

Instrumentación Electrónica I

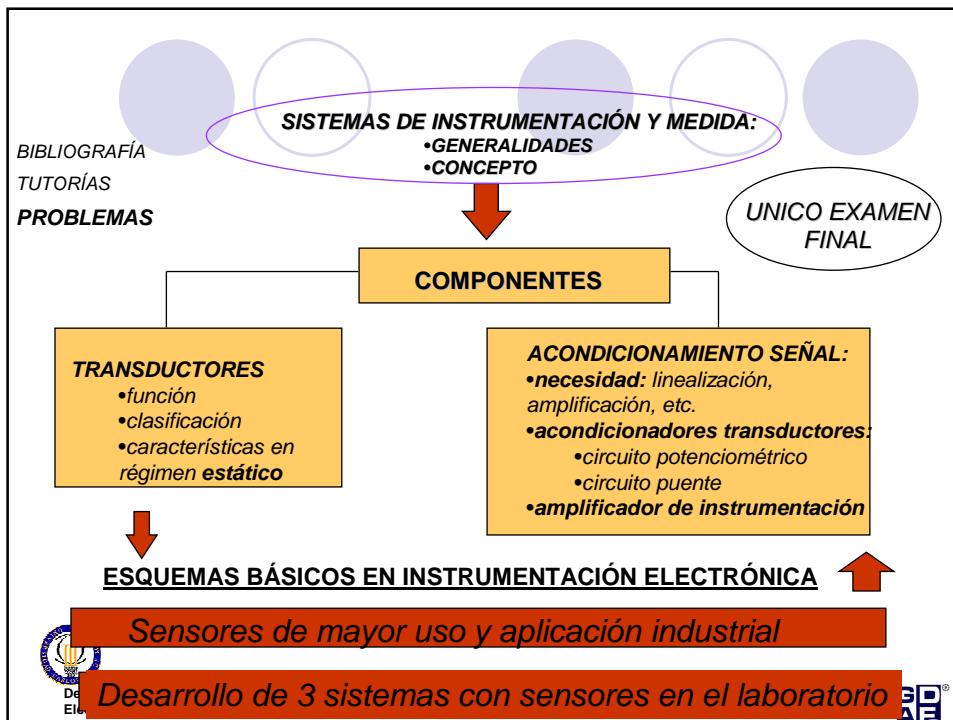
Temas 1,2,3

Departamento Tecnología Electrónica
Carlos III University Madrid (Spain)



Departamento Tecnología
Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Temario

TEMARIO	HTE	P	HL
TEMA 1. INTRODUCCIÓN	1 H		
TEMA 2. SENSORES Y TRANSDUCTORES	1 H	T	
TEMA 3. CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DE UN TRANSDUCTOR	2 H	T	
TEMA 4. ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE SALIDA DE UN TRANSDUCTOR	7 H	T	
TEMA 5. TRANSDUCTORES PARA LA MEDIDA DE TEMPERATURA.	5 H	1	3 H
TEMA 6. SENSORES PARA LA MEDIDA DE DEFORMACIONES	5 H	2	3 H
TEMA 7. SENSORES DE POSICIÓN Y NIVEL	5 H	3	3 H
TEMA 8. SENSORES ÓPTICOS	6 H		
TOTAL	32 H		9 H

