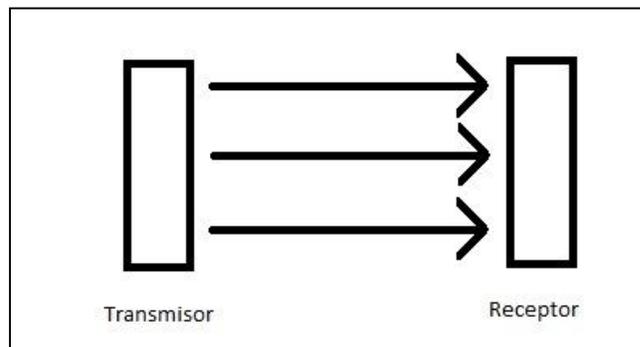
#### **2.1.1. Clasificación**

Existen varias formas que este tipo de sensores son configurados

- Por barrera: es cuando el transmisor y el receptor están en una línea recta, y existe una lectura constante en el receptor, activando al sensor en el momento que esta señal se interrumpe, o bien hace algún conteo

cuando recibe la señal, un ejemplo muy común es el contador de revoluciones de alguna rueda, motor, entre otros (ver figura 6).

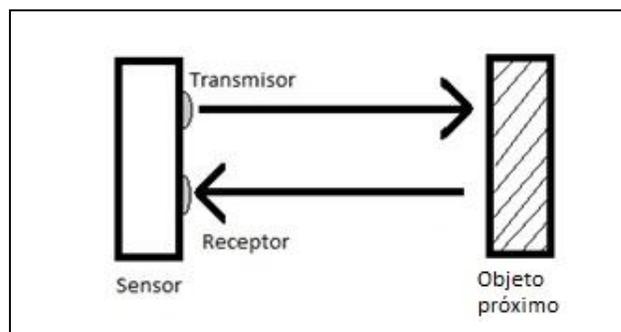
Figura 6. **Sensor de barrera**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

- Por rebote: es cuando el transmisor y el receptor se encuentran uno al lado del otro, el transmisor emite una señal constante, el cual rebota en algún objeto y esta es captada por el receptor, el sensor toma la lectura con base, ya sea del tiempo en que recibe la señal el receptor o bien la intensidad de respuesta en el mismo (ver figura 7).

Figura 7. **Sensor de rebote**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

La respuesta de intensidad se toma, por ejemplo, como los sensores de proximidad magnéticos, los cuales generan un campo magnético que es alterado por un objeto que se acerca a cierta distancia del sensor, este campo alterado se induce en un embobinado el cual genera una corriente eléctrica, que es transmitida y procesada como señal que hay dada un objeto cerca, mientras más cercano se encuentra el objeto, más intenso es el campo magnético inducido en el embobinado.

### **2.1.2. Características sensores activos**

Estos sensores tienen una serie de características ligadas a ellos:

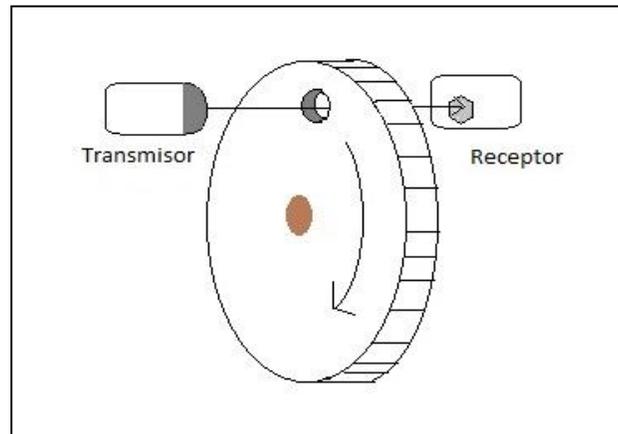
- Requiere alimentación externa: para el funcionamiento de estos dispositivos es necesario una fuente de alimentación externa para las diferentes partes del sensor puedan funcionar sin ningún problema, como por ejemplo, un amplificador operacional requiere su propia fuente de poder para trabajar.
- Consta de varias partes: en términos generales un sensor activo consta de:
  - Transductor: encargado del cambio de la energía que recibida (temperatura, deformación, entre otros) en medible (corriente, voltaje, entre otros).
  - Filtro: evita que el ruido o una señal demasiado baja o alta active algún sensor, generando una ventana de trabajo adecuada para alguna función específica.

- Amplificador: en ocasiones la salida del transductor suele tener un valor bastante bajo, y es necesario amplificarlo a valores que los diferentes dispositivos asociados a ellos necesitan para funcionar.
  
- Ajuste: por lo general necesitan una calibración de los niveles requeridos para el accionar, esto quiere decir que tiene que pasar un cierto umbral, por ejemplo, pasar cierta temperatura o acercarse a cierta distancia para mandar una señal de respuesta.

En estos casos suele ser necesario calibra el *offset* para ajustar una salida cuando la entrada es nula, de esta manera, se garantiza que cuando no hay entrada o esta es nula, la salida está en cero o su punto de referencia.

- Reciben y transmiten: los sensores activos transmiten la característica física, es decir, un haz de luz, un campo magnético o eléctrico y un receptor que mida la característica que se está proporcionando. Por ejemplo, si lo que se transmite es una luz infrarroja por medio de un fotodiodo el receptor tendrá un fototransistor que le permita captar la señal luminosa (ver figura 8).

Figura 8. **Ejemplo de sensor activo**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

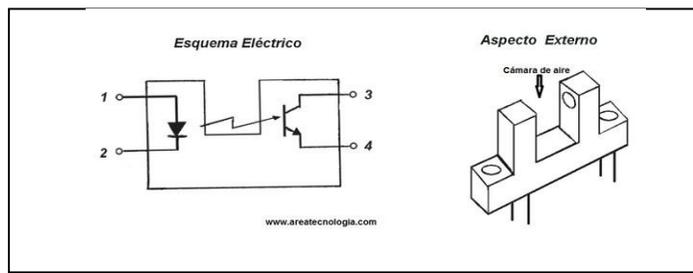
### 2.1.3. **Protección**

Para mantener el sensor protegido de cualquier tipo de daños y así garantizar la vida útil de este por un tiempo considerable, es importante tomar en cuenta los dispositivos de protección durante la instalación del sensor que se desea.

Para el sensor activo se tiene que tomar en cuenta la protección tanto en la salida del transmisor, en la entrada del receptor como en la instalación del sensor, para la protección general del sensor se suele utilizar un dispositivo que mantenga el voltaje estable y evite sobrecargar o corrientes de retorno, por ejemplo, un diodo, transistor o amplificador operacional, ya que estos dispositivos son ideales para este propósito debido a las características de cada uno de ellos.

Para proteger el transmisor y receptor del sensor el mismo suele tener incorporado la protección en el mismo sensor y es que dependiendo del tipo del sensor se requiere una protección diferente, por ejemplo, si se tratara de un sensor de luz, se suele incorporar optocopladores (ver figura 9) que mantienen separados las señales que se transmiten y reciben de las del medio de esta manera se logran evitar daños a los sensores de este tipo.

Figura 9. **Optocoplador de barrera**



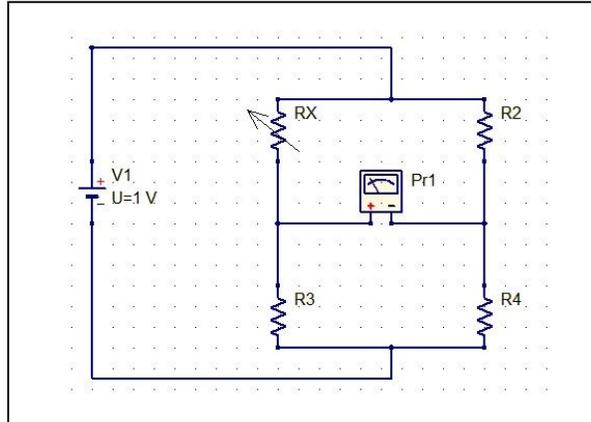
Fuente: Areatecnologica.com, <http://www.areatecnologia.com/electronica/optoacoplador.html>.

Consulta: febrero de 2015.

## 2.2. **Sensores pasivos**

Son aquellos que no requieren un transmisor, es decir, que no generan la cualidad física a medir, sino que toma directamente del medio ambiente en que se encuentra esta cualidad para el funcionamiento adecuado del sensor (ver figura 10).

Figura 10. **Ejemplo de sensor pasivo**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Qucs.

### 2.2.1. **Características sensores pasivos**

Los sensores pasivos constan de una serie de características generales que los identifican:

- Pueden ser de una sola pieza: suelen ser transductores cuya salida es lo suficientemente alta como para poder tomar alguna lectura directamente de ella, sin embargo, en la mayoría de los casos es necesario que cuenten con una etapa de amplificación y filtro.
- No siempre requieren alimentación externa: algunas veces con la energía eléctrica obtenida con el sensor es posible obtener suficiente variación para el dispositivo de medición.
- Suelen trabajar con los especificaciones de fábrica: no hay necesidad de calibrarlos, ya que según su hoja de datos se obtiene cierta salida con respecto a la entrada, lo cual no puede ser variada.

- Solamente reciben la magnitud física a medir: no transmiten nada, únicamente obtienen la magnitud a medir de un punto en el ambiente o punto de operación deseado.

### **2.2.2. Protección**

Para la protección de este tipo de sensores hay que tomar en cuenta que el transductor se encuentra en el ambiente que se está observando, y este en muchos casos puede ser hostil, si bien el transductor está diseñado para soportar estos ambientes es imperativo tomar medidas para la protección del sensor.

Para este tipo de sensores la protección se concentra en el transductor, siguiendo unas medidas básicas, empezando por la conexión del mismo a la fuente de poder (cuando el transductor necesita fuente de poder), con una resistencia para limitar su voltaje (aunque esto no siempre es necesario) y este se mantenga en el rango útil y no tenga sobrecargas, asimismo, nunca se coloca directo a tierra o neutro, ya que cuando los transductores convierte la energía del medio, mecánica, química, entre otros, lo hace a energía eléctrica y si este se encuentra a tierra crearía un cortocircuito en el sensor.

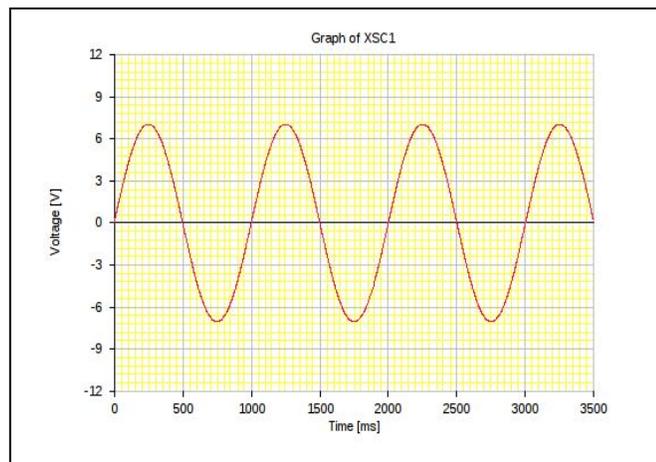
### 3. SENSORES, DADO EL TIPO DE SEÑAL QUE GENERA

La clasificación de sensores, también abarca el tipo de salida que posee, es decir que según la necesidad del diseñador, en algún momento desea tener lecturas continuas, discretas o por lapsos de tiempo específicos.

