

Instrumentación Industrial de Procesos

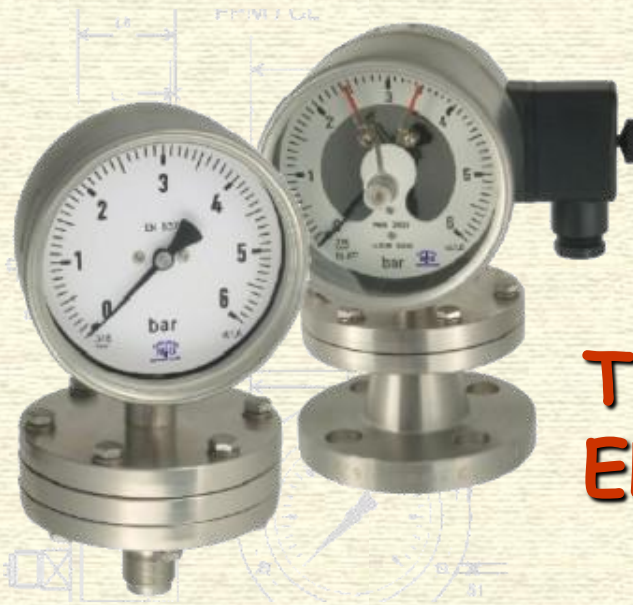


TEMA 2

ELEMENTOS DE PRESIÓN



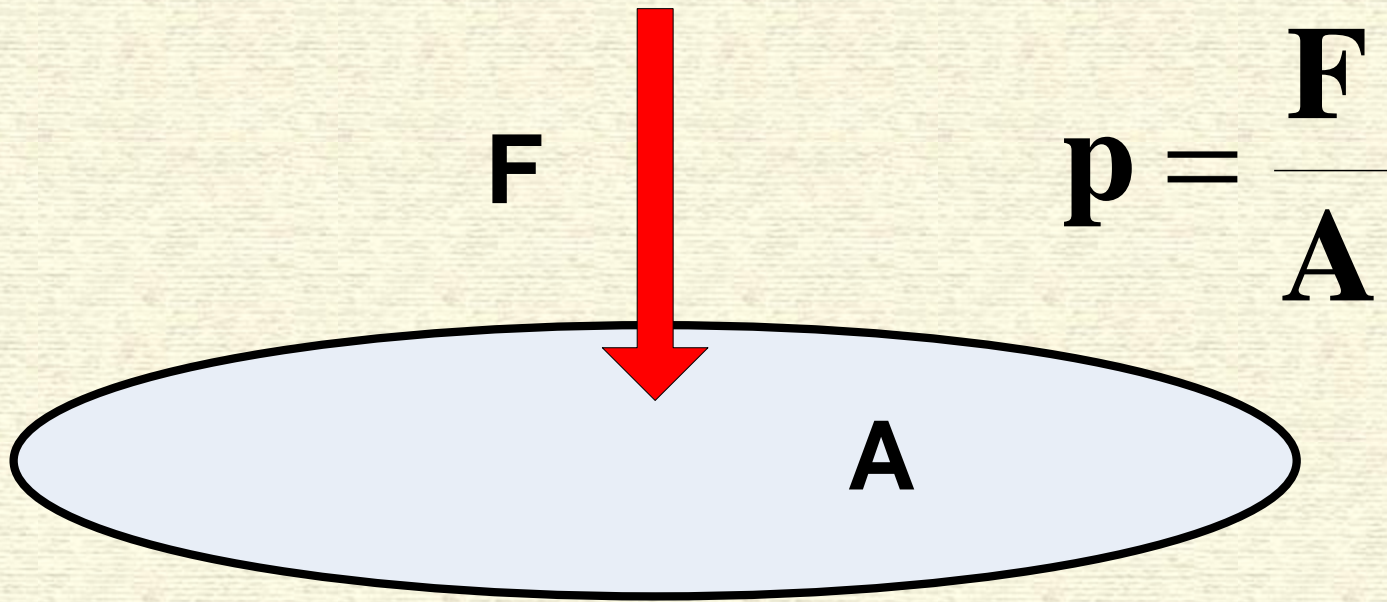
Departamento de Ingeniería de Procesos
y Gestión Industrial



TEMA 2: ELEMENTOS DE PRESIÓN

Presiones manométrica, absoluta y diferencial. Elementos de columna de líquido. Sensores mecánicos: tubos Bourdon, diafragmas, cápsulas, fuelles y campanas. Transmisores neumático, capacitivo, extensométrico piezoeléctrico, piezo-resistivo, magnético y de alambre vibrante. Sellos mecánicos. Medición de vacío. Calibración de elementos de presión. Sistemas de control de presión. Especificación técnica.

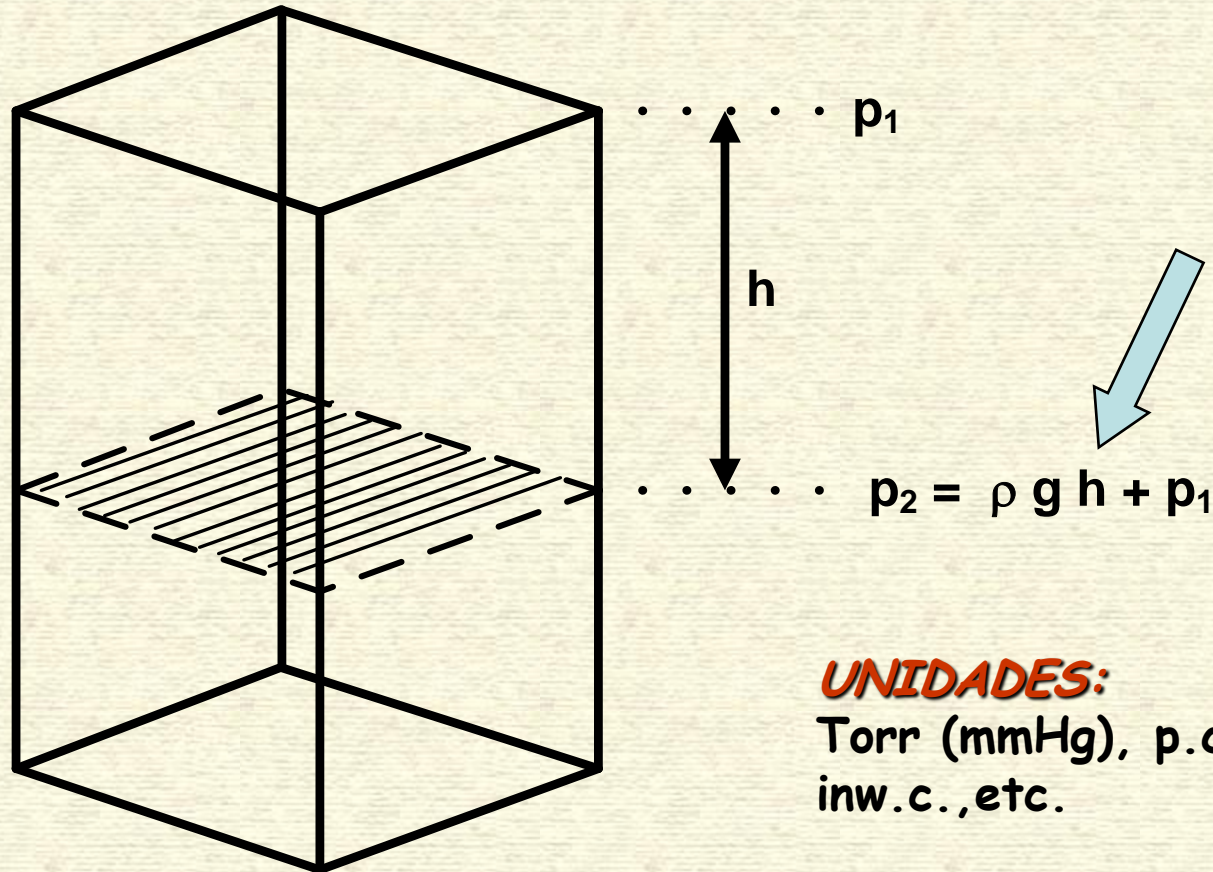
PRESIÓN: Fuerza por unidad de superficie ejercida en forma normal a dicha superficie (magnitud escalar).



UNIDADES: Pascal (SI), Bar, Kg/cm², lb/sqin (psi), etc.

EQUILIBRIO HIDROSTÁTICO:

En un medio líquido, la presión es constante en cualquier punto de una sección transversal paralela a la superficie de la tierra



UNIDADES:

Torr (mmHg), p.c.a.,
inw.c., etc.

ALGUNAS EQUIVALENCIAS ENTRE UNIDADES DE PRESIÓN

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ lb/in}^2$$

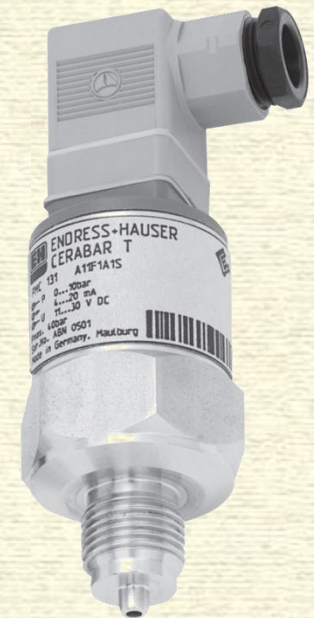
$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pascal (N/m}^2\text{)}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pascal (N/m}^2\text{)}$$

$$1 \text{ bar} = 14,50 \text{ libras/pulgada}^2 \text{ (lb/in}^2\text{)}$$

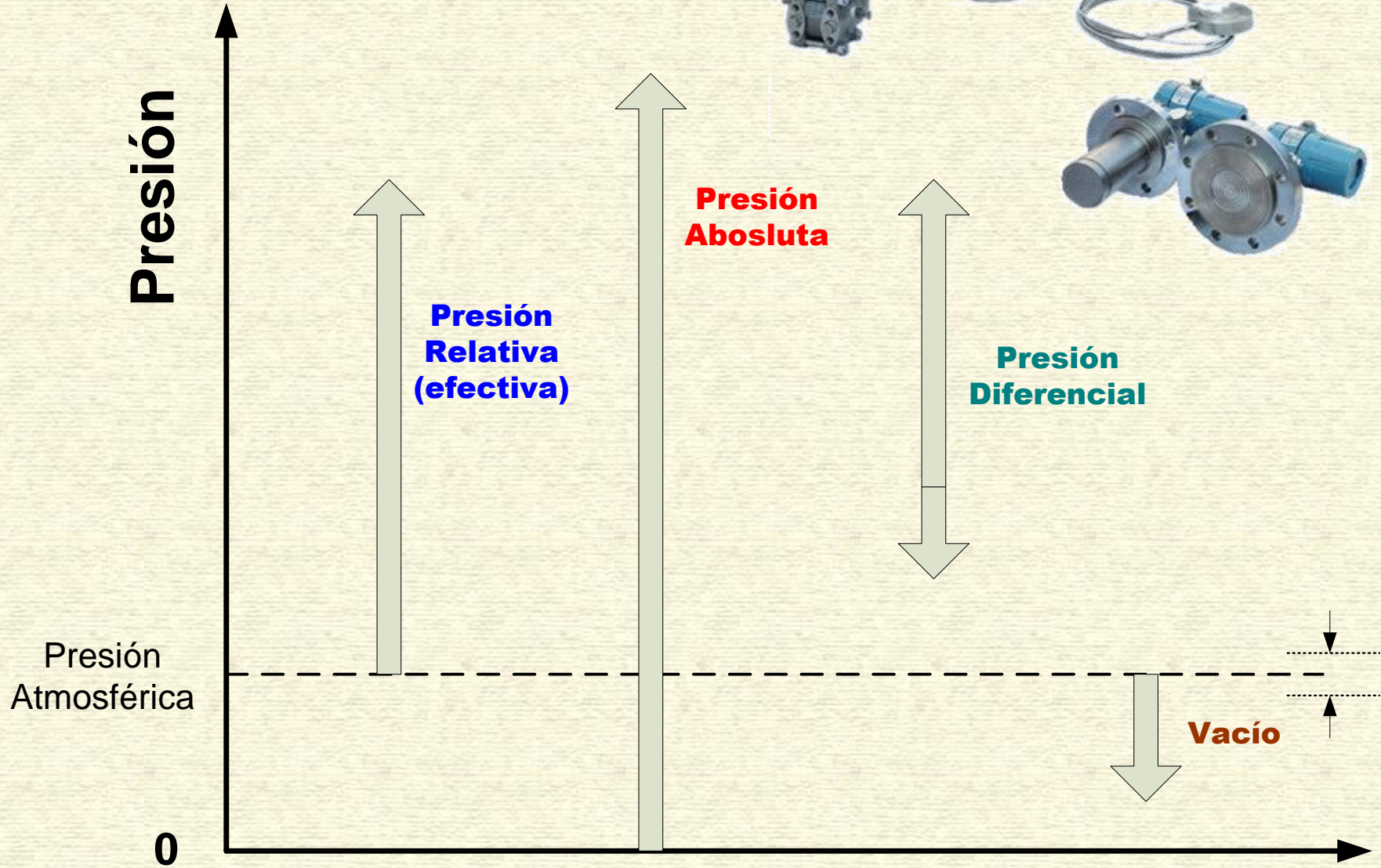
$$1 \text{ lb/in}^2 = 6,90 \times 10^3 \text{ Pascal}$$

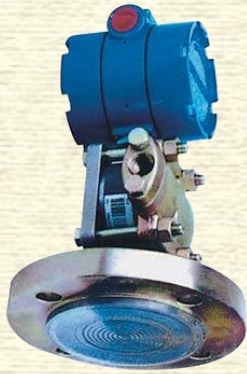
$$1 \text{ lb/in}^2 = 0,69 \text{ atmósfera (atm)}$$



TABLAS ELECTRÓNICA DE CONVERSIÓN:

<http://www.buscainmueble.com/web/otros/visitantes/calculadoras/>





¿ POR QUE MEDIR PRESION EN AMBIENTES INDUSTRIALES ?

CONDICIONES OPERATIVAS

Para mantener condiciones de trabajo en un proceso (tope de una columna de destilación, colector de generación de vapor, etc.)

SEGURIDAD

Condiciones de alta o baja presión que pueden influir negativamente en el proceso

ECONÓMICAS

Cuando se paga por un fluido que se compra

SENSORES MECÁNICOS



Manómetro de tubo en "U"
Manómetro de reservorio
Manómetro de tubo inclinado
Campanas con sello líquido

Tubo Bourdon
Diafragma
Cápsulas
Fuelle

TRANSDUCTORES- TRANSMISORES DE PRESIÓN ELECTRÓNICOS



Extensométricos (strain gage)
Capacitivo
De alambre vibrante
Piezoeléctrico
Piezoresistivo
Magnético
Ópticos

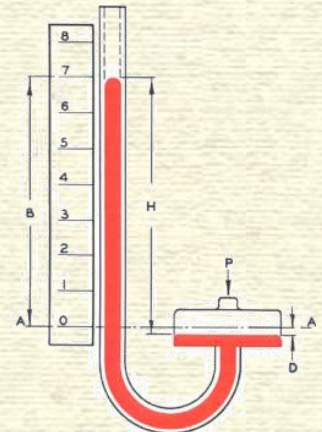
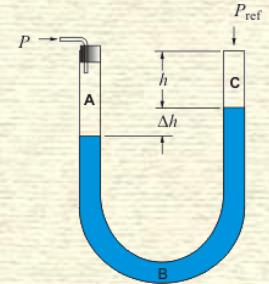
SENSORES MECÁNICOS

Manómetro de tubo en "U"
Manómetro de reservorio
Manómetro de tubo inclinado
Campanas con sello líquido



Se emplean para medida directa de presión y vacío. Por lo tanto se aplican para **indicación**.

