



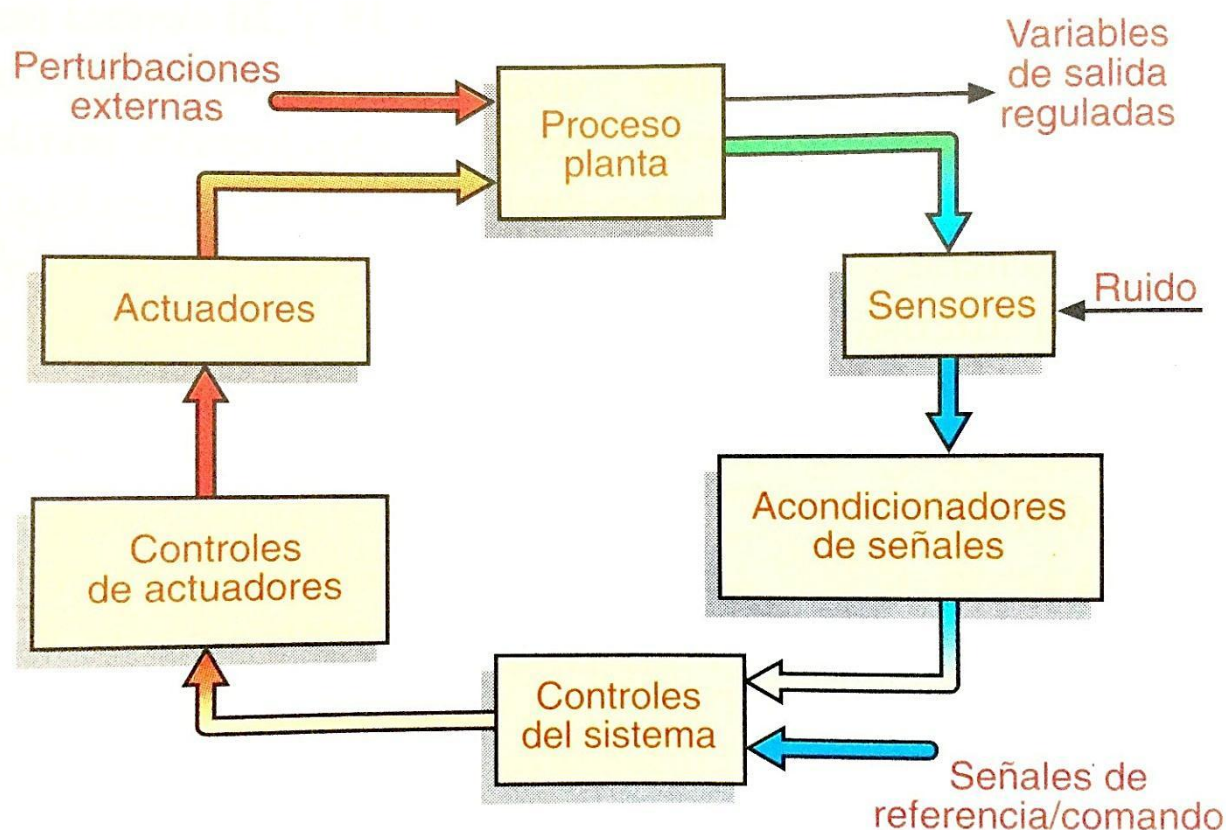
## Unidad 4: Sensores y transductores

### Introducción

Cuando comenzamos a interesarnos en el mundo de la electrónica industrial, vemos que la implementación del control electrónico en los diferentes procesos de la industria tiene importantes ventajas. Existen diferentes tipos de control industrial, los de lazo abierto y los de lazo cerrado, dependiendo de si la variable controlada (salida) tiene o no efecto sobre la variable manipulada (entrada). Independientemente del tipo de sistema, existen elementos generales como el controlador del sistema, los actuadores, los controles o drivers del actuador, los sensores y las interfaces o acondicionadores de señal.