Por este motivo, cuando se habla de sensores por tipo de señal generada (ver figuras 11, 12 y 13), se pueden clasificar como:

- Analógicos

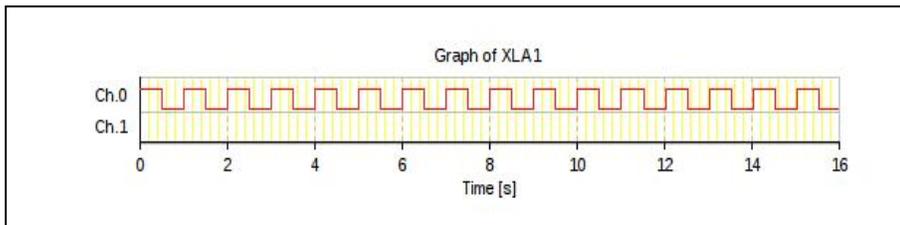
Figura 11. **Ejemplo de señal análoga**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

- Digitales

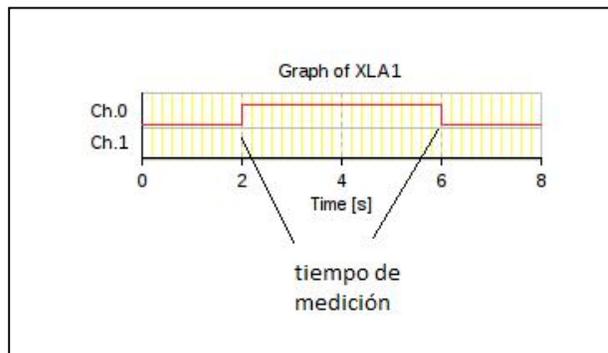
Figura 12. **Ejemplo de señal digital**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

- Temporales

Figura 13. **Ejemplo de señal temporal**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

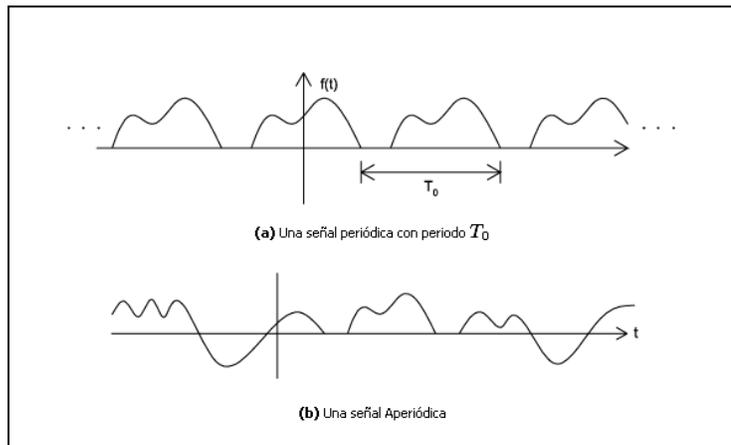
### 3.1. Analógicos

Cuando se refiere a una señal análoga o continua, se habla de una señal sin interrupción y permanente por un tiempo aproximadamente largo, estas

señales pueden ser de tipo lineal, no lineal, periódica o aperiódica. Puede tener cualquier forma, ya sea constante, fluctuante, con polaridad negativa e incluso puede llegar a tener un cambio de polaridad ya sea de positiva a negativa (+,-) o de negativa a positiva (-,+)

 (ver figura 14).

Figura 14. **Ejemplo de señal periódica y aperiódica**

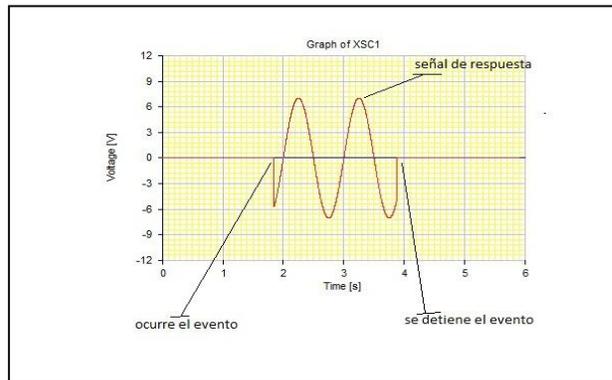


Fuente: *Comparación de señales periódicas y aperiódicas.*

<http://macfugo.wikispaces.com/Señales+Análogas+y+Digitales>. Consulta: febrero de 2014.

Estos sensores ofrecen una salida con una señal analógica que corresponde al comportamiento de un fenómeno físico en particular, así como su comportamiento a lo durante periodos de tiempo largos. (ver figura 15)

Figura 15. **Señal de respuesta a un evento particular**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

Al recibir constantemente una señal de entrada analógica trabaja usualmente en una ventana de rango teniendo una salida, ya sea positiva (+) o negativa (-) del punto de referencia, ya sea voltaje o corriente. Sin embargo, esto suele poner al sensor un nivel de *offset*, el cual debe ser ajustado según la aplicación específica del sensor.

### 3.1.1. Características de sensores analógicos

Este tipo de sensores tiene varias características que le permite ser eficiente en la forma en que obtienen señal.

- La lectura de datos es en un intervalo continuo en el tiempo: la señal de lectura no se interrumpe es un monitoreo constante.
- Son más precisas que las digitales: esta precisión se debe a que, como están dentro de un rango de acción más amplio no está limitada por la resolución de un rango de alto y bajo como las señales digitales.

- Tiene un valor medio dentro de un rango de acción determinado: posee un punto de referencia, el cual suele estar en un valor intermedio para que la señal observada no suba o descienda.
- Son más propensas a ser afectados por el ruido: el ruido blanco suele afectar la señal de salida debido a que suelen ser pulsos aleatorios en la señal, creando señales de salida falsas que son consideradas validas al sensor.
- Pueden tener una lectura periódica o aperiódica: la señal no necesariamente es una forma específica, también puede tener una forma diferente dependiendo de la aplicación utilizada.
- En algunas ocasiones es necesario convertir la señal análoga a digital para el trabajar con la señal: debido a que, actualmente es más común y sencillo trabajar con sistemas digitales, es necesario convertir la señal de respuesta análoga en digital por medio de un ADC.

### **3.1.2. Protección**

Este tipo de sensor requiere un sistema de protección en la entrada del transductor que funcione como filtro, para evitar que señales de ruido o con valores muy elevados dañen o den valores falsos en el sensor.

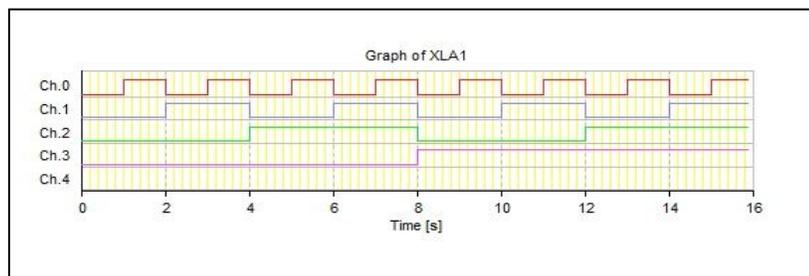
Es importante tener en cuenta la sensibilidad del sensor, para evitar poner una protección demasiado alta que no permite que el evento que se mide no lo tome en cuenta el sensor.

La protección de esta clasificación de sensores depende del sensor en sí, ya que aquí están enfocados a la señal que genera, no a la entrada del sensor, por este motivo no se puede dar una protección específica debido a la variedad de diseños que existen, sin embargo, hay que recalcar que se deben tomar las medidas generales de protección, como un limitador de voltaje, y no colocarlo directo a tierra o neutro.

### 3.2. Digitales

Son aquellos que tienen de salida una señal que no es continua en el tiempo sino que tiene una salida de “1” o “0” lógico (ver figura 16), “encendido” o “apagado”, teniendo como respuesta “verdad o negación”, a intervalos de tiempo específicos, los cuales pueden variar de duración o la frecuencia del pulso para interpretar la señal en ese instante de tiempo actuando según corresponde al diseño del sistema en que se encuentra el sensor.

Figura 16. Señal digital a diferentes frecuencias

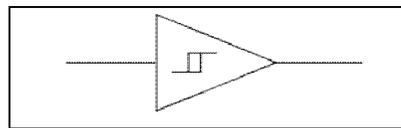


Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

Estas señales pueden ser recibidas e interpretadas como pulsos de luz, o voltajes de diferentes niveles que serían interpretados como pulsos binarios “1 o 0”, es importante señalar que muchas veces es necesario un dispositivo

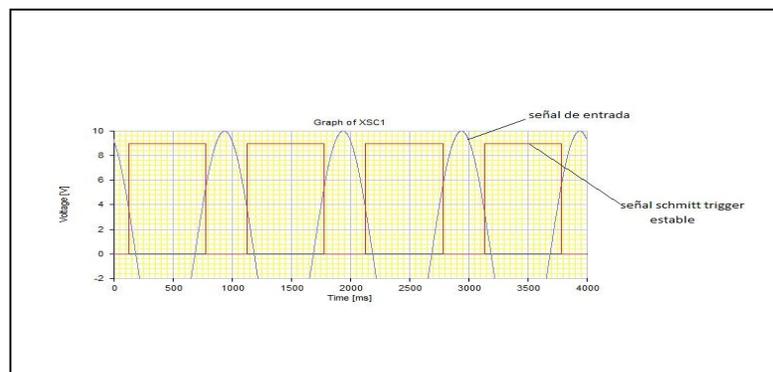
comparador, como por ejemplo, el Schmitt trigger (ver figura 17) ,el cual usa la histéresis para prevenir el ruido que podría causar una señal de respuesta falsa, esto lo hace nivelando y manteniendo la salida hasta que se produce un cambio brusco en la entrada (ver figura 18).

Figura 17. **Símbolo Schmitt trigger**



Fuente: Selket. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schmitt\\_trigger\\_symbol.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schmitt_trigger_symbol.svg). Consulta: septiembre de 2014.

Figura 18. **Señal estabilizada por Schmitt trigger**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

### 3.2.1. Características de sensores digitales

Las diferentes cualidades que presentan estos sensores se reflejan en sus características generales:

- Su salida es digital “1” y “0”: La salida es lógica, por este motivo no tiene valores intermedios, cuando no existe señal en la salida se dice que tiene alta impedancia.
- No necesita ADC para trabajar la señal de salida, ya que la salida es digital y se puede trabajar directamente con la salida del sensor.
- Suelen ser usados con circuitos lógicos (microcontrolador, tarjetas lógicas, entre otros).
- Como no requieren ningún cambio en su salida suelen ser usados directamente con circuitos lógicos para la interpretación de la señal de salida.
- Son menos precisos que los análogos: están limitados a valores precisos los cuales son los considerados entre valores bajos 0 y 1 lógicos perdiendo valores intermedios que para los análogos si son tomados en cuenta.
- Son más estables que los sensores análogos: las salidas son lógicas 1 o 0, y menos susceptibles a cambios graduales generados por factores externos mientras que en los análogos estos cambios externos pueden afectar la señal de salida.
- Son menos susceptibles al ruido: el sensor debe tener una señal relativamente alta para ser reconocida como 1, así que debe ser una señal de ruido fuerte para agregar un error en el sensor que se refleje en la salida.

- Requiere o incluyen un comparador Schmitt trigger: para que una salida lógica sea considerada 1 debe tener un voltaje mínimo (TTL: 2.8V) cuando la entrada se encuentra en este rango se pueden dar errores, ya que si no hay suficiente voltaje puede incluir un error en la salida el Schmitt trigger nivela estos voltajes para evitar errores de este tipo.

### **3.2.2. Protección**

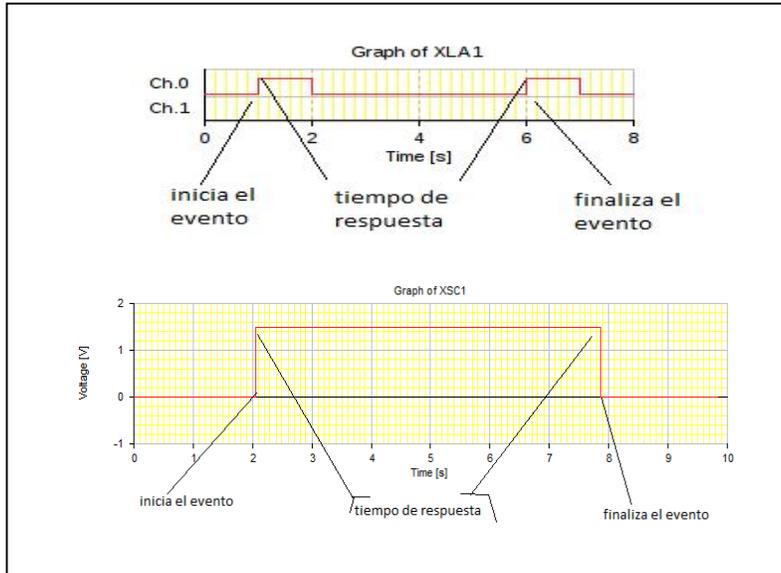
En este tipo de sensor al igual que en el sensor con salida análoga se requerirá las medidas de protección generales del sensor dependiendo del tipo de sensor y su funcionamiento, y características principales que este posea.

### **3.3. Temporales**

Son aquellos cuya señal de respuesta es más importante el tiempo que se mantiene o sus intervalos que el nivel de voltaje o corriente que presente, estos sensores pueden ser tanto digitales como análogos (ver figuras 19 y 20), dependiendo de la duración promedio de la señal de salida del sensor.

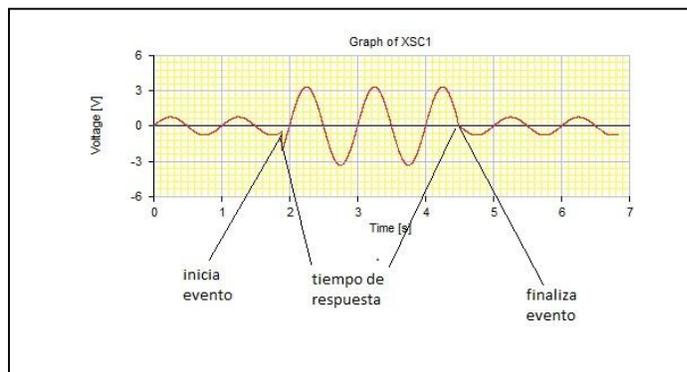
Es importante aclarar que la señal de salida del sensor usualmente tiene una amplitud determinada, siendo la variable el ancho de la señal que es el factor determinante en una medición temporal, ya sea cambiando el valor de su salida durante el tiempo determinado o existiendo una señal de salida durante el tiempo en que el sensor se activa.