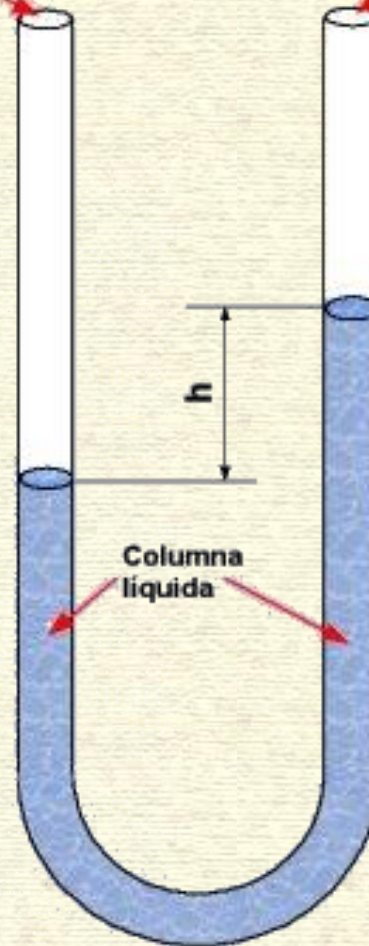
Son particularmente útiles para **calibración** (presión absoluta, vacío o diferencial).



MANÓMETRO DE TUBO EN "U"

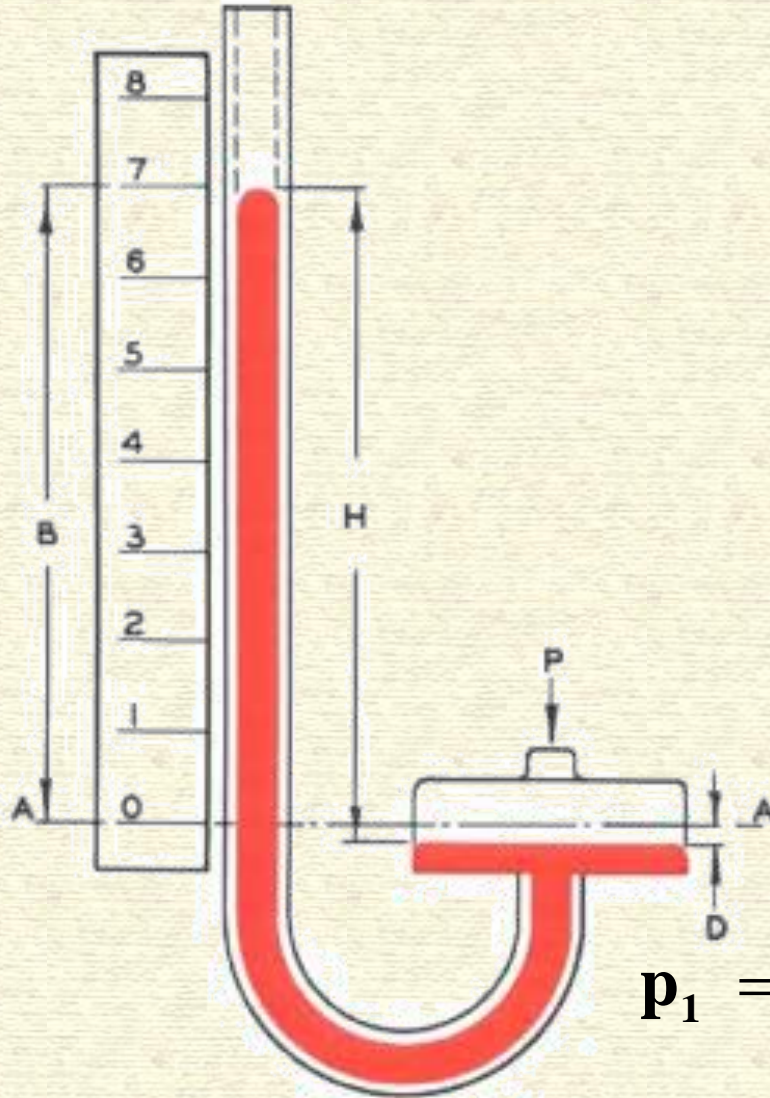
Conectado al sistema al que quiere medirse la presión

A la atmósfera

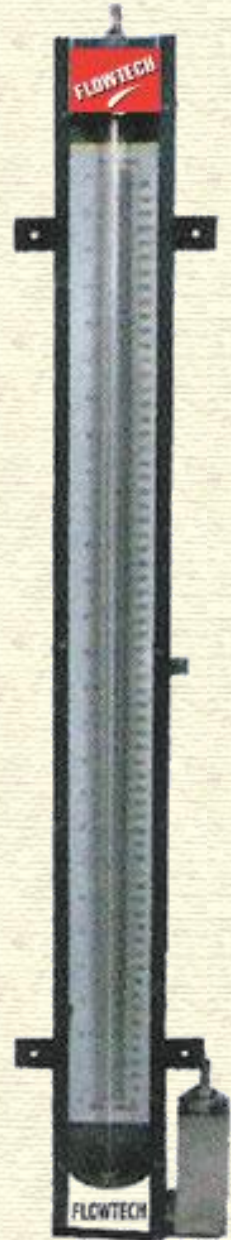


$$p_1 = p_2 + \rho g h$$

MANÓMETRO DE RESERVORIO

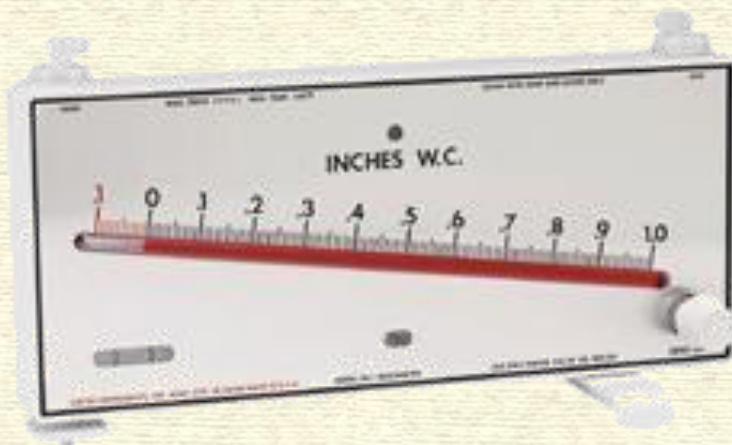
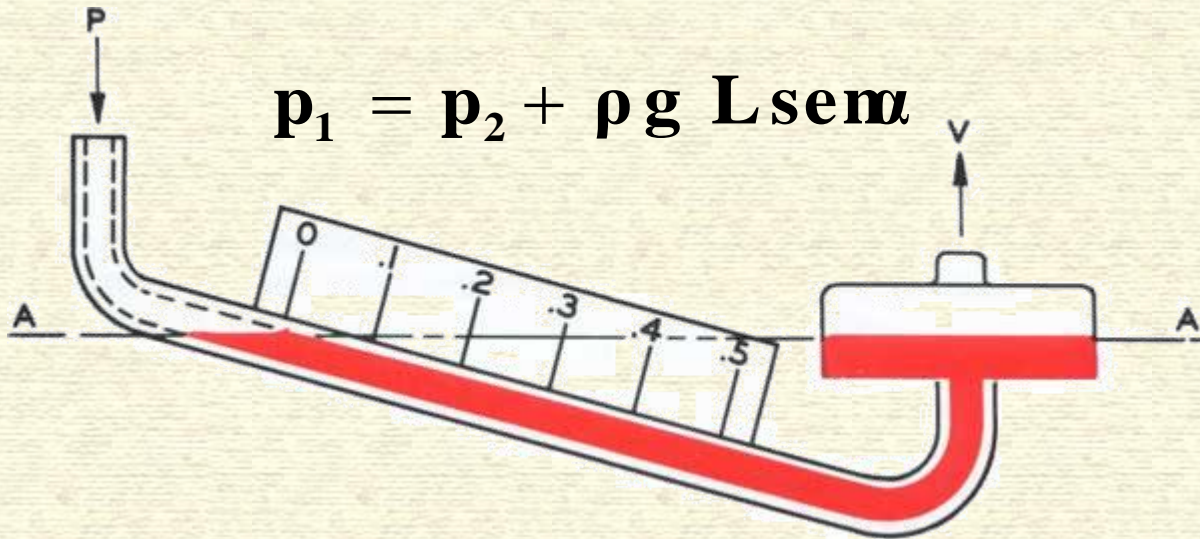


$$p_1 = p_2 + \rho g \left(1 + \frac{A_2}{A_1} \right) h$$



MANÓMETRO DE TUBO EN "U INCLINADO"

$$p_1 = p_2 + \rho g L \sin \alpha$$



SENSORES MECÁNICOS

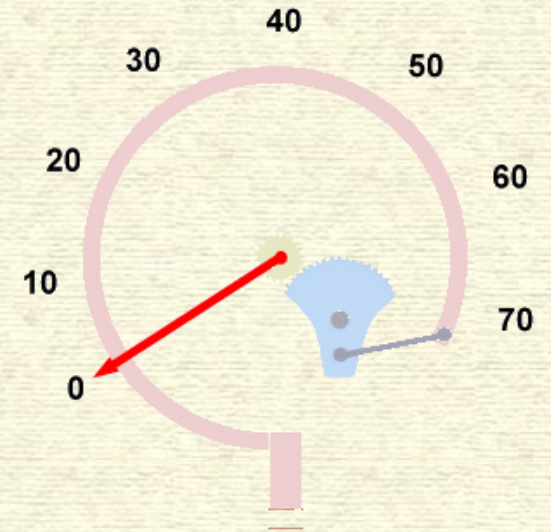
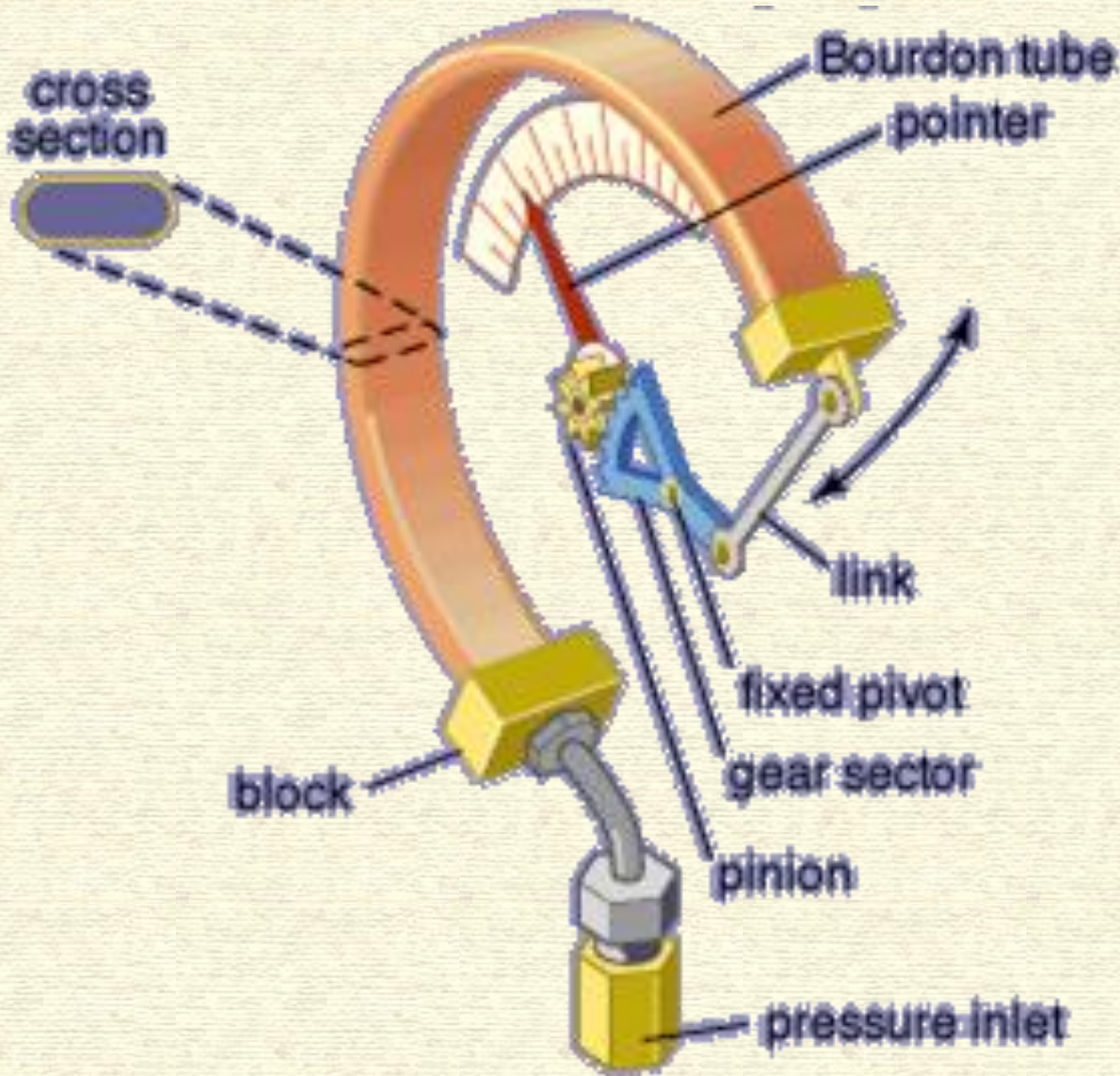
Tubo Bourdon
Diafragma
Cápsulas
Fuelle



Son los elementos primarios típicos de los sensores industriales. Permiten tanto la **indicación local** como la **transmisión y salidas lógicas**.

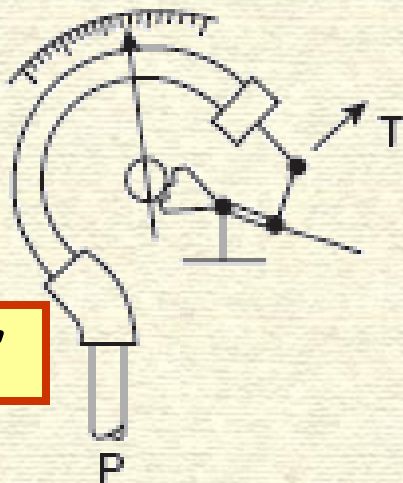
Se trata de elementos que por efecto de la presión producen **deformaciones o desplazamientos elásticos** que permiten la inferencia de los cambios en la variable.

