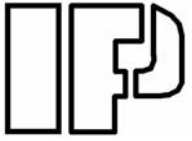




---

# Sensores

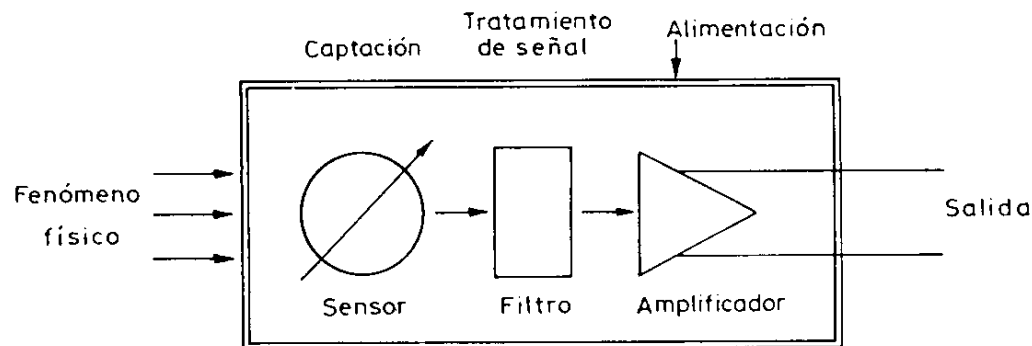
Dr. Juan de Juanes Márquez Sevillano  
Departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación  
Tecnología Mecánica. ETSII. UPM

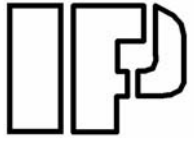


# Introducción



- Sensores y transductores
- Definición de transductor
  - Dispositivo capaz de convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica codificada en forma analógica o digital





# Clasificación. Salida

---



- Analógicos
  - Señal normalizada en (0-10 V), (4-20 mA)
- Digitales
  - Pulsos o palabra digital codificada
- Todo o nada
  - Digital de un bit (2 estados)



# Clasificación. Mag. Física



MAGNITUD DETECTADA	TRANSDUCTOR	CARACTERÍSTICAS
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógico
	Encoders	Digital
	Síncro y resolver	Analógicos
	Transformador diferencial	Analógico
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Galga extensométrica	Analógico
	Dinamo tacométrica	Analógico
Velocidad lineal o angular	Encoders	Digital
	Detector inductivo u óptico	Digitales
	Acelerómetro	Analógico
Aceleración	Sensor de velocidad + calculador	Digital
	Medición indirecta (galgas o trafos diferenciales)	Analógicos
Fuerza y par	Membrana + detector de desplazamiento	Analógicos
Presión	Piezoelectrónicos	Analógicos

Caudal	De turbina	Analógico
	Magnético	Analógico
Temperatura	Termopar	Analógico
	Resistencias PT100	Analógico
	Resistencias NTC	Analógico
	Resistencia PTC	Todo-nada
	Bimetálicos	Todo-nada
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Todo-nada o analógicos
	Capacitivos	Todo-nada
	Ópticos	Todo-nada o analógicos
	Ultrasónicos	Analógicos
Sensores táctiles	Matriz de contactos	Todo-nada
	Matriz capacitiva piezoeléctrica u óptica	Todo-nada
	Piel artificial	Analógico
Sistemas de visión artificial	Cámaras de vídeo y tratamiento imagen	Procesamiento digital por puntos o pixels
	Cámaras CCD	

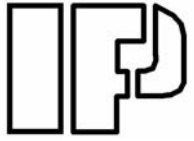


# Características generales

---



- Características estáticas. (Reg. Permanente)
  - Campo de medida
  - Resolución
  - Precisión
  - Repetibilidad
  - Linealidad
  - Sensibilidad
  - Ruido
  - Histéresis



# Características generales

---



- Características dinámicas. (Reg. Transitorio)
  - Velocidad de respuesta
  - Respuesta en frecuencia
  - Estabilidad y derivas

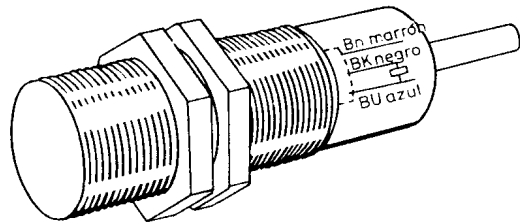


# Transductores de posición

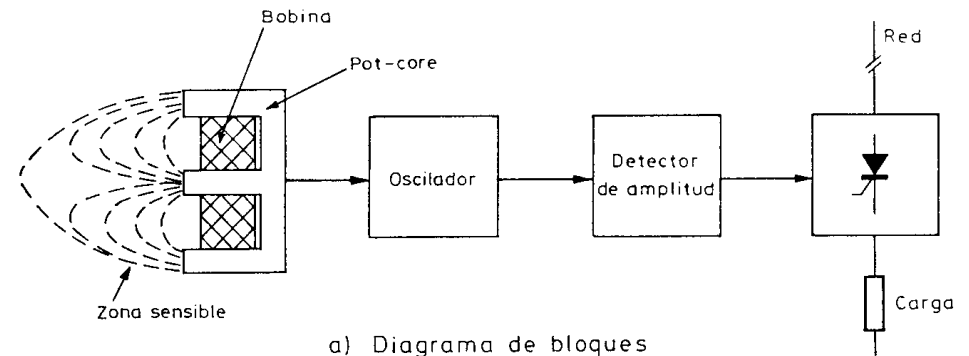
---



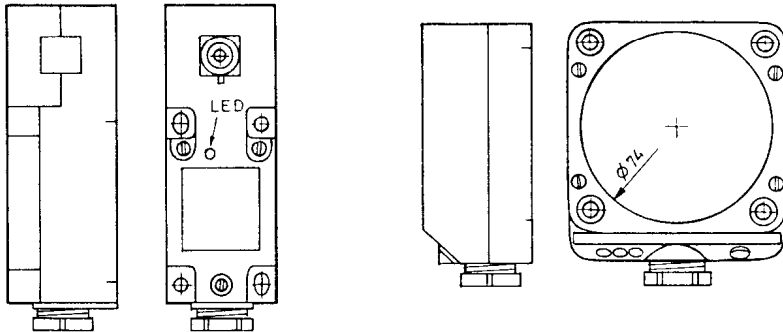
- Detectores de presencia o de proximidad
  - Inductivos, Capacitivos, Ópticos, Ultrasónicos
- Medidores de distancia o de posición
  - Medidores de coordenadas. Absolutos e incrementales
- Transductores de pequeñas deformaciones



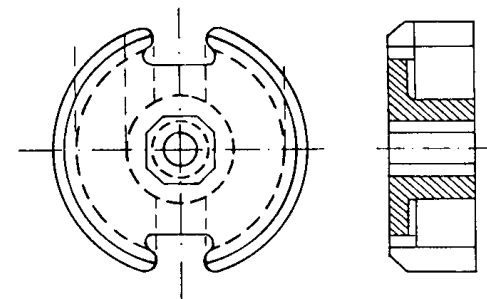
a) Cápsula de rosca métrica (forma A)



a) Diagrama de bloques



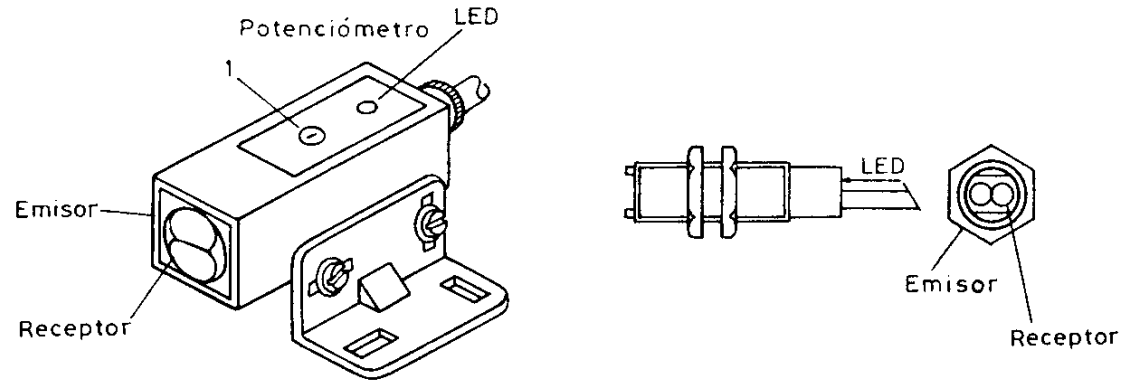
b) Formas de paralelepípedo con captador orientable (formas CyD)