Figura 19. **Señal de respuesta temporal digital**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

Figura 20. **Señal de respuesta temporal análoga**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

### 3.3.1. Características de sensores temporales

Este tipo de sensores se diferencian de los sensores con respuesta digital por varias causas y características específicas que son inherentes en este tipo de sensor.

- Su amplitud es constante: los cambios de amplitud de este sensor solamente indican el momento en que empieza el conteo del tiempo y el momento en que termina, teniendo en cuenta que los factores a considerar son el instante del cambio y no la amplitud del mismo, por ese motivo los cambios de amplitud no son significativos.
- La variable a considerar es el ancho del pulso no su amplitud: el punto clave de la señal de respuesta de este sensor es el cambio de amplitud, sin embargo, la variable que se considera es el tiempo de toma de cambio de amplitud hasta el momento del otro cambio no dependiendo del nivel de amplitud con el que se trabaje dependiendo del sensor específico que se tiene.
- Su frecuencia puede ser periódica o aperiódica, ya que el tiempo es el factor importante, este tipo de sensor es posible utilizarlo como un temporizador con un tiempo específico o bien simplemente midiendo el tiempo de un evento en especial, en este caso no depende del sensor en sí, como en su entorno.
- Requiere un comparador Schmitt trigger para evitar el ruido y no tener señales que puedan inducir a un error, ya que este estabiliza la señal para tener claros los pulsos altos y bajos.

- Es poco propensa al ruido: recordando que el ruido son pulsos de amplitud variable, se requiere no solo que la señal de ruido su magnitud sea lo suficientemente grande y el tiempo de duración sea amplio lo cual es poco probable que ocurra.
- Son muy precisos: si bien es cierto que tienen un tiempo de retraso en el momento en que el sensor recibe al que manda la variable a tomar en cuenta es el tiempo en que se activa hasta que finaliza, este tiempo suele ser programable según el tipo de sensor, y no suele tener variaciones.

### **3.3.2. Protección**

Para este tipo de sensor hay que tomar en cuenta que el tiempo en que se mantiene activo el sensor puede llegar a ser prolongado, provocando un calentamiento en el mismo el cual puede llegar a dañar el sensor o elementos de este, por este motivo un método de protección para el sensor sería un disipador de calor o un ventilador el cual mantenga la temperatura estable, evitando un sobrecalentamiento que dañe el dispositivo o genere ruido que provoque lecturas falsas.

## **4.    SENSORES POR RANGO DE VALORES QUE PROPORCIONAN**

Los sensores siempre dan como respuesta a un evento determinado una serie de señales eléctricas, ya sean digitales o análogas sin embargo para fines prácticos es necesario considerar el tipo de salida se necesita para la aplicación específica que se desea según sea la conveniencia.

Para esto hay que tomar en cuenta que se pueden clasificar de dos posibles maneras dependiendo del tipo de salida que se cuenta.

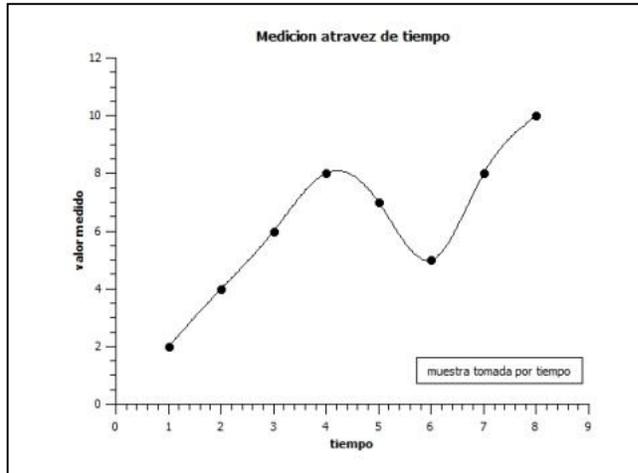
- De medida o continuos
- Todo o nada o discretos

### **4.1.    De medida o continuos**

Cuando se refiere a una señal de salida “de medida” se está hablando de una señal cuantificada según la señal de entrada, es decir que, según la señal de entrada se obtendrá como respuesta una señal de salida en relación a la entrada (ver figura 21).

Este tipo de sensores, generalmente serán un rango de sensibilidad al igual que la precisión de un nivel muy alto, debido a que un pequeño error puede llegar a dar una salida falsa o valores incorrectos, este tipo de errores puede darse también, por *offset* o resolución (ver figura 22).

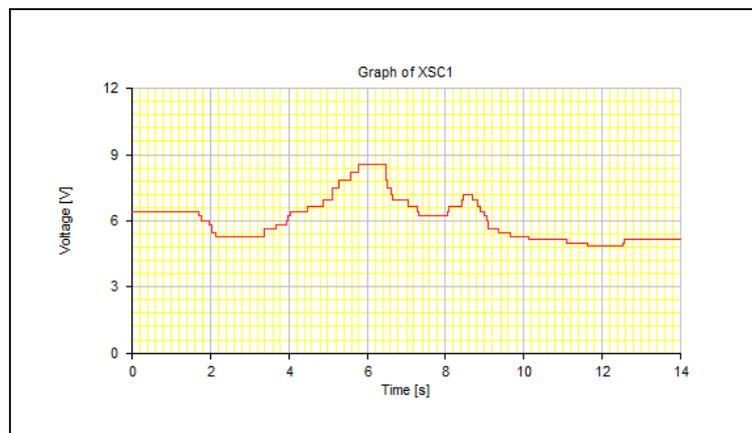
Figura 21. **Señal de medida de tiempo análoga**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Qtiplot.

También hay que considerar la rapidez de respuesta, ya que se podrían perder datos al momento de recibir la señal de entrada debido a la velocidad del cambio de una señal y una lenta respuesta del sensor.

Figura 22. **Señal de medida por tiempo digital**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

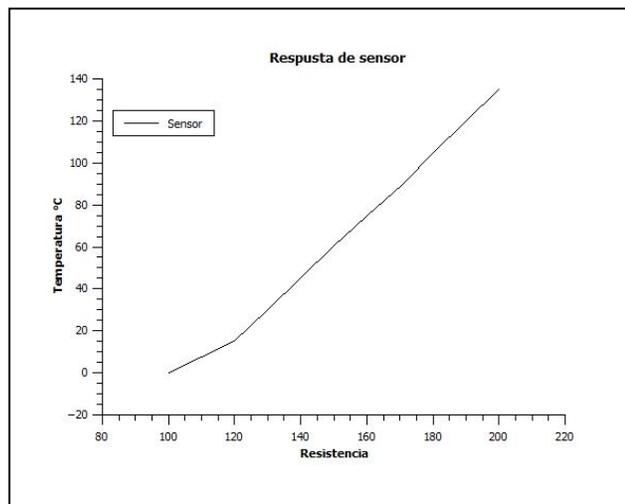
### 4.1.1. Clasificación

Este método de señal recibida se puede clasificarlos según sus propias características de respuestas ante un evento determinado.

- Análogo lineal: es una respuesta con señal análoga, es decir, continua en el tiempo, aquí es importante aclarar que el factor a considerar no es el tiempo de la señal de respuesta, sino de los cambios de nivel que se presentan, asimismo, es aquella en que existe una relación directa entre el evento o variable medida y la señal de salida, ya sea de forma positiva o negativa. (ver figuras 23 y 24).

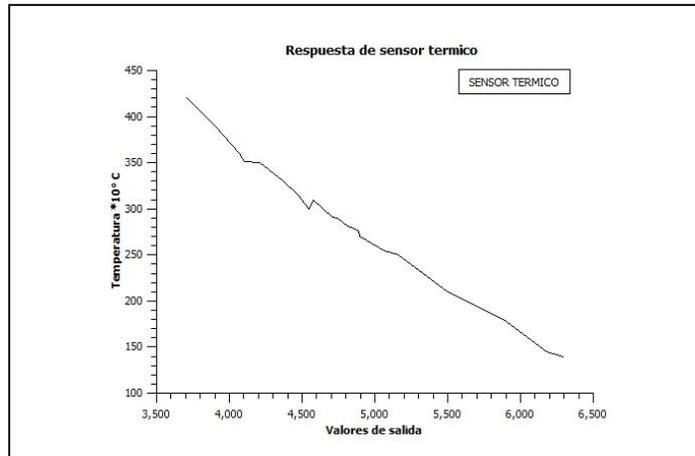
Esta relación usualmente es dada por sensores con componentes lineales, ya sean activos o pasivos, siempre y cuando su respuesta sea proporcional

Figura 23. Respuesta se sensor positiva



Fuente: elaboración propia, con base al programa Qtiplot.

Figura 24. **Respuesta de sensor de señal negativa**



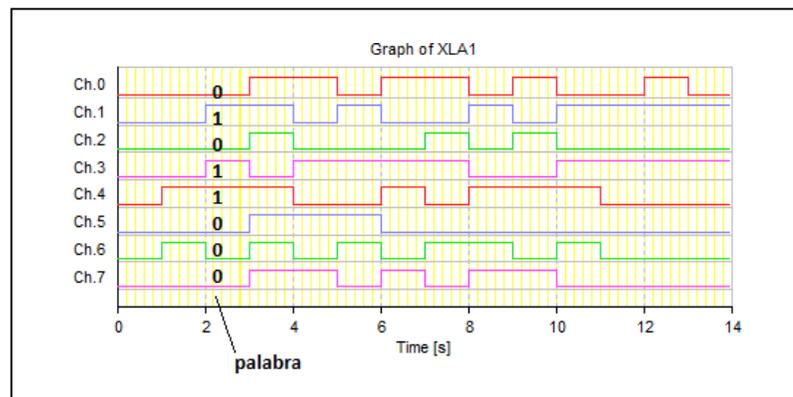
Fuente: elaboración propia, con base al programa Qtiplot.

- Análogo no lineal: un sensor cuya señal de salida es análoga no lineal, es aquella que su respuesta a un evento o variable observada es una señal análoga como antes fue especificada, sin embargo, su respuesta no es directa ni inversamente proporcional, generalmente son exponenciales o logarítmicas

Estas señales se deben mayormente a los tipos de componentes que tiene el sensor a utilizar ya que los componentes pasivos o activos no lineales, estos además, pueden crear una resonancia, un desfase o una retroalimentación la cual haría que la señal de respuesta del sensor no fuera directamente proporcional a la entrada, generando problemas de offset y sensibilidad que podría afectar más la linealidad del sensor, ya que este tarda en estabilizarse haciendo que el tiempo de respuesta sea mayor, sin embargo, este tipo de sensor es más preciso y exacto, debido a su misma complejidad son más confiables que la mayoría.

- Digital: estos sensores son los que al recibir una señal de entrada la salida es un código binario generalmente una palabra digital (ver figura 25) que representa un nivel particular, siendo la sucesión de palabras los diferentes niveles del evento que se está observando con el sensor.

Figura 25. **Palabra digital**

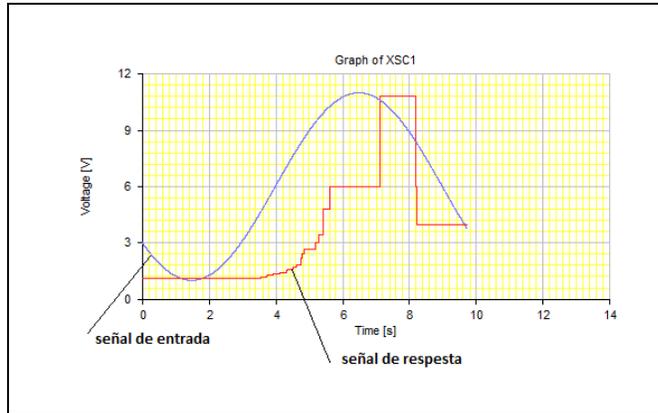


Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

Esto, sin embargo, puede tener ciertos problemas con la sensibilidad del dispositivo, ya que las palabras suelen ser a cierto cambio en la variable detectada, sin embargo esto crea una protección contra el ruido que pueda generar las derivas, ya sea del sensor o del medio ambiente en el que se encuentra el sensor.

También hay que considerar que al momento de detectar cambios bruscos puede que no sea lo suficientemente rápido como para detectar todos los cambios perdiendo información (ver figura 26).

Figura 26. **Señal de respuesta lenta**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

Este tipo de sensores son utilizados para recabar información sobre cambios que ocurren en un lugar determinado de un fenómeno o evento determinado, y por eso los valores digitales son mejores para tener una mejor recaudación de datos obtenidos.