TUBO DE BOURDON

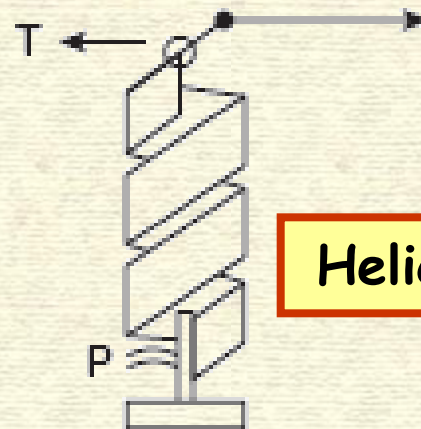
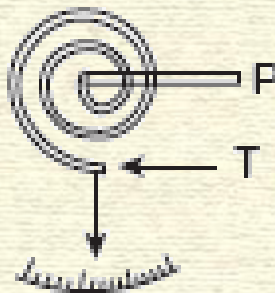


TIPOS DE TUBOS DE BOURDON

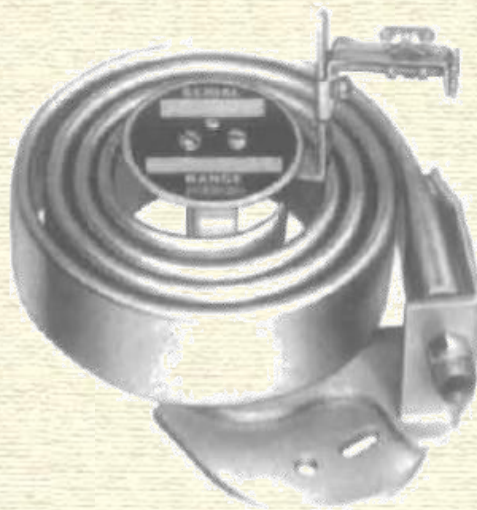
Tipo "C"



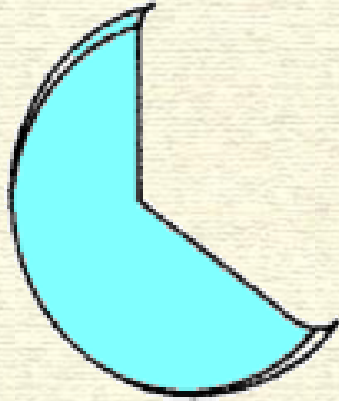
Espiral



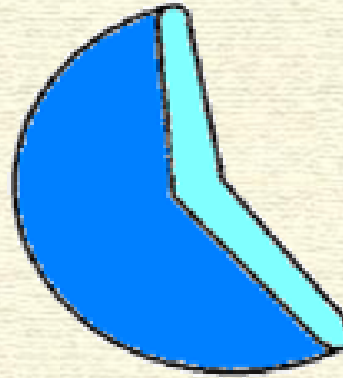
Helicoidal



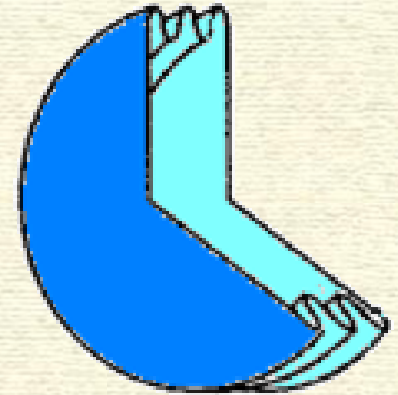
DIAFRAGMAS, CÁPSULAS Y FUELLES



Diafragma

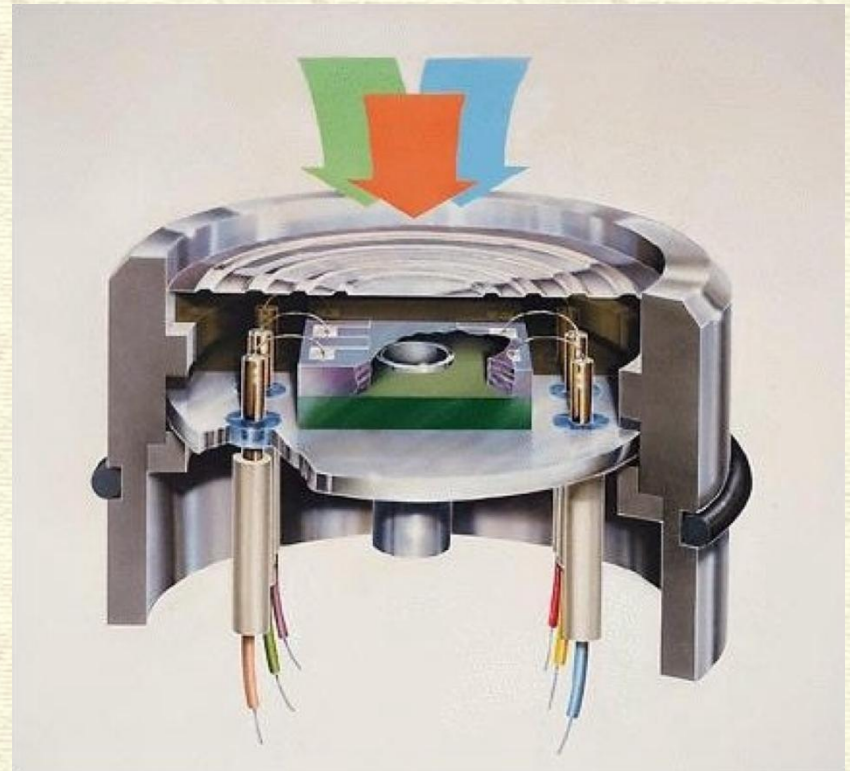


Cápsula



Fuelle

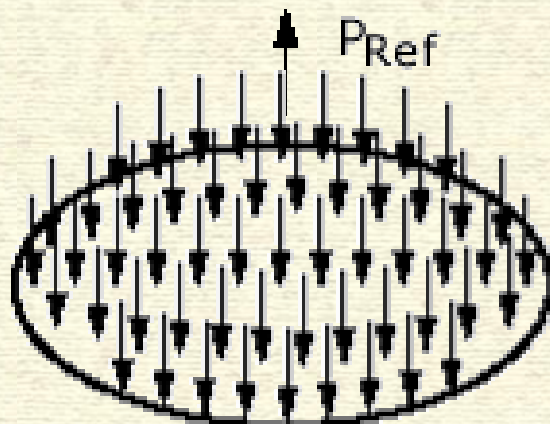
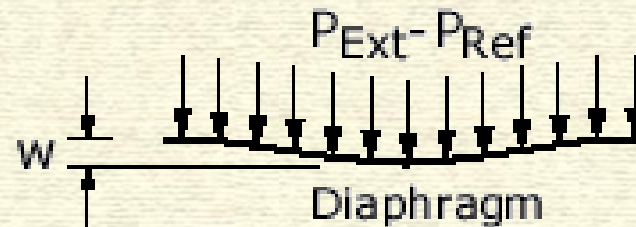
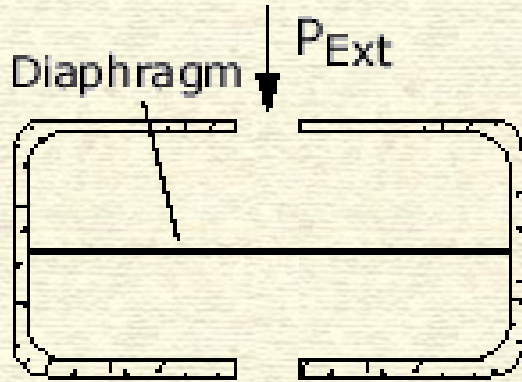
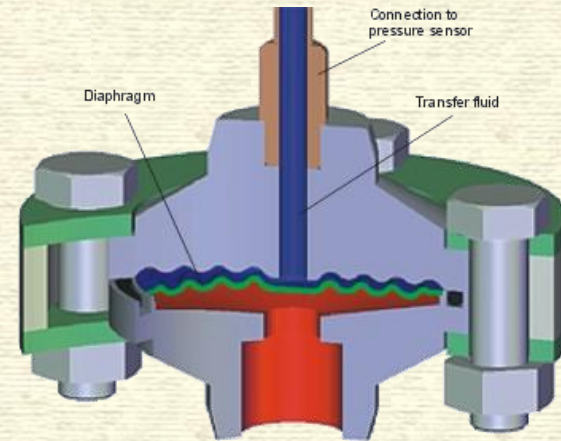
DIAFRAGMA



Los diafragmas pueden ser lisos o corrugados (mejora la linealidad, el alcance y la robustez).

El material del diafragma es normalmente aleación de níquel o inconel.

DIAFRAGMA



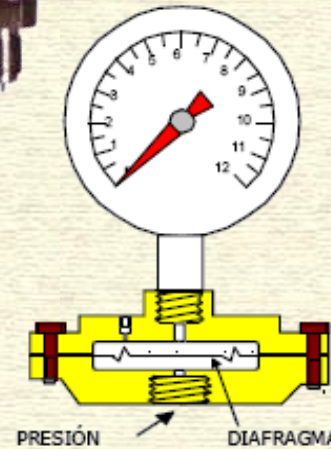
$$w_{\max} = w(0) = \frac{Pa^4}{64D} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]^2$$
$$\Rightarrow P = \frac{64D}{a^4 \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]^2} w_{\max}$$

La fuerza de presión sobre el área efectiva del diafragma origina un desplazamiento en el centro y este desplazamiento es proporcional a la presión.

DIAFRAGMA



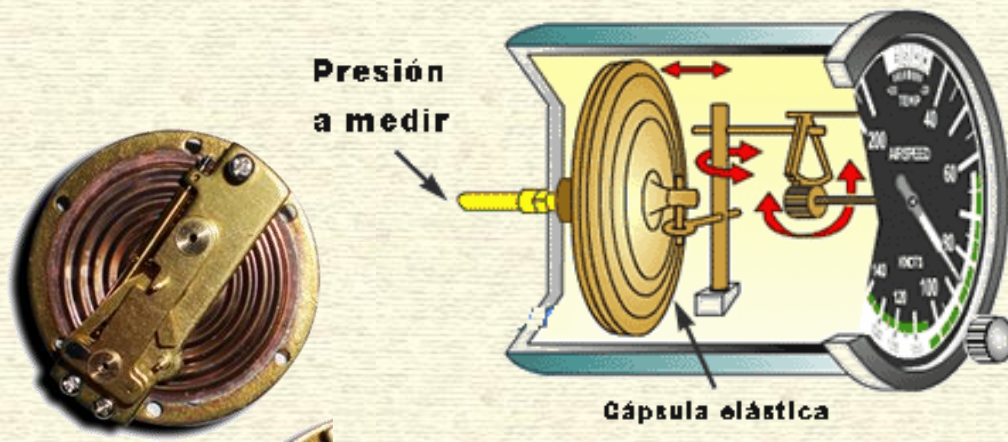
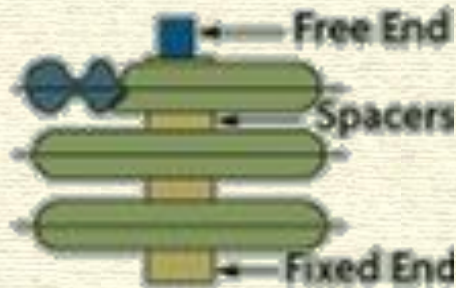
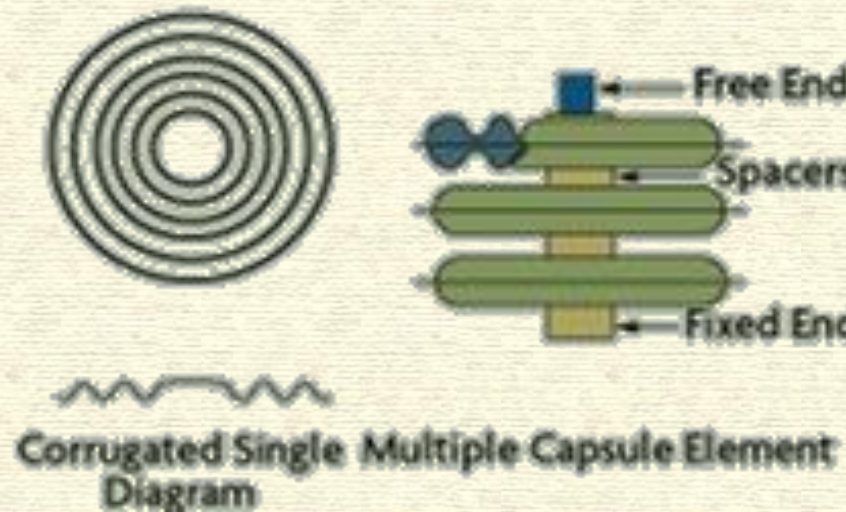
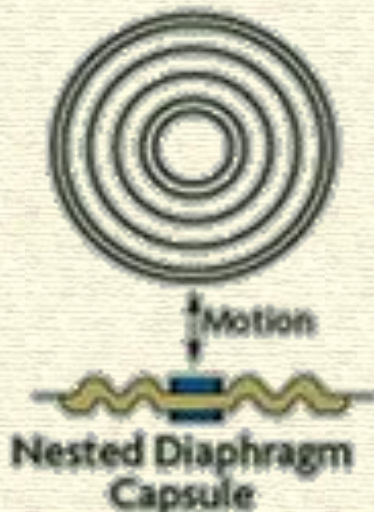
Los diafragmas pueden ser metálicos y no metálicos. (Bronce, monel, neopreno, siliconas, teflón)



CÁPSULAS



Consiste en dos diafragmas conectadas rígidamente entre sí por soldadura. Al aplicar presión, cada diafragma se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada

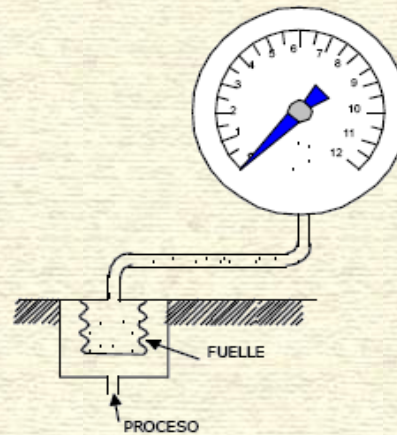
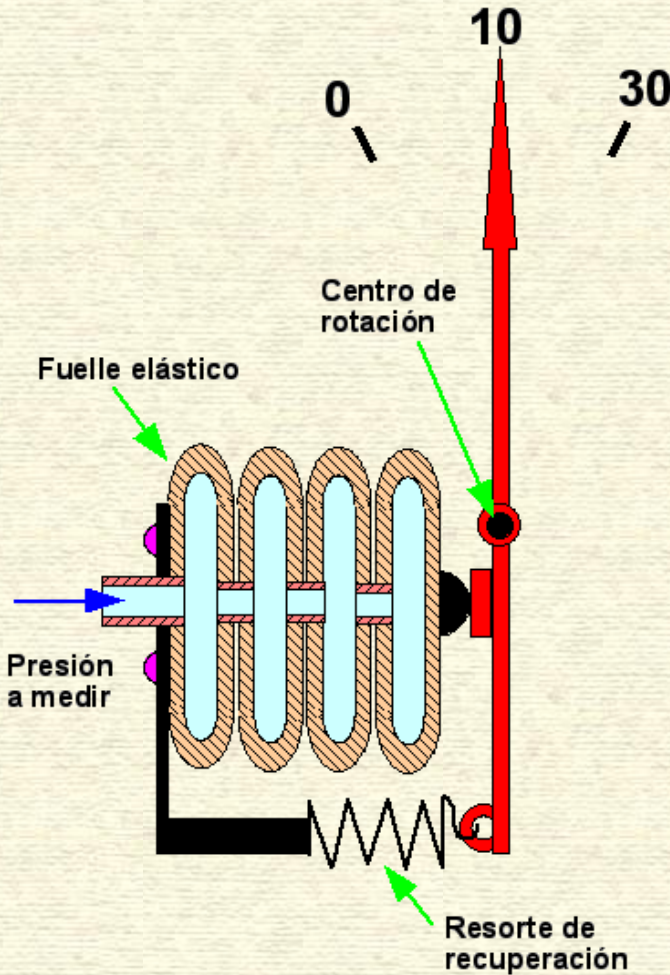


FUELLES



El fuelle es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente y puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable.