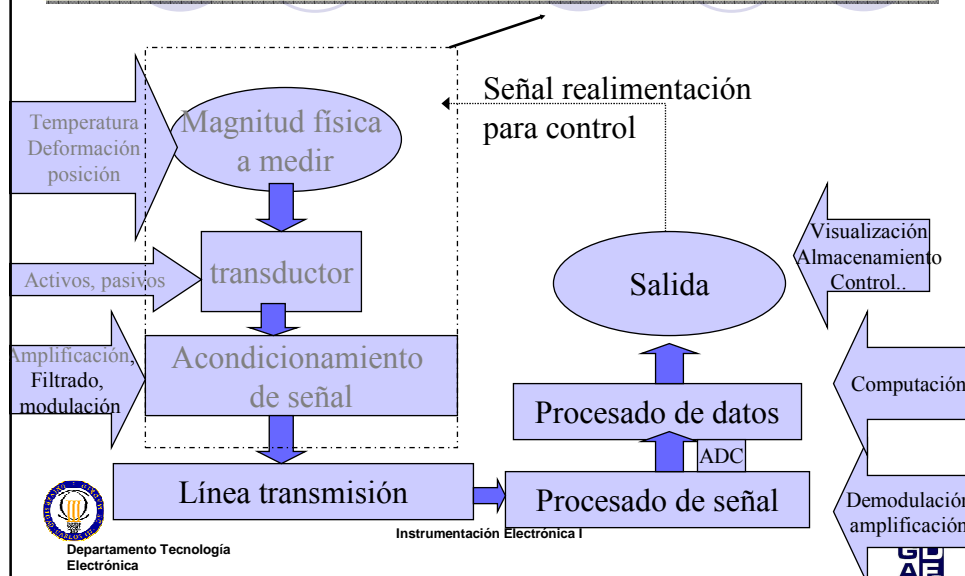
T= Enfoque en todas prácticas
Instrumentación Electrónica I



Departamento Tecnología
Electrónica



Componentes de un sistema de medida



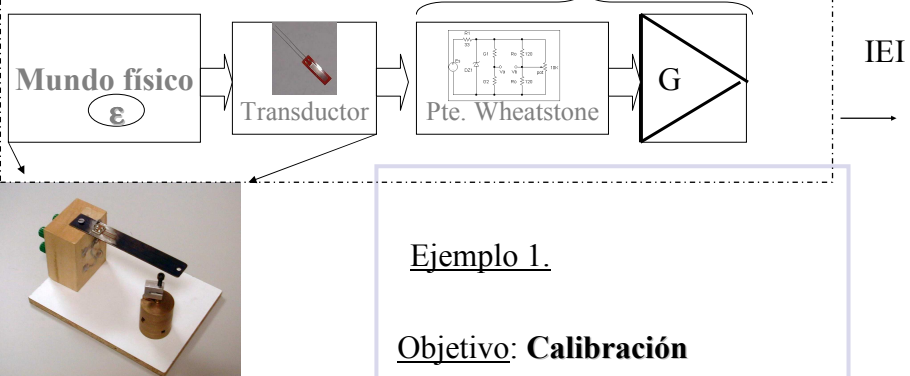
Departamento Tecnología
Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Sistema para la medida de deformaciones

Diagrama de Bloques



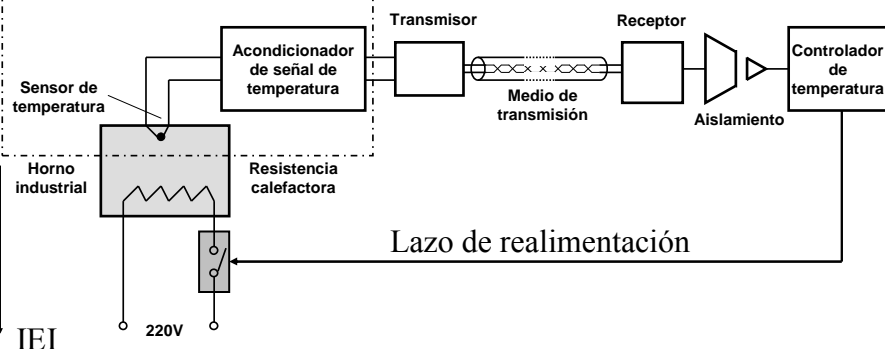
Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Control de temperatura

Ejemplo 2



Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Temario

TEMARIO	HTE	P	HL
TEMA 1. INTRODUCCIÓN	1 H		
TEMA 2. SENSORES Y TRANSDUCTORES	1 H	I	
TEMA 3. CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DE UN TRANSDUCTOR	2 H	T	
TEMA 4. ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE SALIDA DE UN TRANSDUCTOR	7 H	T	
TEMA 5. TRANSDUCTORES PARA LA MEDIDA DE TEMPERATURA.	5 H	1	3 H
TEMA 6. SENSORES PARA LA MEDIDA DE DEFORMACIONES	5 H	2	3 H
TEMA 7. SENSORES DE POSICIÓN Y NIVEL	5 H	3	3 H
TEMA 8. SENSORES ÓPTICOS	6 H		
T= Énfasis en todas prácticas	TOTAL	32 H	9 H