#### 4.1.2. **Características de sensores de medida**

Para saber bajo qué circunstancias es conveniente utilizar este tipo de sensor hay que tener en cuenta sus características las cuales son:

- Su percepción de datos es continuo: estos sensores se mantienen recibiendo datos durante un tiempo considerablemente largo, el cual permite la recolección de varias muestras del evento que se está observando.
- Tiene diferentes tipos de rangos: estos pueden variar según lo que se este midiendo, pueden ser valores o cambios muy pequeños o muy

grandes, dependiendo con que variable física que se trabaje, un mismo sensor puede trabajar rangos pequeños o medianos, medianos o grandes, pero la mayoría suelen tener rangos específicos y determinados por los fabricantes.

- Pueden ser análogos o digitales, ya que el punto primordial es el valor, es más fácil procesarlo o interpretarlo de manera digital, sin embargo suele ser más preciso y exacto si los datos son análogos.
- Pueden tener un error de *offset* debido a los tiempos de reacción y procesamiento de datos se tiene un retraso en la salida respecto a la señal de entrada, lo que genera un error de *offset*, el cual debe tomarse en cuenta para corregirse.
- Pueden ser lineales o no lineales: los sensores debido a los elementos que lo componen su respuesta puede tener un comportamiento no directo según la entrada, teniendo que tomar en cuenta si la aplicación final debe comportarse.

#### **4.1.3. Protección**

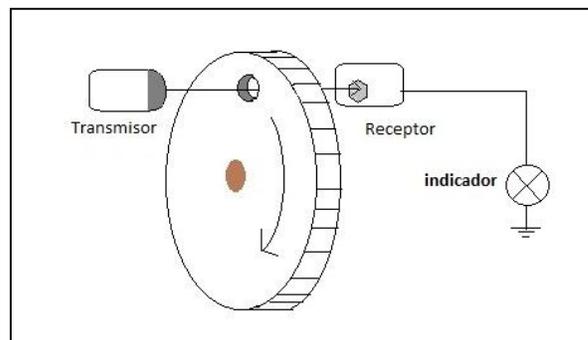
Para este tipo de sensor hay que tomar en cuenta sus características, es decir el modo en que los datos son adquiridos por el sensor, ya que es ahí donde se pueden generar daños al sensor, es decir, que la toma de datos es constante, lo que puede llevar a un sobre calentamiento del dispositivo, por eso requerirá un sistema de enfriamiento ya sea con disipador de calor o ventilación adecuada, así como algún filtro para disminuir el ruido del sistema.

## 4.2. Todo o nada o discretos

Los sensores, también pueden dar como respuesta una simple pero importante señal de respuesta o presencia, es decir, existe o no existe, en estos casos no es necesario que haya niveles ni rangos, ya que no pueden “medio existir” simplemente existe o no respuesta al sensor de la variable medida.

Debido a esto suelen ser principalmente digitales, es decir “1” o “0” lógico, ya que es la manera más simplificada de analizar la existencia de datos y ayuda al procesamiento de información al tener una salida de este tipo del sensor.

Figura 27. **Indicador de revoluciones**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

Es importante considerar que existe un rango de medida que no inicia con cero, ya que a pesar de que el sensor identifique un evento, este no tendrá respuesta hasta que pase de cierto nivel, para evitar respuestas falsas provocadas por ruido en el ambiente u otras derivas que se puedan presentar.

#### **4.2.1. Clasificación**

A estos sensores se pueden clasificar según su respuesta a los eventos que se están observando.

- **Digitales:** la respuesta del sensor a los eventos es digital, la respuesta suele ser “0” si no hay respuesta de un evento, o bien “1”, si existe un evento confirmado. Este tipo de sensores tiene la ventaja que cuya salida puede ser procesada directamente en la salida por dispositivos como microcontroladores, procesadores, compuertas lógicas, *flip-flops*, entre otros.
- **Análogos:** estos sensores tienen una salida análoga usualmente baja y en cuanto detectan un evento la señal se amplifica indicando su existencia, estos tienen una amplitud determinada cuando no detecta y otra amplitud cuando detecta algo, y una frecuencia única, lo que realmente detecta es el cambio en la amplitud.
- **Directa:** estos dispositivos tienen la cualidad de funcionar con corriente directa de manera parecida a los sensores digitales, sin embargo el rango de voltajes que operan son más elevados de rango de 15 voltios, ya que generalmente, usa amplificadores operacionales o transistores que entran en corte o saturación según sea el caso de respuesta del evento, existe o no existe.

#### **4.2.2. Características de sensores discretos**

Entre las características más importantes de este tipo de sensor están:

- La salida todo y nada está claramente diferenciada: no hay valores medios, simplemente existe o no, es decir que la diferencia entre un valor de nada y un valor de todo es amplia donde no da lugar a errores, para esto suele usarse amplificadores operacionales o transistores en corte o saturación, o bien alguna compuerta Schmitt trigger.
- Existe una diferencia entre un valor bajo nada y no tener señal de respuesta. Cuando se habla de un valor bajo, nada, o 0 lógico, se está hablando de que existe un dato de un nivel diferente a 0 voltios o amperios, el cual es muy diferente a no tener ninguna respuesta del sensor.
- La cantidad del evento no es importante, este tipo de sensor se basa en la existencia o no existencia de ciertos eventos que ocurren, por lo tanto no implica en que si existe poco o no mientras exista hay detección de lo contrario su valor será de nada.

#### **4.2.3. Protección**

Para garantizar el funcionamiento adecuado hay que considerar las protecciones básicas del sensor, tomando en cuenta el funcionamiento de este tipo de sensor, el momento en que ocurre un evento será en la mayoría de los casos de forma abrupta, así que es más recomendable tener un sistema de protección en el transductor, ya sea un lente si se tratara de una fuente de luz, o algún amortiguador en caso sea de contacto físico, para evitar daños en el momento en que el evento exista.

## 5. SENSORES POR TIPO DE VARIABLE FÍSICA MEDIDA

La mejor manera de clasificar los sensores para fines prácticos es utilizando como referencia la variable física medida, es decir, que dependiendo el factor que usa para analizar el cambio es cómo se puede decidir cuál sensor utilizar.

Hay que tomar en cuenta que la salida de los sensores puede ser tanto analógica como digital, lineal o no lineal, periódica o aperiódica, de todo o nada, ya que en este caso no se está observando el tipo de salida generada sino que fuerza o cambio se ejerce para tener una respuesta del sensor.

Los cambios de fenómeno físico a señal eléctrica que genere el sensor es gracias a un transductor que es la parte principal del sensor que es el cambia de una magnitud física a otra.

Las variables físicas que se miden son generalmente:

- Mecánicas
- Químicas
- Eléctricas
- Térmicas
- Magnéticas

## 5.1. Mecánica

Los sensores de esta clasificación se encargan de observar cambios físicos en una estructura en particular, es decir, que ve como la estructura o parte de ella puede llegar de deformarse.

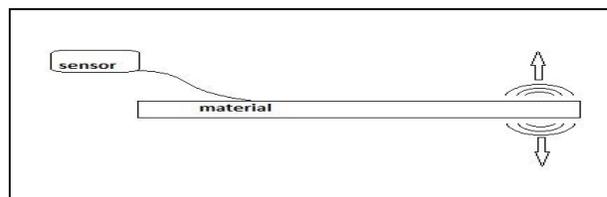
Esto da una pauta para saber si el material que está bajo observación puede llegar a un punto de quiebre o un punto donde no va regresar a su forma original, también si existe vibración o fuerzas que puedan dañar la estructura.

### 5.1.1. Clasificación

Este tipo de sensores se clasifican a base a qué tipo de fuerza actúa sobre un material o estructura.

- Vibración: en una estructura sobre todo cuando hay equipos por ejemplo motores, generan vibraciones en las estructuras, y es importante tomar en cuenta dicha vibración, estos dispositivos suelen ser acelerómetros que actúan a frecuencias muy altas sobre ciertos puntos de la estructura, para observar su reacción.

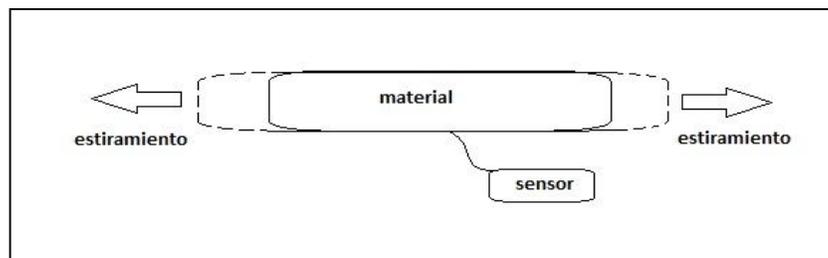
Figura 28. **Vibración**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

- Estiramiento. este tipo de sensor se usa para detectar cómo es afectado un cuerpo cuando se le aplica una fuerza que ejerce un estiramiento, revisando cuando se estira y cuando regresa a su forma original, esto lo hace con el cambio de resistencia que se crea al cambiar su forma física.

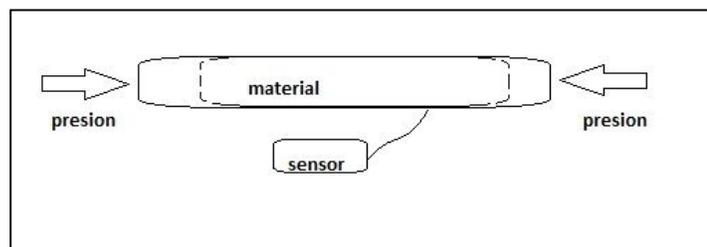
Figura 29. **Estiramiento**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

- Compresión: este sensor actúa de manera similar al sensor de estiramiento, con la diferencia de que está calibrado de manera que es el fenómeno opuesto el observando, es decir, el cambio de resistencia del material al cambiar su forma física al momento de comprimirse.

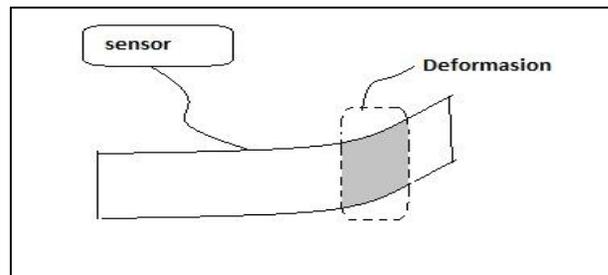
Figura 30. **Compresión**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

- Deformación: este sensor reacciona a los cambios de forma de algún material o estructura ya sea doblándose o bien estirándose o bien comprimiéndose en alguna parte del material.

Figura 31. **Deformación**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

### 5.1.2. Características de variable mecánica

En este tipo de sensores hay que tomar en cuenta ciertas características importantes que son:

- Usa diferentes tipo de transductores: dependiendo de la aplicación que se requiera, pueden ser piezoeléctricos, resistencias variables, entre otros.
- Pueden ser lineales o no lineales: dependiendo de los componentes del sensor estos pueden tener una respuesta lineal o no lineal, ya que como por ejemplo la resistencia variable dará una respuesta lineal al momento que ésta se doble, mientras que los piezoeléctricos, responde a una vibración y estos no son lineales.

- Suelen ser temporales y analógicos: en ciertos casos se mantienen en lugares donde el monitoreo es constante o durante períodos de tiempo amplios, lo que da una respuesta de cuánto tiempo se mantuvo la deformación y que tan grande fue esta.

### **5.1.3. Protección**

Para la protección de este tipo de sensores se toma en cuenta el trabajo que realiza y donde lo realiza, ya que este está propenso a fuerzas físicas que ejercen sobre él, así que tomando esto a consideración se debe de incluir una protección externa en el sensor, que lo proteja de golpes, también requiere una protección al momento de que el cambio mecánico que se está analizando sobrepase la capacidad del sensor, para esto se utiliza una resistencia, diodo o elemento limitador el cual evite una sobrecarga en el elemento transductor.

## **5.2. Química**

Los sensores se han desarrollado a un punto donde es posible detectar compuestos que no son apreciables a simple vista, muchas veces son a nivel molecular, estos sensores son diseñados con propósitos muy específicos ya que buscan una respuesta precisa en el ambiente en que se desarrollan.

### **5.2.1. Características de variable química**

Estos sensores suelen tener características muy precisas, sin embargo, aquí se indican las más comunes.

- Son activos: mandan una señal ya sea de luz o magnética, y verifican la respuesta para detectar cambios en el objeto a observar.

- Son específicos: cada sensor se hace con propósitos muy específicos haciéndolos muy diferentes unos con otros debido a sus propiedades.
- Son análogos o digitales: sus respuestas pueden ser dadas de forma análoga o digital según sea la finalidad del sensor.

### **5.2.2. Protección**

En protección de estos tipos de sensores hay que tomar en cuenta que elemento es el que usa para medir, y ya que son elementos químicos, hay que tener cuidado en el almacenaje de estos sensores ya que la contaminación ambiental o suciedad podrían afectar la medición dando valores falsos e inexistentes, para evitar eso suelen usarse ciertos filtros que son retirados hasta el momento que se utiliza el sensor, o bien aislando el sensor para acceder bajo ciertas condiciones, por ejemplo, soplando, tocando físicamente.