Los sensores, actuadores y controladores operan sobre una gran variedad de niveles y tipos de señales, que por lo general son incompatibles. Por lo tanto, deben emplearse interfaces o circuitos de acondicionamiento adecuados para convertir señales de un tipo a otro, reforzar niveles de señal de un dispositivo a otro, llevar o transmitir señales de un sitio a otro, aislar etapas entre sí y eliminar ruido.

### Elementos generales de un sistema de control automático.



## Acondicionadores de señal

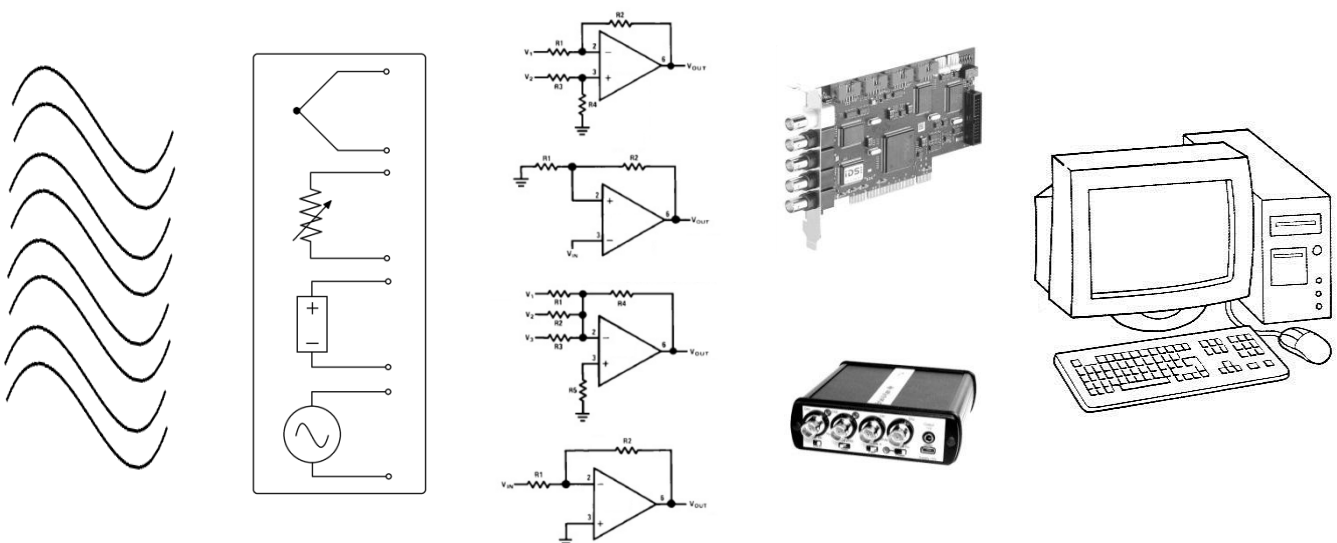
Los acondicionadores de señal son elementos de un sistema de control que ofrecen, a partir de la señal de salida de un sensor, una señal apta para ser procesada por un equipo o instrumento estándar, generalmente un sistema de adquisición de datos, un controlador lógico programable o una computadora.

Los mismos normalmente están constituidos de circuitos electrónicos que realizan funciones específicas y generales como: compensación, amplificación, filtrado, adaptación de impedancias, modulación, demodulación, aislamiento, multiplexaje, etc...

La mayoría de los sensores del mundo real, generan señales que deben ser previamente acondicionadas para poderlas procesar de una manera precisa y confiable.

Los acondicionadores de señal son una parte muy importante de la mayoría de los sistemas de control y adquisición de datos. En la ilustración se aprecian los componentes claves de un sistema de adquisición de datos basado en PC.

Magnitudes físicas	Transductores	Acondicionamiento de señal	Adquisición de datos	Computadora
--------------------	---------------	----------------------------	----------------------	-------------



## Historia de los Sensores

Un sensor es cualquier dispositivo que detecta una determinada acción externa. Los sensores existen desde siempre, y nunca (mejor dicho), porque el hombre los tiene incluidos en su cuerpo y de diferentes tipos.