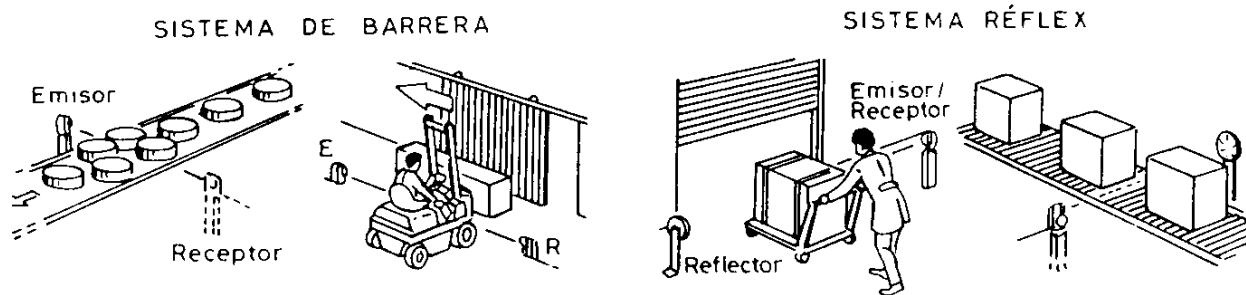
b) Detalle del núcleo "pot-core"



# Detector optico



a) Formas constructivas



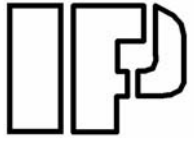
b) Métodos de detección



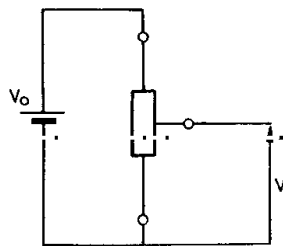
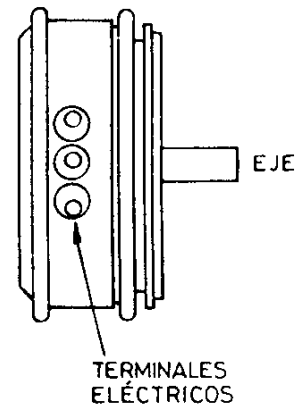
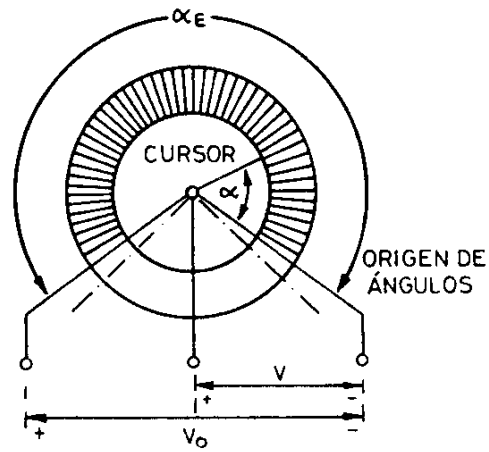
# Selección de sensores



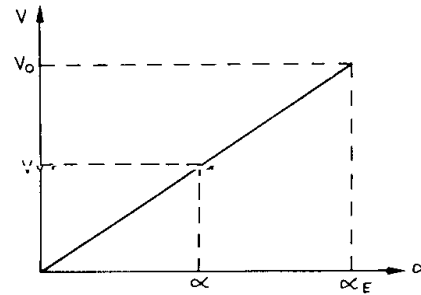
MATERIAL		DISTANCIA	TIPO DE DETECTOR
SÓLIDO	METÁLICO	< 50 mm	INDUCTIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO U ÓPTICO
	NO METÁLICO	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO U ÓPTICO
POLVO O GRANULADOS	METÁLICO	< 50 mm	INDUCTIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO
	NO METÁLICO	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO
LÍQUIDO	TRANSPARENTE	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO
	OPACO	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ÓPTICO



# Potenciómetros

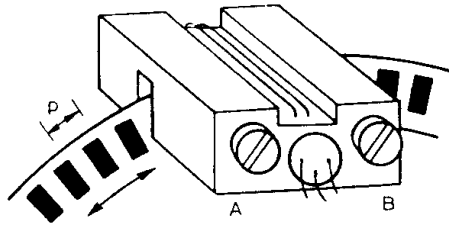


$$V = V_0 \frac{R}{R_E}$$

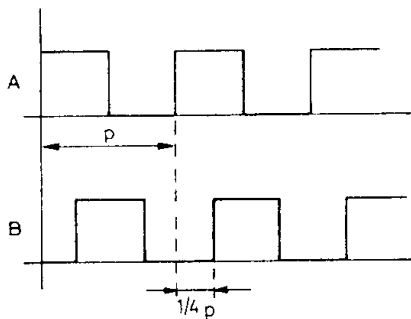
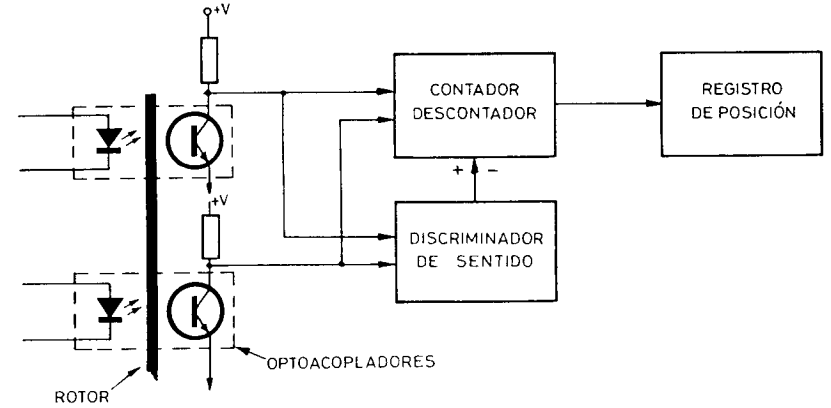




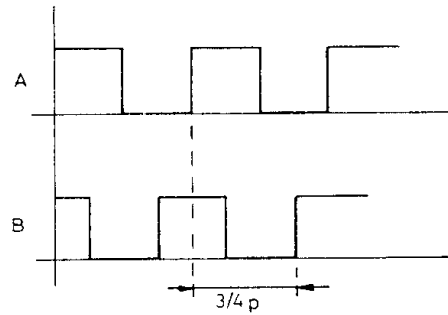
# Encoder incremental



a) Detalle de los captadores ópticos



Giro en sentido directo

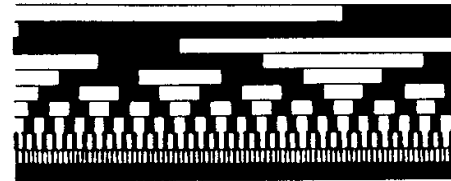
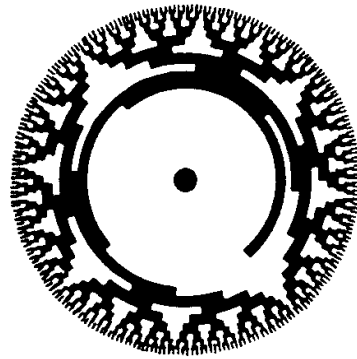