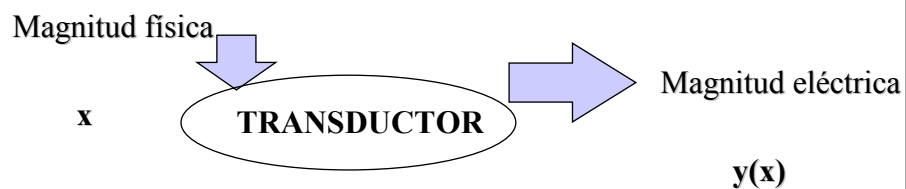
Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



¿Qué es un transductor?

Dispositivo que convierte una señal física de entrada en una señal de salida de tipo: eléctrico, hidráulico...



¿Ejemplos?



Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Ventajas e inconvenientes transductor eléctrico frente mecánico

Ventajas

- Amplificación nivel deseado
- Salida registable a distancia (control y medida remota)
- Señales acondicionan al elemento de registro (analógico ó digital)
- Combinación señales salida (multiplexación)
- Tamaño y forma transductor minimizar peso y volumen (aviónica)
- Dimensiones y forma evitar influencia medida (piezoeléctrico: vibraciones)

Inconvenientes

- Problemas entornos explosivos (ópticos)
- Comparativamente más caros
- Menos fiables que tipo mecánico (envejecimiento de componentes activos)
- Exactitud y precisión menores tipo mecánico. No superior 0,01%.



Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Clasificación transductores

Pasivos. <u>Subclasificación</u> Magnitud eléctrica de salida	<u>Resistivos:</u> Potenciómetro Galga extensométrica Termistor LDR	<u>Capacitivos:</u> Variación: d, ϵ , S
	<u>Inductivos:</u> LVDT, variación L...	
Activos	Termopar Célula fotovoltaica..	
Magnitud física a medir: T, nivel, deformación, aceleración...		



Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Temario

TEMARIO	HTE	P	HL
TEMA 1. INTRODUCCIÓN	1 H		
TEMA 2. SENSORES Y TRANSDUCTORES	1 H	I	
TEMA 3. CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DE UN TRANSDUCTOR	2 H	T	
TEMA 4. ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE SALIDA DE UN TRANSDUCTOR	7 H	T	
TEMA 5. TRANSDUCTORES PARA LA MEDIDA DE TEMPERATURA.	5 H	1	3 H
TEMA 6. SENSORES PARA LA MEDIDA DE DEFORMACIONES	5 H	2	3 H
TEMA 7. SENSORES DE POSICIÓN Y NIVEL	5 H	3	3 H
TEMA 8. SENSORES ÓPTICOS	6 H		
T= Énfasis en todas prácticas	TOTAL	32 H	9 H



Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Características estáticas de transductores

Descripción de comportamiento= Curva de calibración = $y(x)$.

Proceso=Caracterización transductor. ¿? (Patrón)

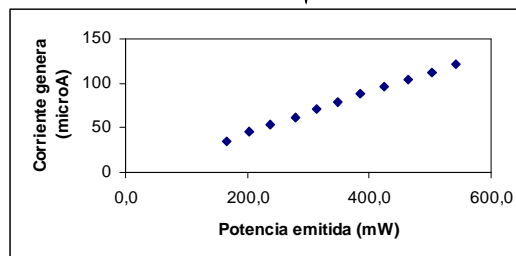
Formas de presentar la relación entre $y - x$.