El hombre experimenta sensaciones como calor o frío, duro o blando, fuerte o flojo, agradable o desagradable, pesado o liviano, y poco a poco le ha ido añadiendo adjetivos a estas sensaciones para cuantificarlas como frígido, fresco, tibio, templado, caliente, tórrido. Es decir, que día a día ha ido necesitando el empleo de magnitudes medibles más exactas.

## Sensores Electrónicos

Los sensores electrónicos han ayudado no solo a medir con mayor exactitud las magnitudes, sino a poder operar con dichas medidas. Pero no se puede hablar de los sensores sin sus acondicionadores de señal, ya normalmente los sensores ofrecen una variación de señal muy pequeña y es muy importante equilibrar las características del sensor con las del circuito que le permite medir, acondicionar, procesar y actuar con dichas medidas.

## Terminología

En general se habla de sensores, pero se pueden distinguir las siguientes definiciones:

**Sensor:** Es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica. Es el elemento que se encuentra en contacto directo con la magnitud que se va a evaluar. El sensor recibe la magnitud física y se la proporciona al transductor. Los sensores pueden ser activos o pasivos.

**Sensor activo:** Es un sensor que requiere una fuente externa de excitación como las RTD o células de carga.

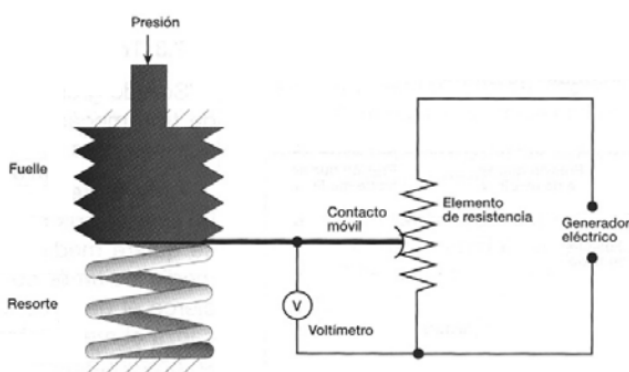
**Sensor pasivo:** Es un sensor que no requiere una fuente externa de excitación como las termocuplas o termopares, o el fotodiodo que se comporta básicamente como un generador de corriente.

**Transductor:** Es un convertidor de un tipo de energía a otra. Por lo general convierte la magnitud física a medir, en una señal eléctrica.

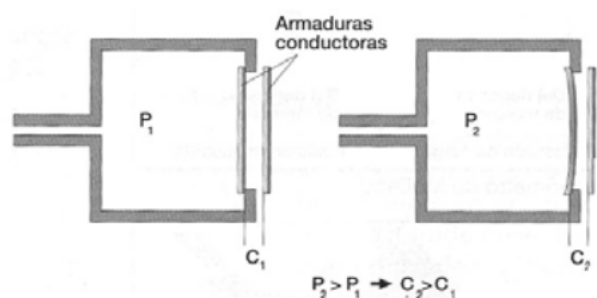
La diferencia entre ambos es que el sensor es el elemento sensible primario que responde a las variaciones de la magnitud que se mide, y el transductor es el que lleva acabo la conversión energética entre la magnitud de entrada y de salida.

**Ejemplo:** Un transductor de presión se puede construir con una membrana a la que se une una resistencia variable o un capacitor.

En este caso, el diafragma es el sensor, mientras que la resistencia variable o el capacitor son el transductor.