Giro en sentido inverso

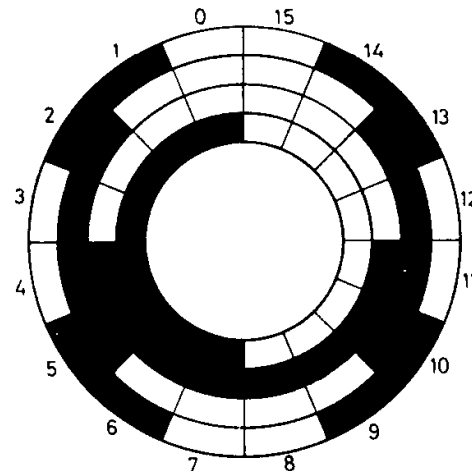
b) Señales de salida



# Encoder absoluto

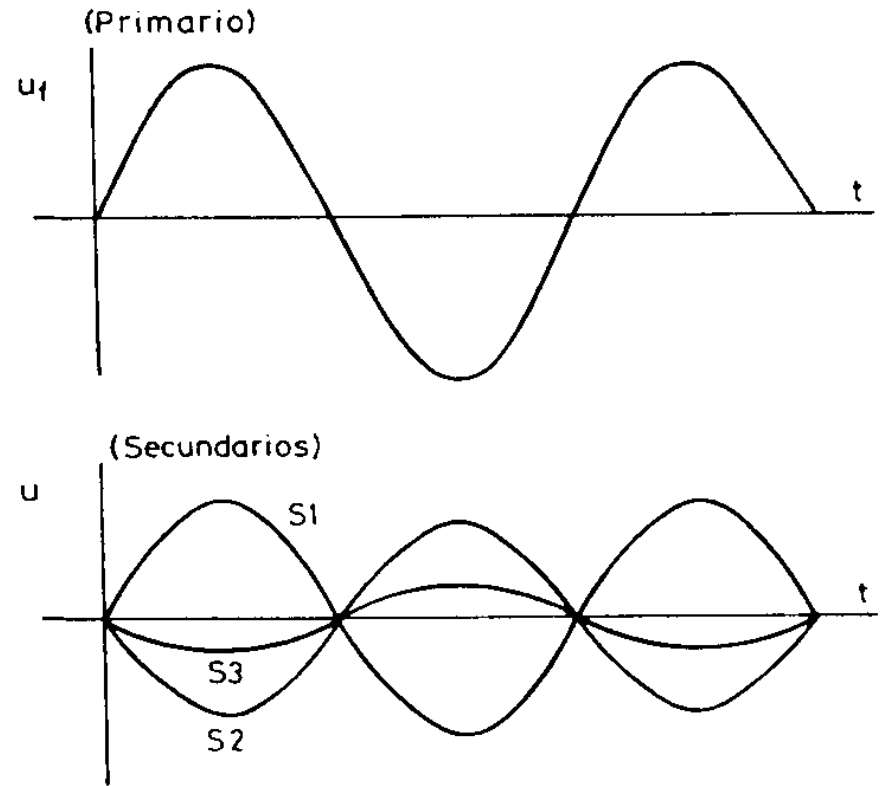
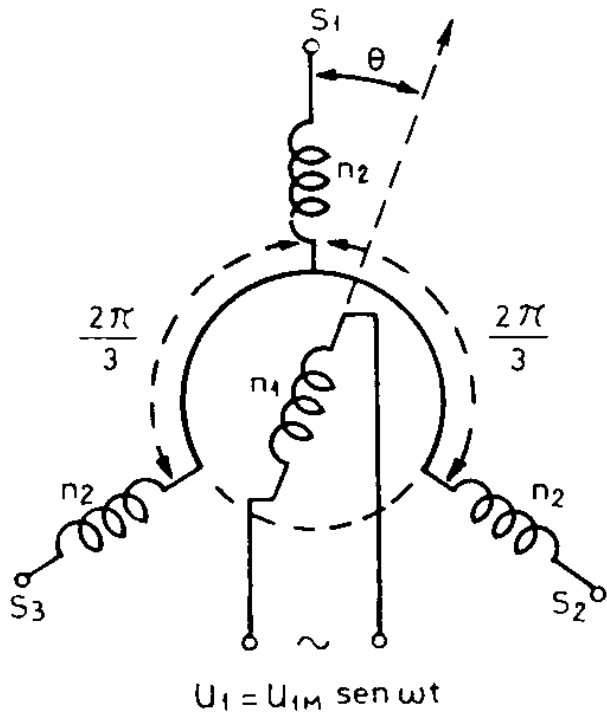


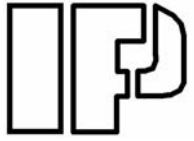
a) Rotor completo



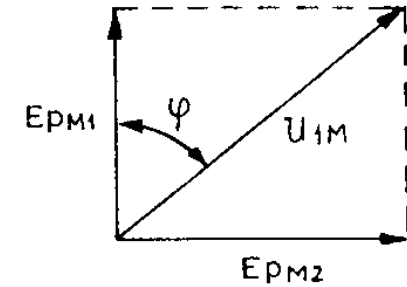
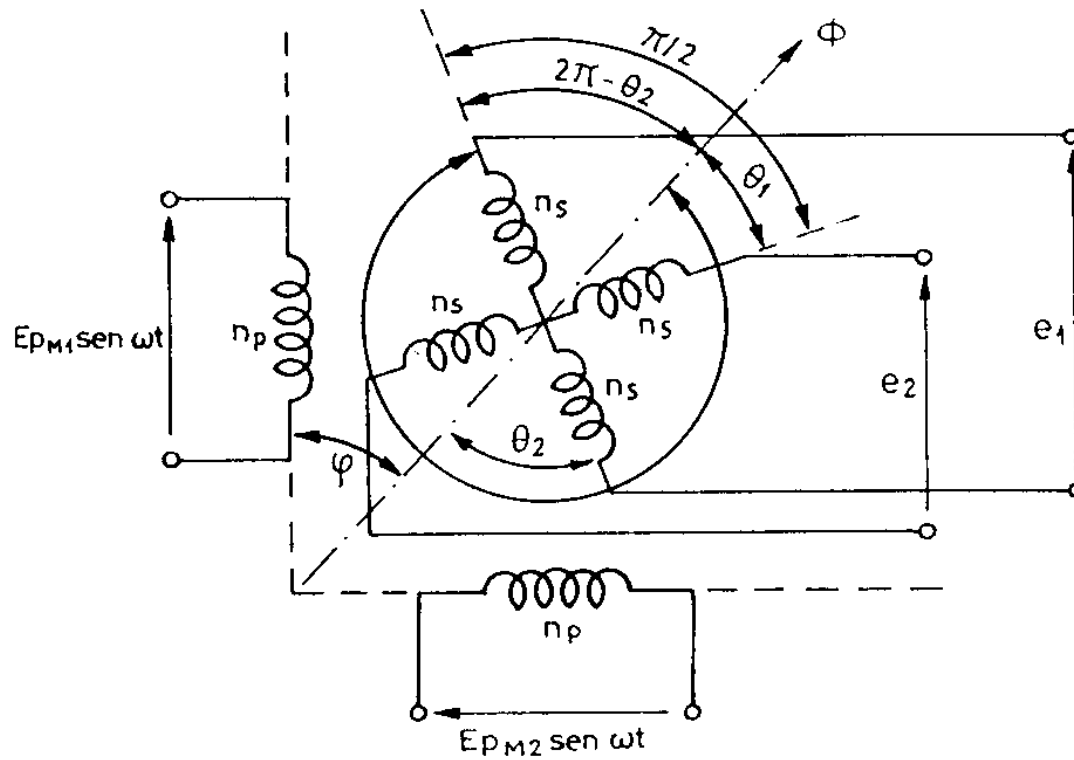
b) Esquema de un rotor simplificado de 16 sectores (16 posiciones).