Los elementos de fuelle se caracterizan por su larga duración. El material empleado es usualmente bronce fosforoso. Se emplea para pequeñas presiones.



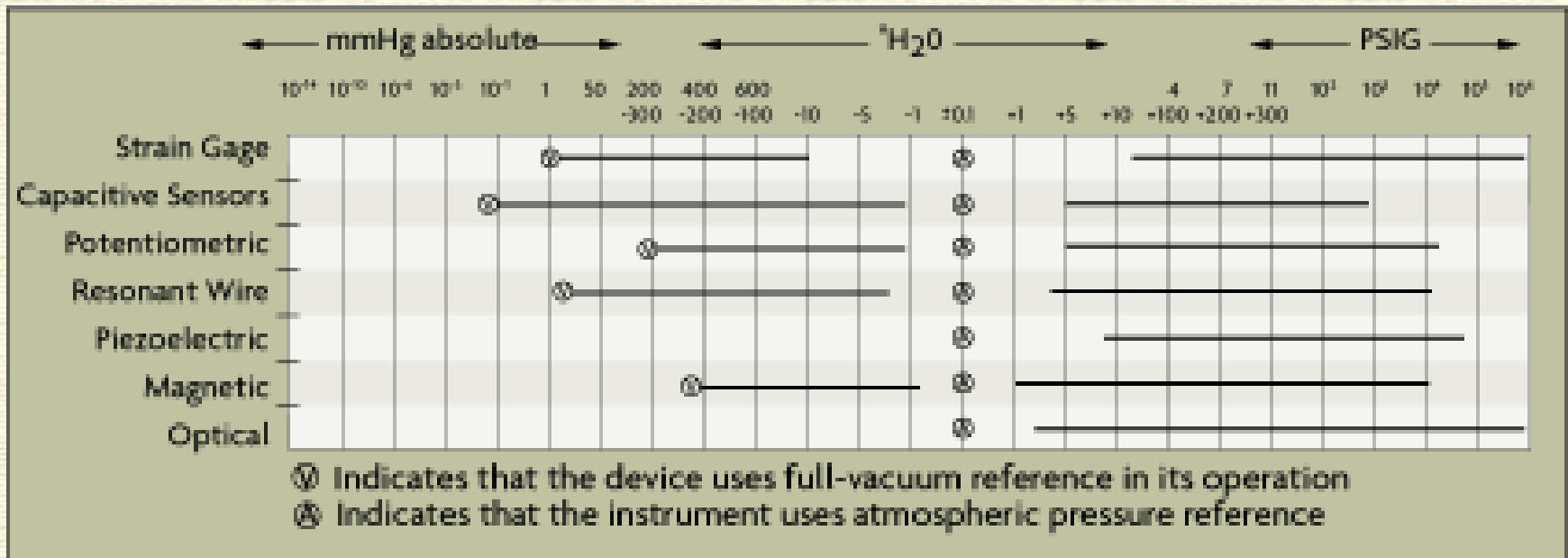
DIAFRAGMAS, CÁPSULAS Y FUELLES

Element	Application	Minimum Range	Maximum Range
Capsule	Pressure	0–0.2 in (0.5 cm) H ₂ O	0–1000 psig (70.3 kg/cm ²)
	Vacuum	0–0.2 in (0.5 cm) H ₂ O	0–30 in (76.2 cm) Hg vacuum
	Compound vacuum and pressure	Any span within pressure and vacuum ranges, with a total span of 0.2 in (0.5 cm) H ₂ O	—
Bellows	Pressure	0–5 in (12.7 cm) H ₂ O	0–2000 psig (141 kg/cm ²)
	Vacuum	0–5 in (12.7 cm) H ₂ O	0–30 in (76.2 cm) Hg vacuum
	Compound vacuum and pressure	Any span within pressure and vacuum ranges, with a total span of 5 in (12.7 cm) H ₂ O	—
Bourdon	Pressure	0–5 psig (0.35 kg/cm ²)	0–100,000 psig (7030 kg/cm ²)
	Vacuum	0–30 in (76.2 cm) Hg vacuum	—
	Compound vacuum and pressure	Any span within pressure and vacuum ranges, with a total span of 12 psi (0.84 kg/cm ²)	—

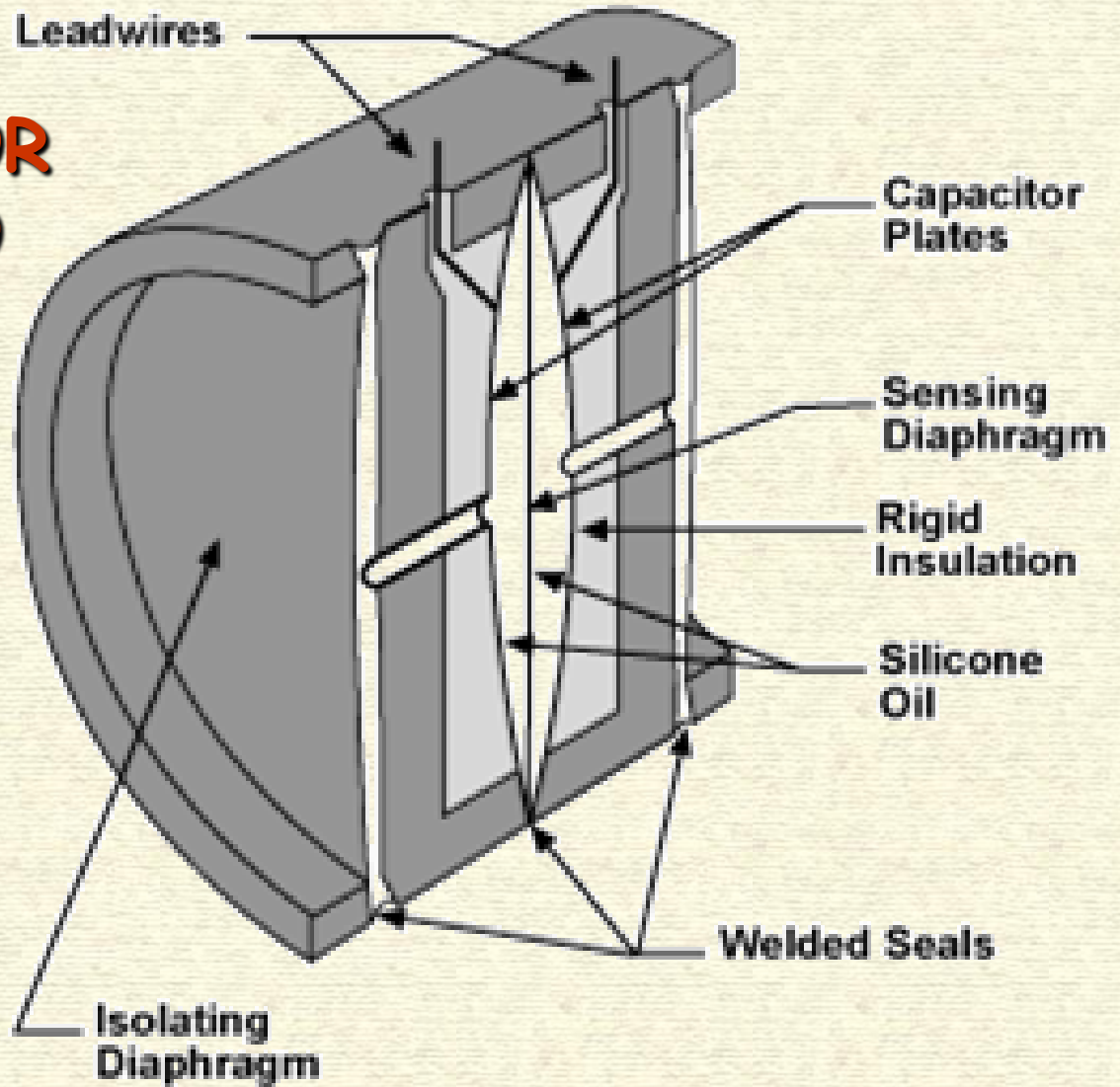
TRANSDUCTORES- TRANSMISORES DE PRESIÓN ELECTRÓNICOS



Capacitivo
De alambre vibrante
Extensométricos (strain gage)
Piezoeléctrico
Piezoresistivo
Magnético
Ópticos

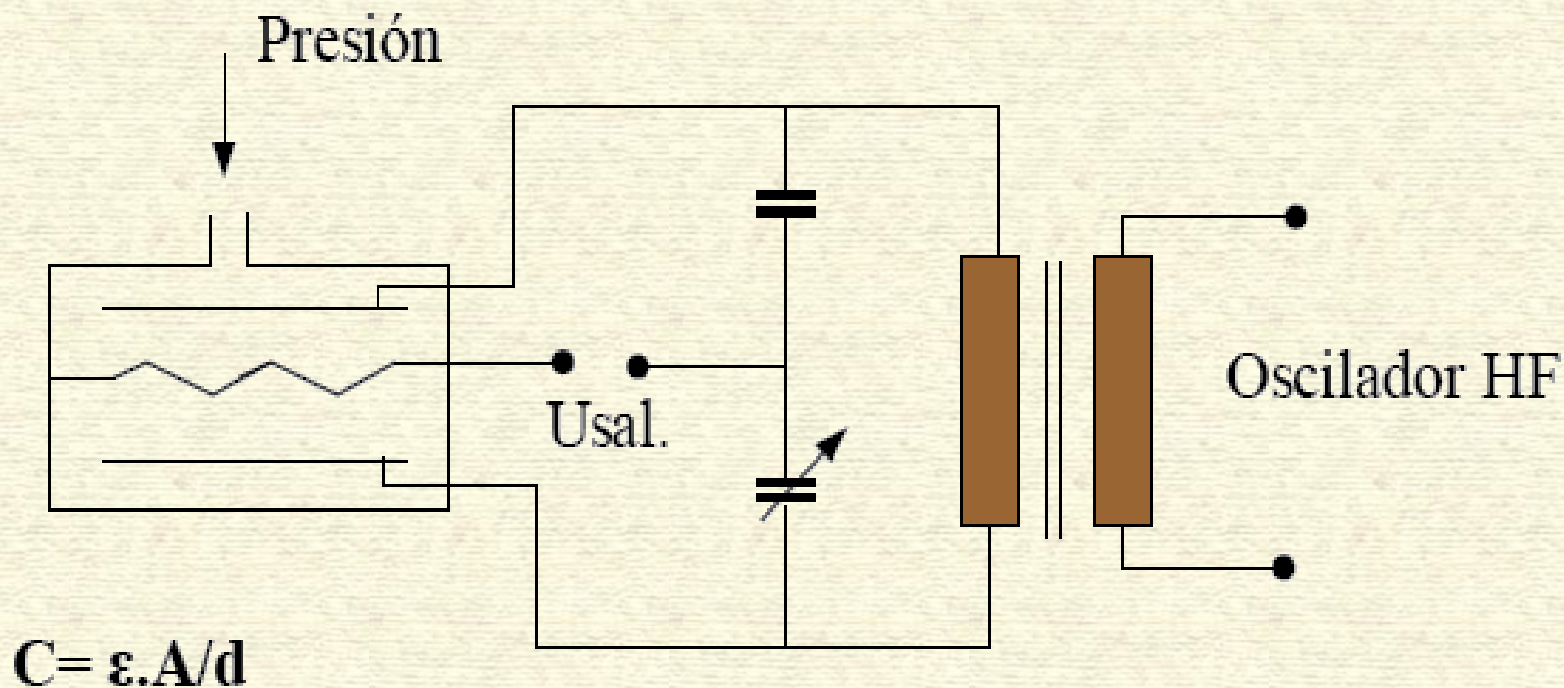


TRANSDUCTOR CAPACITIVO



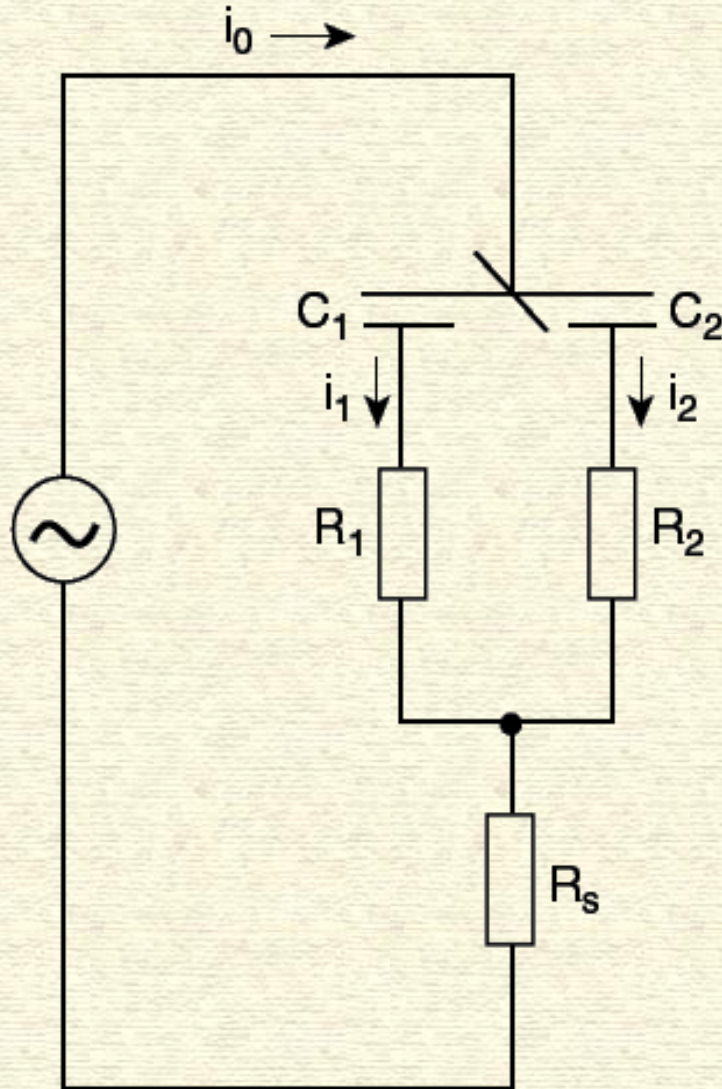
Se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión.

TRANSDUCTOR CAPACITIVO



La placa móvil tiene la forma del diafragma y está entre dos placas fijas. De este modo se tienen dos condensadores de capacidad variable.