### **5.3. Eléctrica**

Los sensores dan siempre una respuesta eléctrica a la salida del mismo, ya sea corriente, voltaje, análogo u digital, sin embargo, no todos están diseñados para hacer mediciones eléctricas, estos generalmente suelen medir desde corrientes o voltajes pequeños a grandes tanto como directos o alternos, o formas de ondas variables.

También son utilizados para mediciones de varios dispositivos eléctricos y electrónicos, tanto para ver su valor real como para verificar su funcionamiento, así como hacer un seguimiento durante un proceso de trabajo, se esté realizando un buen trabajo bloque por bloque.

### **5.3.1. Clasificación**

Los sensores de este tipo podemos clasificarlos por el tipo de señal que leen y también con el propósito final.

- **DC:** cuando se refiere a DC o corriente directa, se habla de de que el valor de la corriente es constante a lo largo del tiempo o bien la corriente no cambia de polaridad, esta puede tener variaciones es decir subidas y bajadas de tensión, pero se mantiene con la misma polaridad. Los sensores de este tipo miden los cambios tanto de voltaje o corriente de un circuito eléctrico, siempre y cuando estos no cambien su polaridad.
- **AC:** cuando se habla de AC o corriente alterna, se menciona que existen cambios no solo en la amplitud de la corriente o voltaje sino que también existen cambios de polaridad o dirección de la corriente.  
Estos sensores están diseñados para soportar los cambios de polaridad que se presenta y dependiendo de los sensores pueden detectar frecuencias bajas a muy altas.
- **Medición:** este tipo de sensor mide los cambios de corriente o voltaje que se generan al ser sometidos con ciertos elementos eléctricos y electrónicos, por ejemplo; resistencias, capacitores, diodos, entre otros, de este modo se pueden conocer las propiedades de los dispositivos electrónicos y eléctricos.

### **5.3.2. Características de variable eléctrica**

Estos sensores al igual que todos los anteriores tienen ciertas características que comparten y otras que son propias de este tipo de sensor.

- **Amplifican:** cuando se lleva un seguimiento de corriente o voltaje es necesario amplificarlos para ser detectados, y ver la forma que tienen, ya que en ciertas maquinarias estos se trabajan a niveles muy pequeños.
- **Bajas y altas frecuencias:** hay sensores que están diseñados para bajas frecuencias en rango de kilohertz, hay otros a medianas frecuencias a rangos de Megahertz y otros para altas frecuencias en rangos de Gigahertz, estos señores son muy específicos según su aplicación.
- **Pueden ser lineales o no lineales:** dependiendo de los elementos electrónicos que se estén comprobando, la respuesta no siempre es lineal, suelen tener diferentes tipos de respuesta, por ejemplo, una resistencia dará una respuesta lineal, un capacitor dará una respuesta exponencial, ya que esto depende de las propiedades de los elementos.

### **5.3.3. Protección**

Estos sensores están adaptados para estar en contacto directo con corrientes y voltajes, para evitar que en el momento en que uno de estos tengan un valor muy alto o que presente un cambio de polaridad para el cual no esté diseñado el sensor y que pueda afectar el sensor es recomendable que este lleve algún dispositivo de seguridad que bien puede ser desde un fusible, un diodo, transistor, optocoplador, entre otros, que permita al sensor un margen de protección, también es posible tener un divisor de corriente o voltaje el cual permita al sensor no recibir la totalidad de la descarga eléctrica.

## **5.4. Térmica**

Cuando se refiere a variables térmicas, se está hablando de cambios de temperatura que se dan en ciertos puntos de un equipo, estructura o proceso industrial.

Para eso existen varios tipos de sensores que se pueden utilizar con este propósito.

Existen diversos tipos, algunos más sensibles que otros, dependiendo de la aplicación final a la que se sometan.

### **5.4.1. Clasificación**

Se pueden clasificar según su tipo de respuesta.

- Directos: aquellos cuya respuesta es proporcional al cambio de temperatura, por ejemplo las resistencias térmicas, que en algunos casos son directas si la temperatura sube el valor óhmico también subirá.
- Inversos: son los que la respuesta del sensor es inversamente proporcional al cambio de temperatura, como algunas resistencias térmicas que el valor óhmico de la resistencia bajará si la temperatura sube, y el valor de la resistencia subirá si la temperatura baja.
- Lineales: algunos sensores como las resistencias térmicas, por ejemplo, son lineales ya sean directa o inversamente, es decir que la relación de cambio es constante y se puede apreciar en una gráfica como una línea inclinada.

- No lineales: existe otro tipo de sensores que la respuesta no es lineal, sin embargo, suelen ser más precisos y pueden soportar temperaturas más extremas o con mayor rango de temperatura.

#### **5.4.2. Características de variable térmica**

Hay que tomar ciertas consideraciones en sus cualidades y características que tienen los sensores térmicos para escoger el sensor adecuado para nuestras necesidades.

- Exactitud: entre más exacto sea un sensor es mejor, ya que al referirse algo tan variable como la temperatura que puede ser afectada por diversos factores externos que existen, y ya que el control es constante la medición no puede variar.
- Tiempo de respuesta: en la industria la temperatura es un factor importante en la elaboración de un producto, por eso es importante mantener la temperatura constante durante cierta parte de los procesos, por lo que, el cambio o cambio brusco de temperatura puede ser perjudicial para un producto específico, por este motivo el tiempo de respuesta debe ser lo más corto posible para poder emplear medidas necesarias con mayor rapidez y eficacia.
- Rango de temperatura: el rango de temperatura en que se trabaja debe ser tomado en cuenta ya que existen diferentes sensores que están diseñados para diferentes rangos, hay que estar consciente a qué rango de temperatura se está trabajando para tener el sensor adecuado para el trabajo que se requiera.

- Temperatura máxima: a la que se trabaja o que se tiene previsto en un diseño debe estar dentro del rango de temperatura que posea el sensor, ya que si la temperatura aumenta y esta se sale del rango dañaría el sensor permanentemente.

### **5.4.3. Protección**

Este tipo de sensor es usado en un ambiente muy hostil, con temperaturas que pueden afectar la mayoría de equipo eléctrico y electrónico, por este motivo se suele tener el transductor del sensor en la zona donde se emite el calor, y el resto del sensor como filtro, amplificador, entre otros, lejos de esta área, de esta manera solamente el transductor que está diseñado para estas temperaturas se verá afectado por la temperatura.

También es recomendable utilizar, elementos como disipadores de calor y sistemas de ventilación en la circuitería del sensor, ya que siempre se verá afectado por las altas temperaturas, o bien utilizar un sistema anticongelante cuando se trata de temperaturas bajas, que si bien es menos común, también son utilizados de esta manera.

### **5.5. Magnética**

Este tipo de sensores detectan el cambio en un campo magnético, provocando un flujo eléctrico dependiendo de la magnitud y dirección del cambio en el campo magnético, hay que tomar en cuenta que estos sensores generalmente son activos, no son lineales, y utilizan corriente alterna debido a las propiedades del electromagnetismo.

Estos sensores generan un campo magnético y cuando algún objeto, ya sea un metal, un líquido, algún cuerpo o bien otro campo eléctrico magnético, este se altera haciendo que el flujo eléctrico cambie, dando respuesta al sensor.

### **5.5.1. Características de variable magnética**

Este tipo de sensores son muy especiales, ya que sus características son muy específicas.

- Responde a las leyes del electromagnetismo: están basados en la ley de cambio en el campo magnético y su repercusión en el flujo eléctrico, para poder tener señal en el sensor.
- Son sensores complejos: estos generan su propio campo magnético y son los agentes externos los que hacen que el campo cambie, al crear ese cambio se genera un flujo eléctrico proporcional al cambio del campo magnético, el sensor detecta este cambio y genera una lectura a base de este.
- Son bastante sensibles: se necesita un pequeño cambio en el campo magnético para generar un flujo eléctrico, esto hace que al encontrar un pequeño objeto el sensor responderá.
- No tienen un gran alcance: su alcance está restringido por el alcance del campo magnético del sensor, mientras más potente sea este campo más alcance tendrá el sensor, sin embargo, para tener un gran alcance es necesario tener una gran fuente de poder, y los sensores usualmente no los tienen por eso su alcance se ve limitado.

### **5.5.2. Protección**

Este tipo de sensores no requieren contacto directo como para hacer una medición o detección, de este modo la protección del sensor es más sencilla, ya que se puede mantener aislado del medio en que se trabaja tomando en cuenta solamente que el material protector del sensor no afecte la respuesta del mismo, usando por ejemplo, materiales no conductores en el punto del transductor, también hay que tomar en cuenta la protección externa del sensor, ya que este será ubicado en la mayoría de casos en un ambiente hostil.



## **6. PROPUESTAS DE APLICACIONES INDUSTRIALES**

A continuación se proponen una serie de aplicaciones industriales como ejemplo de los tipos de sensores que se encuentran clasificados en este trabajo de graduación.

### **6.1. Propuesta de aplicación de sensores por funcionamiento**

Se pondrán propuestas de aplicación sensores activos y pasivos y un ejemplo en la industria de cada uno estos sensores.

#### **6.1.1. Sensores activos**

Los sensores activos son muy utilizados en los siguientes campos:

- **Automatización:** la industria tiene un amplia gama de de aplicaciones para este tipo de sensor, ya sea para el conteo, o catalogar diferentes clases de producto.
- **Seguridad:** se pueden mencionar desde una alarma de un domicilio que se activa al interrumpirse una señal al abrir una puerta o ventana, hasta la seguridad de una nación. Ya que el sistema de radar es un sistema utilizado, por ejemplo, el tránsito aéreo de todas las naciones, evitando alguna colisión aérea o bien marítimo.
- **Automovilismo:** usualmente los vehículos grandes tienen un sensor en la parte trasera del mismo que le avisa al conductor cuando se está

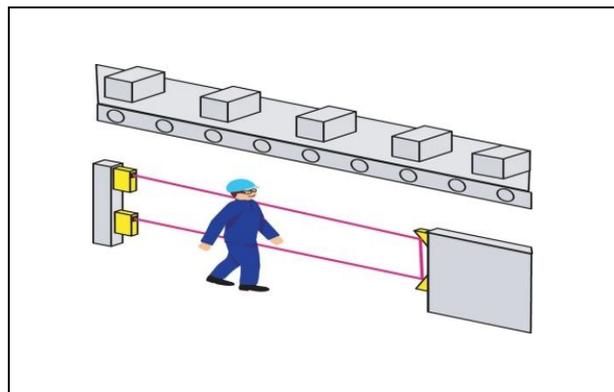
acercando a algo y evitar colisionar, también es usado para la medición de velocidad, mantenimiento del motor como el nivel de combustible, el nivel de aceite, líquido de frenos, entre otros.

- Ciencias médicas: la medicina es uno de los campos con mayor avance que hay en cuanto a la tecnología se refiere, y al momento de realizar diagnósticos más precisos, se ha creado aparatos que de igual manera requiere sensores precisos para conocer la respuesta que da el cuerpo del paciente y permitir a los médicos dar un tratamiento adecuado.

Ejemplo de aplicación: alarma para ventana o zona de peligro.

Para la aplicación de estos sensores en seguridad se puede mencionar un ejemplo de una alarma ubicada en una ventana, o bien una zona de riesgo (ver figura 32), el sensor utilizado es uno un sensor activo laser de barrera (ver figura 33).

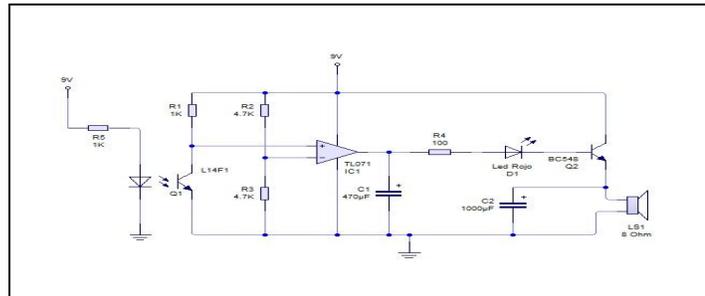
Figura 32. **Zona de riesgo**



Fuente: Rockwell Automation, Inc.

<http://www.ab.com/es/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7131359/print.html>. Consulta:  
febrero de 2015.

Figura 33. Diagrama de alarma de barrera láser



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

Esta alarma se activa al momento de que la luz laser se vea interrumpida, haciendo que la entrada “+” del amplificador operacional sea mayor a la entrada “-” provocando un voltaje positivo en la salida del amplificador operacional, activando un led rojo para advertencia visual, y un transistor para un Buzzer, para advertencia auditiva, de que se ha cruzado un área restringida, siendo este un ejemplo sencillo, práctico y muy útil de un sensor activo.