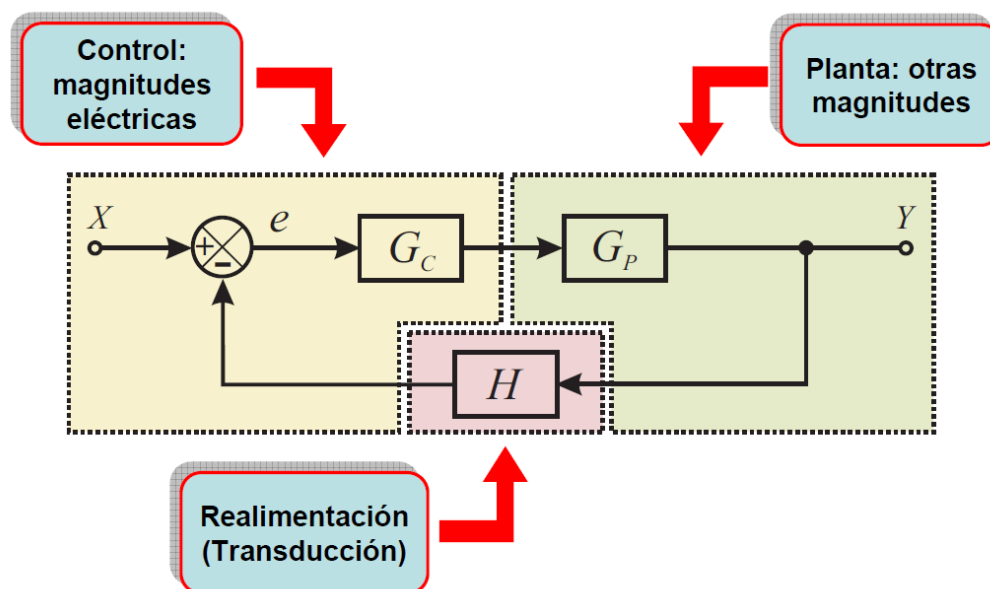


Esquema de un transductor resistivo.



Esquema de un transductor de presión capacitivo.

## Transductores como elementos de control



## Magnitudes físicas a medir:

Temperatura

Fuerza

Desplazamiento

Presión

Magnitudes eléctricas (V, I, R, f)

Tiempo

Nivel

Caudal



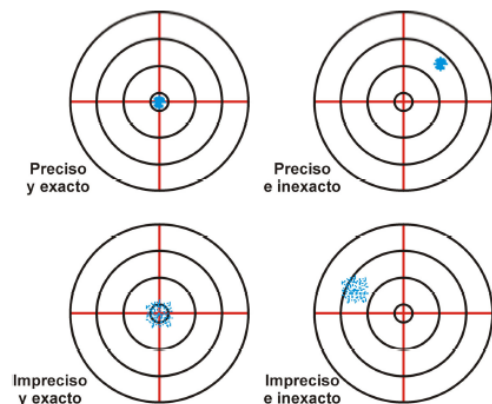
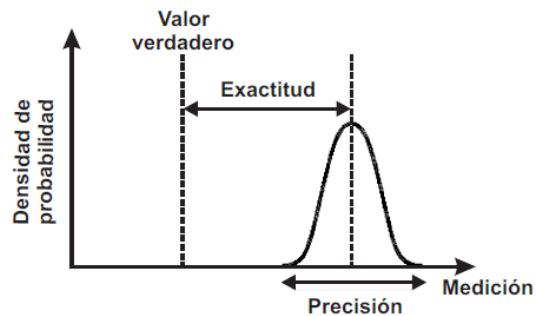
### Transductores

Convierten una determinada variable física/química/eléctrica en una magnitud eléctrica con características específicas.