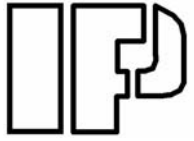
# Sincro



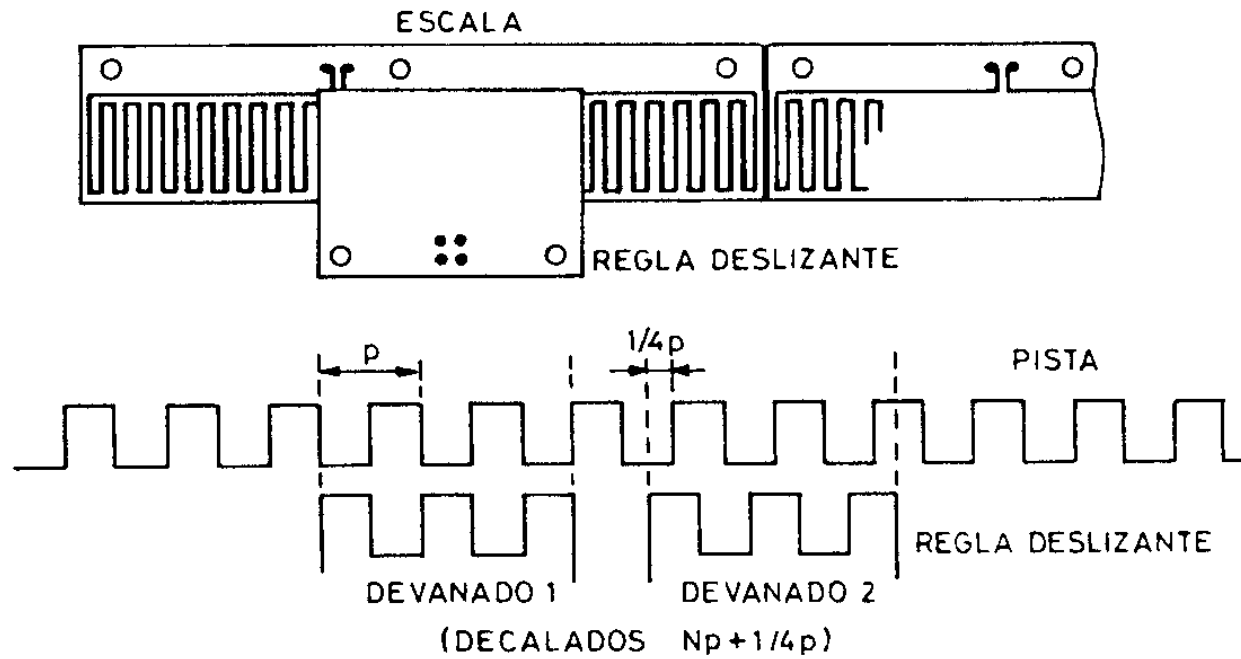


# Resolver





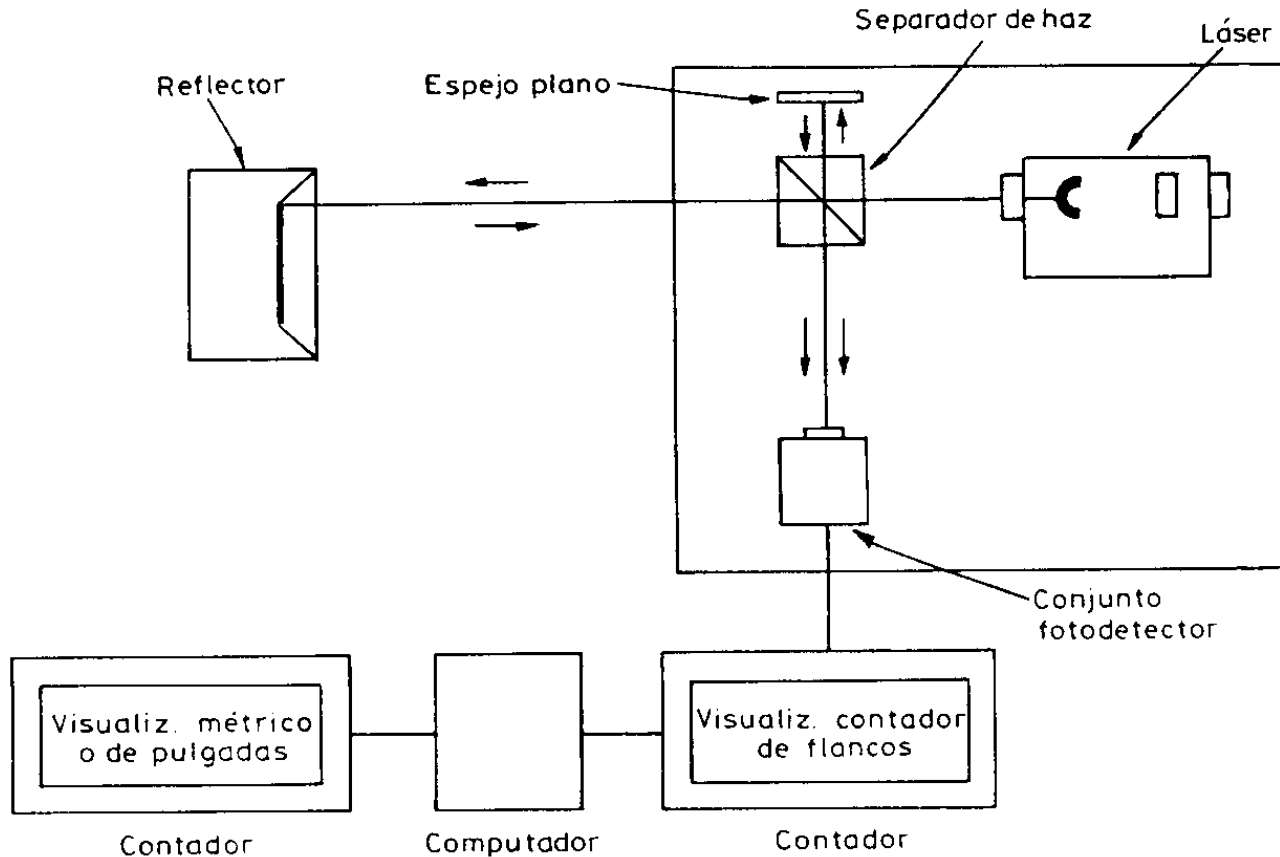
# Inductosyn





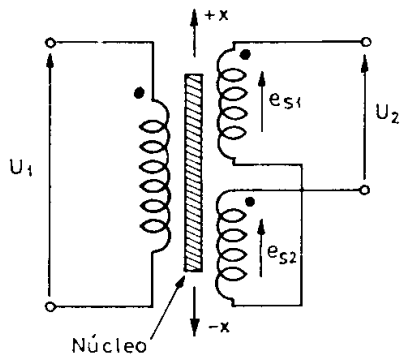


# Interferómetro Laser

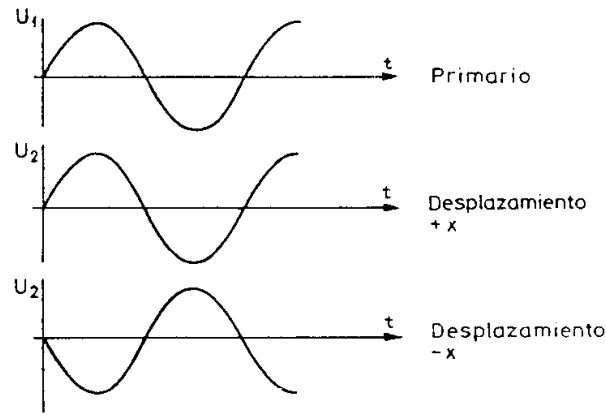




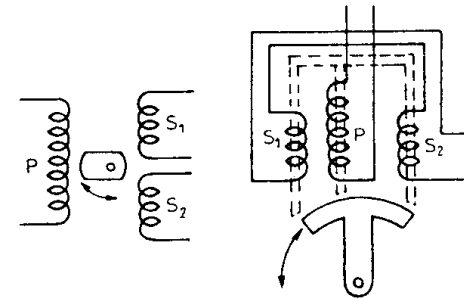
# Transformador diferencial



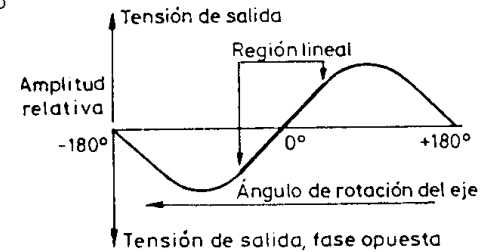
a) Esquema básico



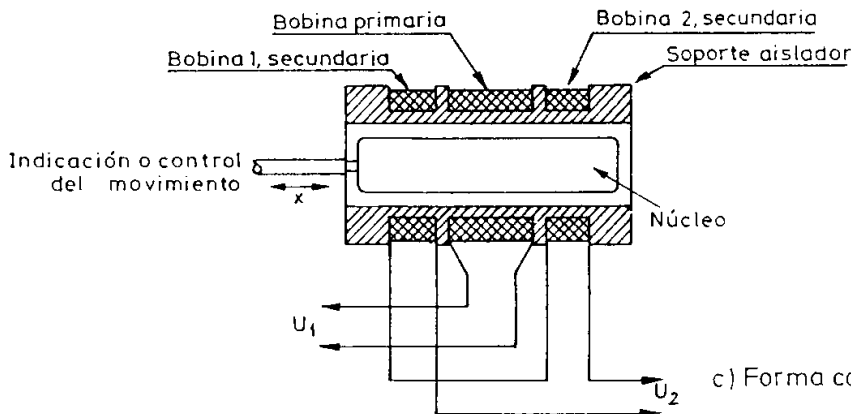
b) Tensiones



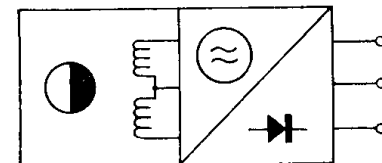
a) Esquema básico



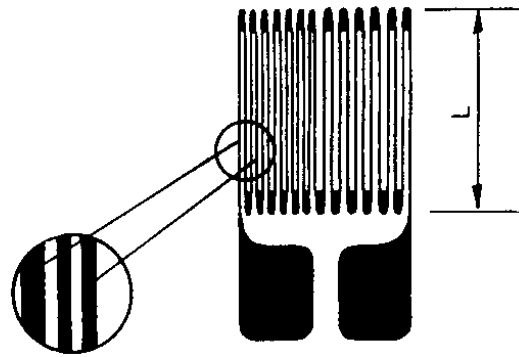
b) Tensión de salida



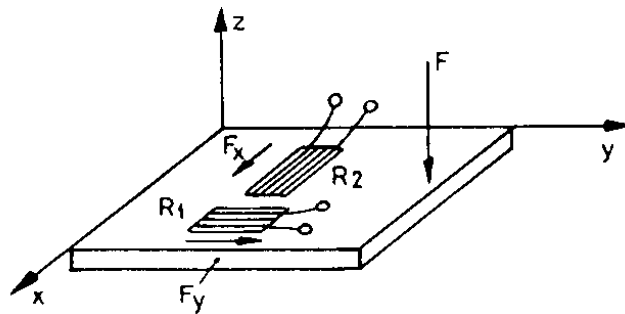
c) Forma constructiva



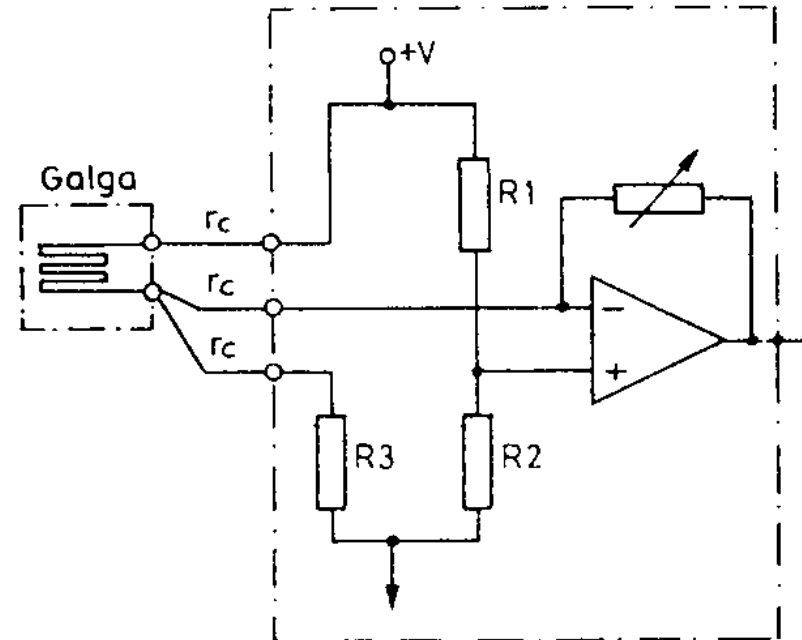
c) Símbolo



a) Galga de hilo



b) Colocación de las galgas para medición de esfuerzos en distintas direcciones