### 6.1.2. Sensores pasivos

Los sensores pasivos gracias a su versatilidad son aplicados en:

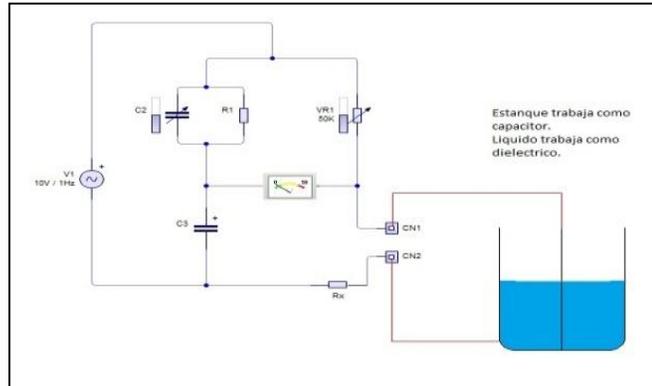
- Automatización industrial: durante la manufacturación de un producto (medicinal, comestible, entre otros) es necesario el control de ciertos parámetros durante todo el proceso, ya sea la presión en algún punto, como la temperatura en otro, la forma, entre otros. Estos se toman directamente desde el lugar del almacenamiento midiendo el interior con algún dispositivo transductor por ejemplo, algún termopar o bien algún otro sensor desarrollado con este fin.

- Monitoreo atmosféricos: para medir y predecir el clima de una cierta región es necesario tomar varias mediciones de distintos factores que afectan, como presión barométrica, temperatura, humedad, entre otros, y estos son tomados directamente del medio ambiente.
- Vehículos: para el buen funcionamiento de los vehículos, ya sea aéreos, terrestres, marítimos o subterráneos, es muy importante el control preciso y en tiempo real de ciertos parámetros, como temperatura, combustible, velocidad, entre otros, que son tomados directamente del punto de almacenaje o del motor en general.
- Demótica: aunque en menor medida de los medidores climatológicos, se suelen usar para medir el ambiente o temperatura de ciertos espacios habitacionales, así como la presencia de personas en algún ambiente utilizando por ejemplo, sensores de movimiento.

#### Ejemplo de aplicación: medidor de nivel de líquidos

Para este ejemplo se utilizará el medidor de nivel usando un medidor de capacitancias, usando la variación en faradios de un tanque contenedor de líquidos para conocer su nivel, en este caso el tanque en si es el transductor que funciona como un capacitor gigante y el líquido como su dieléctrico ya que dependiendo de la cantidad de líquido así será su capacitancia (ver figura 34), para los valores  $R_x$  y  $C_x$  en nivel de referencia se utiliza la ecuación  $R_x = VR^2(C_2/C_3)$  y  $C_x = C_3(R_1/R_2)$ , esto pone en equilibrio el sistema y se desbalancea a medida que la capacitancia del condensador varía debido al líquido que funciona como dieléctrico generando un voltaje en el medidor indicando el nivel del mismo.

Figura 34. **Detector de nivel**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

## 6.2. Propuesta de aplicación de sensores por tipo de variable que genera

Se pondrán propuestas de aplicación sensores analógicos digitales y temporales y un ejemplo en la industria de cada uno de estos sensores.

### 6.2.1. Analógicos

Las aplicaciones de este tipo de sensor se encuentran mayormente en situaciones que requieren una observación constante del fenómeno físico y una reacción inmediata al cambio de este, por ejemplo:

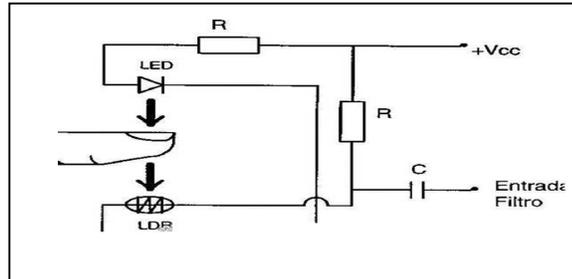
- Medidas de temperatura: en ciertos ambientes, por ejemplo en incubadoras es necesario mantener una temperatura constante, ya que puede afectar un cambio del mismo, enfriándose o calentándose demasiado.

- Medidas de presión: en los procesos industriales de productos químicos muchas veces es importante mantener un producto a una presión específica y constante a lo largo de la producción y no se puede permitir el descenso de presión ni el aumento de este.
- Medidas atmosféricas: durante el control climático de una región determinada es importante tener una observación de aumentos o descensos de temperatura, presión atmosférica, entre otros.
- Medidas de velocidad: siempre es importante mantener en un sistema autónomo se tiene que trabajar en coordinación varios bloques y tiene que haber un seguimiento que permita controlar cada paso este en el momento adecuado y tomar medidas si algún proceso se atrasa o adelanta con respecto a los demás procesos existentes.
- Medidas de sonido: la contaminación auditiva en ciertos lugares es muy regulada y a veces se es necesario mantener un control constante para poder verificar el nivel en decibeles permitidos en el sector deseado.

Ejemplo de aplicación: medidor de ritmo cardiaco.

Un circuito sencillo capaz de realizar este tipo de función utiliza un sensor con salida analógica, ya que la velocidad del pulso y la presión sanguínea cambian de persona a persona, hay que tomarlo en cuenta, porque el sensor debe ser capaz de diferenciar lo cambios en el nivel de la sangre para reconocer el pulso, utilizando un circuito a base de luz (ver figura 35).

Figura 35. **Detector de pulso**



Fuente: VAN BUUREN, Jurgen. <http://llamaradahomero.blogspot.com/2011/06/ritmo-cardiaco.html>. Consulta: febrero de 2015.

El cambio de densidad de la sangre que circula por el dedo provoca que el nivel de luz detectada por el fotoresistor, genere variaciones no abruptas por lo que la carga y descarga del capacitor tenga una variación constante teniendo como salida del sensor un aumento en la amplitud del pulso cuando la densidad es menor y disminuyendo el pulso cuando la densidad es mayor, teniendo como salida el ritmo en el que se generan estas variaciones.

### 6.2.2. Digitales

La cantidad de aplicaciones utilizadas con este tipo de sensores, suelen ir desde contadores simples hasta algunas más complicadas como detectores de presencia es decir, “existe o no existe”, actualmente las aplicaciones de los sensores son más frecuentes debido a sus ventajas sobre los análogos.

- Medición de posición: existen procesos donde para mover, colocar o dirigir, es necesario conocer el lugar exacto en que se encuentra un objeto, esto se realiza haciendo un barrido completo de un área

indicando con un pulso al momento en que se encuentra el objeto indicando su posición en el espacio predefinido.

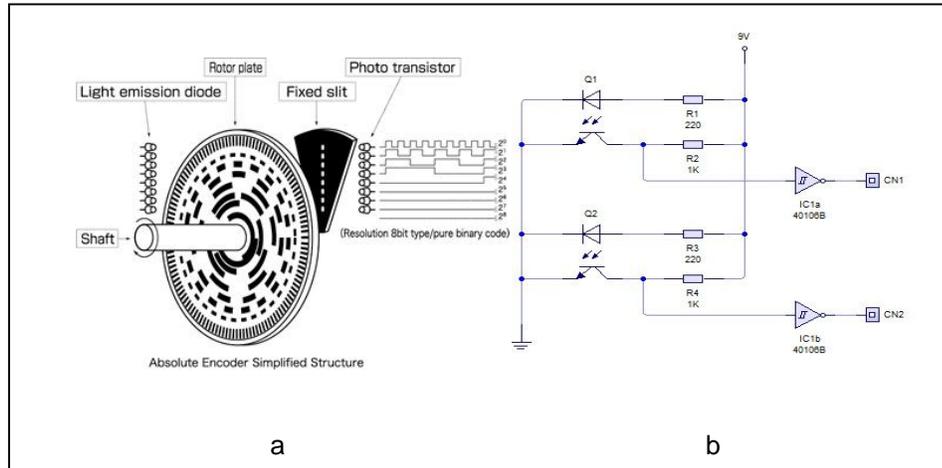
- Reconocimiento de presencia: durante los procesos autónomos para poder pasar de fase a fase es necesario que el producto llegue a un punto específico, el cual será verificado gracias a un sensor que indicará la presencia del mismo con un pulso indicando su existencia.
- Conteo de objetos: en los procesos autónomos de producción es necesario llevar un conteo exacto del producto creado, esto se hace mandando pulsos cada vez que detecta un objeto y luego pasa por un contador digital que indica la cantidad y frecuencia en la que este pasa.
- Comprobación de sucesión: utilizando la misma lógica del conteo de objetos esta manera se puede comprobar que existe una sucesión de objetos uno tras otro, indicando con la señal de salida si llega haber un salto en el conteo o si repentinamente la frecuencia de objetos aumenta considerablemente.

Ejemplo de aplicación: detector de posición angular.

Este tipo de sensor utiliza un transductor conocido como “encoder” que es un dispositivo el cual convierte una posición angular de un eje específico ya sea de un motor, llanta, disco, entre otros, a un código digital, este genera un valor digital el cual por medio de un software, dará el valor en grados para el usuario destinado pueda, para lo cual utiliza un filtro en el eje en forma de disco el cual está cubierto u opacado en diferentes partes, obstaculizando la luz en diferentes sensores de barrera (ver figura 36a) generando un código

digital que se traduce en el ángulo que se encuentra el encoder (ver figura 36b).

Figura 36. **Encoder y circuito básico**



Fuente *Encoder*. <http://www.tamagawa-seiki.com/english/encoder/>. Consulta: febrero de 2015.

### 6.2.3. Temporales

Este tipo de sensores es muy utilizado en sistemas de producción autónoma o trabajos que resulten ser repetitivos que requieran un proceso de trabajo periódicos por ejemplo.

- Procesos de llenado: durante procesos de llenado de algún producto por lo general líquido en algunos casos el contenido está calculado por el tiempo de vaciado en el recipiente en cuestión para garantizar la misma cantidad en todos los recipientes disponibles.

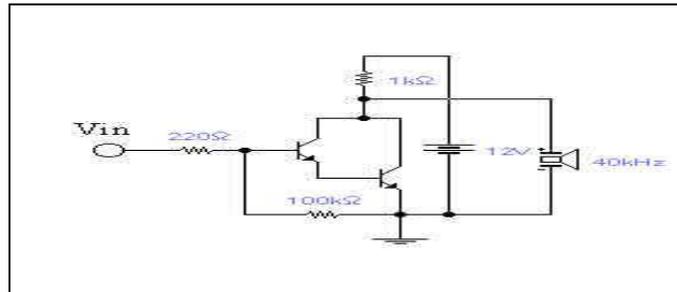
- Verificación en diferencia de tiempos: en ocasiones durante tomas de tiempo, suele haber períodos muy cortos o muy largos, entre un evento y otro, por lo que se nos hace necesario tener un dispositivo sensor capaz de medir con precisión y exactitud estos tiempos sin importar que tan cortos o largos sean.
- Verificación de tiempos de espera: para mantener el control en calidad de algún producto es necesario mantener cierto tiempo entre un paso y otro de la elaboración del producto, y por consiguiente, es importante que este tiempo sea el menor posible, para eso se utilizan sensores temporales para medir el tiempo en que un paso del proceso está inactivo.
- Verificación en tiempos de reacción: los tiempos de reacción suelen ser demasiados cortos para que sean medidos de manera convencional, es por esto que se es necesario utilizar sensores para poder medirlos con precisión y exactitud.

Ejemplo de sensor temporal: medidor de distancia.

Como ejemplo se muestra un medidor de distancia ultrasónico, el principio ultrasónico indica que el sensor emite un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración, este impulso se propaga a la velocidad del sonido por el aire. Al encontrar un objeto es reflejado y regresa como eco al sensor, el sensor calcula la distancia a base del tiempo entre la transmisión del sensor y la recepción del eco.

Este sensor se divide en tres partes, el transmisor (ver figura 37), este transmisor está diseñado para generar un impulso alta frecuencia.

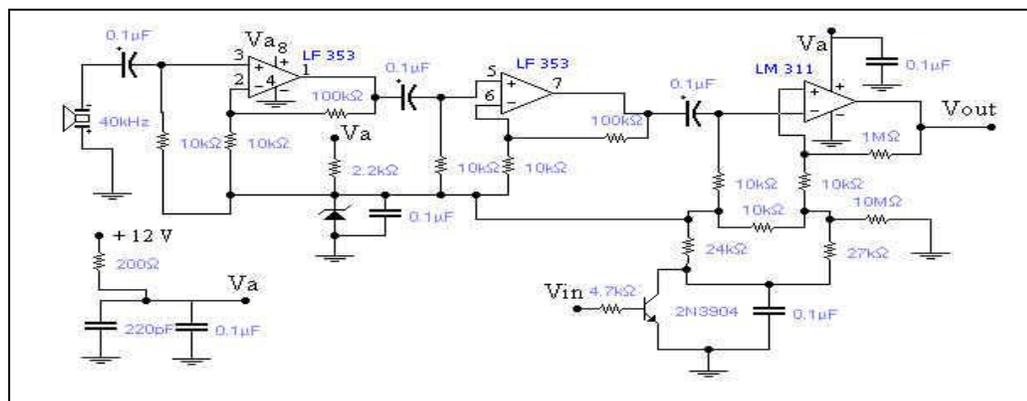
Figura 37. **Transmisor ultrasónico**



Fuente: *Esquema del transmisor*. <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/grabacion/marco11.htm>. Consulta: febrero de 2015.