- Gráfica: curva calibración

- función matemática: $I_f = S \times P$

- Tabla

potencia emitida (mW)	Fotodiodo (μ A) corriente genera
166,0	35,4
204,2	45,1
238,8	53,5
279,9	61,9
313,3	70,9
347,5	78,9
384,6	88,6
424,6	96,6
464,5	104,7
502,3	112,8
542,0	120,8



Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I

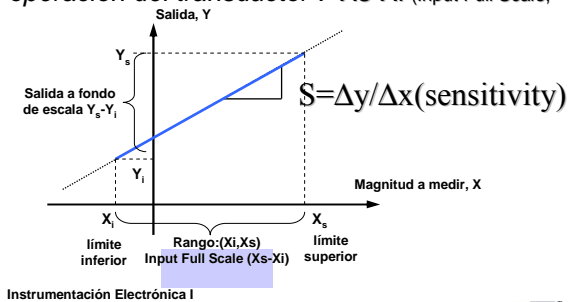


Características estáticas de transductores

- **Sensibilidad:** "Pendiente de la curva entrada-salida del transductor". $S = \Delta y / \Delta x$. Unidades, ¿constante? Ordenes de magnitud.
- **Rango de medida:** "Límites máximo y mínimo que se pueden medir con el transductor" (X_i, X_s)
- **Escala total.** "Intervalo de operación del transductor". $X_s - X_i$ (Input Full Scale, FS)

Ejemplos

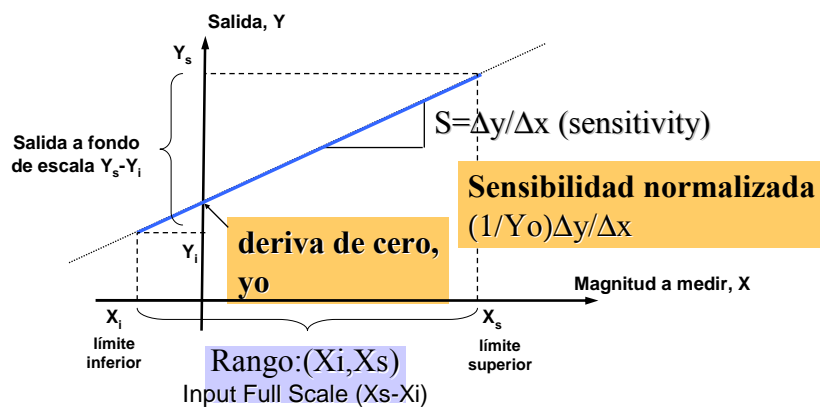
LM335: 10mV/°C
 RTD Pt: 0,0039Ω/Ω°C
 Termopar J: 52μV/°C



