



## Laboratorio de Mediciones Eléctricas de 6° año - Electromecánica

### Trabajo Práctico N° 8

1. ¿Cómo está formado un puente de Wheatstone?
2. ¿En que se utiliza mediciones de esfuerzos o formaciones?
3. Explicar funcionamiento en medidor de esfuerzo.



## CAPÍTULO 1

# SENSORES

Un **sensor** [1] es el componente de una instalación o sistema, que se encarga de recibir el valor de una **magnitud preferentemente no eléctrica** para convertirla en una señal eléctrica –generalmente una tensión o una corriente de bajo valor– de fácil aplicación en un sistema más complejo. En algunos casos se lo denomina también **transductor** [2].

Los sensores se aplican cada vez más en la fabricación de productos industriales y también en todo sistema de ingeniería en que se requiera un accionamiento automático, es decir, que al variar una determinada magnitud, se produzca un determinado efecto en otro lugar.

Para los diversos elementos componentes de estas acciones, se ha visto la necesidad de normalizarlos para facilitar su lectura y apreciación, por medio de letras y símbolos adecuados [3].

Los sensores –o transductores– más comunes se pueden clasificar en la siguiente forma:

- De efecto termoelectrico
- De efecto piezoelectrico
- De efecto resistivo
- De efecto capacitivo

1. Según el diccionario de la Real Academia Española, sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.
2. Según el diccionario de la Real Academia Española, transductor es un dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.
3. Norma ISA-S 5.1 (ISA), de la Instrument Society of America.



### SENSORES ELÉCTRICOS

- De efecto inductivo
- De efecto electromagnético
- De efecto fotovoltaico

En lo que se refiere a la forma en que entregan la cantidad detectada, pueden ser **analógicos** o **digitales**, de acuerdo a las necesidades del componente que le sigue en el sistema.

Las características de un sensor pueden ser, a su vez, las que siguen:

- Por su campo de medida
- Por su alcance
- Por su sensibilidad
- Por su curva característica de comportamiento
- Por su precisión
- Por su resolución

Esquemáticamente, un sensor responde la idea de la figura 01 que sigue:

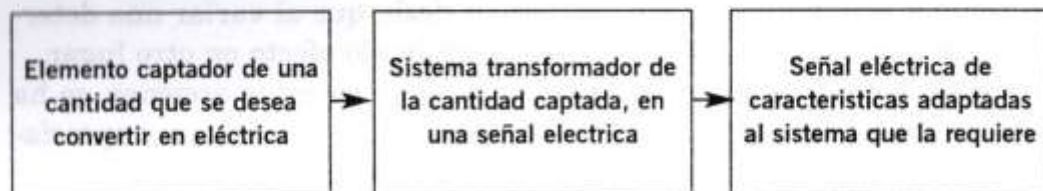


Fig. 01 Sensor

En la entrada se recoge la señal, que es una magnitud que representa en forma proporcional, al valor que se desea medir, conocer o procesar. En general, **no es una dimensión eléctrica**. En la segunda etapa, la señal de entrada se cambia a señal eléctrica, se amplifica, o se cambia a un formato más conveniente o, en general, se acomoda a los fines perseguidos. En la tercer etapa se aplica a un instrumento de medida sea analógico como digital, o se inyecta en un sistema de control automático, o se aplica a un dispositivo que permite ingresar en un sistema informático para contribuir en un proceso complejo.

Los sensores pueden otorgar salida con potencia suficiente proveniente de la señal misma de entrada, o puede ser necesario agregarles energía de un fuente auxiliar propia, o un circuito amplificador electrónico.



## SENSORES

Algunos generan una señal en forma de fuerza electromotriz eléctrica proporcional al valor que se les aplica como si fuesen un pequeño generador. Otros varían un valor eléctrico propio, como en el caso de tratarse de resistores, capacitores, inductores, etc.

Los transductores pueden también tener interfases electrónicas, que son adecuados circuitos electrónicos que elaboran y adecuan la señal, a las necesidades de la etapa siguiente.

Todo esto nos lleva a que la selección del sensor o transductor más adecuado para un determinado propósito [4], plantea las siguientes preguntas:

- a) Cantidad a medir
- b) Principio de funcionamiento
- c) Grado de exactitud requerido

---

4. "Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición", por William D. Cooper y Albert D. Helfrick, Pretince Hall, 1991, México.

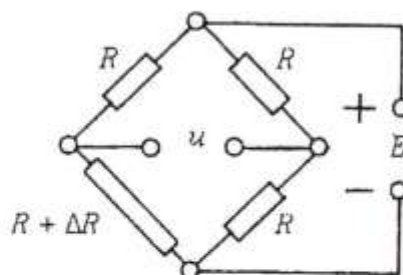


## CAPÍTULO 2

# RESPUESTA DINÁMICA DE UN PUENTE

En muchas de las aplicaciones industriales es conveniente recurrir al puente de Wheatstone en corriente continua [5] y sus variantes, para manifestar u operar con una magnitud dada. Por lo tanto, es útil para comenzar, examinar el comportamiento de dicho puente, cuando manteniéndose constantes tres de sus brazos, el cuarto sufre una variación incremental  $\Delta R$ . Para ello, tomamos la figura 02. En la rama derecha, en cada resistor  $R$  la tensión vale:

$$U = \frac{R}{2R} E = \frac{E}{2} \quad (01)$$



**Fig. 02** Puente de Wheatstone

En cambio, en la rama izquierda que contiene un resistor que recibe una variación incremental  $\Delta R$ , la tensión vale:

5. El puente de Wheatstone es un conjunto de cuatro resistores conectados en forma de circuito cerrado, que alimentado por tensión entre dos terminales opuestos, se puede recoger una tensión en los otros dos restantes. Se emplea mucho en las mediciones eléctricas.