El receptor es más complejo (ver figura 38), ya que al recibir la señal ultrasónica debe convertir el eco en una señal digital que entrará a la tercera parte del circuito medidor que consiste en un PIC16C54, el cual hará el cálculo del tiempo transcurrido durante la transmisión y la recepción y hará la conversión del tiempo a distancia.

Figura 38. **Receptor ultrasónico**



Fuente: *Esquema del receptor*. <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/grabacion/marco11.htm>. Consulta: febrero de 2015.

### **6.3. Propuesta de aplicación de sensores por rango de valores que proporcionan**

Se pondrán propuestas de aplicación sensores con rango de valores continuo y discreto, y un ejemplo en la industria de cada uno de estos sensores.

#### **6.3.1. Continua**

Debido al tipo de sensor cuya finalidad es recabar datos, las aplicaciones de este son muy variadas las cuales serán simplificadas a continuación.

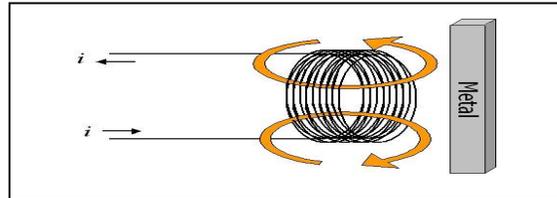
- Control de llenado: en las fábricas de producción se tiene control sobre los tanques de sustancias líquidas (sin importar el líquido en cuestión) las cuales se lleva un control constante del nivel en el que se encuentra antes, durante y después del llenado o vaciado de los mismos.
- Control de temperatura: en ciertos procesos o aplicaciones, hay que tener un control constante de temperatura, esto se hace por medio de una ventana para que no sobrepase una temperatura o no disminuya bajo otra temperatura, manteniendo en un lugar específico la temperatura deseada.
- Medición de distancia: este tipo de sensor no solamente detecta si algo se aproxima o bien se aleja, sino que se puede observar a que distancia el objeto se encuentra, esto lo hace ya sea midiendo el tiempo en que una señal parte del sensor y este regresa por rebote al mismo o que tan grande es el cambio en una variable interna del sensor por ejemplo, magnetismo.

- Control de presión: la presión en un lugar donde se almacena o trabaja con gases de diferente índole, la presión puede variar de un momento a otro, dando como resultado accidentes graves, para eso es necesario tener un control constante de la presión ya sea un conducto transportador o en un tanque de almacenaje, esto es medido en todo momento indicando el sensor cuando la presión sobrepasa niveles seguros.
- Medición de variables eléctricas: para realizar mediciones eléctricas como por ejemplo voltaje o corriente hay sensores que en lugar de usar un transductor para hacer la medición, toma directamente la corriente que se genera, sin embargo, suelen usar divisores de corriente y voltaje para evitar sobrecargas en los sensores o en las salidas de los mismos.

Ejemplo de aplicación: detector de metal.

Para un detector de metal se utiliza un sensor con salida con un principio inductivo tomando es decir sabiendo que una corriente genera un campo magnético y al variar un campo magnético se genera una corriente eléctrica, también hay que tomar en cuenta que un campo eléctrico se verá afectado por la presencia de un objeto metálico afectando asimismo la corriente (ver figura 39).

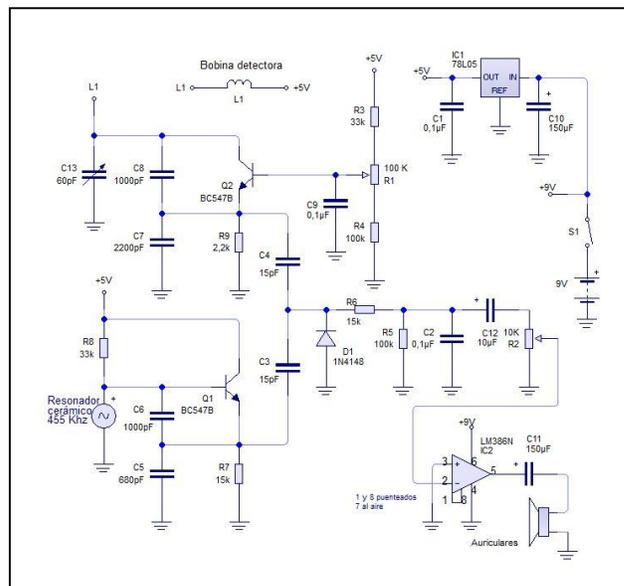
Figura 39. Principio de inductancia



Fuente: *Principio inductivo*. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_inductivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_inductivo). Consulta: febrero de 2015.

Teniendo en cuenta los principios que se mencionaron consideramos el cambio de corriente como respuesta del sensor que está en constante medición, esperando el cambio en el flujo magnético para dar una respuesta positiva, el cual estará en comparación con un nivel de voltaje de referencia, para detectar los cambios (ver figura 40), una vez reconocido el cambio funcionar una bocina o alarma que indicará la presencia de un objeto cercano.

Figura 40. Detector de metales



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

### 6.3.2. Discreta

Existen varias aplicaciones prácticas para este tipo de aplicación, entre las cuales se mencionan.

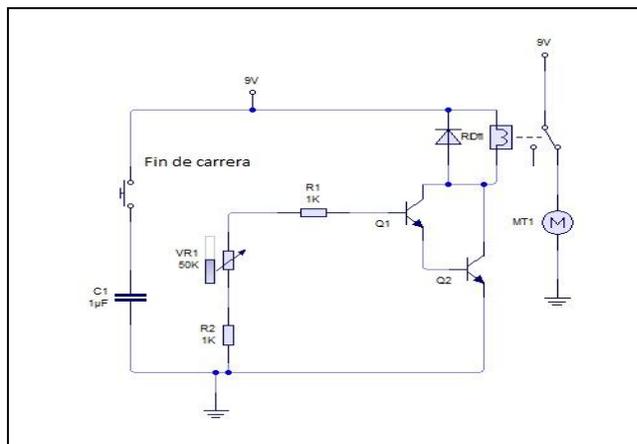
- Detección de movimiento: solo observan si existen o no, no si este es mucho o poco, o si hay algún cuerpo en un sector determinado, o si este se mueve. Será detectado sin importar el tipo de movimiento, este tipo de sensor son muy utilizados en cámaras fotográficas y de seguridad.
- Detección de presencia: este detecta si hay un objeto en algún lugar determinado este existe o no en el lugar aunque no se mueva, este es muy usado en las líneas de ensamblaje o de producción en fábricas automatizadas.
- Detección de luz: detecta la presencia de luz de igual manera si es una luz tenue o fuerte, sin embargo este sensor necesita una cierta cantidad de luz para accionarse y hacer una detección, ya que no se suelen trabajar en lugares de oscuridad total es importante tener una diferencia entre la luz natural y la que el sensor detecte.

Ejemplo de aplicación: detector de final de carrera.

Cuando se habla de final de carrera, quiere decir, cuando un sistema con movimiento, llega al final de su recorrido y que no pueden continuar más allá de un punto específico, por ejemplo, una puerta, ventana o banda de transportación, el sensor no hace actuar el freno, o alarma o apagar el motor del sistema hasta el momento en que llega a su destino.

Estos sensores actúan con un método mecánico de conmutación, actuando como un *switch*, al momento de tener contacto con el final este se abre, desconectando el sistema, si es normalmente cerrado, o cerrándolo si es normalmente abierto (ver figura 41).

Figura 41. **Final de carrera**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

#### 6.4. Propuesta de aplicación de sensores por tipo de variable física que mide

Se pondrán propuestas de aplicación sensores con el tipo de variable física que mide mecánica, química, eléctrica, térmica y magnética, y un ejemplo en la industria de cada uno de estos sensores.

##### 6.4.1. Mecánica

Sus usos y aplicaciones son tan variables en muchas ramas del mundo moderno, aquí se mencionarán algunos de ellos.

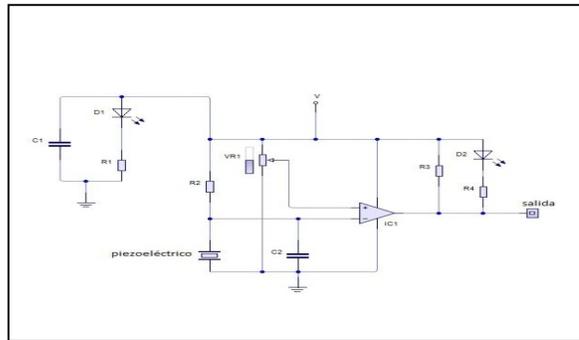
- Mantenimiento: se mantiene una observación sobre lugares que se mantiene bajo presión constante durante largos períodos de tiempo, con estos sensores se puede observar cuando estos puntos no regresan a su estado original o se deforman más de lo normal.
- Controles remotos: son muy usados, en especial en controles remotos de guantes, cuyo movimiento de estirar y encoger los dedos controlan alguna computadora.
- Fabricación de vehículos: durante el diseño y fabricación de todo tipo de vehículos como aviones, trenes, automóviles, motos, entre otros, hay que comprobar que las estructuras puedan soportar las vibraciones de un viaje largo generados por motores, vientos, caminos, cargas, entre otros, y en este proceso es importante ver cómo se comportan los materiales bajo esas condiciones.
- Observación sísmica: el monitoreo de la naturaleza siempre ha sido importante y cuando se debe observar fenómenos que no son sensibles fácilmente, estos sensores ayudan a detectar eventos que de otra forma serían imposible de observar.

Ejemplo de aplicación: sensor de vibración.

Este tipo de sensores utiliza como transductor un material piezoeléctrico, que sometidos, a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su superficie, suelen ser hechos de cuarzo o titanio de bario, que proporcionan una mayor sensibilidad. A los cambios de polarización, son recabados por el sensor como pulsos de voltaje que varían, que reconoce como el evento a medir.

Los cambios de voltaje que genera el piezoeléctrico pasan por una amplificación que ya que estos cambios son generalmente pequeños y rápidos, esta amplificación suele ser un amplificador operacional que a su vez dan estabilidad a la salida del sensor entregando un valor constante cuando existe vibración (ver figura 42).

Figura 42. **Sensor de vibración**



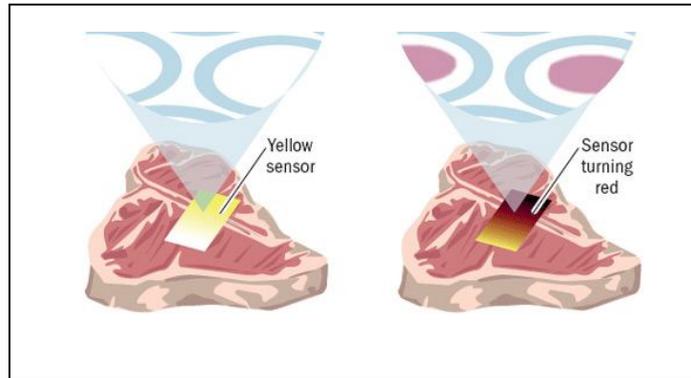
Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

#### 6.4.2. **Química**

Algunas de las aplicaciones se mencionan a continuación, ya que son demasiadas, dado que podría haber muchas aplicaciones nuevas y muy específicas.

- Comprobador de alimentos: cuando están en estado de descomposición sueltan químicos muy específicos los cuales son detectados con este tipo de sensores, de esta manera se puede tener un control de calidad de los alimentos.

Figura 43. **Comprobador de alimentos**



Fuente: *Sensor alimentario basado en los cambios químicos.*

<http://www.gastronomiaycia.com/2008/10/06/sensor-para-envases-carnicos/>. Consulta: diciembre de 2014.

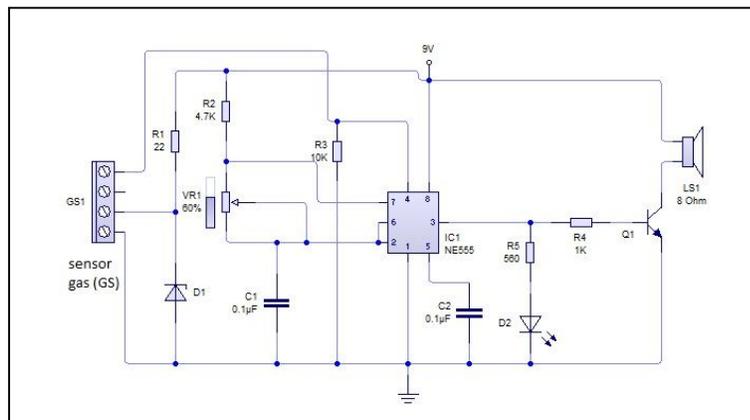
- Detección de alcohol: en algunos lugares los policías utilizan detectores de alcohol con sensores de gas para encontrar el nivel de alcohol en la sangre, conocidos como alcoholímetros para verificar que las personas no manejen en estado de ebriedad y de esta manera evitar accidentes que podrían ser fatales.
- Detección de enfermedades: en muestras médicas suelen usarse sensores que reaccionan cuando alguna muestra biológica está contaminada por algún agente externo ayudando al control y erradicación de enfermedades.
- Identificación de personas: actualmente existen sensores que toman la huella biológica usando el DNA (ácido desoxirribonucleico), que se encuentra en la saliva, sangre, entre otros, de las personas analizándola y comparándola con una base de datos para corroborar la identidad es los individuos.