TRANSDUCTOR CAPACITIVO



$$d_1 = d_0 + \Delta d$$

$$d_2 = d_0 - \Delta d$$

$$\Delta d = K_1(P_1 - P_2)$$

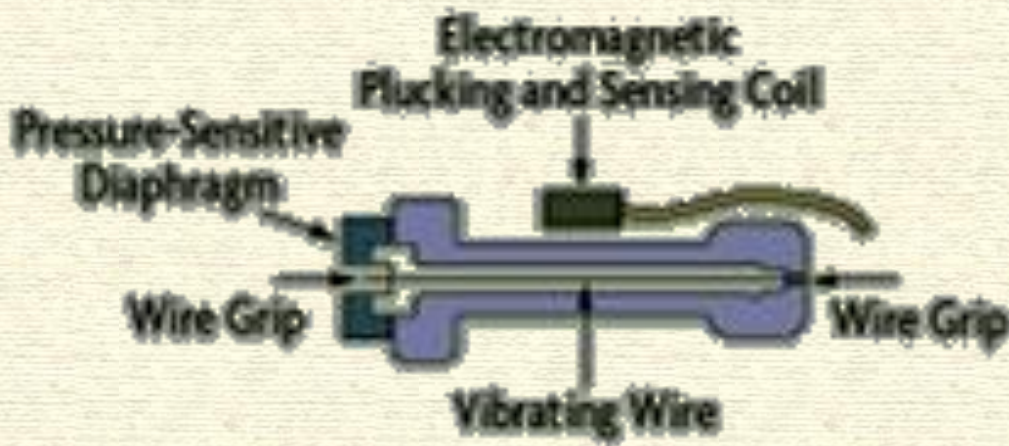
$$C_1 = \frac{K_2}{d_1} = \frac{K_2}{d_0 + \Delta d}$$

$$C_2 = \frac{K_2}{d_2} = \frac{K_2}{d_0 - \Delta d}$$

TRANSDUCTOR CAPACITIVO

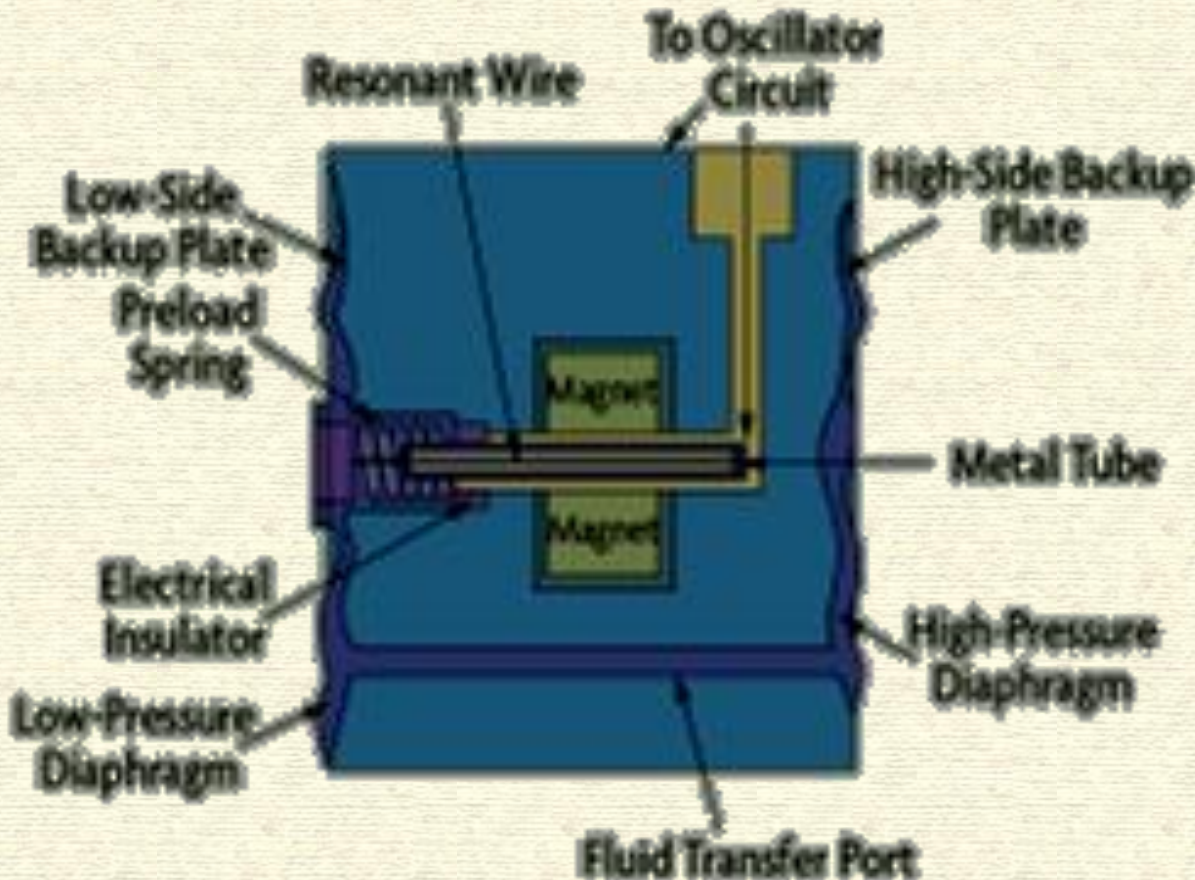


Los transductores capacitivos se caracterizan por su pequeño tamaño y construcción robusta. Su señal de salida es débil por lo que precisan de amplificadores con el riesgo de introducir ruidos.



TRANSMISOR DE ALAMBRE VIBRANTE

La frecuencia de resonancia de un alambre es una función conocida de la tensión a la que se encuentra sometido.





TRANSMISOR DE ALAMBRE VIBRANTE

$$f_n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\rho A} + (12 + \pi^2) \frac{EK^2}{\rho l^2}} + \frac{1}{l} \sqrt{\frac{EK^2}{\rho}}$$

ρ = density of wire material

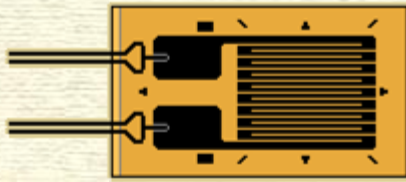
A = cross-sectional area of wire

T = tension in wire

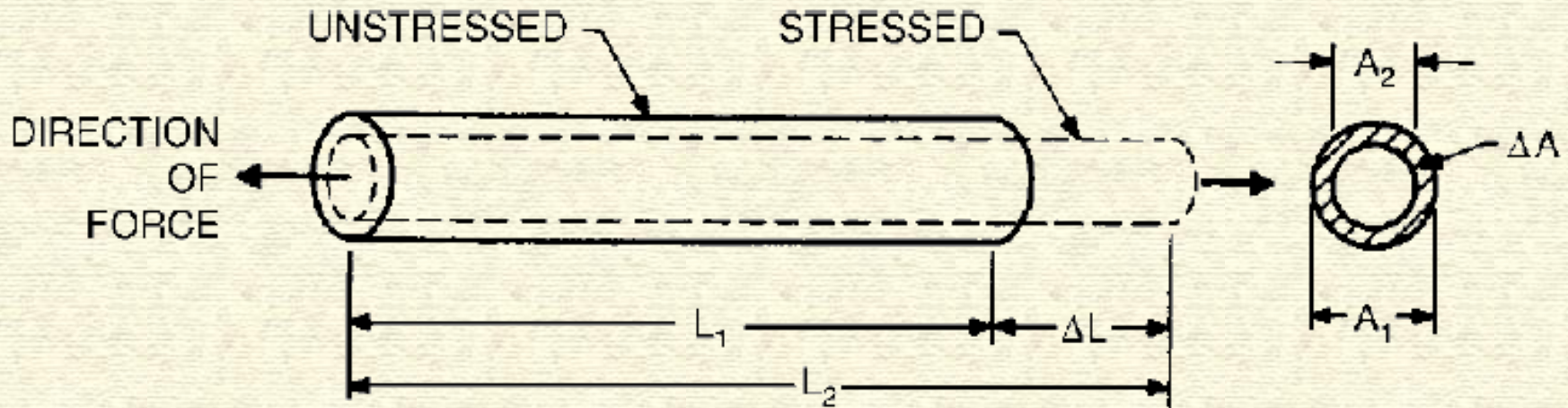
E = modulus of elasticity of wire material

K = radius of gyration

l = length of wire



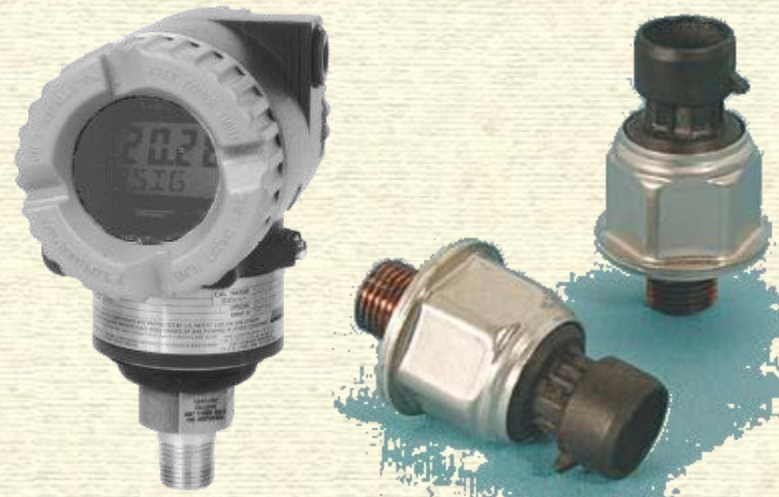
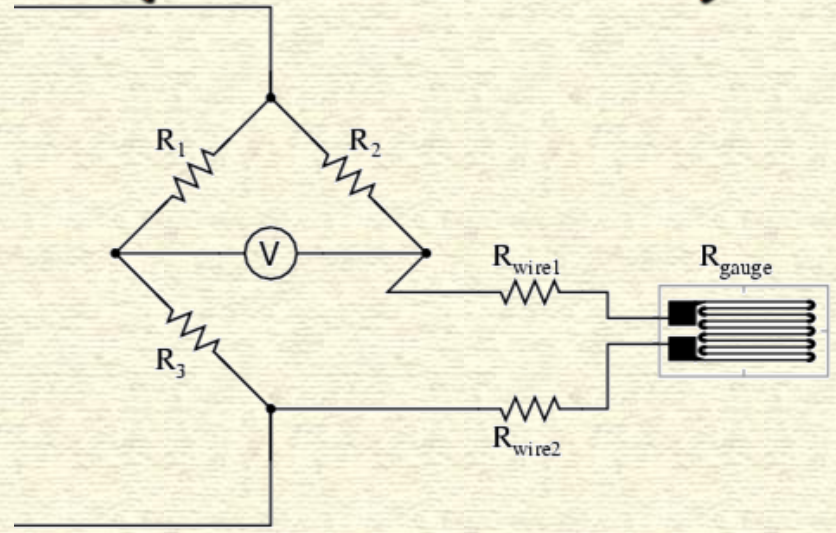
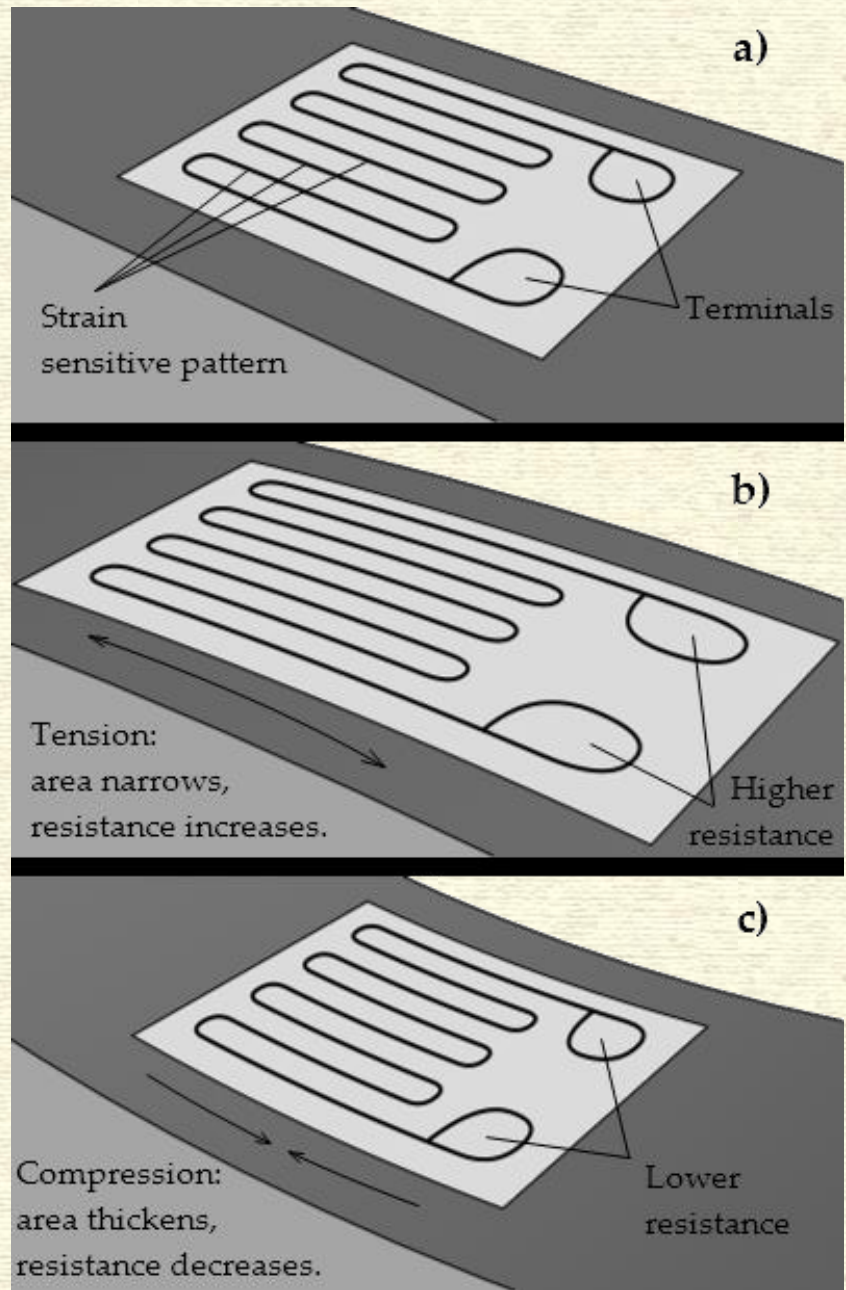
TRANSMISORES EXTENSOMÉTRICOS (STRAIN GAGE)