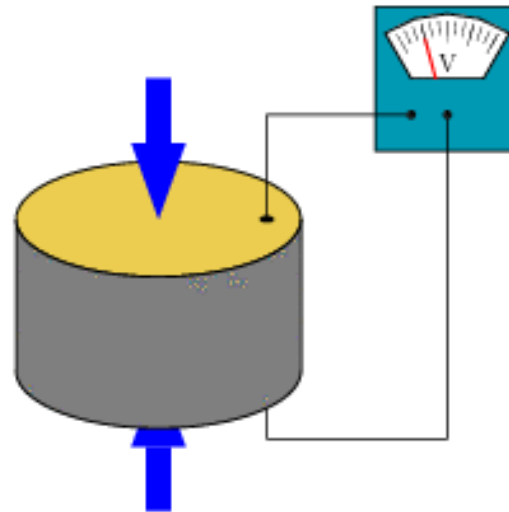




# T. Piezoelectricos



- Cristales de Cuarzo, Turmalina o sinteticos
- Medición de carga de polarización
- $q/S = k.F/S$





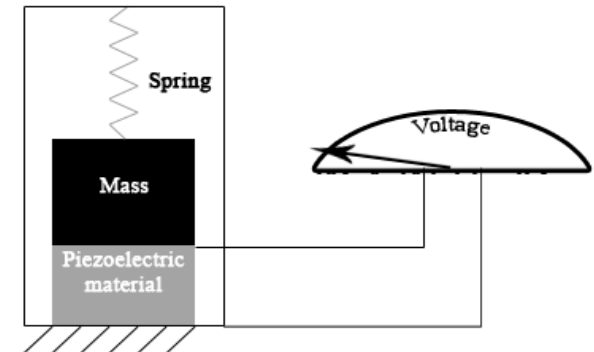
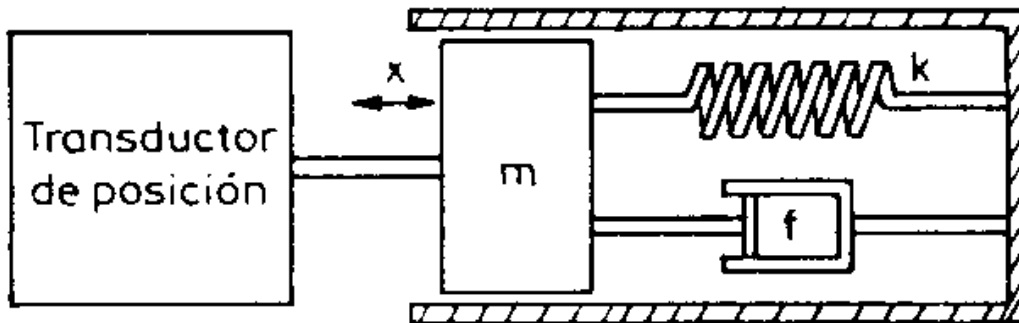
# T. de velocidad

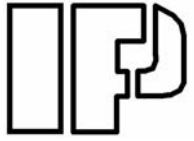
---



- Analógicos
  - Dinamo tacométrica (Tacodinamo)
- Digitales
  - Encoders incrementales

- Medida indirecta. Integración
- Medida directa.  $a=(k/m).x$



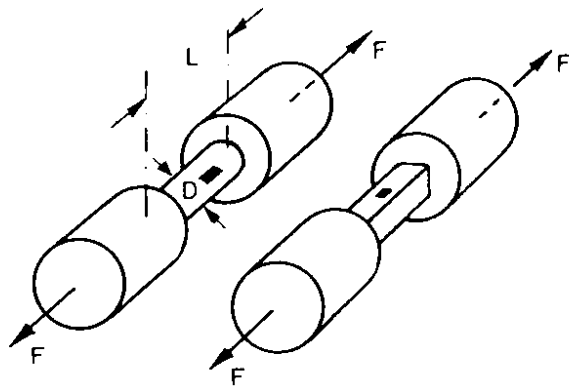


# T. de fuerza y par

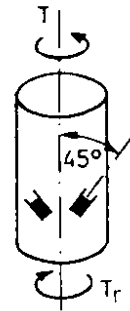
---



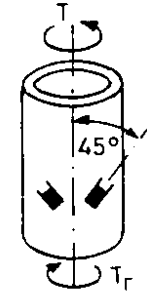
- Basados en la medida de deformaciones
  - Transductores piezoeléctricos
  - Extensometría
  - Transductores de desplazamiento