Ejemplo de aplicación: detector de gases.

El detector de gases indica con una señal auditiva la presencia de gases extraños en un medio ambiente, coloca en áreas donde alguna fuga de gas inflamable puede llegar a ser peligroso (ver figura 44).

Este detector consiste en un sensor de gas que manda un pulso cuando su resistencia interna cambia a causa del químico que compone el gas, activando de esta manera una alarma por medio de un temporizador 555 que indicará la existencia de una posible fuga.

Figura 44. **Detector de gases**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

### 6.4.3. Eléctrica

Cada día se le ve y utiliza este tipo de sensores, sin embargo, las aplicaciones más comunes son:

- Mediciones: se hacen mediciones de voltaje o corriente diferentes lugares para asegurar de que el sistema eléctrico se encuentra funcionando en perfectas condiciones, el más común de estos sensores son los multímetros los cuales incluyen voltímetro, amperímetro; que miden voltajes y corrientes respectivamente, estos sensores generalmente son capaces de tener lecturas tanto de DC o AC.
- Seguimiento: durante cualquier proceso eléctrico hay que verificar donde se pierde una señal, tomando en cuenta que a lo largo de un proceso esta puede cambiar de nivel, polaridad, forma o frecuencia teniendo que adaptarse a estos parámetros, los sensores deben ser precisos y exactos.
- Verificación: para verificar el correcto funcionamiento de ciertos elementos electrónicos y eléctricos se utilizan ciertos sensores que analizan los cambios de corriente o voltaje a los que son sometidos, estos cambios dependen del elemento en particular y las propiedades físicas o químicas del mismo.

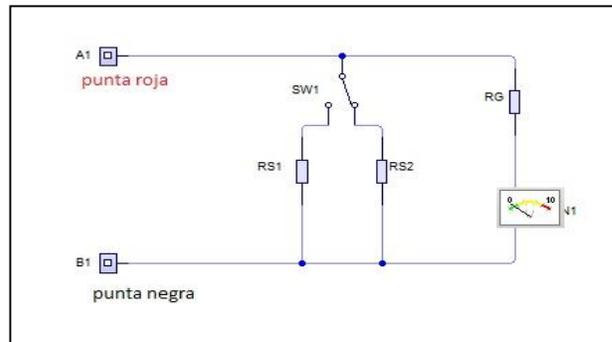
Ejemplo de aplicación: amperímetro.

El amperímetro es un instrumento de medición utilizado para conocer la cantidad de corriente que recorre cierta parte de un circuito, esta medida se da en amperios (A).

El amperímetro está diseñado para poder medir corrientes mayores al dispositivo de medición conocido como galvanómetro (ver figura 45), utilizando lo que se le conoce como resistencias de fuga (RS), donde pasa el exceso de corriente, evitando dañar el galvanómetro, los valores de estas resistencias de

fuga, se encuentra a través de un divisor de corriente, pudiendo de este modo medir valores de corrientes más altas que los soportados por el galvanómetro.

Figura 45. **Amperímetro**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

#### 6.4.4. **Térmica**

Cuando se trabaja con sensores que miden una variable térmica, se tienen mediciones de temperatura y en este caso, se indican algunos ejemplos de aplicación de este tipo de sensor.

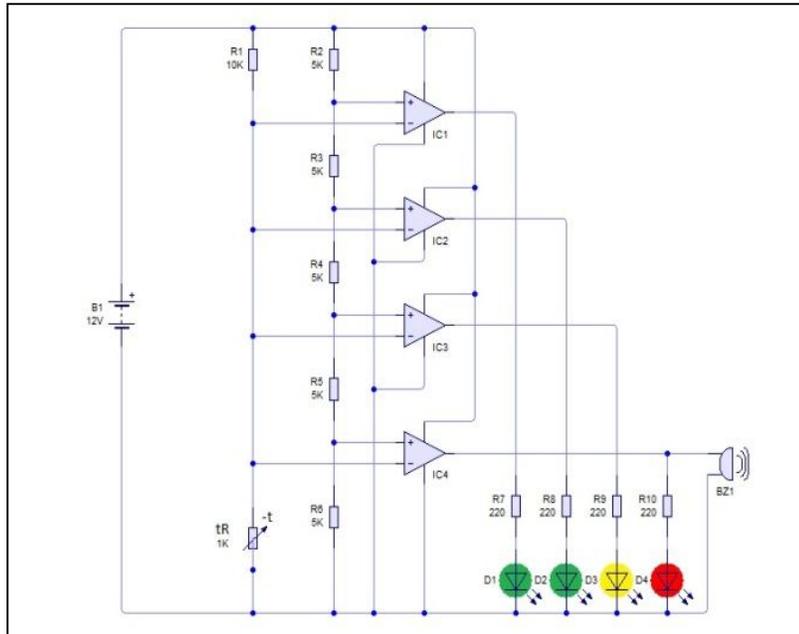
- **Detector de calor:** en este tipo de casos se detecta solamente fuentes de calor, esto ayuda a encontrar fugas o problemas de materiales usados en alguna infraestructura.
- **Control de temperatura:** aquí se usa para mantener una temperatura constante o dentro de un rango determinado, esto se usa desde producción, incubadoras o tanques de almacenamiento que necesiten mantener una temperatura regular por grandes períodos de tiempo.

- Detector de presencia: este tipo de sensores se usa en lugares donde se necesita conocer sobre seres vivos o que generen calor usualmente a la intemperie, no suelen usarse detectores de movimiento estos lugares ya que el viento u otras presencias podrían activarlo, sin embargo, un sensor de calor puede ser mucho más efectivo ya que para activarse se necesitaría un generador de calor mayor.

#### Ejemplo de aplicación: indicador de temperatura

El indicador de temperatura utiliza como transductor una resistencia térmica negativa, esto quiere decir que entre más calor menor será el valor óhmico de la resistencia, el voltaje principal, se divide a través de divisores de voltaje en diferentes rangos, los amplificadores operacionales, comparan el voltaje de sus entradas, los voltajes fijos con las resistencias, con el valor de voltaje que proporciona, la resistencia térmica, entre menor la resistencia, es decir menor temperatura, más amplificadora operaciones se activan, haciendo que más leds se encienda y el último el que indica mayor temperatura activa un *buzzer* o señal audible.

Figura 46. **Indicador de temperatura**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

### 6.4.5. Magnética

Este tipo de sensor tiene una gran variedad de aplicaciones, aquí solamente se verán unos pocos ejemplos de ellos.

- Medición de flujo de líquidos: en tuberías se suelen tener estos sensores cuando se es necesario tener un flujo constante, cuando el líquido pasa por la tubería este afecta el campo magnético del sensor y dependiendo de que tanto se ve afectado se puede conocer cuánto es el caudal de la tubería.
- Detección de metales: pueden generar una gran distorsión en un campo magnético es por esto que este tipo de sensores son idóneos para este

tipo de búsqueda, ya que el metal afectará el campo a mayor medida de que se acerca y en cuanto a plásticos u otros materiales no generarán gran cambio siendo obviados por estos sensores.

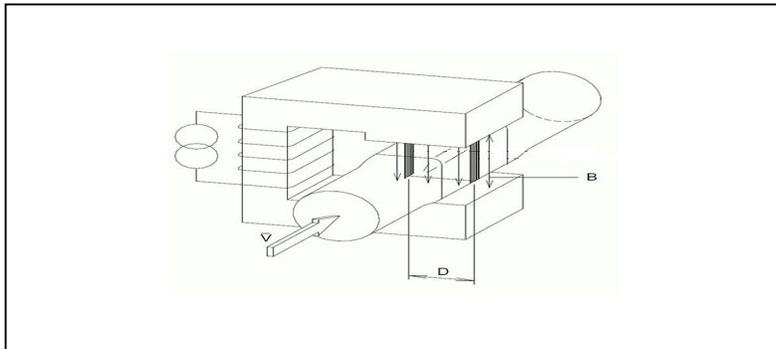
- Detección de objetos próximos: una variación del sensor de metal con la diferencia de que este es más sensible, haciendo que objetos que eran obviados por el detector de metal si sean detectados por este tipo de sensor, sin embargo hay que aclarar que tienen el mismo principio.

Ejemplo de aplicación: medición de caudal.

La medición de un caudal líquido tiene una gran importancia en los procesos autónomos, para un sistema de medición se puede usar un principio de electromagnetismo el cual se sabe que el cambio de un flujo magnético, genera una corriente eléctrica.

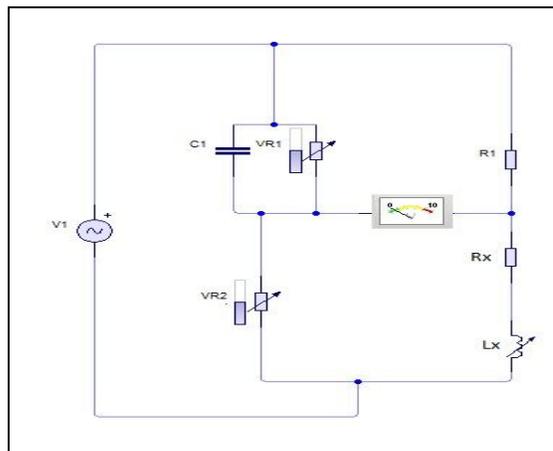
Con este principio se toma en cuenta que el caudal puede distorsionar o cambiar un flujo magnético, teniendo eso en cuenta se puede conocer un caudal a midiendo la distorsión del campo magnético (ver figura 47), la distorsión del campo magnético puede ser medible con un puente de Maxwell (ver figura 48) para medir su cambio.

Figura 47. **Lectura de caudal**



Fuente: PROCES-DATA A/s. <http://www.flowtransmitter.info/index.php/lang-es/technical-info>.  
Consulta: febrero de 2015.

Figura 48. **Puente Maxwell**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

## CONCLUSIONES

1. Se explican e identifican las clases de sensores existentes y los nuevos tipos de sensores, incluidas en esta clasificación debido a sus características generales.
2. Los sensores activos son aquellos que utilizan una señal de transmisión, la cual es interpretada por el sensor.
3. Los sensores pasivos son aquellos que toman la lectura directamente del entorno en que se encuentran.
4. Los sensores analógicos presentan una señal analógica en su salida.
5. Los sensores digitales son aquellos que en su salida presentan una señal digital, y los sensores temporales su salida es un espacio de tiempo.
6. Los sensores continuos tienen una señal de salida permanente, variable y constante.
7. Los sensores discretos tienen una señal de respuesta *on-off*.
8. Los sensores pueden clasificarse según la variable física medida, siendo mecánica; para un movimiento o deformación, química; para una reacción química, eléctrica; para los cambios de corriente y voltaje,

térmica; para los cambios de temperatura y magnética; para los cambios de un campo magnético.

9. Se proponen algunas aplicaciones industriales de los diferentes tipos de sensores.
10. Se toma en cuenta que un mismo sensor puede ser incluido en varias clasificaciones a la vez debido a sus características.

## RECOMENDACIONES

1. Tener presente que el avance de la tecnología crea nuevos sensores que podrían no estar en este trabajo de graduación.
2. Tener en cuenta las características de los sensores para el diseño de una aplicación en particular.
3. Escoger el sensor con base a sus características, y las necesidades del diseño que se desea realizar.
4. Dar correcto y regular mantenimiento a sensores y sus partes según el sensor en particular lo requiera.
5. Ubicar los sensores en un punto donde puedan tener una lectura de datos general.
6. Incluir la protección del sensor que requiera para garantizar su durabilidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AlyCie *miniblog. Precisión y exactitud.* [en línea]. <<https://alycie.wordpress.com/2008/09/16/precision-y-exactitud/>>. [Consulta: enero de 2013].
2. *Apuntes. Elementos y equipos electrónicos.* [en línea]. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Capítulo 6. *Sensores de temperatura.* <[http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/Cap%206%20Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/Cap%206%20Pco.pdf)>. [Consulta: septiembre de 2014].
3. Saberlotodo.org. *Proyecto electrónicos con sensores.* [en línea]. <<http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/electrosensores.html>>. [Consulta: diciembre de 2014].
4. Tutorial. *Centro de Investigación en Informática para Ingeniería.* [en línea]. Capítulo 5. *Sensores digitales.* Disponible <<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Tutorial/TECNO5.pdf>>. [Consulta: marzo de 2013].