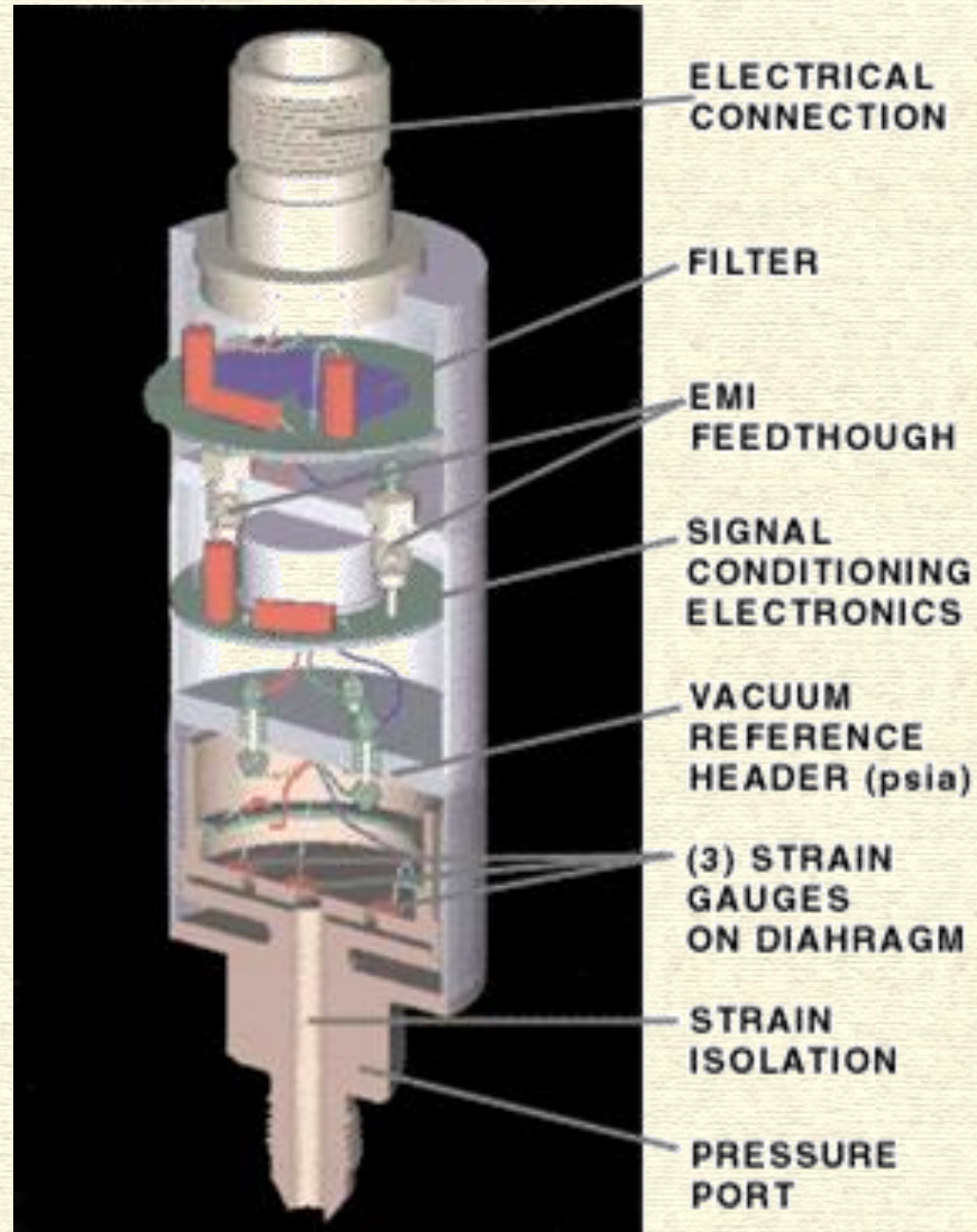
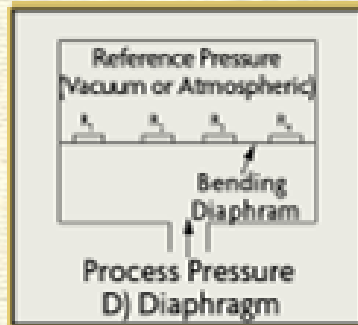
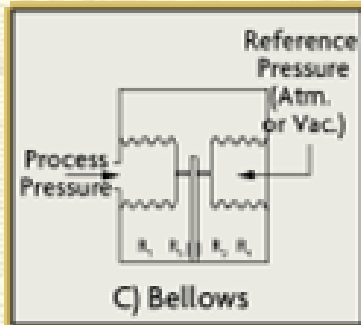
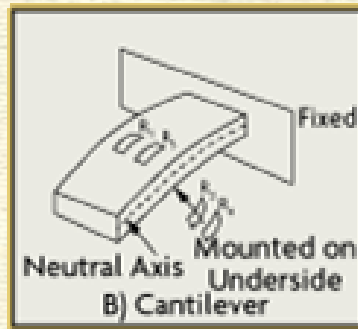
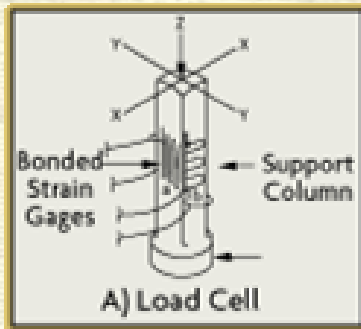
$$S = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$$

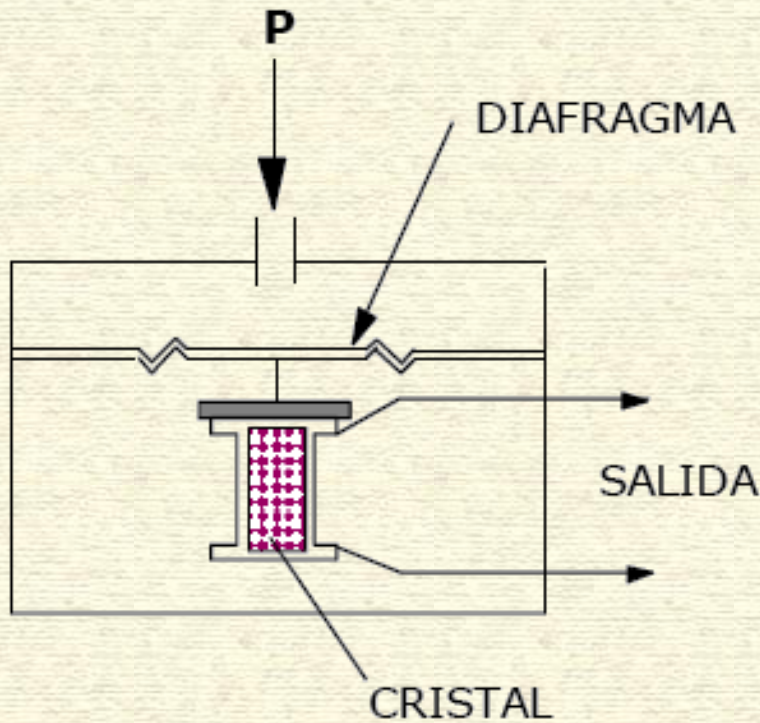
La presión produce un esfuerzo que hace que cambie la longitud del alambre y consecuentemente cambia la resistencia del mismo.

TRANSMISORES EXTENSOMÉTRICOS (STRAIN GAGE)



TRANSMISORES EXTENSOMÉTRICOS (STRAIN GAGE)



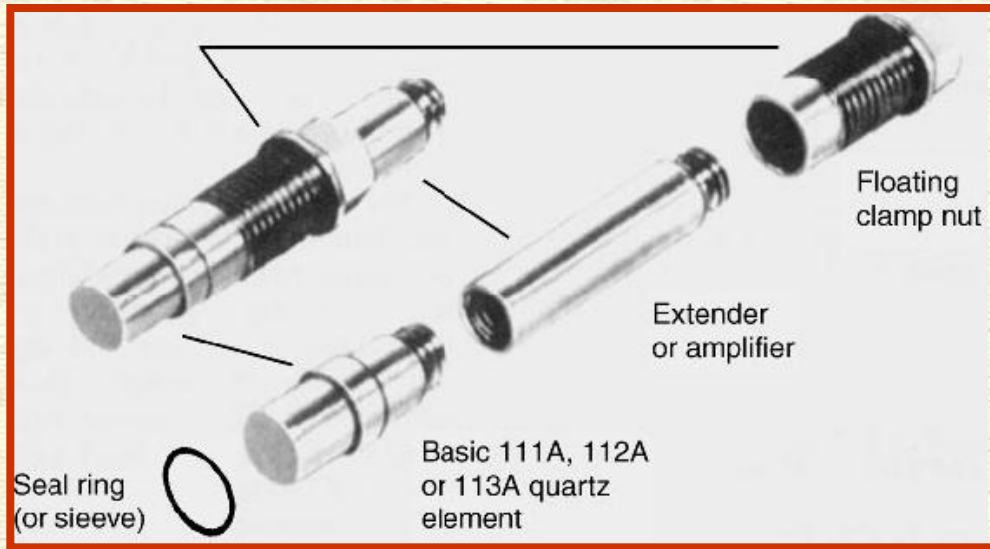


TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS

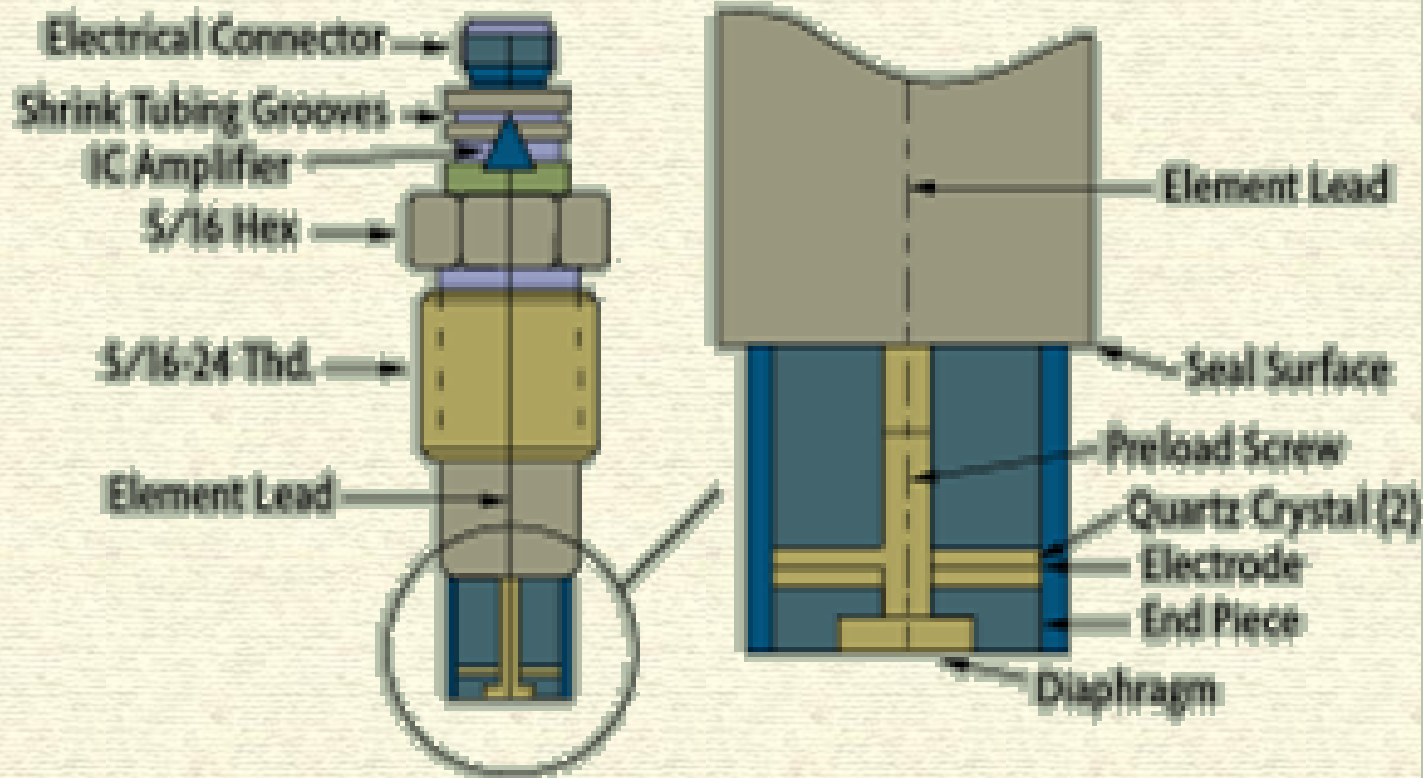


Los **elementos piezoeléctricos** son materiales cristalinos que, al deformarse, generan una señal eléctrica. Los cristales más usados son el cuarzo y el titanato de bario.

Su señal de respuesta a una variación de presión es lineal y adecuados para medir variaciones rápidas de presión. Su señal de salida es débil y necesita amplificación.

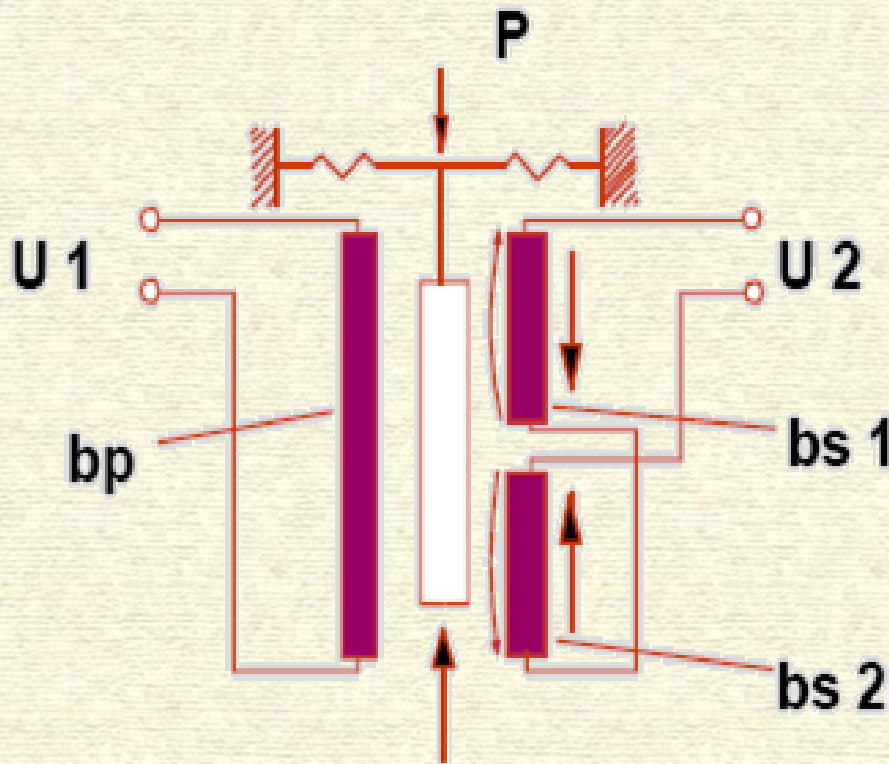


TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICOS



Inductancia variable

TRANSDUCTORES MAGNÉTICOS

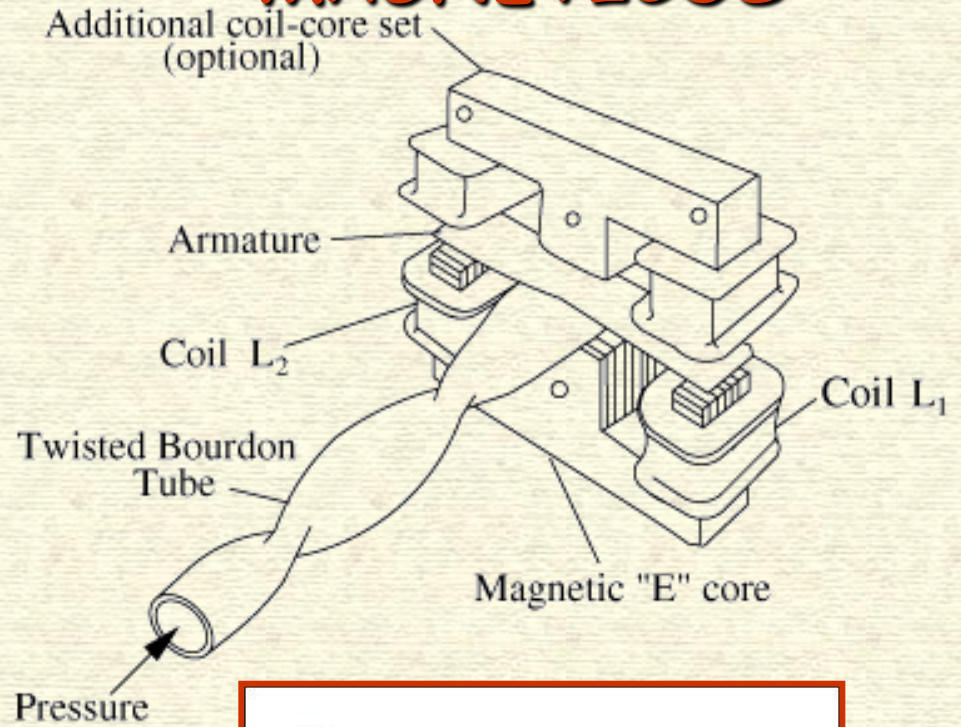
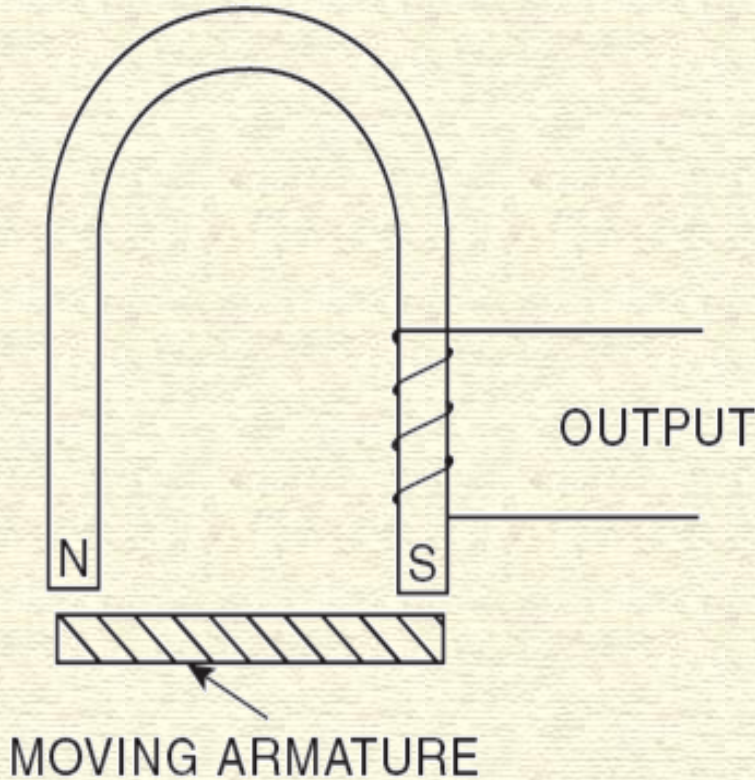


El desplazamiento del elemento sensor hace que el núcleo magnético se desplace dentro de un transformador diferencial.