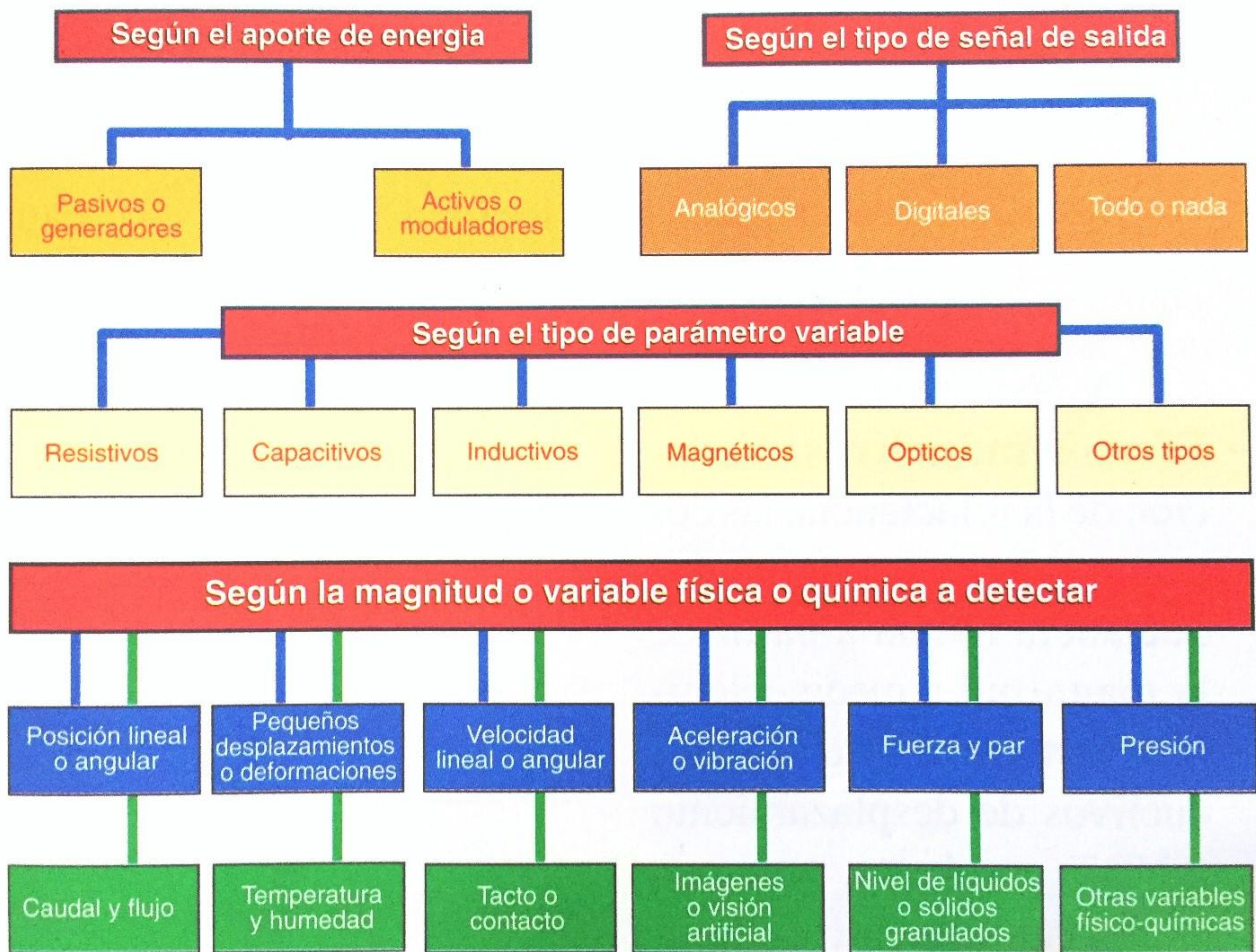
## Definiciones:

- **Error:** diferencia entre el valor medido y el valor verdadero de una determinada variable. Se puede expresar en forma absoluta o porcentual.
- **Exactitud:** un dispositivo es más exacto cuanto menor es el error respecto del valor verdadero.
- **Precisión:** capacidad de un instrumento de reproducir idénticas medidas en ensayos sucesivos dentro de una tolerancia dada.

- **Resolución:** mínima medición capaz de realizar con un instrumento. Ejemplo: RVDT y encoder.
- **Velocidad de respuesta:** capacidad de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo.
- **Estabilidad:** capacidad de un instrumento de mantener en el tiempo sus características de precisión y exactitud en todo el rango de funcionamiento.



### Clasificación de los sensores:



Esta clasificación está directamente relacionada con el fenómeno o estímulo físico que se desea medir.