Departamento Tecnología Electrónica



Características estáticas

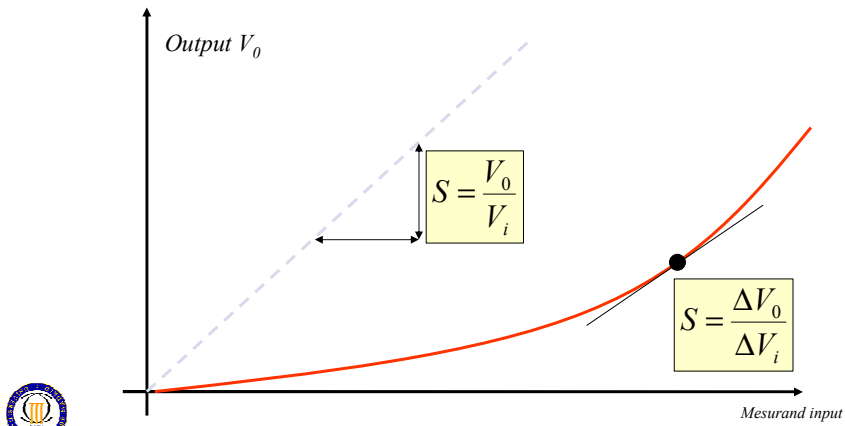


Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Características estáticas



Departamento Tecnología Electrónica

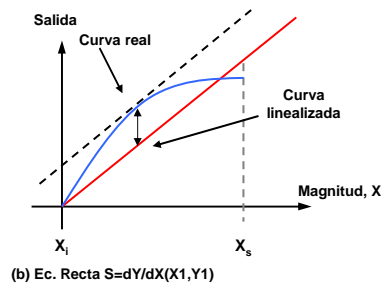
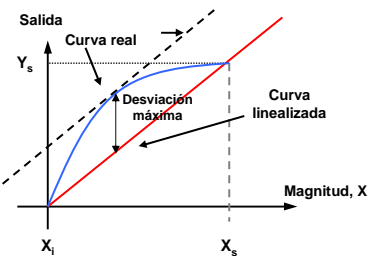
Instrumentación Electrónica I



Características estáticas. Linealidad I

- Cuantificar carácter lineal. "Transductor lineal si cumple la relación":
 $y(x) = Sx + y_0$ $y_0 = \text{deriva de cero.}$

No Linealidad = máxima desviación entre curva calibración y una hipotética recta. ¿Cuál? % sobre el fondo de escala REFERIDA A LA SALIDA



(c) Ec. Recta Mínimos cuadrados

No Linealidad (%) = $(\Delta y_{\text{máx}} / Y_s) * 100$,

supuesto $Y_i = 0$ (nonlinearity)

Instrumentación Electrónica I



Departamento Tecnología Electrónica

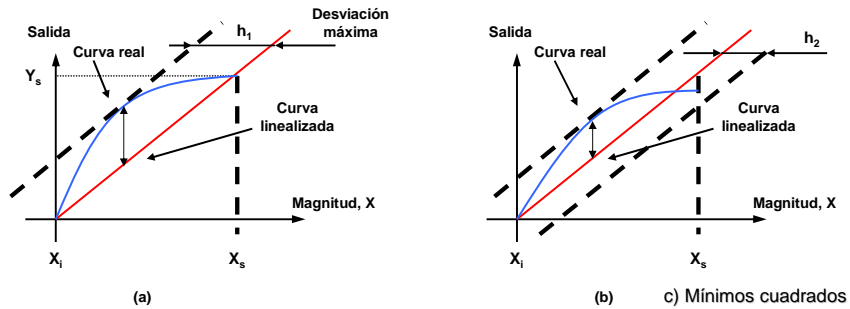


Características estáticas. Linealidad II

- Cuantificar carácter lineal. "Transductor lineal si cumple la relación":

$$y(x) = S \cdot x + y_0 \quad y_0 = \text{deriva de cero.}$$

No Linealidad = máxima desviación entre curva calibración y una hipotética recta. ¿Cuál? % sobre el fondo de escala. REFERIDA A LA ENTRADA



$$\text{No Linealidad (\%)} = (\Delta x_{\text{máx}} / \text{input FS}) * 100, \quad (\text{nonlinearity})$$



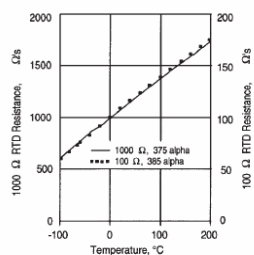
Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Características estáticas de transductores

RESISTANCE VS TEMPERATURE CURVE



Temperature Sensors Platinum RTDs

FUNCTIONAL BEHAVIOR
 $R_t = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2 - 100CT^3 + CT^4)$
 R_t = Resistance (Ω) at temperature T ($^{\circ}\text{C}$)
 T = Temperature in $^{\circ}\text{C}$
 $A = \alpha + \frac{\alpha \beta}{100}$ $B = -\frac{\alpha \beta}{100^2}$ $C_{100} = -\frac{\alpha \beta}{100^3}$
 Alpha, α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) 0.00375 0.003850
 ± 0.000025 ± 0.000010
 Delta, δ ($^{\circ}\text{C}$) 1.605 \pm 0.009 1.4999 \pm 0.007
 Beta, β ($^{\circ}\text{C}^2$) 0.16 0.10863
 A ($^{\circ}\text{C}^2$) 3.81 $\times 10^{-4}$ 3.908 $\times 10^{-4}$
 B ($^{\circ}\text{C}^3$) -6.02×10^{-7} -5.775×10^{-7}
 C ($^{\circ}\text{C}^4$) -6.0×10^{-11} -4.183×10^{-11}
 Both $\beta = 0$ and $C = 0$ for $T > 0^{\circ}\text{C}$