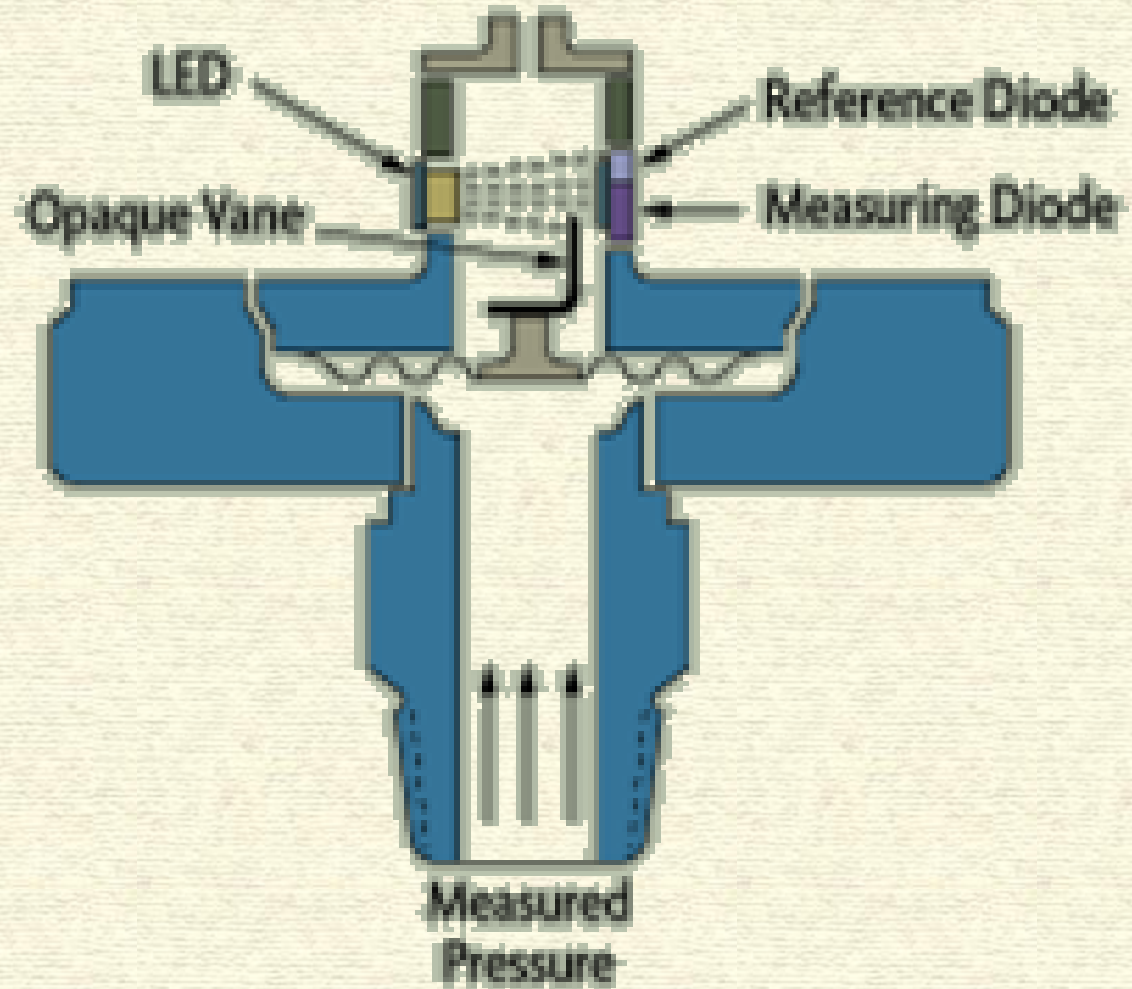


Reluctancia variable

TRANSDUCTORES MAGNÉTICOS



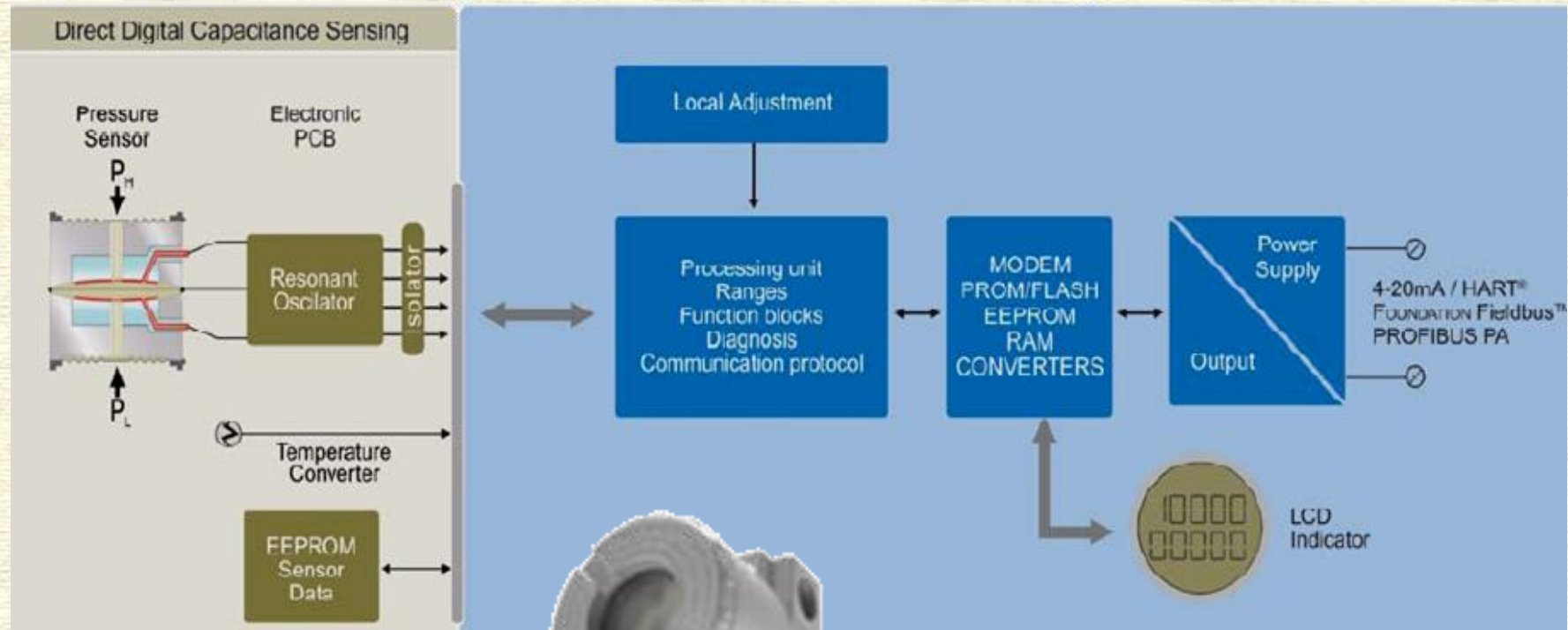
TRANSDUCTORES ÓPTICOS



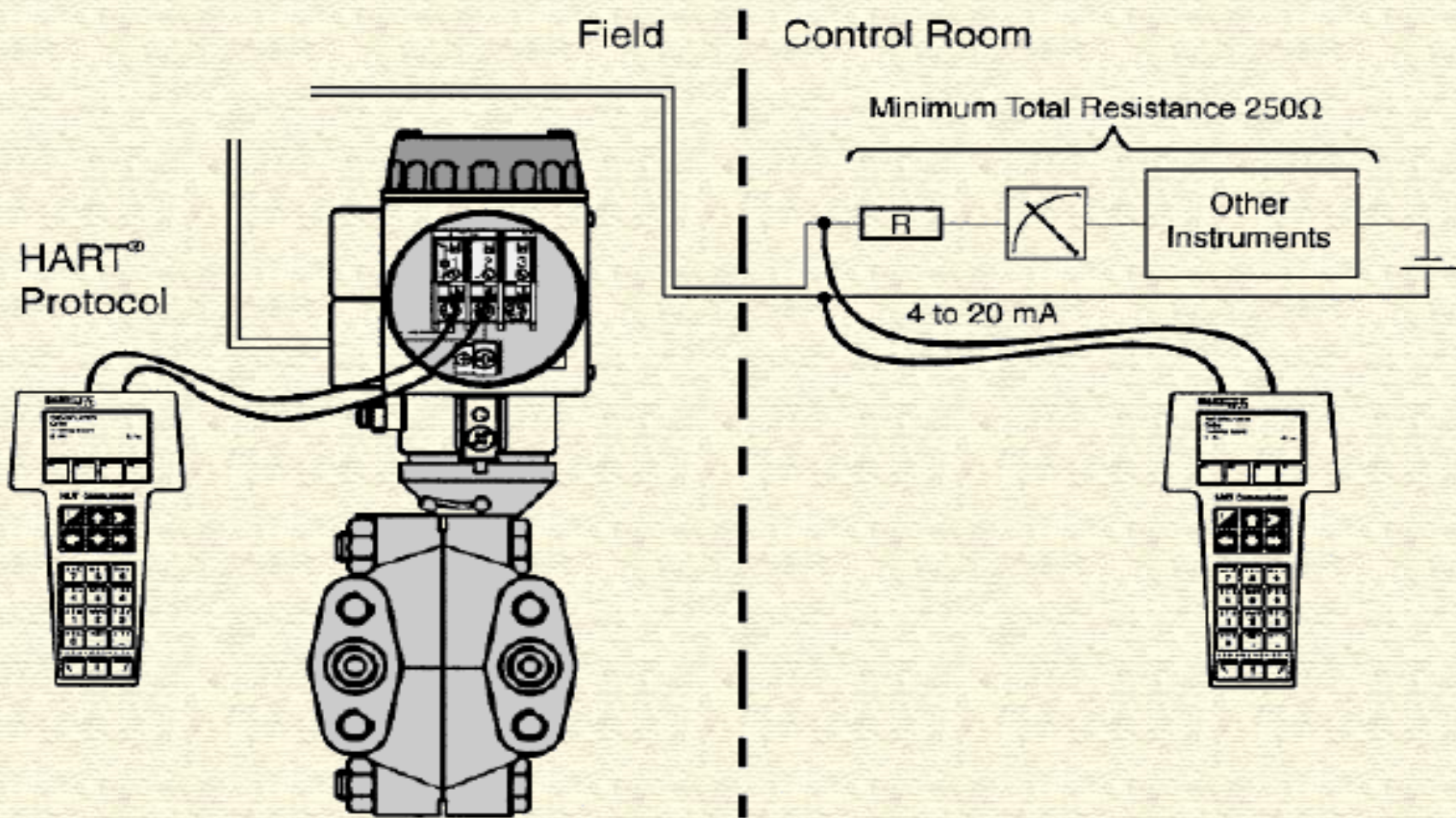
TRANSMISORES INTELIGENTES

Sensor

Main Processor

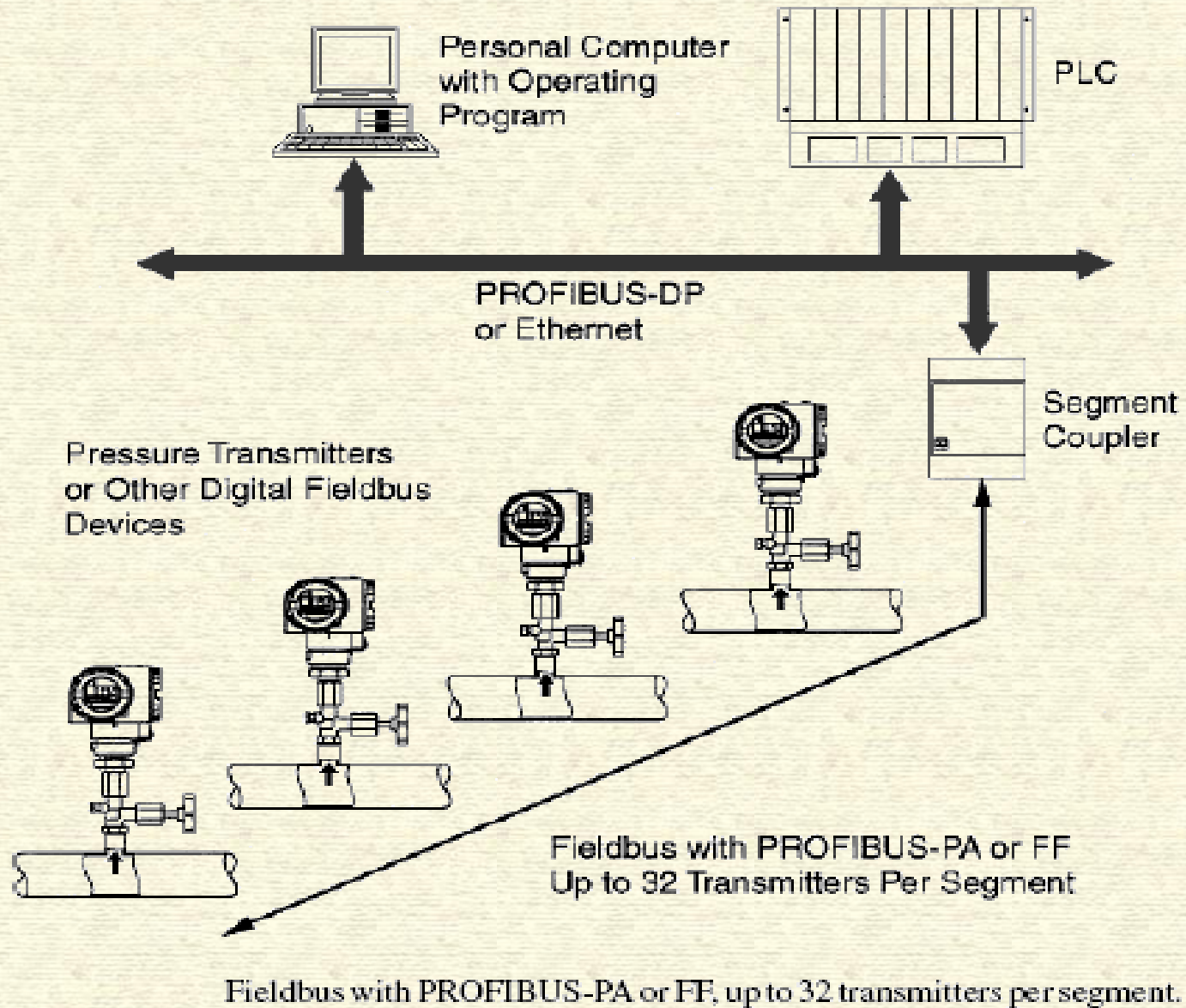


TRANSMISORES INTELIGENTES



HART protocol (superimposed on the 4- to 20-mA signal).