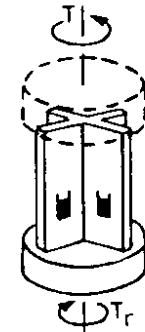
a) Fuerzas



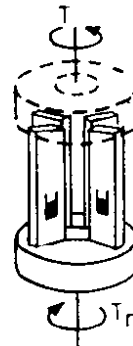
Eje circular sólido



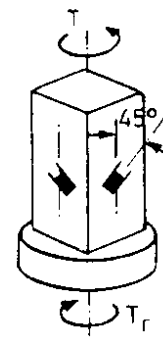
Eje circular hueco



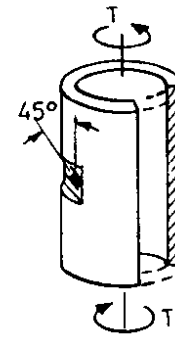
Cruciforme



Cruciforme hueco



Eje cuadrado sólido

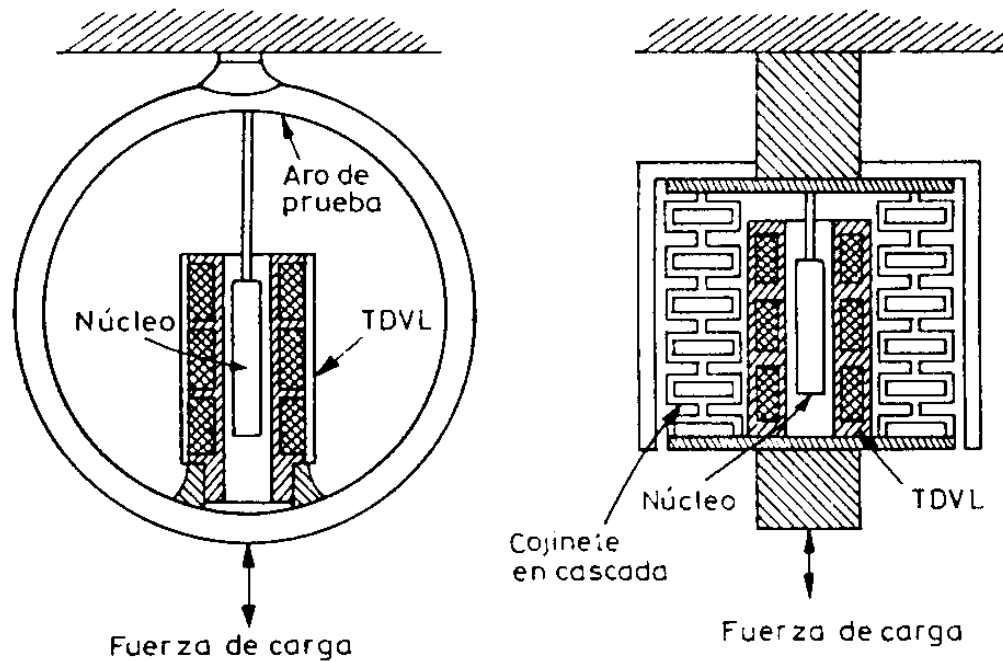


Tubo hueco con hendiduras

b) Pares

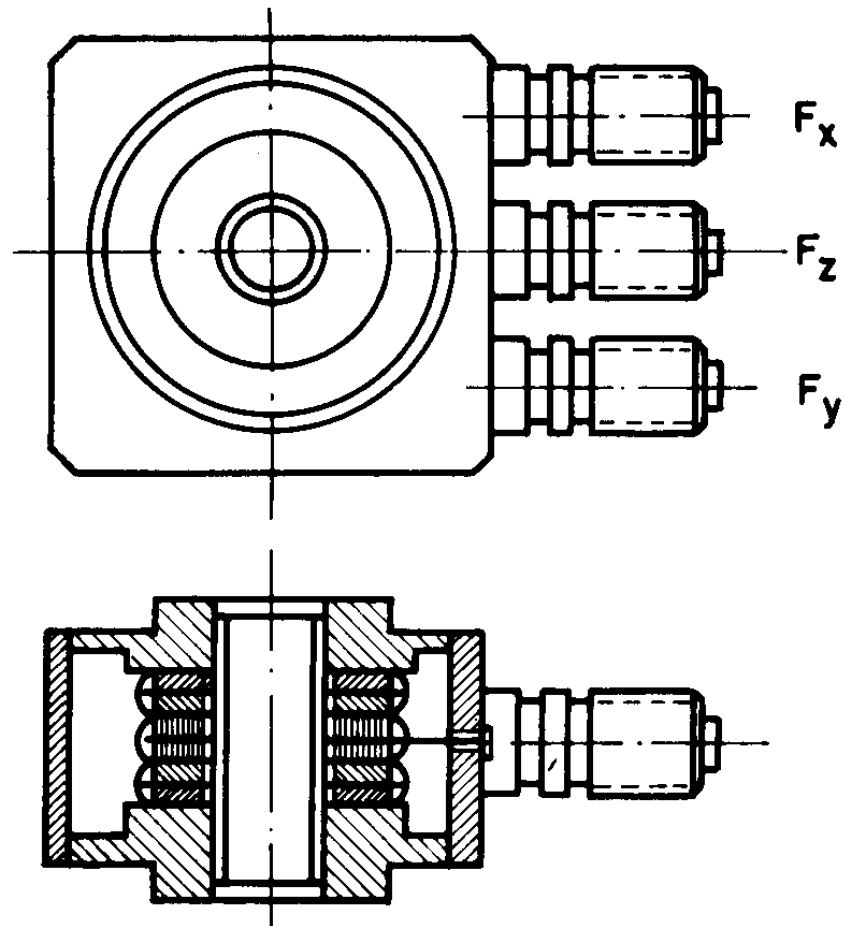


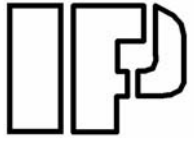
# Célula de carga



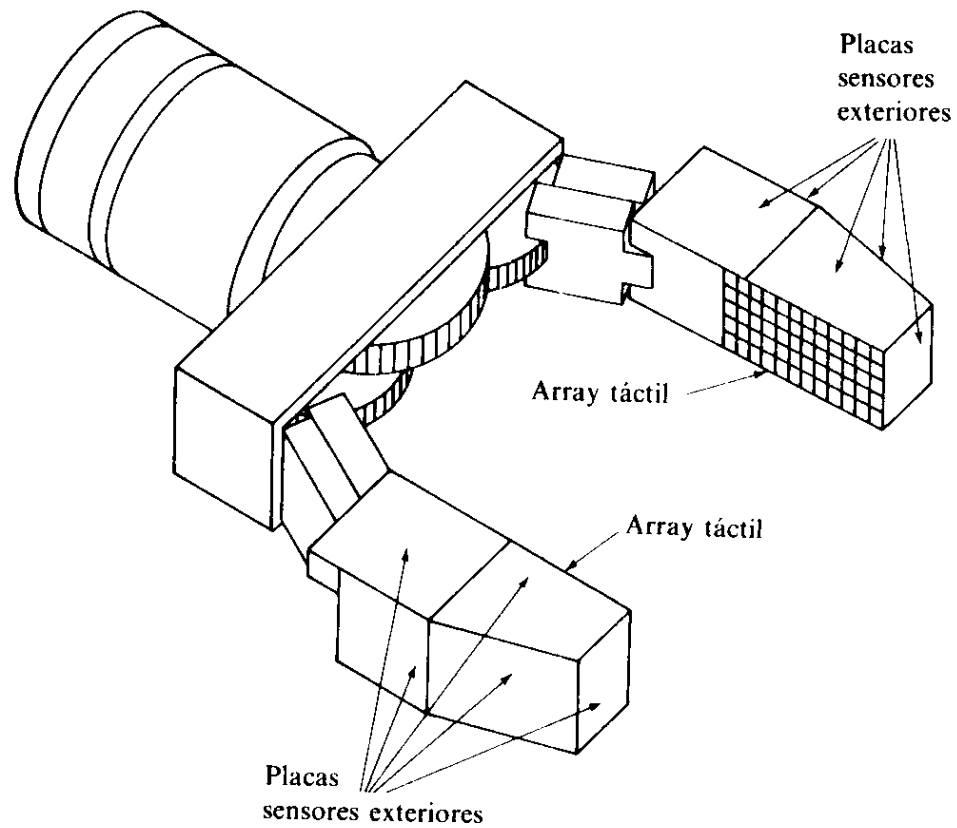


# Piezoeléctrico

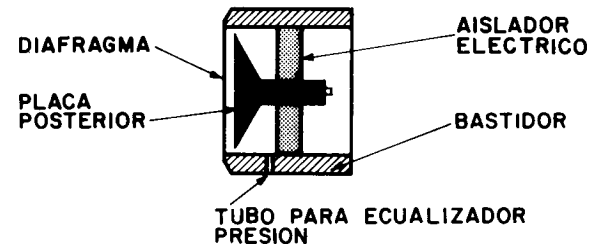




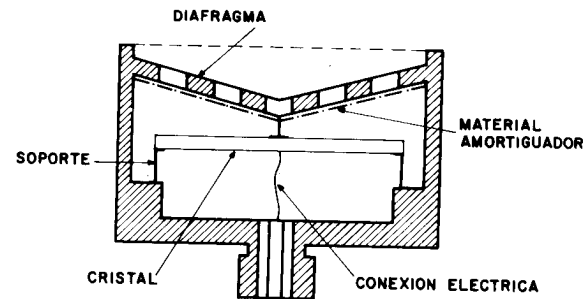
# Sensor táctil



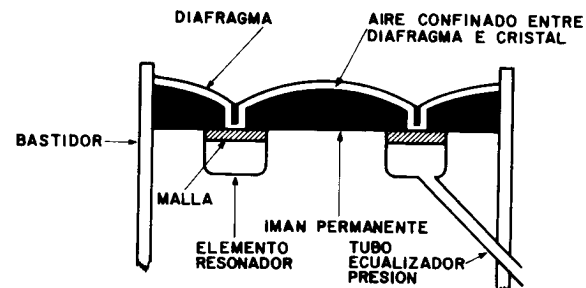
- Capacitivos



- Piezoeléctricos



- Dinámico



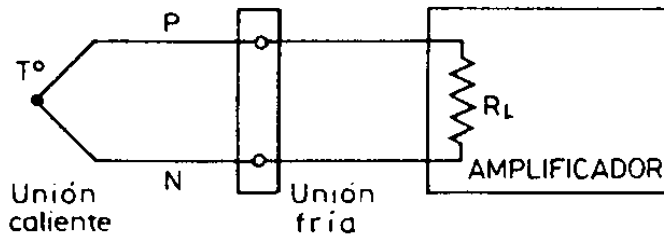


# T. de temperatura



- Termostatos
  - Interruptores que conmutan a un cierto valor
- Termoresistencias
  - Sensores analógicos por cambio de resistividad
- Pirómetros de radiación
  - Sensores analógicos para altas temperaturas