HEL-775 Series

ACCURACY VS TEMPERATURE

Tolerance	Standard $\pm 0.2\%$	Optional $\pm 0.1\%$
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	$\pm \Delta R^*$ (Ω)	$\pm 1R^*$ (Ω)
-200	6.8	5.1
-100	2.9	2.4
0	2.0	1.0
100	2.9	2.2
200	5.6	4.3
300	8.2	6.2
400	11.0	8.3
500	12.5	9.6
600	15.1	10.4

* 1000 Ω RTD. Divide ΔR by 10 for 100 Ω RTD.

SPECIFICATIONS

Sensor Type	Thin film platinum RTD: $R_0 = 1000 \Omega @ 0^{\circ}\text{C}$; $\alpha = 0.00375 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$ $R_0 = 100 \Omega @ 0^{\circ}\text{C}$; $\alpha = 0.00385 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$
Temperature Range	-55° to $+150^{\circ}\text{C}$ (-67° to $+302^{\circ}\text{F}$)
Temperature Accuracy	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ or 0.8% of temperature, $^{\circ}\text{C}$ ($R_0 \pm 0.2\%$ trim), whichever is greater $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ or 0.6% of temperature, $^{\circ}\text{C}$ ($R_0 \pm 0.1\%$ trim), whichever is greater (optional)
Base Resistance and Interchangeability, $R_0 \pm \Delta R_0$	1000 $\pm 2 \Omega$ ($\pm 0.2\%$) @ 0°C or 100 $\pm 0.2 \Omega$ ($\pm 0.2\%$) @ 0°C 1000 $\pm 1 \Omega$ ($\pm 0.1\%$) @ 0°C or 100 $\pm 0.2 \Omega$ ($\pm 0.2\%$) @ 0°C (optional)
Linearity	$\pm 0.15\%$ of full scale for temperatures spanning -55° to 150°C



Departamento Tecnología Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Características estáticas de transductores

- **Resolución:** "Incremento mínimo necesario en la entrada para que se obtenga un cambio en la salida" Ej: discriminación: 0,1°C
- **Umbral.** "Resolución cuando el incremento de la entrada empieza en cero".
- **Repetibilidad.** "Capacidad de dar el mismo valor de la magnitud medida, al efectuar la lectura varias veces en las mismas condiciones"
- **Estabilidad.** "Capacidad mantener la curva de calibración durante tiempos suficientemente largos" (¿Derivas térmicas?)



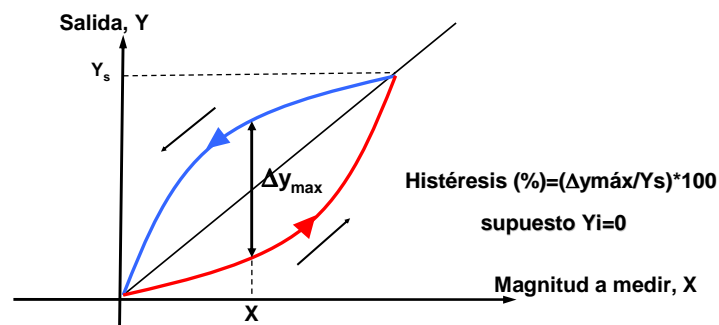
Departamento Tecnología
Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Histéresis –I

- **Histéresis:** "Diferencia a la salida para una misma entrada, según el sentido en que se alcance dicha entrada: ascendente o descendente".
% sobre el fondo de escala (Referida a la salida)