### SENSORES ELÉCTRICOS

$$U'' = \frac{R + \Delta R}{R + R + \Delta R} E = E \frac{R + \Delta R}{2R + \Delta R} \quad (02)$$

Reemplazando y operando se llega a que la diferencia de potencial  $u$  que nos queda entre los terminales del tramo horizontal resulta:

$$U = U'' - U' = \frac{E}{2} \frac{\Delta R}{2R + \Delta R} \quad (03)$$

Si en el denominador consideramos al incremento diferencial  $\Delta R$  lo suficientemente pequeño frente a los restantes resistores  $R$ , se puede llegar a una expresión más simple, que demuestra que **la tensión entre los terminales horizontales, es función lineal de las variaciones en uno de los componentes del puente:**

$$U = \frac{E}{2} \frac{\Delta R}{2R} \quad (04)$$

Por lo tanto, colocando un instrumento de medida entre los terminales horizontales se puede calibrar el mismo en función de las variaciones del resistor que cambia de valor. O también, con la magnitud no eléctrica ingresar a otro sistema, por ejemplo, informático.



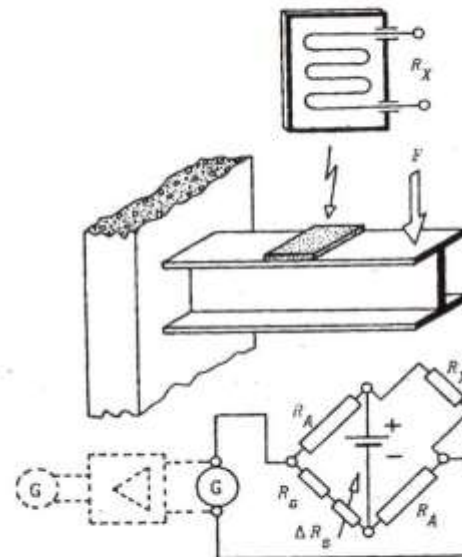
## CAPÍTULO 3

# MEDICIÓN DE ESFUERZOS O DEFORMACIONES

En muchos trabajos industriales y particularmente, en obras de ingeniería civil y las construcciones, se emplea el **medidor de esfuerzos o de deformaciones**. Se los suele conocer también como “**galgas extensiométricas**”. Son transductores pasivos, que convierten un desplazamiento mecánico en una variación de su resistencia eléctrica. Están constituidos por alambres metálicos de muy pequeño diámetro, de una aleación de níquel y cobre que comercialmente se denomina “**constantán**”.

En general, estos medidores se emplean asociados a puentes de Wheastone, como ilustramos en figura 03, y también asociados a un amplificador electrónico. En la misma vemos en la parte superior la imagen de la galga. En la parte inferior, el circuito eléctrico.

La imagen es de un elemento transductor. Se trata en este caso de una resistencia sujeta a una placa que se ha aplicado a una viga en voladizo, la que se fija convenientemente al elemento cuya deformación se desea medir. A este elemento se lo conoce también con la denominación de “**Strain-Gauge**”. Este transductor de señal se cementa a la viga cuya deformación se desea conocer.



**Fig. 03 Medidor de esfuerzos o deformaciones (“strain gauge”)**



### SENSORES ELÉCTRICOS

En la parte inferior de la figura 03, a la izquierda, podemos apreciar que la señal obtenida de “la salida del puente”, puede ser aplicada a un amplificador electrónico, si ello es necesario.

Observemos la parte mecánica del conjunto. Si una fuerza  $F$  se aplica como se indica en el extremo de la viga empotrada, se produce una variación específica  $\Delta R$  en la resistencia  $R_x$ . Llamaremos  $e$  al valor de la **elongación específica del material**, que en la técnica de la elasticidad se expresa en la forma conocida y que resulta así función de la variación de resistencia, es decir:

$$e = \frac{\Delta l}{l} = K_g \frac{\Delta R}{R} \quad (05)$$

La constante  $K_g$  relaciona las deformaciones elásticas del material, con las variaciones de la resistencia  $R_x$ . Estas deformaciones ocurren dentro de los límites lineales de deformación.

La galga indicada en la figura 03 es un cuerpo que, sometido a un esfuerzo mecánico, se deforma, experimentando un alargamiento que es directamente proporcional al esfuerzo, siempre que como hemos indicado, no se sobrepase el dominio elástico del material que se deforma.

La resistencia  $\Delta R_s$  es variable y sirve para un ajuste inicial del sistema.