- Termografía

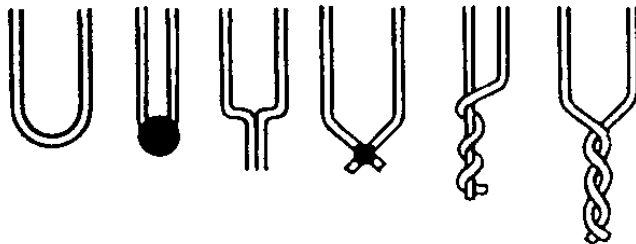




a) Principio de funcionamiento

Materiales	Tipo	Constante termoelectrica	Rango de temperaturas	Característica más relevante
Fe-Const.	J	0,057 mV/°C	0 – 600°C	Robustez
NiCr-Ni	K	0,041 mV/°C	0 – 1000°C	Robustez
PtRh-Pt	R	0,012 mV/°C	0 – 1600°C	Estabilidad
NiCr-Const.	E	0,075 mV/°C	0 – 600°C	Sensibilidad

NOTA: La abreviación Const. se ha utilizado para Constantán, aleación con 58% de Cu y 42% de Ni.



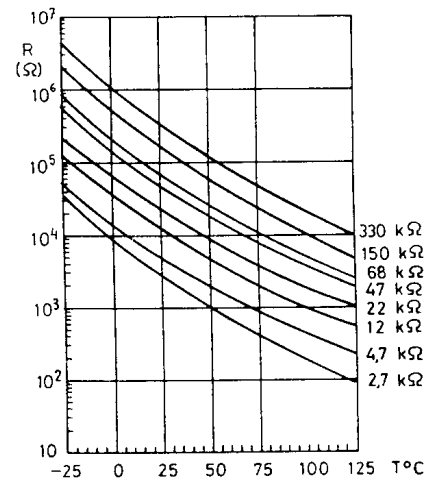
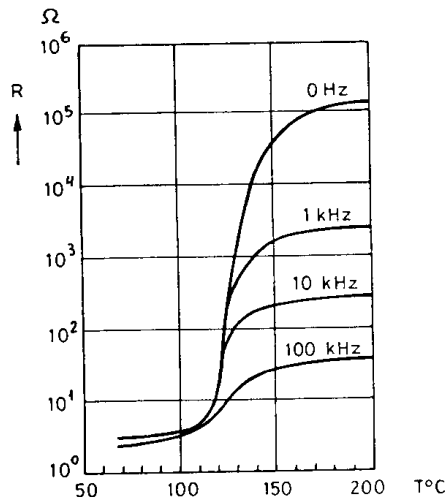
b) Formas constructivas

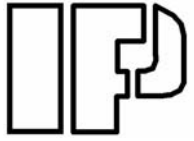


# Termorresistencias



- $R_T = R_0 [1 + \beta(T_T - T_0)]$
- Platino tiene  $\beta = 0.00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (Pt100)
- PTC y NTC (semiconductor). Termistores





# Pirómetros de radiación

---

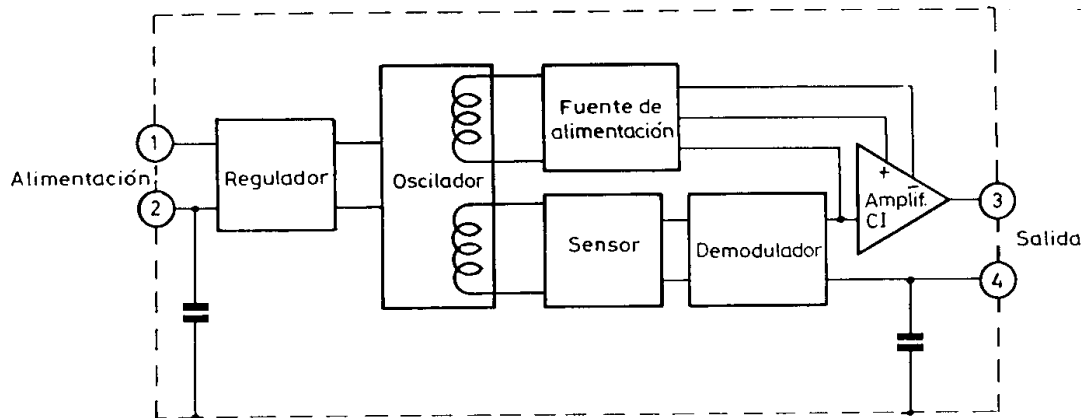
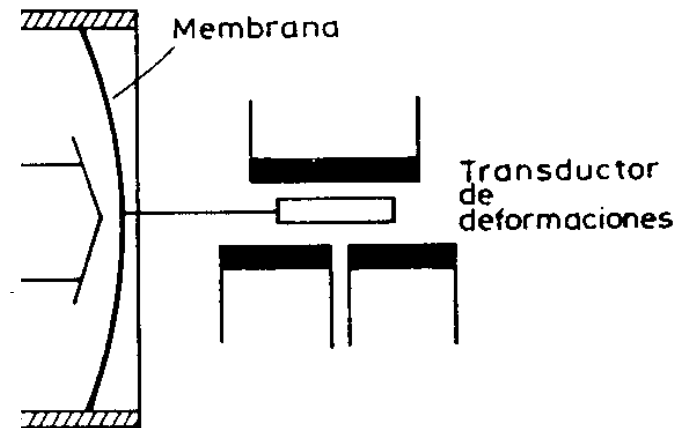
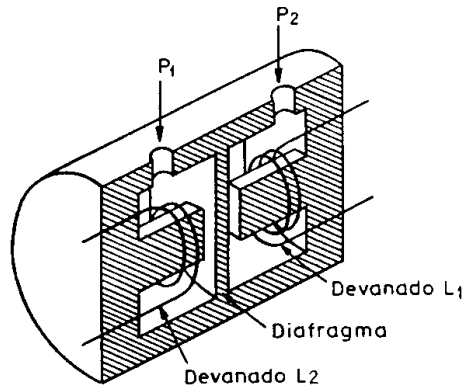