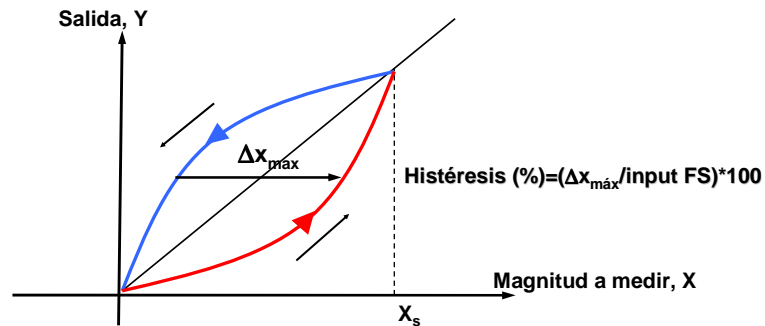
Departamento Tecnología
Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Histéresis –II

- **Histéresis**; “Diferencia a la salida para una misma entrada, según el sentido en que se alcance dicha entrada: ascendente o descendente”
% sobre el fondo de escala (Referida a la entrada)



Departamento Tecnología
Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Exactitud y fidelidad: Accuracy

- Error absoluto
 $|\text{Valor medido} - \text{valor exacto (patrón)}|$
- Error relativo (%)
 $(\text{Error absoluto} / \text{valor verdadero}) * 100$
Error relativo a fondo de escala (%)
 $(\text{Error absoluto} / Y_s) * 100$



Departamento Tecnología
Electrónica



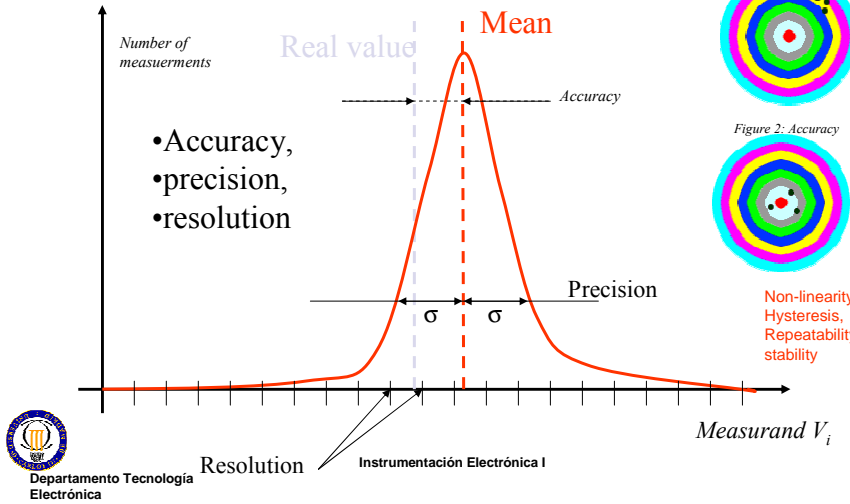
Instrumentación Electrónica I

No exacto, fiel



Exactitud y fidelidad: Accuracy

The standard deviation describes how spread out the results are about the [mean](#)



Propagación errores

$$\text{Salida} = (y_1 \pm \epsilon_1) + (y_2 \pm \epsilon_2);$$

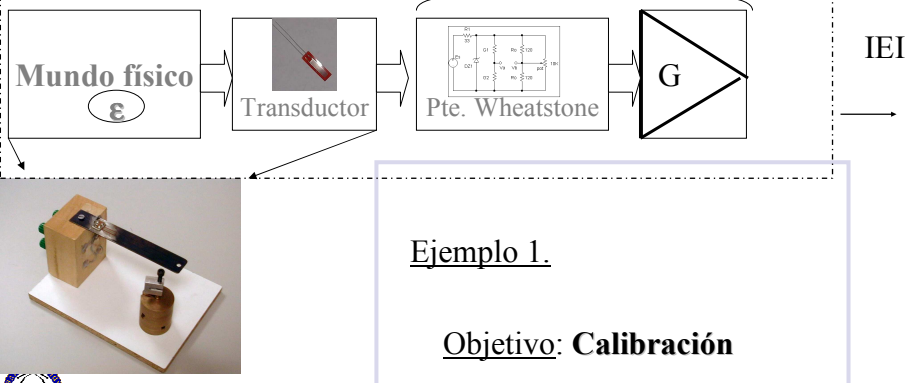
ϵ_i = error salida y_i

$$\epsilon_{\text{total}}^2 = (\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2)$$

Depende de la función de salida compuesta: suma, multiplicación...