<b>Magnitud detectada</b>	<b>Transductor</b>	<b>Señal salida</b>
Posición lineal o angular	Finales de carrera	Todo-Nada
	Potenciómetros	Analógica
	Encoders (absolutos / incrementales)	Digital
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Transformadores diferenciales (LVDT)	Analógica
	Galgas extensiométricos	Analógica
Velocidad lineal o angular	Dinamos tacométricas	Analógica
	Encoders (absoluto / incremental)	Digital
	Detectores inductivos	Digital
Aceleración	Acelerómetros	Analógica
	Sensores de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y par	Medición indirecta (mediante galgas o transformadores diferenciales)	Analógicas
Nivel	Flotador + detector desplazamiento	Analógica
	Capacitivos	Analógica
	Ultrasonidos	Digital
Presión	Membrana + detector de desplazamiento	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
Caudal	Presión diferencial (Diafragmas / tubos de Venturi)	Analógica
	De turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termostatos	Todo-Nada
	Termopares	Analógica
	Termorresistencias (PT100)	Analógica
	Resistencias NTC	Analógica
	Resistencias PTC	Analógica
	Pirómetros	Analógica
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Todo-Nada
	Capacitivos	Todo-Nada
	Ópticos (Células fotoeléctricas)	Todo-Nada
	Ultrasonicos	Analógica
Sistemas de visión artificial	Cámaras de video y tratamiento de imagen	Procesamiento por puntos o pixels
	Cámaras CCD	

**Actividad:** Desarrollar contenido para la presentación del sensor seleccionado. Explicarlo a los compañeros de clase el día de la fecha designada. La exposición debe contener texto, dibujos en el pizarrón, imágenes o video y un ejemplo sobre su uso, incluyendo la explicación del circuito de aplicación elegido.

### ¿Por qué se utiliza la medida de 4 a 20 mA?

En la industria nos encontramos con sensores y dispositivos, vinculados a aplicaciones de control de procesos, que comparten un mismo estándar desde hace muchos años: nos suministran sus mediciones mediante un lazo de corriente de 4 a 20 mA.

Debemos remontarnos al siglo XX, y siendo más específicos, a la década de los años cincuenta, cuando la neumática predominaba en la industria y su control se referenciaba con rangos de 3 a 15 PSI. Cualquier valor fuera de ese margen era considerado señal de alarma.

Por lo tanto, es importante destacar, que estamos mencionando a uno de los acontecimientos más importantes en relación a la revolución industrial 2.0, la integración del control electrónico a la neumática.

En ese contexto, la fácil instalación y mantenimiento del cableado eléctrico sedujo a los industriales, quienes sufrían los problemas de pérdidas de presión en las líneas neumáticas y el gasto energético que representaba el continuo funcionamiento de aquellos ineficientes compresores.

La solución electrónica, con lazos de corriente 4 a 20 mA, ganó terreno rápidamente gracias a su mayor precisión, bajo consumo y potencial algorítmico para controles complejos PID (controlador proporcional, integral y derivativo).

### Ventajas:

- Estándar industrial de hace más de 50 años (gran variedad de equipos en el mercado)
- El rango 4 – 20 mA tiene un ratio 1:5 equivalente al rango 3-15 PSI, utilizado en neumática.
- Considerando la 1° ley de Kirchhoff, la corriente medida en cualquier punto del lazo siempre es la misma. Por lo tanto un lazo 4-20 mA tendrá mayor precisión que cualquier señal de tensión.
- Es más estable en largas distancias y más inmune a los ruidos eléctricos, interferencias electromagnéticas o de radiofrecuencia.
- Considerando al valor 4 mA como 0% de la señal, es muy fácil detectar fallas en el cableado o circuito abierto.
- Los sensores pasivos de 2 hilos se alimentan a través de la energía otorgada por el equipo receptor, mejorando el costo de instalación.
- Puede transmitir los datos digitales HART a través de los mismos cables sin interferencias entre ambas señales.
- Fácil medición de fallas con un multímetro (valores menores a 3.8 mA o mayores a 20,5 mA).
- El valor de intensidad 20 mA está por debajo del umbral de riesgo eléctrico para la salud.

### Los datos digitales HART

En 1986 aparece el protocolo de comunicación HART (Highway Addressable Remote Transducer), el cual entrega una solución para la comunicación de instrumentos inteligentes y que además tiene la virtud de ser compatible con la transmisión analógica convencional en corriente 4-20mA, permitiendo que la señal analógica y las señales de comunicación digital sean transmitidas simultáneamente sobre el mismo cableado.

Mediante este protocolo, la información de la magnitud que se mide es transmitida mediante la señal analógica de 4-20mA, mientras que la señal digital es utilizada para transmitir otro tipo de información, como por ejemplo instrucciones para el proceso, configuración de los equipos, calibración e información de diagnóstico del instrumento.