- Medida indirecta de temperatura del emisor
- Basada en fenómenos de transmisión de calor por radiación





# T. de presión





# T. de caudal

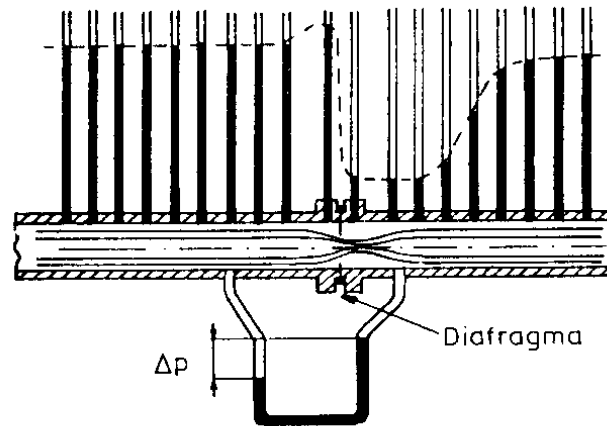
---



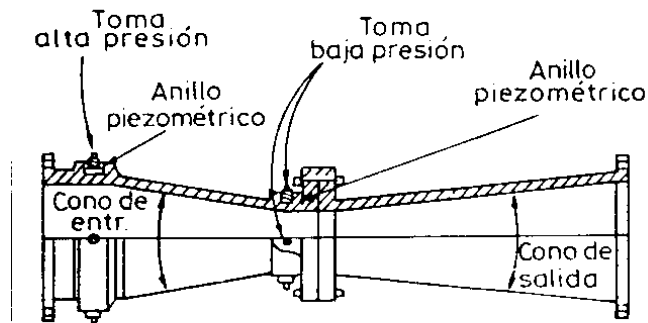
- Presión estática (Venturi)
- Presión dinámica
- Velocidad por inducción electromagnética
- Velocidad por turbina

# Venturi

Presiones estáticas



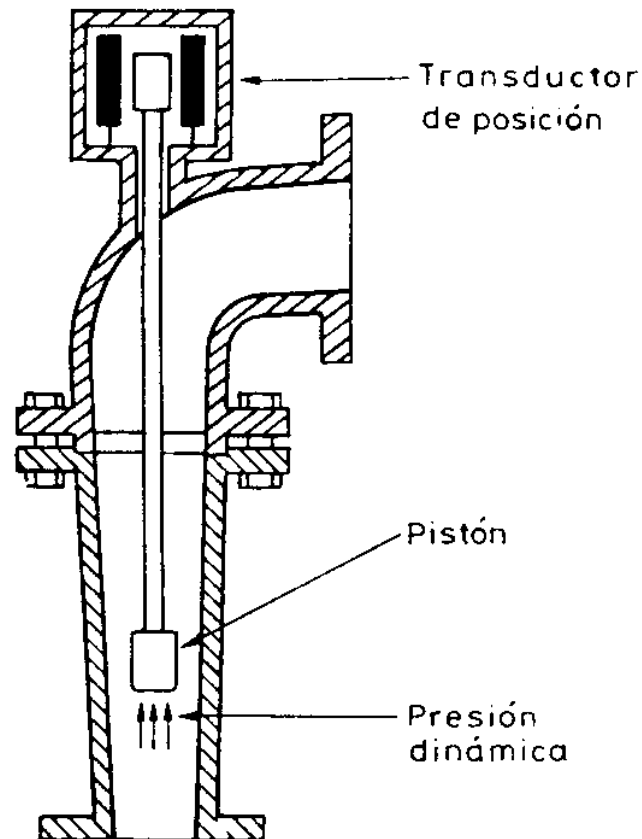
a) Principio de funcionamiento



b) Forma constructiva

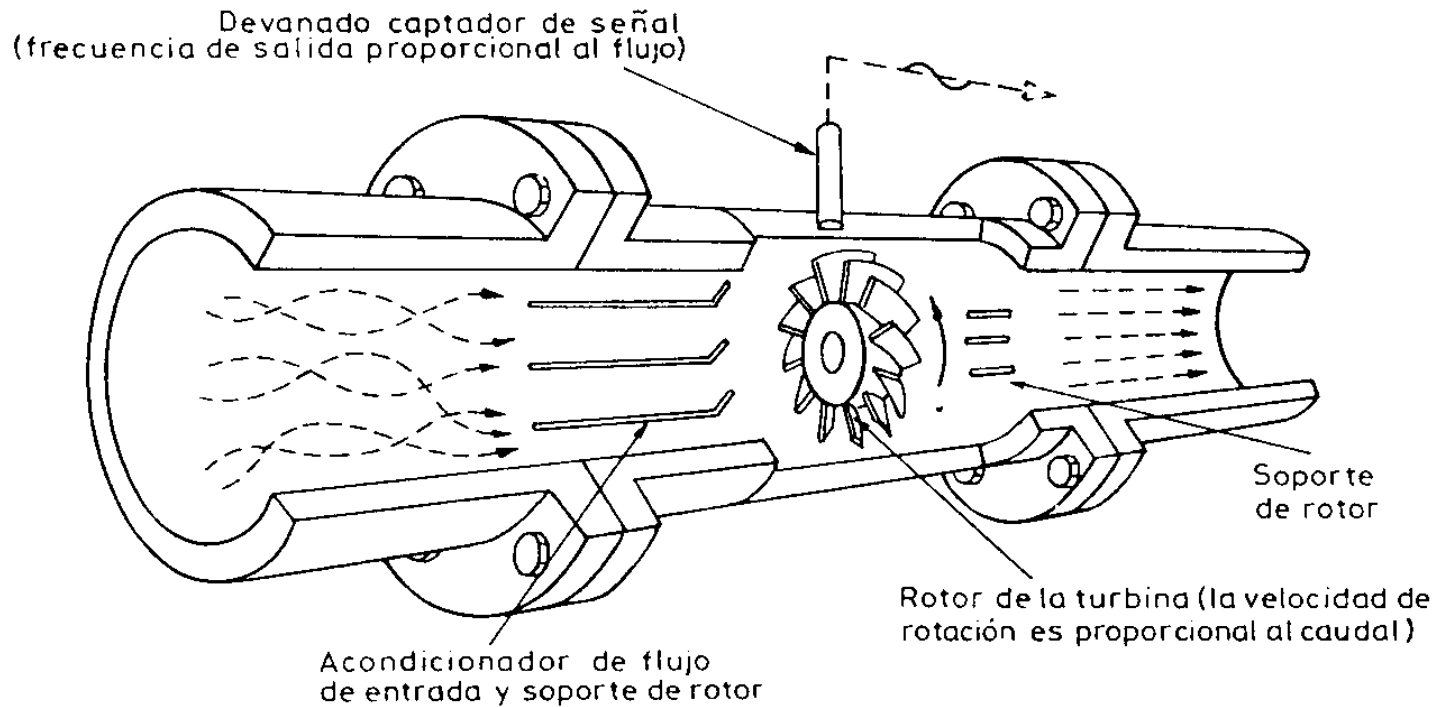


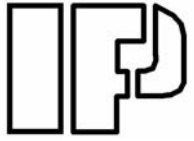
# Presión dinámica





# Velocidad por turbina





# Velocidad por inducción