Sistema para la medida de deformaciones

Diagrama de Bloques

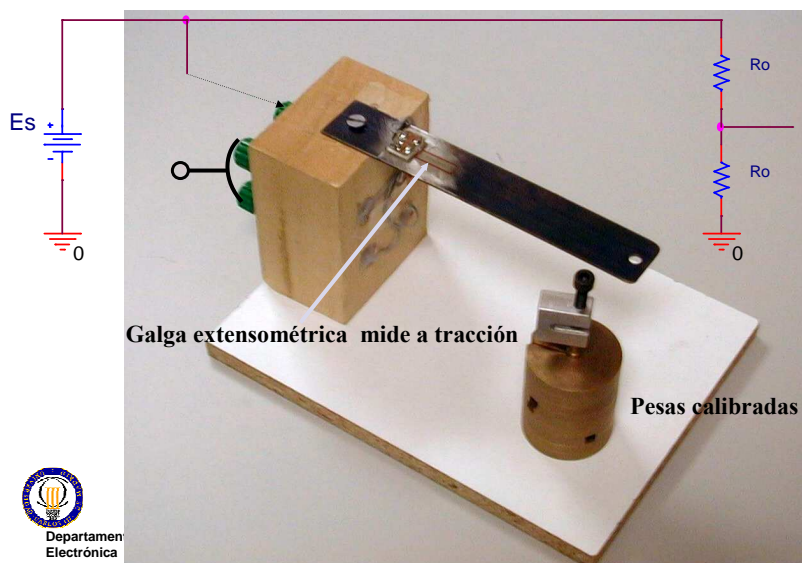


Departamento Tecnología
Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Práctica 3: "Galgas Extensométricas"



Departamen
Electrónica

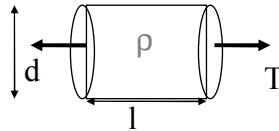
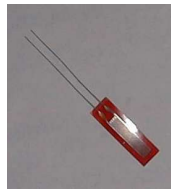


Transductor: Galgas extensométricas

Ejemplo Sensibilidad

MEDIDA DEFORMACIONES

$$R=f(\epsilon)$$



Unidades: $\mu\epsilon=10^{-6}$

$$\epsilon \Rightarrow \Delta d, \Delta \rho, \Delta l \Rightarrow \Delta R$$

$$\Delta R/R_0 = K \epsilon$$

K factor galga,
 $\Delta R = KR_0 \epsilon$
 $S = \Delta R / \Delta \epsilon = KR_0$

PFL-1011: $K=2,1$

$R_0=120 \Omega$

$\Delta R = 25,2 \text{ m}\Omega (100 \mu\epsilon)$



Departamento Tecnología
 Electrónica

Instrumentación Electrónica I



Transductor: Galga extensométrica Hoja características

COMPATIBLE ADHESIVES &
 OPERATIONAL TEMPERATURE RANGE

- P-2 -30 ~ +80°C
- CN -30 ~ +80°C
- NP-50 -30 ~ +80°C
- PS -30 ~ +80°C
- EA-2 -196 ~ +80°C
- RP-2 -30 ~ +80°C

* FOIL GAUGE-SERIES "PF"

Gauge Pattern Leads attached	Type	Dimensions (mm)			Nominal Resistance (Ω)	Gauge Factor (approx.)	Gauges per Package
		Gauge Length	Gauge Width	Backing			
	PFL-10-11	10	0.9	18x6	120 ± 0.3	2.1	10
	PFL-20-11	20	1.4	28x6	120 ± 0.3	2.1	10
	PFC-10-11	10	0.9	18x18	120 ± 0.5	2.1	6
	PFC-20-11	20	1.4	28x28	120 ± 0.5	2.1	6



Departamento Tecnología
 Electrónica

Instrumentación Electrónica I