TRANSMISORES INTELIGENTES

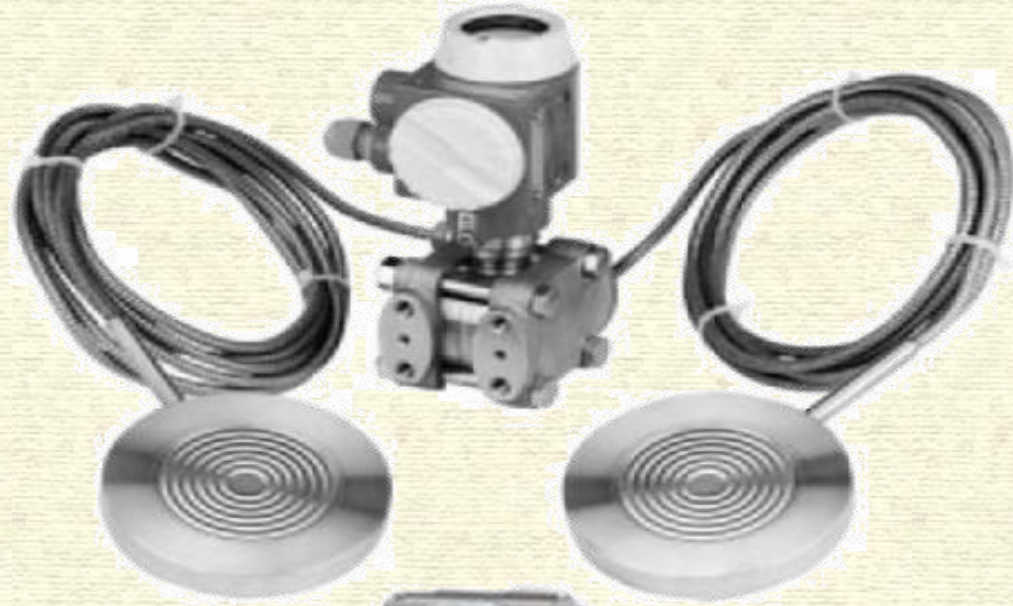


TRANSMISORES CON SELLOS

Debe usarse sellos entre el instrumento y el fluido si:

- a) El fluido de proceso es corrosivo para el dispositivo de medición
- b) El fluido es un gas o vapor con posibilidad de condensación
- c) El fluido es un líquido con sólidos en suspensión.
- d) El fluido es un líquido pastoso
- e) El fluido tiende a cristalizar al ser aplicado al medidor (petróleo, asfalto, etc.)
- f) El fluido no debe depositarse sobre el dispositivo de medición
- g) El fluido es peligroso

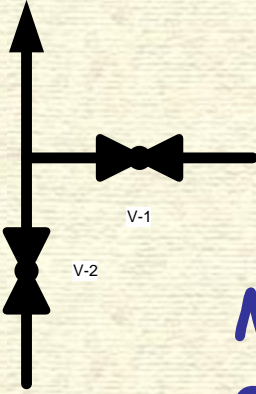
TRANSMISORES CON SELLOS Y CONEXIONES SANITARIAS



MONTAJE DE MEDIDORES Y TRANSMISORES

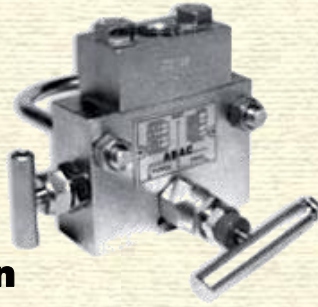
- Es conveniente utilizar tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada (diámetro exterior 21,3 mm), con el espesor adecuado en función de la presión y temperatura del producto (diámetro interior 15,8 mm para SCH-40, 13,8 para SCH-80, etc.).
- Los tramos de tubería de las conexiones primarias deben ser lo más cortos que sea posible, evitando longitudes superiores a 15 metros.
- Se recomienda instalar las tuberías con una pendiente mínima del 6 % (6 cm por metro) en la dirección adecuada, evitando puntos altos en líquidos y puntos bajos en gases, para evitar bolsas de gas o sellos de líquido respectivamente.
- Deben instalarse válvulas de bloqueo junto a las tomas primarias para dejar fuera de servicio las líneas de conexión a los instrumentos cuando sea necesario. Cuando la distancia entre las tomas primarias y el transmisor sea relativamente larga, o las tomas primarias se encuentran en posición inaccesible, es necesario instalar otro juego de válvulas junto al transmisor.
- En el caso de transmisores de presión diferencial es necesario instalar una tercera válvula para igualar las presiones durante la puesta en servicio del instrumento o para calibrar el punto cero del transmisor. El conjunto de las dos válvulas de bloqueo más la de igualación de presión forman un conjunto denominado «*manifold*», el cual suele estar construido en forma de bloque y adosado al

INSTRUMENTO



Purga o calibración

Manifold de 2 vías



PROCESO

MONTAJE DE LOS TRANSMISORES

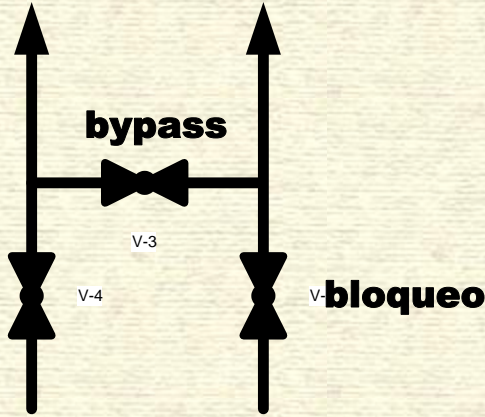


Manifold de 5 vías

INSTRUMENTO

Manifold de 3 vías

INSTRUMENTO



bloqueo

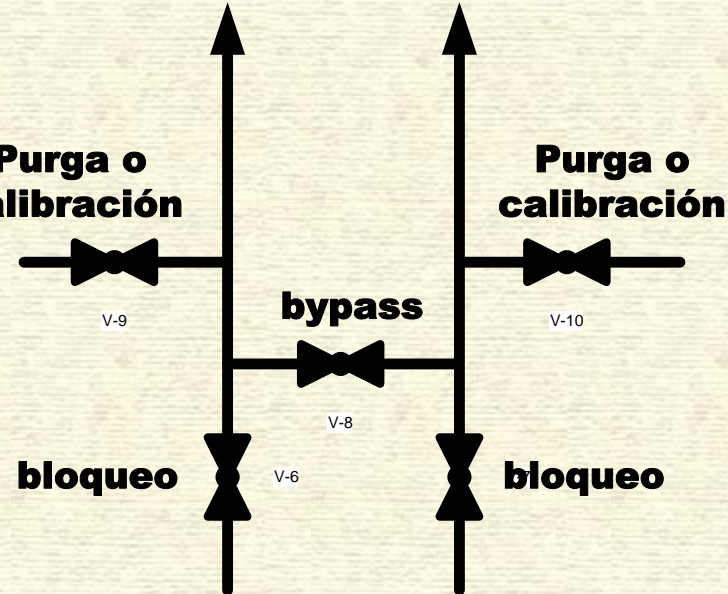
v-bloqueo

PROCESO



Purga o calibración

Purga o calibración

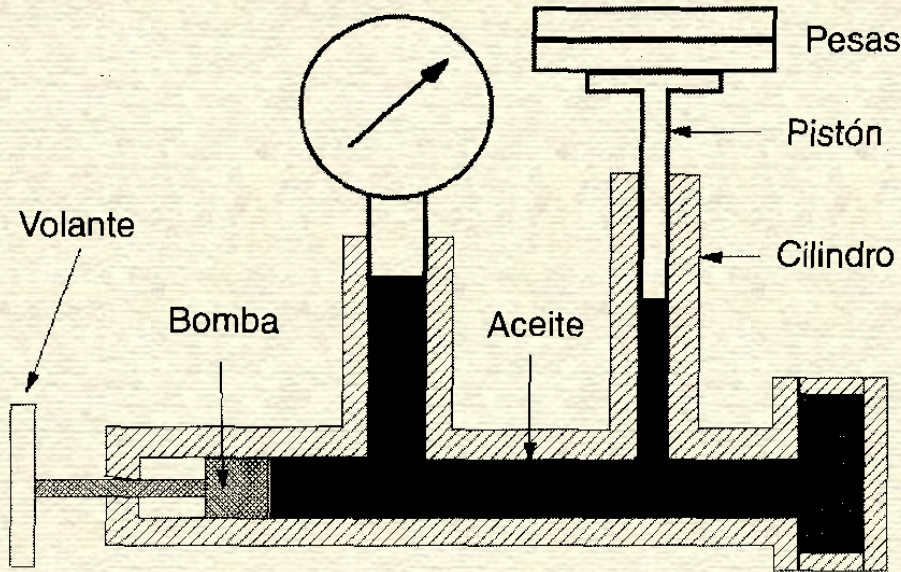


bloqueo

bloqueo

PROCESO

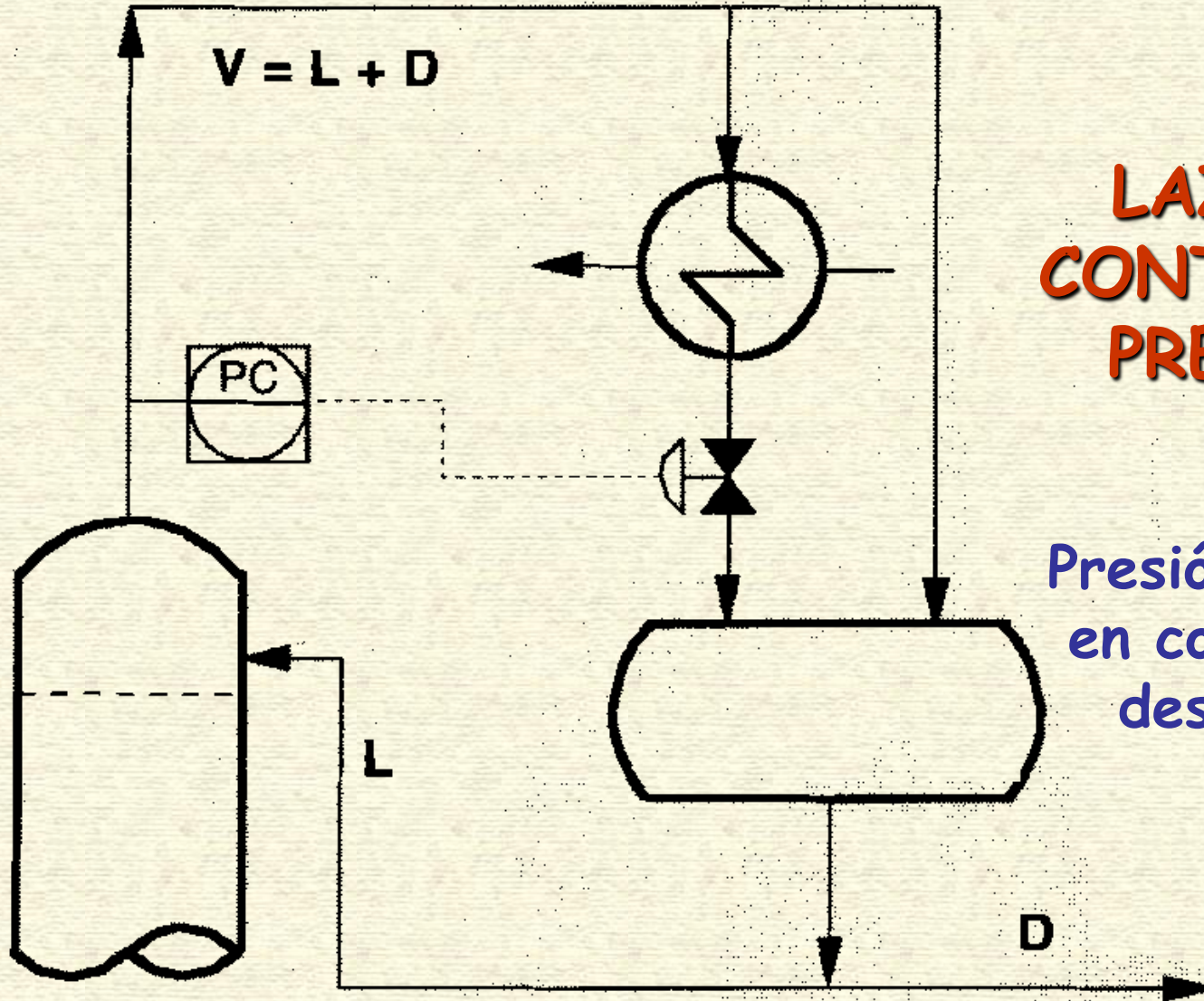
CALIBRACIÓN DE MEDIDORES Y TRANSMISORES



Balanza de peso muerto



Tester portátil



LAZO DE CONTROL DE PRESION

Presión de tope en columna de destilación

TRANSMISORES COMERCIALES

YOKOGAWA - EJX110A
Differential Pressure
Transmitter



YOKOGAWA - EJX310A
Absolute Pressure
Transmitter



<http://www.yokogawa.com/>



Rosemount 3051T Gage and
Absolute Pressure Transmitter

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/>



Honeywell

HONEYWELL - ST 2000 Gauge and
Absolute Pressure Transmitters

<http://hpsweb.honeywell.com>

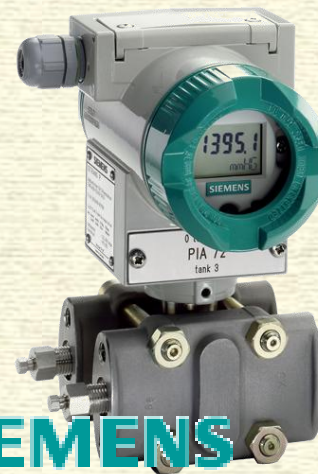
TRANSMISORES COMERCIALES



ABB- 264BS
Pressure Transmitter

<http://www.abb.com/product>

ABB



SIEMENS

SIEMENS
SITRANS P DS III

<http://pia.khe.siemens.com/>

SMAR - LD300Series
Differential Pressure

<http://www.smar.com/products>



smar